



COMUNE DI VICENZA

DIPARTIMENTO TUTELA E GESTIONE DEL TERRITORIO

Settore Ambiente Energia e Tutela del Territorio



LIBERARE ENERGIE URBANE

*Programma straordinario di intervento per la
riqualificazione urbana e la sicurezza delle periferie
DPCM 06.12.2016*

INTERVENTO N. 16/A




BONIFICA AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA MEDIANTE REALIZZAZIONE DI UN PARCHEGGIO NELL'AREA DENOMINATA PUA N.6 "EX ACCIAIERIE VALBRUNA" IN COMUNE DI VICENZA

[CIG: 69339826F5]

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

Elaborato N. 2.2	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA
Scala -	
Codice 006P.PE.0202	
Rev. Data 0 22.08.2017	

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

DIRETTORE SETTORE AMBIENTE Dott. Danilo Guarti	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Dott. Roberto Scalco	
 TESI Engineering S.r.l. Via Cornoleda n. 2 - 35030 Cinto Euganeo (PD) tecnico@tesieng.net - www.tesiengineering.it	RESPONSABILE DEL PROGETTO Dott. Geol. Paolo Rocca 	PROGETTISTA Ing. Alberto Boccato 

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CONTENUTI DELLO STUDIO	5
2.1 Normativa di riferimento	5
2.2 Articolazione degli studi in relazione agli strumenti urbanistici	5
2.3 Contenuti dello Studio	6
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	9
3.1 Caratteristiche idrografiche e idrologiche	9
3.2 Caratteristiche morfologiche	9
3.3 Descrizione della rete di drenaggio locale	9
3.4 caratteristiche geomorfologiche, geotecniche e geologiche	10
4. DESCRIZIONE DELLA VARIANTE URBANISTICA	11
4.1 Localizzazione dell'intervento	11
4.2 Descrizione degli interventi previsti	11
4.2.1 Interventi di Lotto A	12
4.2.2 Intervento di Lotto B	12
4.3 Entità della trasformazione urbanistica	13
5. EFFETTI DELLA TRASFORMAZIONE URBANISTICA	15
5.1 Analisi della trasformazione urbanistica	15
5.2 Variazione della permeabilità	16
5.3 Valutazione del rischio e della pericolosità idraulica	18
5.4 Criticità idraulica del territorio	19
6. ANALISI DEL REGIME PLUVIOMETRICO	21
6.1 Cenni teorici	21
6.1.1 Analisi puntuale	21
6.1.2 Analisi spaziale (Regionalizzazione)	22
6.2 Le precipitazioni intense nell'area di Vicenza	22
6.2.1 Valore indice	23
6.2.2 Curva di crescita	24
6.3 Curve di possibilità pluviometrica	25
7. VARIAZIONE DELLA RISPOSTA IDROLOGICA	27
7.1 Misure compensative	27
7.2 Modalità di verifica	27
7.3 Metodo dell'invaso: cenni teorici	28
7.4 Valutazione dei parametri	29
7.4.1 Apporto meteorico (j)	29
7.4.2 Coefficiente di deflusso (φ)	29
7.4.3 Apporto efficace (p)	30
7.4.4 Portata iniziale (q_0)	31
7.4.5 Volume di invaso specifico (w)	31
7.4.6 Costante del serbatoio lineare (k)	32
7.5 Simulazioni e risultati	32

8. CONCLUSIONI	39
9. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	41

1. PREMESSA

Il Progetto *Liberare energie urbane*, sviluppato all'interno del più ampio sistema di vuoti urbani, punta alla rigenerazione di quei luoghi riconosciuti marginali, lavorando sulla resilienza e sulla capacità dei luoghi di adattarsi ai cambiamenti, attraverso un insieme di interventi di riqualificazione, potenziamento delle reti della mobilità sostenibile e risanamento dei luoghi, così da ritrovare un equilibrio tra le parti e diventare essi stessi nuovamente centrali.

I diciotto interventi, quindi, non slegati tra loro ma necessari a dare un senso all'insieme, si connotano per sviluppare uno dei tre sistemi che compongono il Progetto:

- *energie verdi* : rappresentate dal sistema dei parchi urbani, sia nuovi che esistenti da riqualificare;
- *energie grigie*: rappresentate dai comparti dismessi delle attività produttive, da strutture pubbliche di quartiere in disuso o realtà puntuali da riqualificare;
- *reti*: rappresentate dagli itinerari ciclabili e dal sistema bike-sharing, dal trasporto pubblico locale, oltre che dai progetti sociali e dalla sistemazione idraulica di un settore di città.

L'intervento di Bonifica e riqualificazione ex PP6, identificato al numero 16/A, fa parte del sistema *energie grigie* il cui obiettivo primario sotteso dal Progetto è quello di dotare una parte di città di servizi o attrezzature importanti per la collettività.

Nello specifico, l'intervento si propone di attuare:

- una bonifica ambientale del sito, ai sensi del D.Lgs 152/2006;
- la realizzazione di un'area a parcheggio a servizio del quartiere;
- la sistemazione di un'area a verde in adiacenza al futuro parcheggio;
- la realizzazione del collegamento ciclo-pedonale della cd "spina ovest" per la connessione nord-sud del sistema dei percorsi ciclabili.

A tal fine, il "Comune di Vicenza – Dipartimento Tutela e Gestione del Territorio - Settore Ambiente Energia e Tutela del Territorio", ha redatto il Progetto di Fattibilità tecnica ed economica (PF), in conformità al D.Lgs 18 aprile 2016 n. 50 (art.23), finalizzato a realizzare interventi di carattere ambientale nell'area del PP6 denominata "Ex Acciaierie Valbruna". Il PF è stato approvato con deliberazione della Giunta Comunale n. 155 del 25/08/2016.

Sulla base di tali risultati, la stessa Amministrazione ha incaricato T.E.S.I. Engineering S.r.l. di redigere il Progetto Esecutivo (PE) dell'intervento, con incluso il Piano di Sicurezza e di Coordinamento (PSC).

La presente relazione si propone di valutare la "Compatibilità Idraulica" del Progetto Esecutivo del secondo lotto dell'intervento PP6, ai sensi della Delibera della Giunta Regionale n. 2948/09 e di individuare gli accorgimenti progettuali da attuare in sede di dimensionamento della rete di

drenaggio delle acque meteoriche, al fine di non alterare la risposta idrologica del terreno rispetto alla situazione esistente secondo il principio dell'*invarianza idraulica*.

La relazione contiene l'analisi del regime pluviometrico intenso della regione climatica in cui il progetto è collocato, una valutazione della risposta idrologica del suolo nelle attuali condizioni e nelle condizioni di progetto, l'indicazione delle linee guida da seguire per il dimensionamento del sistema di raccolta e drenaggio delle acque meteoriche al fine di garantire l'invarianza idraulica tra stato attuale e di progetto.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO E CONTENUTI DELLO STUDIO

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La valutazione di compatibilità idraulica è un procedimento di competenza regionale introdotto per la prima volta con la Delibera della Giunta Regionale veneta n. 3637 del 13.12.2002, la quale ha previsto che per tutti gli strumenti urbanistici generali e le varianti, generali o parziali o che, comunque, possano recare trasformazioni del territorio tali da modificare il regime idraulico esistente, sia presentata una **Valutazione di compatibilità idraulica**. L'adozione di questo strumento è stata poi confermata dal Piano di Tutela delle Acque adottato con delibera n. 4453 del 29 dicembre 2004.

La sopracitata delibera ha subito negli anni alcune modifiche ed integrazioni. Attualmente il procedimento è disciplinato dalla DGR n. 2948 del 6 ottobre 2009 recante "*Legge 3 agosto 1998, n. 267 - Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n. 1322/2006 e n. 1841/2007 in attuazione della sentenza del Consiglio di Stato n. 304 del 3 aprile 2009*", nel cui allegato "*Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici Modalità operative e indicazioni tecniche*" oltre ad alcune indicazioni tecniche su come devono essere svolte le verifiche, vengono riportate le modalità con cui devono essere presentate le valutazioni e le procedure per l'approvazione.

Per ulteriori disposizioni relative agli aspetti qualitativi delle acque, ma che incidono sul dimensionamento del sistema, si richiama la Delibera della Giunta Regionale veneta n. 107 del 05.11.2009 con la quale si approva il Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.).

2.2 ARTICOLAZIONE DEGLI STUDI IN RELAZIONE AGLI STRUMENTI URBANISTICI

La valutazione di compatibilità idraulica si applica agli strumenti di pianificazione urbanistica e alle sue varianti. Scopo fondamentale dello studio è quello di far sì che le valutazioni urbanistiche, sin dalla fase della loro formazione, tengano conto dell'attitudine dei luoghi ad accogliere la nuova edificazione, considerando le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti o potenziali, nonché le possibili alterazioni del regime idraulico che le nuove destinazioni o trasformazioni d'uso del suolo possono venire a determinare.

A livello di PAT (Piano di Assetto del Territorio) lo studio sarà costituito dalla verifica di compatibilità della trasformazione urbanistica con le indicazioni del PAI e degli altri studi relativi a condizioni di pericolosità idraulica nonché dalla caratterizzazione idrologica ed idrografica e dalla indicazione delle misure compensative, avendo preso in considerazione come unità fisiografica il sottobacino interessato in un contesto di Ambito Territoriale Omogeneo.

Nell'ambito del PI (Piano degli Interventi), andando pertanto a localizzare puntualmente le

trasformazioni urbanistiche, lo studio avrà lo sviluppo necessario ad individuare le misure compensative ritenute idonee a garantire l'invarianza idraulica con definizione progettuale a livello preliminare/studio di fattibilità.

La progettazione definitiva degli interventi relativi alle misure compensative sarà sviluppata nell'ambito dei Piani Urbanistici Attuativi, ovvero varianti attuate mediante Accordi di Programma ovvero in relazione agli interventi in esecuzione diretta.

2.3 CONTENUTI DELLO STUDIO

Il presente studio si pone come obiettivo quello di verificare che, per effetto delle nuove previsioni urbanistiche, non venga aggravato l'esistente livello di rischio idraulico né pregiudicata la possibilità di ridurre tale livello con interventi futuri.

Nell'Allegato A della DGR 2948/2009 si richiama il principio dell'invarianza idraulica come obiettivo da raggiungere per mezzo di opportune misure di compensazione idraulica ovvero il dimensionamento di un sistema di raccolta e drenaggio in grado di scaricare nel ricettore finale una portata massima che non sia superiore a quella scaricata dalla stessa area nella configurazione precedente i lavori. Le misure di compensazione idraulica vengono pertanto individuate e dimensionate mediante specifiche valutazioni seguendo un approccio prettamente ingegneristico (Andreella et al., 2008). Il principio dell'invarianza idraulica può essere concettualizzato dalla seguente figura.

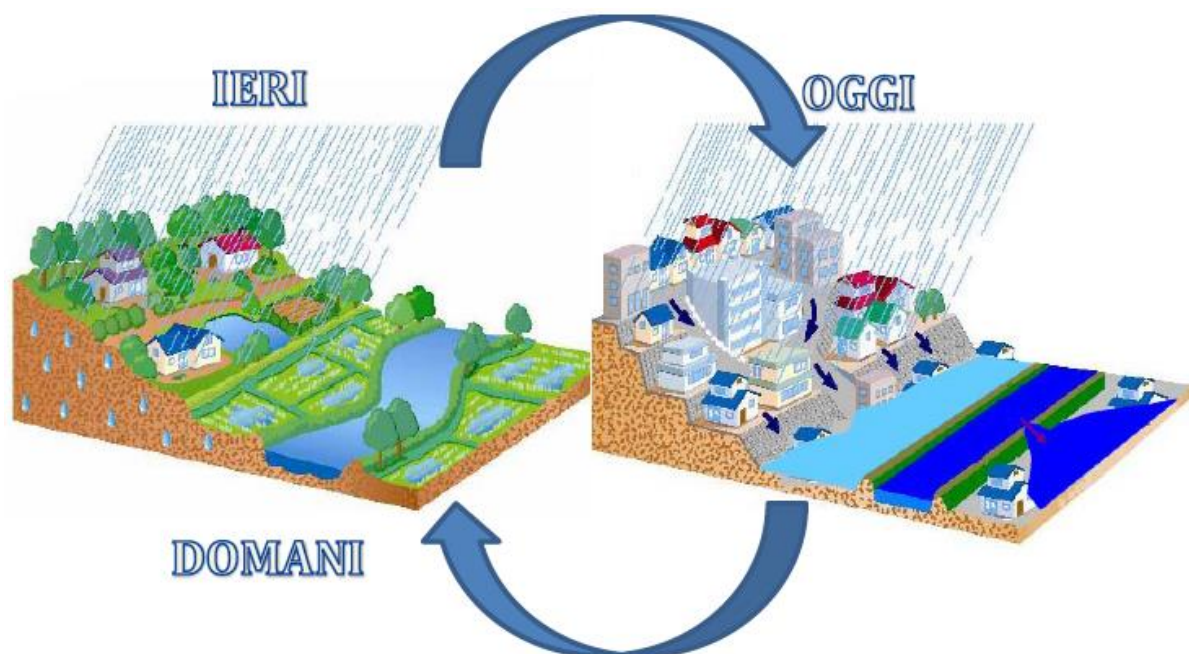


Figura 2.1 - Concettualizzazione del principio dell'invarianza idraulica

L'ammissibilità dell'intervento viene innanzitutto verificata alla luce dello stato del dissesto

idraulico esistente e la compatibilità con le norme di attuazione dei PAI.

In secondo luogo vengono valutati gli effetti dell'impermeabilizzazione prodotti dalle trasformazioni d'uso del suolo introdotte dalla variante e l'individuazione delle misure compensative volte a mantenere costante il coefficiente udometrico secondo il principio dell'*invarianza idraulica*.

Nel caso di interventi che producono l'impermeabilizzazione del suolo, questo obiettivo viene raggiunto attraverso due tipi di misure:

- utilizzo di materiali drenanti per ridurre il grado di impermeabilizzazione;
- ricerca di volumi di invaso per trattenere temporaneamente le acque piovane per il tempo necessario a consentire un regolare smaltimento nel ricettore (fosso consortile, rete fognaria, corso d'acqua naturale, ecc.).

Nel presente capitolo si descrive il comportamento idrologico dell'area nell'attuale configurazione del suolo. La valutazione viene ripetuta nella configurazione prevista dal progetto, in assenza di misure di compensazione. La differenza tra i due risultati rappresenta l'effetto dell'intervento in termini di risposta idrologica e consentirà di dimensionare gli interventi di compensazione per garantire l'invarianza idraulica. Lo studio si concluderà con la verifica del comportamento del sistema di drenaggio comprensivo delle misure di compensazione.

Lo studio è articolato in:

Inquadramento del contesto territoriale in cui si collocano gli interventi. Esame delle caratteristiche idrografiche, idrologiche e geomorfologiche, nonché lo schema della rete fognaria e della rete idraulica principale che costituisce il ricettore delle acque di scarico di origine meteorica.

Descrizione della variante urbanistica (stato di progetto). Localizzazione dell'area e descrizione degli interventi che il progetto prevede di realizzare con particolare riguardo a quelli che prevedono modificazioni dell'uso del suolo.

Analisi del rischio idraulico. Compatibilità degli interventi con il livello di rischio idraulico del territorio.

Valutazione degli effetti sulle caratteristiche sopra descritte dovute alla realizzazione della variante. Analisi delle trasformazioni delle superfici delle aree interessate in termini di impermeabilizzazione, valutazione della criticità idraulica del territorio in termini di rischio e di pericolosità idraulica.

Proposta di misure compensative e/o di mitigazione del rischio. indicazioni di piano per l'attenuazione del rischio idraulico, valutazione ed indicazione degli interventi compensativi.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E IDROLOGICHE

Dal punto di vista idrografico l'area si trova collocata sulla destra del fiume Bacchiglione, a monte del punto in cui esso riceve, sempre da destra, i contributi del fiume Retrone. Il Bacchiglione scorre circa 500 m a Nord-Est dall'area di intervento mentre il Retrone scorre circa 900 m a Sud.

L'area presenta una giacitura pianeggiante ed è posta ad una quota di circa 35 m s.m.m. non molto superiore alla quota con cui scorrono le acque del fiume Bacchiglione.

Data l'elevata densità del tessuto urbano il reticolo superficiale è quasi inesistente. Le acque meteoriche vengono intercettate da caditoie e convogliate nelle condotte fognarie che attraversano la zona.

Essendo ubicata poco a valle della linea delle risorgive, il sistema idrogeologico è formato da una serie di falde sovrapposte in pressione. La stratigrafia del sottosuolo è caratterizzata da depositi sedimentari fini e molto fini, intercalati livelli sottili di sabbie più o meno limose. Le indagini condotte denotano questa sequenza fino alla profondità di circa 30 m.

3.2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE

L'area PUA6 presenta una giacitura irregolare con una decisa depressione che dalla zona centrale e Sud orientale dove si trova collocato il Nuovo Teatro Comunale. Per questo motivo le acque di drenaggio provenienti da questa zona devono essere sollevate meccanicamente per poter essere scaricate nel punto di recapito finale ovvero sulla condotta fognaria che corre lungo via Cairoli e che porta direttamente le acque al fiume Bacchiglione. La condotta fa parte della rete di drenaggio urbano in gestione ad Acque Vicentine.

I terreni oggetto di intervento sono invece rimasti alla quota originale in equilibrio con il piano stradale che circonda l'area. Le due aree oggetto di intervento, sono separate dal piano di edificazione del Teatro da alte scarpate che giungono fino all'altezza di 4.0 m.

3.3 DESCRIZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO LOCALE

Il drenaggio delle acque meteoriche, provenienti dalle zone limitrofe all'area di intervento, è assicurato da un sistema di condotte fognarie interrato. Non si riscontra la presenza di collettori a cielo aperto.

L'area è attraversata da Nord a Sud da una condotta di acque miste del diametro DN1400 in gestione ad Acque Vicentine. Parallelamente scorre anche una condotta di drenaggio per sole acque bianche del diametro DN800 realizzata dal comune di Vicenza per il drenaggio del

parcheeggio del Teatro. Essendo l'area drenata posta a quota inferiore della condotta, lo scarico avviene mediante sollevamento meccanico.

Sulla questa condotta scaricano le acque provenienti sia dal teatro Nuovo, dopo sollevamento meccanico, mentre le acque provenienti dal parcheggio scorrono a gravità.

Dopo aver attraversato l'area, la condotta confluisce in un'altra condotta che scorre lungo via Cairoli, procedendo da Ovest verso Est, per giungere ad un impianto di sollevamento meccanico posto all'angolo tra via Cairoli e viale Mazzini.

Da un sopralluogo effettuato congiuntamente ai responsabili di Acque Vicentine, si è avuto modo di verificare lo schema della rete fognaria nel nodo in cui le due condotte acque miste (DN1400) e acque bianche (DN800) giungono in via Cairoli. I due sistemi sono interconnessi. Il collegamento è stato effettuato per consentire alla condotta delle acque miste di sfiorare, in caso di necessità, nella condotta delle acque bianche in modo che le acque possano giungere all'impianto di sollevamento. Dalle informazioni raccolte pare tuttavia che questo sfioro possa avvenire in senso inverso qualora fosse l'impianto di sollevamento ad andare in sofferenza.

Le acque sollevate dall'impianto vengono immesse in una condotta in pressione che corre lungo viale Mazzini fino a recapitare al fiume Bacchiglione.

3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE, GEOTECNICHE E GEOLOGICHE

Le caratteristiche geotecniche del sottosuolo sono state indagate nel corso degli anni mediante apposite campagne di indagini che hanno contemplato l'esecuzione di sondaggi, trincee esplorative e analisi di laboratorio sui campioni prelevati.

Da quanto emerso, il sottosuolo è caratterizzato da un primo strato di materiale di riporto eterogeneo a spessore variabile che dal punto di vista granulometrico può essere equiparato ad un terreno incoerente grossolano e pertanto con elevata permeabilità. Dei 4 campioni sui quali è stata analizzata la granulometria, il diametro medio (D_{50}) è risultato compreso tra i 7 e gli 11 mm.

Al di sotto di questo strato si incontra il sottosuolo originale costituito da terreni coesivi limosi e argillosi.

4. DESCRIZIONE DELLA VARIANTE URBANISTICA

4.1 LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'area oggetto dell'intervento è localizzata a Ovest del centro storico di Vicenza, a poca distanza dalle Mura scaligere occidentali che corrono parallelamente a viale Mazzini, in prossimità della breccia Porta Nova. Si trova delimitata da Via Cairoli a Sud, viale Mazzini a Est e via Battaglione Framarin a Nord. All'interno di questo rettangolo è stato recentemente realizzato il Teatro Nuovo comunale. La posizione dell'area nel quadro d'unione della CTR è visualizzata in figura 4.1.

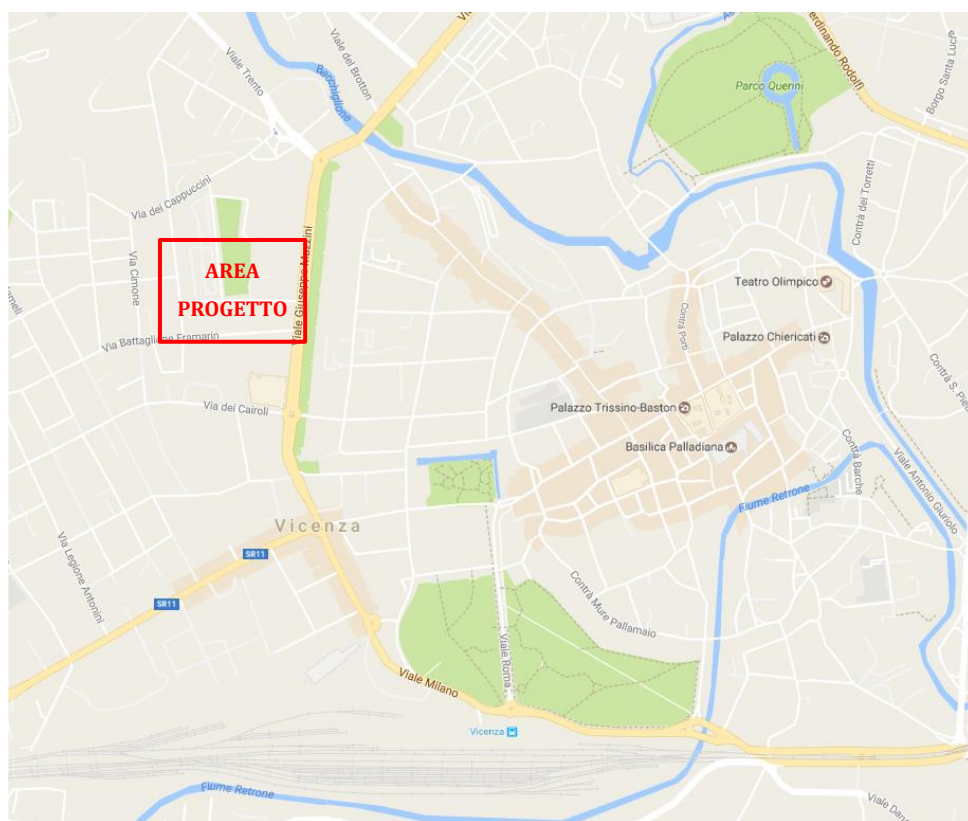


Figura 4.1 - Inquadramento cartografico su base CTR

Dal punto di vista cartografico, l'area è posta al confine tra le tavole n.125074 (Vicenza Sud-Est) e n.125033 (Vicenza Nord-Est) della Carta Tecnica Regionale della Regione Veneto, in scala 5000.

Le coordinate utilizzate dalla CTR sono riferite al sistema cartografico Gauss-Boaga, Fuso Ovest.

4.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI

Gli interventi in progetto sono stati suddivisi in due lotti. Con il primo lotto (A) verrà realizzata

la messa in sicurezza permanente dell'area accatastata al n. 1444 del foglio di Vicenza n.46, mediante realizzazione di un parcheggio oltre che la sistemazione dell'area a verde limitrofa, accatastate al n. 10, senza cambiarne la destinazione. Con il secondo lotto (B) verrà realizzata la bonifica dell'area accatastata al n. 1445 mediante demolizione dell'attuale manto stradale, scavo e allontanamento del materiale contaminato fino ad una profondità media di 1.5 m, e successivo rifacimento del parcheggio.

4.2.1 Interventi di Lotto A

L'area inclusa nel mappale 1444 risulta caratterizzata dalla presenza di materiale di riporto costituito da resti di demolizioni, residui di refrattari, terre di fonderia, presenza sporadica di calce idrata e/o scorie vetrose, residui di vecchie fondazioni e pavimentazioni, sporadica presenza di resti di asfalto, il tutto immerso in una matrice a prevalente granulometria limoso sabbiosa e poggianti su un livello naturale argilloso limoso. Lo spessore dei materiali di riporto è risultato variabile, da valori minimi di poco inferiori al metro in alcune porzioni a Nord, a valori massimi prossimi ai 3.00 m nella porzione più meridionale.

L'area è stata oggetto di una prima attività di bonifica ambientale con la quale si intendeva mettere in sicurezza permanente il sito in relazione ad un suo utilizzo residenziale. Nel corso degli interventi sono emersi una serie di elementi conoscitivi che hanno portato il comune, in accordo con ARPAV, Provincia e ULSS, a considerare una nuova analisi di rischio finalizzata alla realizzazione di un parcheggio in modo da garantire l'impermeabilizzazione del suolo.

L'intervento pertanto, dal punto di vista ambientale, si configura, ad eccezione della porzione già bonificata, come un intervento di messa in sicurezza permanente.

Attualmente la superficie risulta mantenuta a terreno incolto per quanto riguarda la porzione già bonificata mentre presenta coperta da una soletta in calcestruzzo per la parte rimanente.

All'estremità Ovest dell'area di intervento, esiste un'area mantenuta a verde che sarà oggetto di riqualificazione urbana. All'intero di quest'area si prevede la realizzazione di una pista ciclabile necessaria per dare continuità ad un percorso già individuato dal Comune di Vicenza. Da segnalare che all'interno dell'area a verde sono presenti alberature di alto fusto che il Progetto intende mantenere.

4.2.2 Intervento di Lotto B

L'ambito che ricomprende il parcheggio del teatro (mappale 1445), la rampa di accesso al teatro ed il sedime dello stesso (mappale 1443) nonché l'area a verde lato ovest (mappale 1446), dal punto di vista ambientale si trova già in stato di Messa in Sicurezza Permanente (MiSP) come certificato dalla Provincia di Vicenza con atto PGN 88139 del 21/11/2013.

Il mappale 1443, pur ricompreso nella MiSP, è già stato oggetto di bonifica ambientale per il raggiungimento delle CSC ad uso residenziale / verde pubblico-privato.

Il presente progetto si propone di effettuare la bonifica ambientale dell'attuale parcheggio del teatro (mappale 1445) e pertanto l'intervento si configura come una variante alla MiSP.

Attualmente la superficie del parcheggio è completamente impermeabile essendo costituita da un manto d'asfalto continuo.

Il progetto prevede la completa rimozione della pavimentazione e dei sotto-servizi, la rimozione del materiale di riporto fino alla quota media di 1,50 m (quota terreno naturale) e il ripristino dell'area a parcheggio con un sistema parzialmente permeabile garantito dal rifacimento degli stalli in materiale semipermeabile (posti auto attuali 200).

4.3 ENTITÀ DELLA TRASFORMAZIONE URBANISTICA

Il Progetto di cui si intende valutare la compatibilità idraulica, prevede la trasformazione urbanistica di una superficie di 14.370 m².

L'entità della trasformazione urbanistica viene definita dalla stessa DGR n. 2948/09 sulla base dell'estensione della superficie interessata e dal grado di impermeabilizzazione prevista nella configurazione di progetto. 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 in tabella 1.

Tabella 4.1 - Classificazione delle trasformazioni urbanistiche secondo la DGR n. 2948/09

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

Considerando solo la frazione di area che subirà una effettiva trasformazione d'uso del suolo, l'intervento viene classificato come intervento di **significativa impermeabilizzazione potenziale**.

5. EFFETTI DELLA TRASFORMAZIONE URBANISTICA

5.1 ANALISI DELLA TRASFORMAZIONE URBANISTICA

La figura 5.1 fornisce un inquadramento generale dell'area di intervento e consente una immediata comprensione degli effetti del progetto dal punto di vista idrologico. L'area interessata è delimitata dal poligono rosso e viene suddivisa in sotto-aree facendo riferimento al numero delle rispettive particelle catastali.

La trasformazione di maggiore rilevanza è quella conseguente alla realizzazione del parcheggio che andrà ad occupare interamente la particella catastale n.1444. Attualmente tale particella è mantenuta a verde e nella configurazione di progetto subirà una considerevole diminuzione della permeabilità.

Gli interventi previsti sul mappale 1445 non andranno invece a costituire una variazione della risposta idrologica in quanto l'area è già completamente asfaltata e destinata a parcheggio. Nella configurazione di progetto si prevede il mantenimento di questa destinazione d'uso.

La stessa cosa vale per la particella n.10 che il progetto andrà ad interessare solo marginalmente, senza alterarne la destinazione a verde pubblico. L'unico intervento è la creazione di una pista ciclabile lungo il confine con la particella n. 1444.



Figura 5.1 - Inquadramento dell'area di intervento

La figura 5.1 evidenzia, mediante retino azzurro, una quarta area, esterna al progetto ma la cui presenza deve essere considerata nel dimensionamento del sistema di drenaggio. Si tratta dell'area dove sorge il Teatro Comunale Nuovo realizzato in una depressione piuttosto accentuata con il piano di calpestio che circonda l'edificio presenta un dislivello di circa 3-4 metri rispetto al livello del piano strada perimetrale. Le acque meteoriche vengono recapitate alla condotta fognaria mediante impianto di sollevamento meccanico. Le acque meteoriche provenienti da quest'area vengono immesse nella stessa condotta fognaria che rappresenta il ricettore dell'intera area e che va a scaricare le acque lungo la condotta di via Cairoli, nel punto evidenziato con freccia blu (Restituzione).

5.2 VARIAZIONE DELLA PERMEABILITÀ

La principale variazione indotta dal progetto è quella di ridurre la permeabilità del suolo e di aumentare la produzione di deflusso superficiale, a parità di intensità pluviometrica. Tale variazione può essere quantificata confrontando l'attuale assetto del territorio con le previsioni di progetto.

La DGR 2948/09 indica i coefficienti deflusso da utilizzare per la valutazione della permeabilità di ciascuna tipologia di superficie. I valori sono i seguenti:

- 0.10 per le aree agricole;
- 0.20 per le superfici permeabili (aree verdi);
- 0.60 per le superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ...);
- 0.90 per le superfici impermeabili (tetti, terrazze, strade, piazzali,.....).

Per quantificare l'entità della trasformazione del suolo sono state misurate le estensioni delle diverse aree, definita la tipologia di suolo, applicando i relativi coefficienti di deflusso indicati nella delibera.

Il coefficiente associato alla tipologia di parcheggio misto, asfalto con stalli in pavimento grigliato semipermeabile, è stato ottenuto mediando tra i valori di 0.60 (grigliati permeabili utilizzati per i posti auto) e di 0.90 (parte asfaltata).

L'intervento previsto come lotto A (esteso su 7290 m² di superficie) denota un aumento del coefficiente di deflusso che passa da 0.63 attuale a 0.82 di progetto. Il valore alto nello SDP è dovuto alla necessità di prevedere l'impermeabilizzazione totale dell'area dove si prevede l'intervento di MiSP.

Tale incremento del coefficiente di deflusso viene in parte compensato dalla modifica dell'attuale parcheggio del Teatro prevista con il lotto B dei lavori (esteso su 5980 m² di superficie) realizzato con copertura totalmente impermeabile con una diversa soluzione semipermeabile.

Questo è consentito per il fatto che in tale area si prevede un intervento di bonifica e pertanto non è necessario mantenere una copertura totalmente impermeabile. Il coefficiente si riduce dal valore di 0.90 a 0.76 nella condizione di progetto.

In termini medi se ne conclude che il coefficiente di deflusso medio della variante urbanistica si traduce nell'aumento del coefficiente di deflusso dall'attuale valore di 0.75 al valore di progetto di 0.81.

Per fornire un quadro riassuntivo dell'intervento urbanistico, in tabella 5.I sono state riportate le superfici (S) di tutti gli interventi, suddivisi nelle varie sotto-aree per le quali si è fatto riferimento alla descrizione riportata nelle tavole di progetto.

Tabella 5.I – Riassunto delle aree di intervento e delle variazioni di permeabilità

		Stato di Fatto		Stato di Progetto	
	S [m²]	Tipo di copertura	C [-]	Tipo di copertura	C [-]
Lotto A					
Area già bonificata (A4)	2800	terreno nudo incolto	0.20	Parcheggio con stalli semipermeabili	0.76
Area MiSP (A3)	4100	Terreno impermeabilizzato da soletta di cls	0.90	parcheggio asfaltato	0.90
Area a Sud (A1 + A2)	390	Terreno impermeabilizzato da soletta di cls	0.90	Parcheggio asfaltato	0.90
SUPERFICIE TOT. =	7290	COEFF. DEFLUSSO MEDIO =	0.63		0.85
Lotto B					
Intero lotto	5980	Parcheggio impermeabile	0.90	Parcheggio asfaltato con stalli semipermeabili	0.76
SUPERFICIE TOT. =	5980	COEFF. DEFLUSSO MEDIO =	0.90		0.76
Lotto A + B					
SUPERFICIE TOT. =	13270	COEFF. DEFLUSSO MEDIO =	0.75		0.81

A partire da questi valori, possono essere stimate le portate massime scaricabili nel corpo idrico ricettore (in questo caso la fognatura bianca comunale) e i volumi complessivi, in caso di eventi estremi e nelle due configurazioni attuale e di progetto. Tale valutazione è stata condotta analizzando il regime pluviometrico dell'area climatica alla quale rientra la città di Vicenza e

valutando, in termini di portate e volumi, la risposta idrologica. Per queste valutazioni si rimanda ai capitoli seguenti.

5.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO E DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Al fine di caratterizzare l'area di progetto dal punto di vista della sua propensione ad essere soggetta a fenomeni di esondazione, si è fatto riferimento ai documenti di pianificazione a scala di bacino redatti dall'autorità idraulica competente ovvero dall'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (ADB-VE).

Nel caso in esame il documento di riferimento è il ***Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Brenta-Bacchiglione (PAI-BB)***, redatto nel febbraio 2012, adottato in via definitiva nel Novembre 2012 con delibera n.3 del Comitato istituzionale e approvato dal D.P.C.M. del 21/11/2013.

Successivamente il PAI-BB ha subito alcune modifiche apportate dalla stessa ADB-VE secondo le modalità indicate nell'art. 6, comma 2, delle norme di attuazione.

Uno degli obiettivi fondamentali del PAI è quello di caratterizzare il territorio dal punto di vista della sua propensione al dissesto (fase conoscitiva). Da questo quadro vengono individuati sia il piano degli interventi mirati alla sicurezza idraulica sia la loro priorità realizzativa (fase propositiva).

La cartografia allegata al PAI, riporta la perimetrazione delle aree aventi ***Pericolosità Idraulica***, differenziandole tra aree soggette a Pericolosità Idraulica (suddivise in 4 classi), aree fluviali e "zone di attenzione". Quest'ultime, individuate in cartografia con apposito tematismo, sono aree per le quali esistono unicamente informazioni di possibili situazioni di dissesto ma alle quali non è ancora stata associata alcuna classe di pericolosità.

Relativamente alle zone di attenzione, l'associazione delle classi di pericolosità, avviene secondo le procedure indicate all'art.6 delle Norme Tecniche di Attuazione di PAI. Nella seguente figura si riporta la legenda della Carta della Pericolosità Idraulica.



Figura 5.2 - Legenda della Carta della pericolosità Idraulica allegata al PAI-BB

La mappatura della città di Vicenza è coperta dalla tavola n. 40 della Carta della Pericolosità Idraulica della quale si riporta, in figura 5.3, uno stralcio planimetrico. Il rettangolo rosso evidenzia l'area di intervento. La tavola è stata tratta dall'ultimo aggiornamento del PAI disponibile al momento della redazione della presente relazione, e contiene gli aggiornamenti in esito al Decreto Segretariale n. 52 del 07/12/2016.

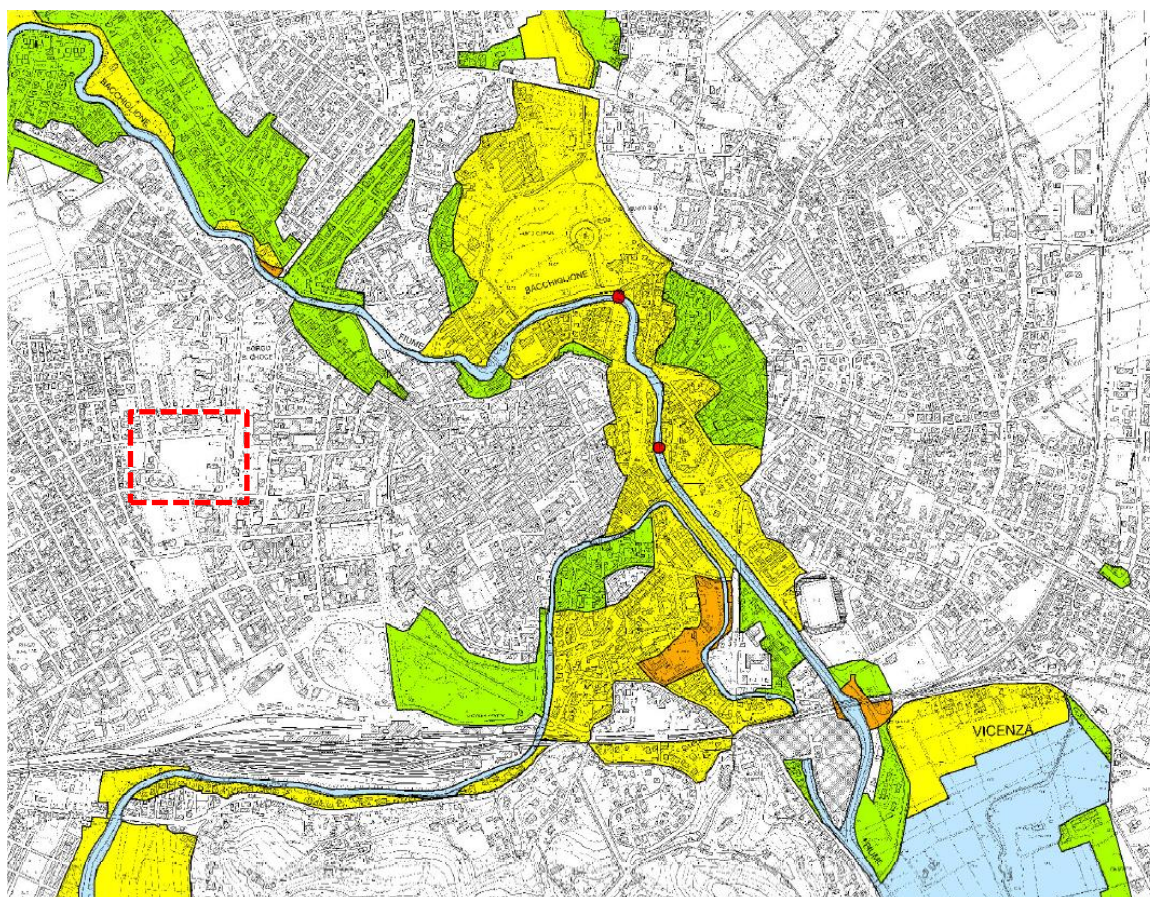


Figura 5.3 - Stralcio della Tavola n.40 della Carta della Pericolosità Idraulica del PAI-BB.

Da quanto si può osservare dallo stralcio planimetrico riportato in figura, l'area di intervento non rientra tra le aree soggette a Pericolosità Idraulica e nemmeno si segnalano informazioni tali da farla rientrare nelle Zone di Attenzione. Dal momento che la Pericolosità Idraulica è nulla, l'area di intervento non rientra nemmeno tra le aree a Rischio Idraulico.

5.4 CRITICITÀ IDRAULICA DEL TERRITORIO

L'area di intervento non presenta importanti criticità idrauliche. Le criticità idrauliche sono quelle relative all'eventuale insufficienza del reticolo secondario. Trattandosi di un'area fortemente urbanizzata, importanti sono i deflussi superficiali prodotti a seguito di

precipitazione brevi e intense. Inoltre, il reticolo secondario naturale è stato quasi completamente intubato nel tempo e sostituito da una rete di condotte fognarie, aventi una capacità di invaso relativamente modesta.

La debole pendenza del territorio costringe al ricorso di impianti di sollevamento meccanico per mantenere, in modo artificiale, una pendenza della linea piezometrica adeguata allo scorrimento delle acque fino al corpo idrico recettore.

6. ANALISI DEL REGIME PLUVIOMETRICO

Nella configurazione di progetto, l'area sarà per buona parte occupata da un parcheggio e per una parte minore da verde pubblico. Considerata l'estensione relativamente modesta dell'area e del suo tempo di corrivazione, gli eventi pluviometrici che andranno a sollecitare maggiormente il sistema di drenaggio saranno quelli brevi e intensi.

L'analisi di seguito descritta è stata condotta con il fine di determinare le leggi che associano l'intensità dell'evento pluviometrico alla sua probabilità di accadimento.

6.1 CENNI TEORICI

L'intensità media (j) con cui si manifesta un fenomeno pluviometrico in un certo punto del territorio, dipende dalla sua durata (d) e dalla frequenza con cui gli eventi di pari intensità si verificano. Tale frequenza viene normalmente espressa attraverso il tempo di ritorno (T). La correlazione tra l'altezza della precipitazione totale (h) caduta al suolo con la durata del fenomeno pluviometrico e il suo tempo di ritorno, viene determinata per via statistica, sulla base delle misurazioni disponibili di fenomeni intensi occorsi nella stessa area geografica registrate dalle strumentazioni di misura.

La distribuzione dei dati misurati nel piano (h, d) e nel piano (h, T) viene approssimata, mediante procedure di regressione, con una delle numerose curve di distribuzione statistica proposte in letteratura.

Per determinare la legge nel piano (h, T) è necessario fissare il valore della durata della precipitazione e quindi ricavare, i parametri della legge di distribuzione statistica che meglio approssimano il comportamento reale. Il numero dei parametri varia a seconda della legge di distribuzione statistica adottata (da 1 a 4 parametri).

Per determinare la legge nel piano (h, d) è necessario fissare un certo valore del tempo di ritorno per poi determinare, per approssimazione dei valori osservati, i parametri che definiscono la legge matematica che concettualizza il fenomeno.

6.1.1 Analisi puntuale

Con questo tipo di approccio, vengono elaborati separatamente i dati di ogni serie storica disponibile. Si tratta quindi di analizzare il comportamento statistico dei fenomeni pluviometrici in un particolare punto dello spazio.

Per determinare la legge nel piano (h, d) una legge molto utilizzata è quella nota come curva di possibilità pluviometrica, definita dai due parametri "a" ed "n", avente la seguente forma:

$$h(d) = a d^n \quad (6.1)$$

Per ciascun valore prefissato di T andrà determinata una coppia di parametri (a, n).

Nelle tradizionali tecniche di analisi di questo tipo, vengono prima elaborate le serie storiche dei dati nel piano (h, d), facendo variare la durata da 1 a 24 ore, per poi estrapolare, da queste curve, i valori relativi ad un certo tempo di ritorno. Si ottengono così una serie di curve nel piano (h, d) ovvero una serie di coppie di parametri (a, n).

6.1.2 Analisi spaziale (Regionalizzazione)

In questo caso i dati vengono elaborati inizialmente a livello puntuale, ma nei successivi livelli di elaborazione, si tenta di ricercare una correlazione tra i parametri che definiscono le leggi sul piano (h, d) per giungere ad una legge generale che rappresenta il comportamento pluviometrico di un'intera area geografica. L'insieme dei punti del territorio (ovvero delle serie storiche) per i quali esiste questa correlazione definiscono una Zona Omogenea. Se l'insieme non soddisfa questa condizione è necessario suddividere l'area in più "sotto-aree" e ripetere la verifica in merito all'esistenza di una correlazione soddisfacente. Si parlerà quindi di Sotto Zona Omogenea.

Secondo la legge generale valida per ciascuna Zona Omogenea, l'intensità con cui si manifesta un fenomeno idrologico è dato dal prodotto di due parametri: il valore indice (μ), che rappresenta il valore medio (generalmente annuale) delle massime altezze di pioggia con cui si manifesta il fenomeno, ed il fattore probabilistico di crescita (K_T), crescente al diminuire della frequenza di accadimento.

Facendo riferimento alla sua applicazione a fenomeni pluviometrici, l'equazione che rappresenta il principio teorico di base è:

$$h(d, T) = \mu(d) K_T(T) \quad (6.2)$$

dove $h(d, T)$ è l'altezza di pioggia per una data durata di pioggia d e per un dato tempo di ritorno T, μ è il valore indice, funzione solamente della durata, e K_T è il fattore probabilistico di crescita, funzione solamente del tempo di ritorno.

6.2 LE PRECIPITAZIONI INTENSE NELL'AREA DI VICENZA

Uno tra gli studi più accreditati per giungere alla caratterizzazione del regime pluviometrico intenso nel triveneto, è lo studio "*Valutazione delle piene nel Triveneto*" a cura del CNR - GNDICI (Bacchi e Villi, 2001). Si tratta di uno studio basato sulla tecnica di regionalizzazione statistica dei dati, attualmente molto utilizzata negli studi idrologici in quanto consente di ottimizzare la densità di informazione disponibile, talvolta non sempre adeguata a livello locale, mediante una regressione dei dati misurati in una regione di spazio relativamente ampia, dopo aver verificato che tale area possa essere considerata *omogenea* dal punto di vista climatico.

Si definisce “Zona Omogenea” quella regione dello spazio per cui la curva di crescita, definita al paragrafo precedente, può essere ritenuta invariante.

Le analisi condotte dal CNR hanno consentito di verificare che l'intero territorio del Triveneto può essere considerato come una unica Zona Omogenea, anche se gli autori hanno individuato una leggera differenza tra la regione *periadriatica* e quella *alpina*. L'analisi effettuata con la stessa tecnica, applicata separatamente alle due regioni, ha tuttavia portato a risultati molto simili.

Lo studio ha potuto sfruttare appieno la grande mole di dati misurati dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) e riportati negli annali idrologici. Si tratta di serie storiche di dati che per alcune stazioni risalgono al 1923.

Dal momento che i campioni di dati sono risultati essere estremamente disomogenei, per numerosità e periodi di funzionamento, il loro utilizzo ha richiesto una preliminare validazione ed eliminazione delle serie storiche poco rappresentativa dal punto di vista statistico. Sono state considerate utili solamente le serie storiche aventi numerosità superiore ad una certa soglia, variabile in funzione del tipo di parametro statistico da estrarre. Per esempio, per la valutazione dei parametri connessi all'asimmetria delle serie campionarie, responsabili di definire la forma della distribuzione statistica ovvero la curva di crescita, sono stati utilizzati 2445 dati provenienti da 39 serie storiche aventi almeno 50 anni di osservazioni.

6.2.1 Valore indice

Il valore indice è funzione della durata della precipitazione. Il suo andamento rispetto a tale variabile può essere espresso mediante una equazione del tipo della (6.3):

$$\mu(d) = a d^n \quad (6.3)$$

Per la valutazione del valore indice, il citato studio mette a disposizione una serie di tavole grafiche dalle quali è possibile leggere i valori medi h_m delle altezze massime annuali attese in ciascun punto del territorio, ottenuti per interpolazione a partire dai valori puntuali determinati per ogni singola stazione pluviometrica. Per la città di Vicenza, essendo disponibili le misurazioni effettuate dalla stazione pluviometrica che comprende oltre 50 anni di osservazioni, si è preferito estrarre i valori medi delle massime piogge annuali direttamente dai campioni di dati relativi alle durate di pioggia di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Tali valori possono essere approssimati da una curva del tipo (6.3) ricavando così i parametri a e n . La Figura 6.1 seguente riporta lo schema di calcolo utilizzato per l'estrazione dei parametri. L'espressione così ottenuta va utilizzata esprimendo la durata d in ore.

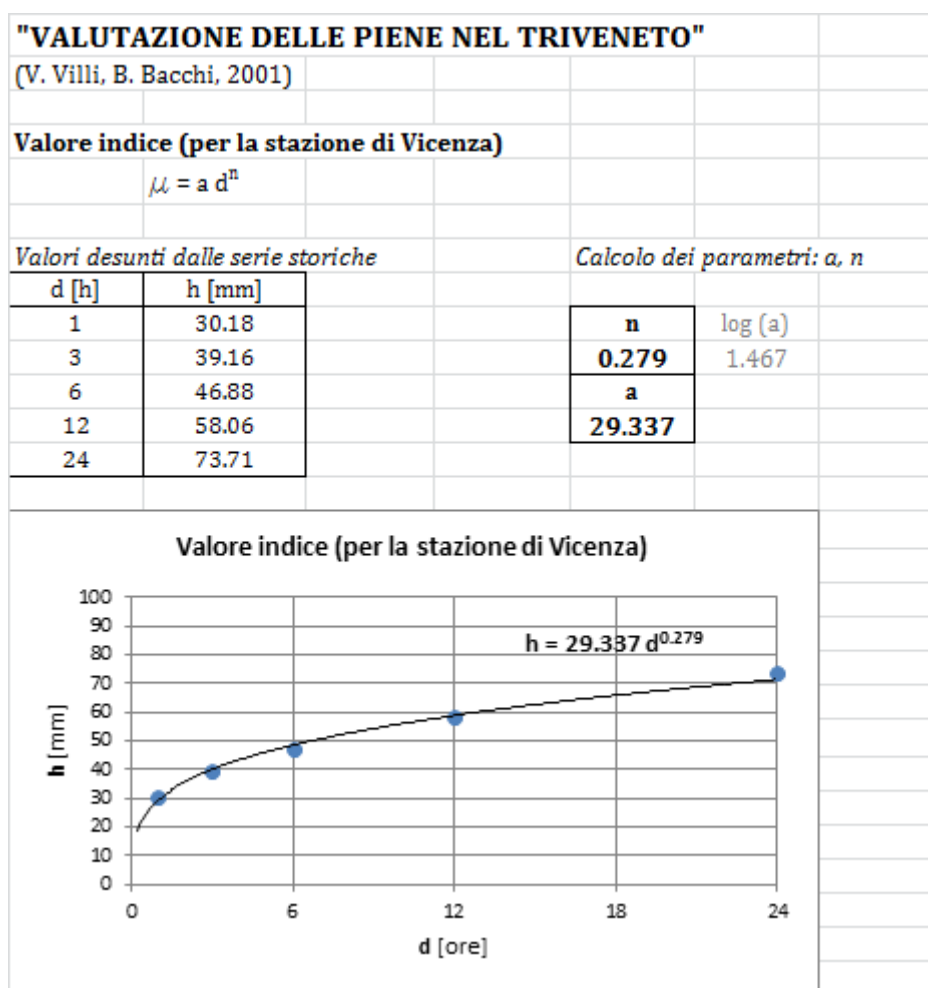


Figura 6.1 - Andamento del valore indice estratto dai dati della stazione pluviometrica di Vicenza (Bacchi, Villi, 2001)

6.2.2 Curva di crescita

La curva di crescita esprime l'andamento del fattore probabilistico di crescita (K_T) con il tempo di ritorno, dove il fattore probabilistico di crescita rappresenta il rapporto tra l'intensità del fenomeno e l'intensità media con cui esso si verifica (valore indice).

Nel citato studio, redatto in accordo con la procedura VA.PI. (Fiorentino et al. 1987, Rossi e Villani 1994) per esprimere la curva di crescita è stato adottato il modello probabilistico di crescita TCEV - Two-Component Extreme Value, (Rossi et al. 1984, Gabriele e Iritano 1994), che fa uso di 4 parametri.

Nelle pratiche applicazioni, tale espressione, che risulta piuttosto complessa, può essere approssimata da una espressione logaritmica scritta nella forma:

$$K_T = A + B \cdot \ln(T) \quad (6.4)$$

dove A e B sono due parametri desunti dai parametri della TCEV.

Le analisi condotte sulle serie storiche relative alle diverse durate hanno evidenziato un andamento della curva di crescita leggermente differente. In particolare gli stessi autori

sottolineano che le diverse curve possono essere raggruppate in un primo gruppo valido per eventi con durata fino a 3 ore e un altro gruppo per gli eventi di durata maggiore o pari a 6 ore. Tale differenza sembra rappresentare i due diversi meccanismi di formazione degli eventi pluviometrici derivanti dai sistemi frontali da quelli convettivi.

Nel nostro caso, data la finalità del presente lavoro, è stata utilizzata la curva di crescita ottenuta dalla regressione dei dati relativi alle serie storiche di durata pari a 1 ore.

$$A = 0.3920$$

$$B = 0.3922$$

6.3 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Sostituendo l'espressione del valore indice fornito dalla (6.3) nella (6.2) è possibile esprimere l'altezza di pioggia per una qualsiasi durata e tempo di ritorno mediante la:

$$h(d, T) = K_T(T) a d^n \quad (6.5)$$

Indicando con:

$$a_T = K_T(T) a$$

si può notare come la (6.5) sia equivalente all'espressione nota come curva di possibilità pluviometrica dove il parametro di scala a viene sostituito con a_T .

In Tabella 2.I vengono riportati, in funzione del tempo di ritorno, il coefficiente di crescita K_T , e i due parametri a_T ed n che definiscono le curve di possibilità pluviometrica utilizzabili per ottenere l'altezza di pioggia h per una qualsiasi durata dell'evento.

Si noti che il parametro a varia con il tempo di ritorno mentre il parametro esponenziale n resta costante.

Tabella 6.I - Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno.

T	K_T	a_T	n
[anni]	[-]	[mm]	[-]
5	1.024	30.03	0.279
10	1.295	38.01	0.279
20	1.567	45.98	0.279
30	1.727	50.65	0.279
50	1.927	56.53	0.279
100	2.199	64.51	0.279
200	2.471	72.49	0.279
500	2.830	83.04	0.279
1000	3.102	91.02	0.279

7. VARIAZIONE DELLA RISPOSTA IDROLOGICA

Come illustrato nel capitolo dedicato alla descrizione della variante urbanistica, ai fini idrologici, l'unico intervento significativo è quello della realizzazione del parcheggio nel mappale n. 1444, in quanto l'unico destinato a produrre una significativa impermeabilizzazione del suolo. La presente valutazione fa dunque riferimento a quest'area.

In questo capitolo viene descritta la metodologia utilizzata per valutare l'effetto della trasformazione d'uso del suolo in termini di incremento di portata e volume scaricati verso il ricettore.

7.1 MISURE COMPENSATIVE

I risultati dell'analisi esposta in questo capitolo in merito agli effetti idrologici della variante urbanistica hanno già considerato gli effetti delle misure compensative adottate che vengono qui riassunte.

- Dove possibile, ovvero dove la pavimentazione stradale in progetto riguarda terreni bonificati, si avrà l'accortezza di realizzare le piazzole di sosta delle auto (stalli) in materiale drenante al fine di ridurre il coefficiente di deflusso medio.
- Per quanto riguarda i lavori previsti nel lotto B, il parcheggio esistente completamente asfaltato andrà rifatto adottando soluzioni simili al caso del lotto A.
- Saranno inserite nel sistema le vasche di prima pioggia che oltre a garantire lo scarico di acque meno contaminate, contribuiscono ad aumentare l'effetto di laminazione del sistema. Tali vasche saranno dimensionate per contenere i primi 5 mm d'acqua meteorica all'inizio di ogni evento meteorico. Nei calcoli che seguono, nella situazione di progetto la capacità di invaso è stato incrementato di tale quantità.

7.2 MODALITÀ DI VERIFICA

Tra i numerosi modelli di tipo analitico/concettuale di trasformazione afflussi-deflussi disponibili in letteratura, la delibera regionale elenca tre metodi, molto diffusi in ambito internazionale e nazionale, ai quali è possibile fare riferimento per studiare le alterazioni idrologiche indotte dal progetto:

- il **Metodo Razionale**, molto utilizzato in ambito nazionale per valutare sia il deflusso superficiale sia la massima portata prevista allo scarico;
- il **Metodo del Curve Number** proposto dal Soil Conservation Service (SCS) americano, ora Natural Resource Conservation Service (NRCS), per la valutazione del deflusso superficiale e che deve essere associato ad un modello di propagazione per la valutazione della

massima portata allo scarico;

- il **Metodo dell'invaso**, che consente di valutare sia il volume di deflusso superficiale sia la massima portata allo scarico, facendola dipendere anche dalle caratteristiche della rete di drenaggio.

In merito all'approccio più corretto da seguire per effettuare questo tipo di valutazioni è utile ricordare le indicazioni riportate nelle **Linee guida per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica**, predisposte dal gruppo di lavoro organizzato dal *Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto* di cui OPCM 3261/2007 (AA.VV., 2009) e richiamate dalla DGR n.2948/09, che indicano la possibilità di ricorrere al metodo razionale per gli studi di minore impatto sul territorio mentre consigliano il ricorso al metodo dell'invaso nel caso di variazioni urbanistiche di maggiore rilevanza.

Considerato che l'effetto invaso riveste un ruolo fondamentale nelle verifiche di invarianza idraulica, le valutazioni di seguito descritte hanno fatto riferimento al metodo dell'invaso.

7.3 METODO DELL'INVASO: CENNI TEORICI

Il metodo dell'invaso mira a stabilire la correlazione tra gli apporti meteorici efficaci (p) diretti verso la rete idrografica e la portata che defluisce nel collettore principale (q), imponendo il principio di conservazione del volume (W), tra gli istanti generici t_1 e t_2 , espresso mediante l'equazione dei serbatoi:

$$(p - q) (t_2 - t_1) = W(t_2) - W(t_1) \quad (7.1)$$

A questo, si aggiunge una legge cinematica che esprime la portata in uscita dal sistema. Nel caso del **metodo dell'invaso lineare**, la portata che attraversa la sezione terminale del collettore viene assunta proporzionale al volume d'acqua invasato a monte, ritenendo valida un'espressione del tipo:

$$W = k Q \quad (7.2)$$

La costante k, detta anche costante dell'invaso lineare, può essere valutata in base a un preciso dimensionamento degli elementi che compongono la rete (applicabile nel caso di condotte fognarie) o considerata come parametro del modello e ricavata mediante processo di taratura (applicabile nel caso di bacini di scolo naturali).

Il problema viene risolto ipotizzando che l'apporto meteorico efficace sia costante nel tempo e considerando il caso in cui all'istante $t = 0$ la portata non sia nulla, bensì pari a q_0 ,

Sostituendo la (7.2) nella (7.1), l'andamento temporale della portata $q(t)$ defluita nel collettore assume la seguente forma:

$$q(t) = p(1 - e^{-t/k}) + q_0 e^{-t/k} \quad (7.3)$$

Tale espressione rappresenta la risposta del bacino a una pioggia di intensità costante e di durata infinita. In realtà, essendo l'intensità della precipitazione calcolata sulla base di un preciso tempo di pioggia t_p , la portata massima Q_{MAX} viene fornita dalla (7.3) avendo posto $t = t_p$, dopodiché ha inizio la fase di esaurimento della piena. Questa seconda curva viene espressa dall'espressione:

$$q(t) = q_{max} e^{\frac{t_p - t}{k}} \quad (7.4)$$

Per la valutazione del coefficiente k è necessario effettuare un calcolo preliminare della portata massima scaricata, del dimensionamento della rete di drenaggio e, in particolare, della diametro della condotta principale che può contribuire in misura non trascurabile sul volume complessivo del sistema.

La correttezza delle assunzioni devono essere controllate alla luce dei risultati ed, eventualmente, si dovrà ripetere il calcolo aggiornando le ipotesi in maniera iterativa.

Deve essere anche controllato che all'istante $t = t_p$ ovvero quando si raggiunge la condizione di massimo riempimento delle condotte, il volume accumulato all'interno del sistema non superi il volume totale (W) ipotizzato. In caso contrario sarà necessario modificare i parametri assunti e ripetere i calcoli.

Il metodo dell'invaso deve essere applicato facendo variare il tempo di pioggia fino a ricercare la condizione più gravosa, condizione che determina il tempo di pioggia critico.

7.4 VALUTAZIONE DEI PARAMETRI

7.4.1 Apporto meteorico (j)

Per determinare l'afflusso meteorico, per un dato tempo di ritorno e per le diverse durate della precipitazione, sono state utilizzate le equazioni di possibilità pluviometrica calcolate in precedenza. Si ha dunque:

$$j = a t^{n-1}$$

Sempre sulla base della normativa, le verifiche devono fare riferimento a fenomeni meteorici attesi con tempo di ritorno di 50 anni per i quali si ha:

$$a = 56.53 \text{ mm}$$

$$n = 0.279$$

7.4.2 Coefficiente di deflusso (φ)

Il metodo dell'invaso richiede la preliminare valutazione della portata (p) entrante alla rete di

drenaggio. Tale portata coincide con la portata di scorrimento superficiale ottenuta sulla base dell'afflusso meteorico in modo del tutto analogo a quanto previsto per l'applicazione del metodo razionale.

Facendo riferimento all'analisi della trasformazione urbanistica riportata al capitolo 5 in termini di variazione di permeabilità, il coefficiente di deflusso associato alle due conformazioni analizzate sono:

- conformazione dell'area nello stato di fatto (SDF): coefficiente di deflusso $\varphi = 0.75$
- conformazione dell'area nella situazione di progetto (SDP): coefficiente di deflusso $\varphi = 0.81$

7.4.3 Apporto efficace (p)

Se A è l'estensione della superficie di intercettazione, φ [-] è il coefficiente di deflusso e j [mm/h] è l'intensità della precipitazione, l'apporto efficace prodotto dallo scorrimento superficiale, sarà pari a:

$$p = \varphi j A \quad (7.5)$$

In coerenza con la (7.5), la portata aumenta con l'intensità di pioggia che a sua volta aumenta al diminuire del tempo di pioggia. Se la precipitazione procede con intensità costante nel tempo, anche p sarà costante nel tempo.

L'apporto efficace è stato valutato imponendo i coefficienti di deflusso validi per lo stato di fatto (SDF) e per lo stato di progetto (SDP) e facendo variare il tempo di pioggia da 5 minuti a 3 ore. E' stato così ricavato il grafico riportato in Figura 7.1 che mette in evidenza la differente risposta idrologica sia in termini di portata sia di volume immesso nella rete di drenaggio.

La differenza espressa in termini di volume (DV) fornisce un'indicazione su quella che dovrà essere il volume di compenso per ripristinare le condizioni attuali.

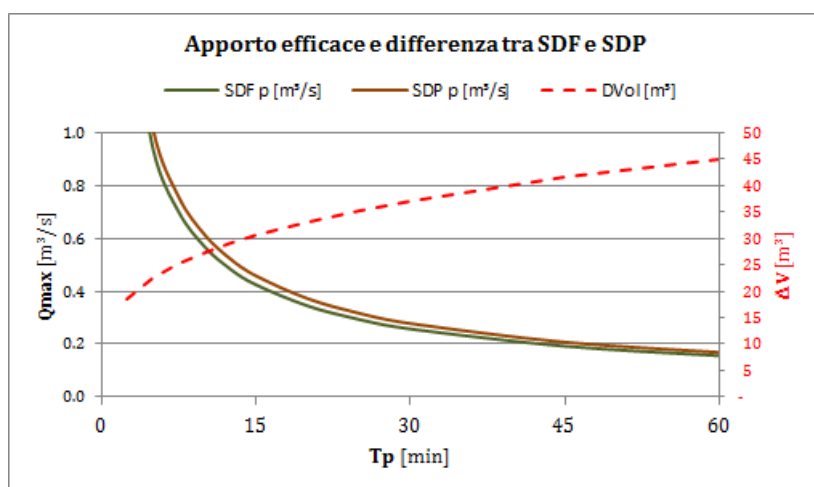


Figura 7.1 – Incremento dell'apporto efficace tra SDF e SDP, in termini di portata e di volume.

I risultati riportati nel grafico rappresentano l'incremento di volume di scorrimento superficiale diretto alla rete causato dalla variante urbanistica. Nelle valutazioni basate sul *metodo razionale* tale incremento di volume corrisponde al volume di laminazione che dovrà essere garantito dal sistema di drenaggio in progetto. Il metodo razionale non dice nulla in merito al tempo di pioggia da considerare.

Nel capitolo successivo si darà risposta a questo aspetto applicando un modello concettuale più realistico basato sul *metodo dell'invaso*.

7.4.4 Portata iniziale (q_0)

Nel caso di dimensionamento di reti fognarie di acque bianche è usuale assumere nulla la portata inizialmente defluente nelle condotte. Ne consegue un volume nullo di invaso all'inizio del fenomeno meteorico.

7.4.5 Volume di invaso specifico (w)

Per definire il volume d'invaso specifico è necessario definire le sue tre componenti:

- volume invasato sulla superficie di captazione (w_1), per effetto delle asperità del terreno o del manto stradale,
- volume invasato nella rete di condotte di drenaggio secondarie (w_2)
- volume invasato nel collettore principale (w_3), nel caso esista un collettore principale a cielo aperto con sezione relativamente ampia rispetto alle condotte.

Il terzo contributo comprende eventuali vasche o bacini di accumulo appositamente realizzati per la laminazione delle portate scaricate.

I primi due contributi sono stati valutati sulla base dei valori suggeriti in letteratura e in considerazione della diversa destinazione d'uso del suolo tra la condizione attuale e di progetto. Il terzo è stato valutato sulla base del sistema di drenaggio esistente (condotta DN800 che il progetto non prevede di modificare) e sul dimensionamento preliminare della condotta terminale di progetto, la cui correttezza è stata controllata a posteriori.

Nel caso di superfici pavimentate, l'entità dell'invaso è modesto in quanto la regolarità della superficie riduce la possibilità di trattenere l'acqua. In queste condizioni si assume un contributo di 2 mm. Nella conformazione attuale dell'area tuttavia, l'andamento irregolare delle coperture osservate durante i sopralluoghi e lo stato non rivestito della zona più a Nord del lotto A (area bonificata) suggerisce di adottare un valore maggiore (4 mm).

Il volume garantito dalle condotte di drenaggio secondarie viene assunto pari a 2 mm nella configurazione SDP mentre si assume 1 mm nello SDF in quanto il lotto A è attualmente sprovvisto di un sistema di captazione delle acque.

Il volume garantito dalla condotta principale DN800 rappresenta il contributo principale in

quanto tale condotta è sicuramente sovradimensionata rispetto alle necessità. Tale contributo risulta essere pari a 6 mm che nella configurazione SDP aumenta a 8 mm in virtù del nuovo sistema di drenaggio principale che il progetto prevede di realizzare in parallelo alla condotta esistente. Va inoltre segnalato che nella configurazione SDP saranno realizzate le vasche per l'accumulo delle acque di prima pioggia che contribuiscono ad incrementare il volume specifico w_3 di altri 5 mm. La tabella riassume i parametri utilizzati.

Tabella 7.1 - Volumi specifici assunti nelle configurazioni attuale (SDF) e di progetto (SDP)

<i>Volume specifico</i>	<i>SDF</i>	<i>SDP</i>
	[mm]	[mm]
$w_1 =$	4	2
$w_2 =$	1	2
$w_3 =$	6	8+5

7.4.6 Costante del serbatoio lineare (k)

Il coefficiente k viene ottenuto dal rapporto tra volume invasato e portata uscente, assunto valido per ogni istante temporale dall'ipotesi di invaso lineare. Il suo valore effettivo viene calcolato facendo riferimento alla condizione di massimo volume e massima portata presso la sezione terminale ovvero:

$$k = W / Q_{MAX}$$

dove:

W è il volume totale invasato dal sistema bacino-rete a monte della tratta da dimensionare

Q_{MAX} è la massima portata che la condotta terminale può scaricare nel ricettore finale

7.5 SIMULAZIONI E RISULTATI

Al fine di comprendere i risultati ottenuti, si considerino i due scenari rappresentati nelle seguenti figure che si riferiscono alla risposta a un **impulso di pioggia di 10 minuti**, nelle due conformazioni SDF e SDP. La linea nera orizzontale tratteggiata rappresenta la portata entrante alla rete di drenaggio ovvero la portata di scorrimento superficiale. Tale portata è destinata ad aumentare nel passaggio dallo SDF ($p = 0.568 \text{ m}^3/\text{s}$) allo SDP ($p = 0.614 \text{ m}^3/\text{s}$), per effetto dell'incremento del coefficiente di deflusso.

La linea azzurra tratteggiata rappresenta l'andamento della portata uscente che si avrebbe nel caso in cui la precipitazione dovesse durare all'infinito. La linea tende infatti ad assumere valori sempre più prossimi alla portata entrante a causa del progressivo riempimento dei volumi di invaso e allo stabilirsi di un regime a moto permanente.

Infine, con linea azzurra continua, è rappresentato l'andamento reale della portata uscente che incrementa di valore durante la fase di pioggia per andare ad esaurirsi una volta terminata la precipitazione per lo svuotamento delle condotta.

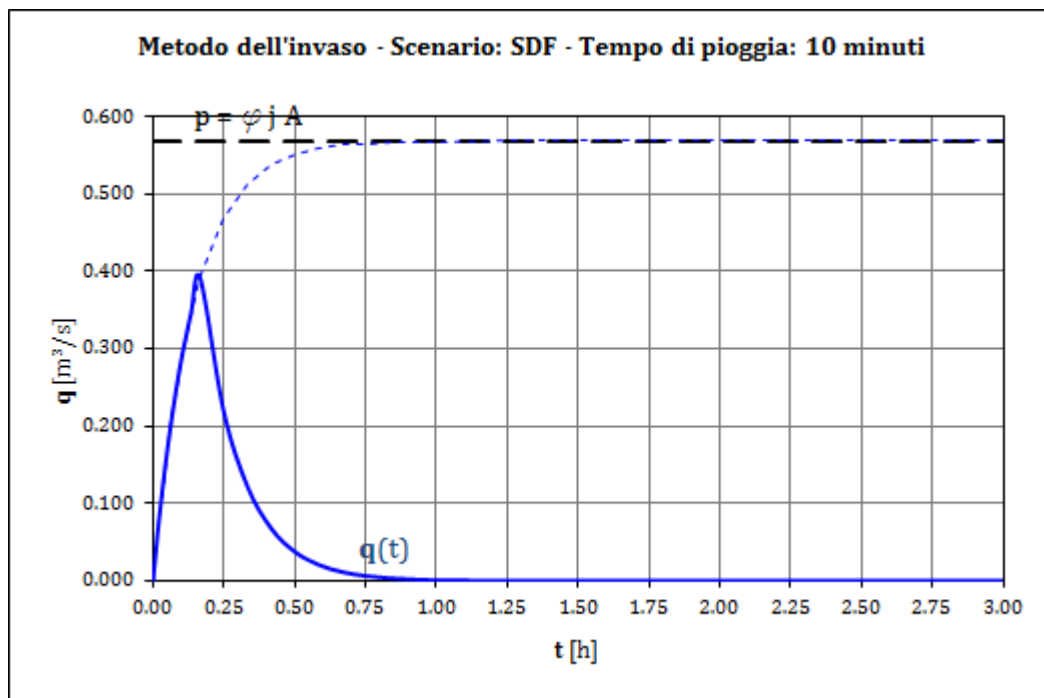


Figura 7.2 – Risposta idrologica in configurazione SDF a un impulso di pioggia di durata 10 minuti.

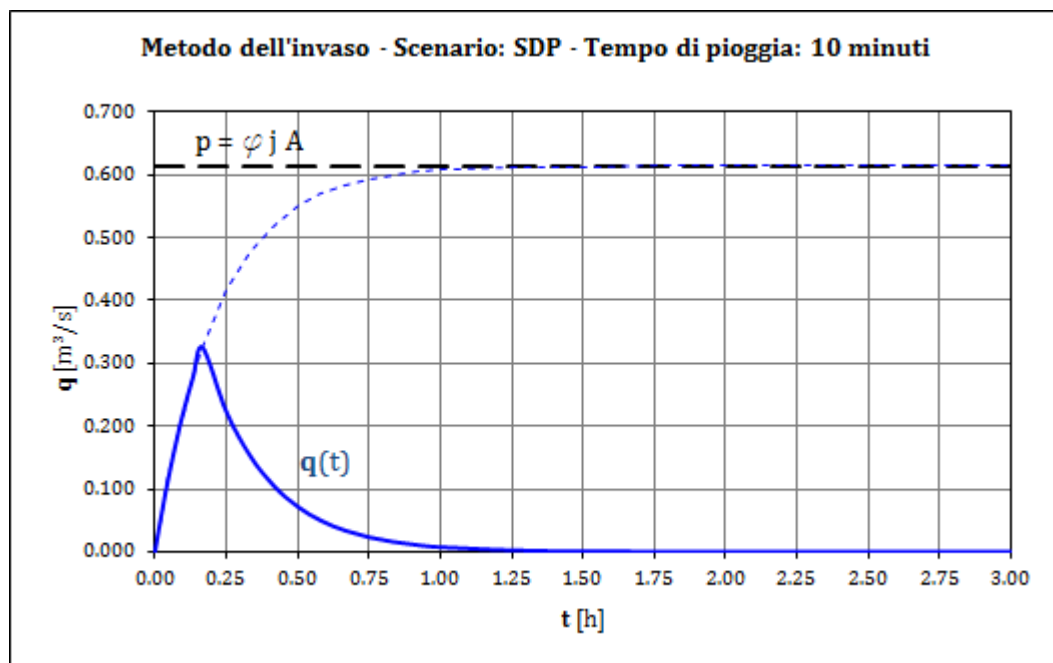


Figura 7.3 – Risposta idrologica in configurazione SDP a un impulso di pioggia di durata 10 minuti.

Nella configurazione SDF, al termine dell'evento meteorico, il sistema di drenaggio non presenta ancora un invaso completo e la portata effettivamente scaricata raggiunge un valore massimo pari al 69% (corrispondente a $0.391 \text{ m}^3/\text{s}$) della massima portata entrante.

Nel caso SDP la situazione è simile, ma con una condizione di invaso relativo inferiore al precedente (53%, corrispondente a $0.325 \text{ m}^3/\text{s}$) a causa dell'aumento del volume di invaso previsto dal progetto.

La portata diretta allo scarico è quindi inferiore rispetto alla situazione attuale.

Le elaborazioni sono state ripetute adottando un **tempo di pioggia di 15 minuti**.

In questo caso il maggiore volume di pioggia produce un invaso maggiore (83% nella condizione SDF e 68% nella condizione SDP).

In termini di valori assoluti, in entrambi i casi si nota una diminuzione delle portate scaricate:

- configurazione SDF: portata massima scaricata = $0.339 \text{ m}^3/\text{s}$
- configurazione SDP: portata massima scaricata = $0.310 \text{ m}^3/\text{s}$

Anche in questo caso la portata diretta allo scarico è inferiore rispetto la situazione attuale.

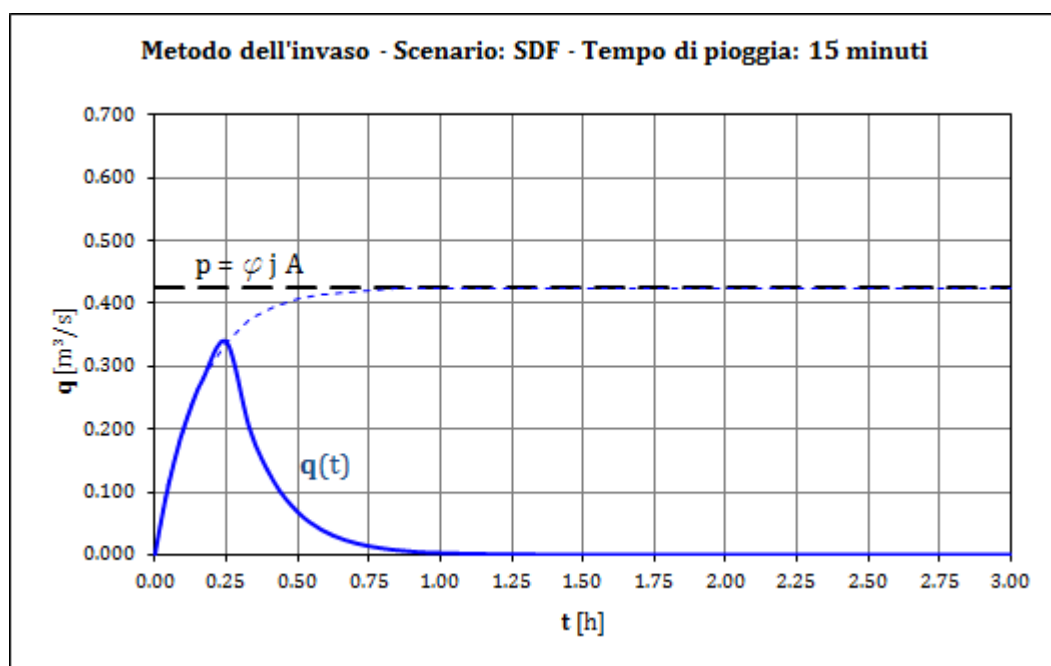


Figura 7.4 – Risposta idrologica in configurazione SDF a un impulso di pioggia di durata 15 minuti.

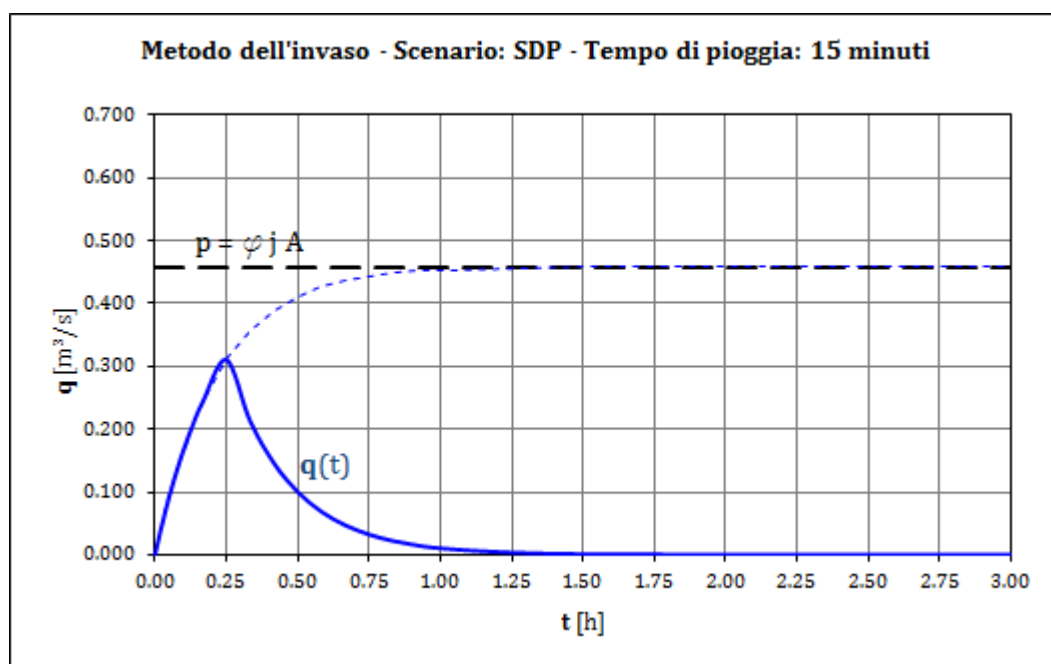


Figura 7.5 – Risposta idrologica in configurazione SDP a un impulso di pioggia di durata 15 minuti.

Nel caso di precipitazione della **durata di 30 minuti** l'invaso raggiunge quasi il 100% del volume disponibile e il sistema raggiunge una condizioni di moto stazionario con portata scaricata che raggiunge valori prossimi a quella entrante. In questa condizioni i risultati sono simili a quelli ottenibili con il metodo razionale.

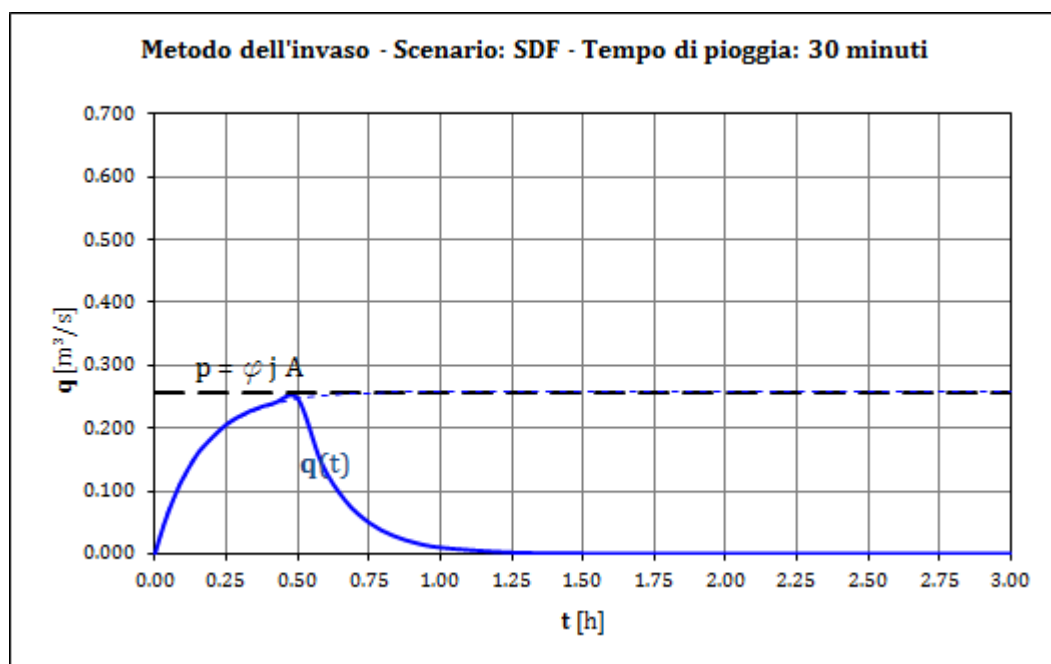


Figura 7.6 – Risposta idrologica in configurazione SDF a un impulso di pioggia di durata 30 minuti.

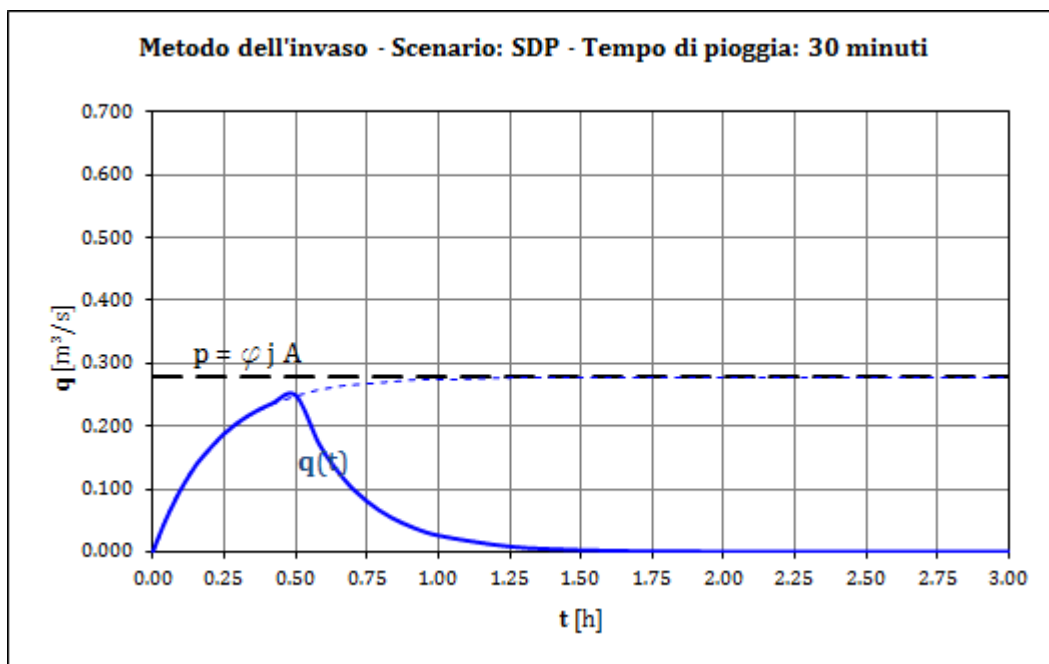


Figura 7.7 – Risposta idrologica in configurazione SDP a un impulso di pioggia di durata 30 minuti.

Le portate massime scaricate nelle due condizioni SDF e SDP sono pressoché identiche:

- configurazione SDF: portata massima scaricata = $0.250 \text{ m}^3/\text{s}$
- configurazione SDP: portata massima scaricata = $0.249 \text{ m}^3/\text{s}$

Ripetendo le elaborazioni adottando un **tempo di pioggia di 60 minuti** le conclusioni modificano di poco il risultato illustrato nel caso precedente. Anche in questo caso l'invaso raggiunge valori di riempimento prossimi al 100% del volume disponibile e il sistema raggiunge una condizione di moto stazionario. Le portate massime scaricate nelle due condizioni SDF e SDP sono:

- configurazione SDF: portata massima scaricata = $0.156 \text{ m}^3/\text{s}$
- configurazione SDP: portata massima scaricata = $0.167 \text{ m}^3/\text{s}$

In questo caso la portata nello scenario SDP è superiore a quella prevista per lo scenario SDF, tuttavia la portata si mantiene su un valore inferiore a quella calcolata per un tempo di pioggia di 30 minuti nello SDF e quindi il sistema di smaltimento a valle sarà in grado di sopportare il maggiore carico. Siamo nel campo dei fenomeni di durata relativamente lunga meno gravosi in senso assoluto per il sistema di drenaggio secondario.

Se ne conclude che i fenomeni meteorici con tempo di pioggia di 10 minuti sono da considerarsi quelli maggiormente critici per entrambe le condizioni SDF e SDP. Per questo tipo di eventi, nella condizione di progetto si avrà una diminuzione delle portate massime scaricate alla rete

fognaria.

Analizzando gli scenari con tempi di pioggia di 15 e 30 minuti, le portate scaricate si riducono per effetto della minore intensità di pioggia e i valori massimi tra le due condizioni SDF e SDP tendono a parificarsi.

Analizzando gli scenari con eventi meteorici maggiormente prolungati le portate scaricate sono assimilabili a quelle entranti ottenuto con il metodo razionale. In questo caso la condizione di progetto SDP è più gravosa rispetto alla condizione attuale SDF per effetto del coefficiente di deflusso maggiore. Tuttavia questo tipo di eventi meteorici è meno critico per il sistema fognario.

8. CONCLUSIONI

La presente Valutazione di Compatibilità Idraulica è stata condotta al fine di valutare gli effetti della variante urbanistica in progetto in termini di variazione della risposta idrologica agli eventi meteorici.

La variante consiste nella realizzazione di un parcheggio, in un'area soggetta a problematiche ambientali dovute alla contaminazione del suolo, e nel rifacimento di un parcheggio esistente, realizzato in un'area soggetta alle medesime problematiche.

Le soluzioni progettuali adottate per i due parcheggi sono risultate simili, ma con alcune differenze in virtù dei vincoli imposti dall'analisi di rischio realizzata da ARPAV e dalle prescrizioni tecniche che ne sono derivate.

Lo studio ha innanzitutto rilevato l'assenza di situazioni di rischio idraulico connesse al reticolo idrografico principale, rappresentato dal fiume Bacchiglione che scorre nelle vicinanze.

Per quanto riguarda il reticolo secondario (sistema fognario acque bianche) l'analisi ha consentito di simulare il comportamento idrologico del suolo nelle condizioni antecedenti il progetto (SDF) e successiva alla realizzazione degli interventi (SDP) consentendo di valutarne la differenza. Le elaborazioni, condotte utilizzando il metodo dell'invaso, hanno considerato gli effetti delle misure compensative, che si sono concentrate sulla sostituzione di materiali permeabili con materiali semipermeabili, dove possibile in relazione alle problematiche ambientali di cui si è detto.

Adottando queste misure compensative lo studio ha evidenziato un aumento dell'impermeabilizzazione del suolo e, nel contempo, un incremento del volume di invaso reso disponibile dalle condotte di drenaggio in progetto e dalle vasche di prima pioggia.

A fronte di eventi meteorologici molto brevi il maggior volume di invaso andrà a compensare l'incremento dei deflussi diretti alla rete. Un reale incremento delle portate scaricate sarà osservato a fronte di eventi meteorici prolungati oltre i 30 minuti, da considerarsi meno critici, in senso assoluto, per il sistema.

Se ne conclude che, adottando le misure compensative indicate, si prevede un comportamento simile tra le condizioni attuali e di progetto, garantendo sostanzialmente l'invarianza idraulica. Gli interventi risultano quindi compatibili con le NTA dello stesso strumento di pianificazione territoriale.

9. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA. VV. (2009): *Valutazione di compatibilità idraulica. Linee Guida*. Per conto del Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto. OPCM 3261/2007.

Andreella G., Boccato A., Coccato M. (2008): *Lo studio di compatibilità idraulica nella vigente normativa regionale*. FOIV Ingegneri del Veneto, Periodico di informazione della Federazione Regionale degli ordini degli ingegneri del Veneto - numero 24 - dicembre 2008.

Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione (2012): *Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino idrografico del fiume Brenta-Bacchiglione*. Approvato con D.P.C.M. del 21/11/2013.

Bacchi B., Villi V. (2001): *Valutazione delle piene nel Triveneto*. CNR-GNDCI, Pubblicazione n. 2511.

Gabriele S., Iritano G. (1994): *Alcuni aspetti teorici e applicativi nella regionalizzazione delle piogge con il modello TCEV*.

Fiorentino M., Gabriele S., Rossi F., Versace P. (1987): *Hierarchical approach for regional flood frequency analysis. Regional flood frequency Analysis*. Ed. by V.P. Singh, pp. 35-49, D. Reidel Publishing Company, Dordrech, Holland.

Rossi F., Fiorentino M., Versace P. (1984): *Two Component Extreme Value distribution for flood frequency analysis*. Water Resource Res. 2007 pp. 847-856.

Rossi F., Villani P. (1994): *Valutazione delle piene in Campania*. CNR Università di Salerno, Salerno.