

COMUNE DI SAN BONIFACIO
Provincia di Verona

P.I.
L.R. 11/2004

PIANO DEGLI INTERVENTI TEMATICO
REALIZZAZIONE DI UN "CENTRO POLIFUNZIONALE" IN ZONA C1e/29
INTERVENTO SOGGETTO AD ACCORDO AI SENSI DELL'ART. 6 L.R. 11/2004
APPROVATO CON DELIBERA DI GIUNTA COMUNALE N.130/2018

elaborato

**VALUTAZIONE DI
COMPATIBILITÀ IDRAULICA**

n. progr.

5

Progettazione

STUDIO TECNICO



DIREZIONE E COORDINAMENTO
dott. Paolo Crestani

Via Minghetti, 3 - 37047 San Bonifacio - VR
tel 045/7612649 - fax 045/6133140
www.progeim.it
mail: studio@progeim.it - PEC: progeim@pec.it

PROGETTISTA URBANISTA
arch. Andrea Mantovani

Via Valpolicella, 58 - 37029 S. Pietro in Cariano - VR
tel 045/7702369 - 3358331493
www.mantovanistudio.com mail: a.mantovani@awn.it
PEC: andrea.mantovani2@archiworldpec.it

Sindaco

Giampaolo Provoli

Responsabile del procedimento

Approvato con D.C.C. n. del

gennaio 2018

COMUNE DI SAN BONIFACIO

PROVINCIA DI VERONA

PIANO DEGLI INTERVENTI

**CENTRO POLIFUNZIONALE IN ZONA
C1e/29 PER ACCORDO PUBBLICO
PRIVATO AI SENSI DELL'ART. 6 L.R.
11/2004**

**VALUTAZIONE DI
COMPATIBILITA' IDRAULICA**



Ing. Nicola Oliboni
Via Luigi Galvani, 10 E – 37138 VERONA
Tel 347 7736405
e - mail: nicola.oliboni@gmail.com

Data
ottobre 2018

Rev 02

INDICE

1. PREMESSA	4
1.1. CONSIDERAZIONI SUL CALCOLO DEL VOLUME DI COMPENSAZIONE	5
2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	6
3. INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO	7
4. DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI	7
4.1. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE, IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	7
4.2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI, GEOLOGICI E DI PERMEABILITÀ DEI TERRENI	9
5. ENTI COMPETENTI.....	11
5.1. AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ADIGE	11
5.2. CONSORZIO DI BONIFICA ALTA PIANURA VENETA.....	12
6. VULNERABILITÀ IDRAULICA	13
6.1. ATO A1.1 AMBITO AGRICOLO PIANURA MERIDIONALE	14
6.1.1. <i>Inquadramento territoriale</i>	14
6.1.2. <i>Vulnerabilità idraulica</i>	14
6.2. ATO A2.1 AMBITO DI VILABELLA	14
6.2.1. <i>Inquadramento territoriale</i>	14
6.2.2. <i>Vulnerabilità idraulica</i>	15
6.3. ATO A2.2 AMBITO DI LOCARA	15
6.3.1. <i>Inquadramento territoriale</i>	15
6.3.2. <i>Vulnerabilità idraulica</i>	15
6.4. ATO A3.1 AMBITO DI PROVA -LOBIA.....	16
6.4.1. <i>Inquadramento territoriale</i>	16
6.4.2. <i>Vulnerabilità idraulica</i>	16
6.5. ATO R1.1 -SAN BONIFACIO	16
6.5.1. <i>Inquadramento territoriale</i>	16
6.5.2. <i>Vulnerabilità idraulica</i>	17
6.6. ATO P1.1 AMBITO POLO PRODUTTIVO SR11	17
6.6.1. <i>Inquadramento territoriale</i>	17
6.6.2. <i>Vulnerabilità idraulica</i>	18
6.7. ATO S1.1 AMBITO MISTO SERVIZI E AGRICOLO	18
6.7.1. <i>Inquadramento territoriale</i>	18
6.7.2. <i>Vulnerabilità idraulica</i>	18
7. IDROLOGIA	19
7.1. VALUTAZIONE DEL MASSIMO INVASO IDRICO	20
7.2. VASCA DI LAMINAZIONE / SISTEMA DISSABBIATORE-DISOLEATORE	22
7.3. BACINI DI LAMINAZIONE / ESPANSIONE	22
7.4. TECNICHE DI MICROLAMINAZIONE	22
7.5. SISTEMI FILTRANTI	23
7.6. REALIZZAZIONE DI CONDOTTE SOVRADIMENSIONATE	23
8. ANALISI IDRAULICA DEGLI EFFETTI DELLE TRASFORMAZIONI.....	24
8.1. TEMPO DI RITORNO	24
8.2. STIMA DEI NUOVI CARICHI IDRAULICI	24
8.3. DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	25
8.3.1. <i>Metodo cinematico</i>	26
8.3.2. <i>Metodo dell'invaso</i>	27
8.4. MISURE COMPENSATIVE	27
8.4.1. <i>Metodo cinematico</i>	27
8.4.2. <i>Metodo dell'invaso</i>	28
9. VALUTAZIONE IDRAULICA DELLE AREE D'INTERVENTO	28
9.1. CENTRO POLIFUNZIONALE IN ZONA C1E/29	29

9.1.1.	<i>Inquadramento geografico</i>	29
9.1.2.	<i>Obiettivi del Piano degli Interventi</i>	29
9.1.3.	<i>Determinazione del coefficiente di deflusso</i>	30
9.1.4.	<i>Misure compensative</i>	31

1. PREMESSA

Il presente elaborato riguarda la valutazione della compatibilità idraulica di alcune aree all'interno del territorio comunale interessato dal Piano degli Interventi (P.I.).

Nel marzo 2015 è stata redatta la Valutazione di Compatibilità Idraulica relativa al Piano di Assetto Territoriale (P.A.T.) del Comune di San Bonifacio in Provincia di Verona. Allo studio sopra riportato si è fatto riferimento nell'elaborazione del presente documento.

Con riferimento alle indicazioni fornite del progettista che ha redatto il Piano degli Interventi, sono state individuate le aree oggetto di variazioni urbanistiche per le quali è stata analizzata la Valutazione di Compatibilità Idraulica.

Per le aree che la trasformazione urbanistica interessa una superficie maggiore di 0,1 ha, secondo la D.G.R.V. 2948/2009 il grado di impermeabilizzazione è modesto o significativo per cui soggette a Valutazione di Compatibilità Idraulica. Quindi di seguito si esamineranno le aree separatamente essendo ubicate su terreni con caratteristiche geologiche ed idrogeologiche diversi tra loro. Per ogni area si dimensioneranno le opere di mitigazione idraulica al fine del conseguimento della sostanziale invarianza idraulica.

Per tutte le altre aree la trasformazione urbanistica interessa una superficie inferiore a 0,1 ha o risulta strettamente connessa ad area già destinata alla medesima destinazione urbanistica per un ambito di superficie < 0,1 ha e quindi, come da D.G.R.V. 2948/2009, rientrano nella classe d'intervento "trascurabile impermeabilizzazione potenziale". Per tale area il progettista del PI presenterà idonea asseverazione di invarianza idraulica.

1.1. Considerazioni sul calcolo del volume di compensazione

Nel calcolare i volumi compensativi per ciascuna area oggetto di variante urbanistica, si sono considerate le prescrizioni riportate nel parere redatto sia dal Genio Civile di Verona e sia dal parere del Consorzio di Bonifica Zerpato Adige Guà, in cui vengono indicati i volumi specifici compensativi distinguendo la tipologia di intervento tra residenziale e produttivo.

Tale parere indica nello specifico per le differenti tipologie di trasformazione i seguenti volumi specifici compensativi:

- Residenziale 690 mc/ha;
- Turistico ricettivo 690 mc/ha;
- Produttivo 820 mc/ha
- Commerciale/Direzionale 820 mc/ha

Tali valori derivano dalla determinazione del coefficiente di deflusso ϕ , che definisce la parte di precipitazione che giunge in rete, è necessario conoscere le caratteristiche del bacino scolante considerato. Allo scopo, nel PAT è stato stimato l'uso del suolo dei nuovi interventi considerando gli indicatori previsti dai vigenti PRG e adottando i valori (superficie impermeabile) maggiormente gravosi per la formazione dei carichi idraulici.

Tipologia intervento	Sup. coperta [%]	Verde [%]	Passaggi pavimentati e parcheggi [%]
Residenziale	30	35	35
Turistico ricettivo	30	35	35
Produttivo	45	20	35
Commerciale/Direzionale	45	20	35

Tabella 2. Distribuzione dei differenti usi del suolo nelle due tipologie d'intervento in mancanza di dati progettuali (rif. tabella 3 della Relazione di compatibilità del PAT)

Il coefficiente di deflusso ϕ per le due tipologie d'intervento previste nel PATI (Tabella 3) è stato determinato applicando la media ponderata agli usi stimati, utilizzando i coefficienti indicati dalla delibera:

Tipologia intervento	Coefficiente di deflusso
Residenziale	0,655
Turistico ricettivo	0,655
Produttivo	0,76
Commerciale/Direzionale	0,76

Tabella 3. Coefficienti di deflusso per le due tipologie d'intervento.

Pertanto per il calcolo del volume di compensazione si esegue preliminarmente una valutazione comparativa del grado di impermeabilizzazione previsto sia delle aree oggetto di variazione urbanistica. Se l'incremento del coefficiente di deflusso equivalente previsto è comparabile con quello sopra riportato il volume specifico compensativo utilizzato sarà quello riportato nel parere, se altrimenti il coefficiente di deflusso equivalente risultasse significativamente inferiore a quello sopra riportato il volume di compensazione considerato sarà quello derivato dal calcolo specifico.

2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla seguente normativa di riferimento:

Delibera della Giunta Regionale del Veneto n°3637 del 13.12.2002	Legge 3 Agosto 1998, n°267. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Indicazioni per la formazione di nuovi strumenti urbanistici
Delibera della Giunta Regionale del Veneto n°4453 del 29.12.2004	Piano di tutela delle acque
Delibera della Giunta Regionale del Veneto n°1322 del 10.05.2006	Legge 3 Agosto 1998, n°267. Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico. Nuove indicazioni per la formazione di nuovi strumenti urbanistici
Delibera della Giunta Regionale del Veneto n°1322 del 10.05.2006. Allegato A	Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche
Decreto Legislativo 03.04.2006 n°152	Norme in materia ambientale
Delibera della Giunta Regionale del Veneto n°2948 del 06.10.2009	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

3. INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO

4. DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI

4.1. Caratteristiche idrografiche, idrologiche ed idrogeologiche

Dal punto di vista **idrografico**, il Torrente Alpone, che passa ad Ovest ed a Sud dell'area in esame, è il rappresentante principale dell'idrografia locale. L'Alpone nasce nel territorio comunale di Vestenanova e, dopo aver percorso la vallata omonima, riceve le acque del Chiampo e dell'Aldegà a Nord di San Bonifacio, del Tramigna in loc. Villanova, e prosegue poi verso Sud per sfociare nell'Adige nei pressi di Albaredo.

Sotto l'aspetto idrogeologico il sottosuolo dell'area è sede di un acquifero differenziato composto da acquiferi sovrapposti. I materiali della sequenza litologica sono dotati di permeabilità per porosità con valori variabili da buono nelle ghiaie e sabbie a basse ed impermeabili in limi ed argille; i primi sede di acquiferi produttivi e trasmissivi i secondi sterili e con funzione di compartimentazione e/o confinamento degli acquiferi profondi. Un primo acquifero superficiale freatico, leggermente compartimentato nel settore di nord-est, ha una potenza media di 30-50 m ed è contenuto nelle ghiaie e sabbie grossolane del conoide atesino o delle lenti di materiali grossolani lessinei. La sottostante e potente sequenza impermeabile con limi ed argille prevalenti, separa il primo acquifero freatico superficiale dall'acquifero artesiano profondo il cui tetto è posto mediamente a profondità superiori a 100 m. Si tratta nella maggioranza dei casi di acquiferi in pressione con risalita dell'acqua, talora sino al piano campagna. Attualmente dalle notizie reperite tra i residenti pare che lo sfruttamento abbia ridotto notevolmente il grado di artesianità delle falde. La sequenza idrogeologica sopradde, spiega la suddivisione di pozzi presenti nel territorio comunale in due fasce di profondità caratteristiche di tetto e letto degli acquiferi produttivi; una prima fascia con filtro entro i 30 e 50 m di profondità e pozzi con filtri a profondità superiori a 100 m. Superficialmente la differente permeabilità dei litotipi individua aree a diversa capacità di drenaggio.

Nel settore nord sono preseti in superficie limi e limi argillosi con intercalate poche sabbie, caratterizzati da una mediocre capacità di drenaggio aggravata localmente in aree morfologicamente depresse. Nel territorio comunale i materiali superficiali come ghiaie e sabbie a permeabilità medio elevata hanno una minore estensione e si riscontrano in particolare nei pressi del capoluogo, Villabella e Lobia. Le ghiaie e sabbie si rilevano nel sottosuolo in abbondanza a profondità rilevanti dove sono sede degli acquiferi più importanti. I limi e le argille con sostanza organica a bassa permeabilità si riscontrano superficialmente e diffusamente nell'area della Valfonda, e localmente a Villabella e Lobia all'interno di tracce di paleoalvei. Le argille, a più profondità, compartimentano le unità ghiaiose e sabbiose degli acquiferi.

Nel territorio comunale il livello della falda superficiale poco o niente produttivo e legata ad orizzonti o lenti di sabbie ghiaie, in genere non sfruttata, si pone entro i primi 2-3 m dal piano campagna. Localmente nelle aree più depresse la falda si attesta a 1,0 m dal piano campagna. Dalle modeste risorgive presenti a sud e ad est del capoluogo, che a seguito di ripetuti interventi umani con bonifiche e spostamenti possono ritenersi quasi artificiali, scaturiscono alcuni fossi. Aree con filtrazione idrica diffusa si localizzano al piede del terrazzo erosivo della località Villabella a ridosso del rilevato ferroviario.

L'alimentazione della falda, come desunto da studi freaticometrici su scala regionale, è a carattere locale e di provenienza lessinea alimentata dalle infiltrazioni efficaci di origine meteorica. Il deflusso della falda superficiale è in particolare dominata dagli apporti provenienti dalle valli dell'Alpone e Tramigna con oscillazioni stagionali della superficie piezometrica che variano tra 1,0 e 1,5 m. La superficie piezometrica della falda acquifera superficiale presenta gradienti idraulici stimabili in 1-2 m per chilometro, mentre le direzioni di deflusso variano tra NE-SW e NW-SE. Aree a deflusso idrico difficoltoso sono presenti in Valfonda e lungo una fascia di terreno ad andamento circa nord-sud compresa tra gli argini dell'Alpone e la scarpata del terrazzo atesino. Un acquifero con caratteristiche idrotermali è ospitato nel substrato roccioso a profondità elevate, alimentato da una estesa e profonda circolazione idrica all'interno dell'ammasso roccioso e risalente in corrispondenza i sistemi tettonici di importanza regionale. Le acque termali risalendo in superficie a contatto con gli acquiferi delle alluvioni assumono temperature comprese tra 15 e 20°, le quali sono superiori alla temperatura media degli acquiferi di alta pianura veronese compresa tra 11 e 14°.

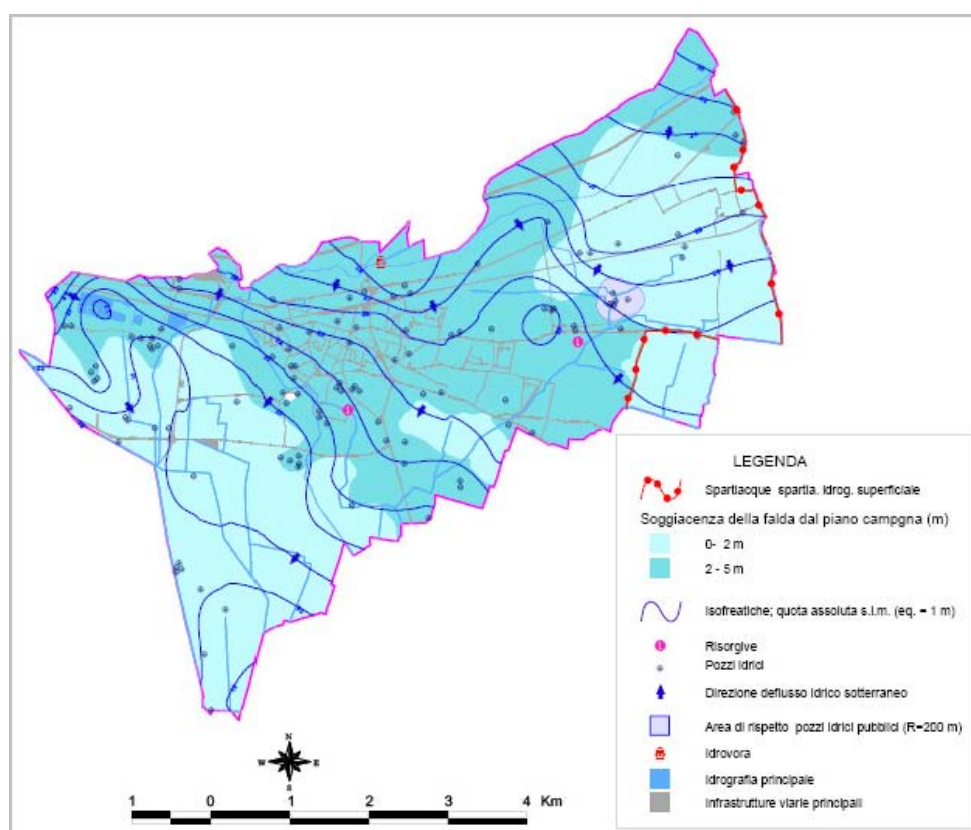


Fig. 1: Carta idrogeologica del territorio del Comune di San Bonifacio

4.2. Caratteri geomorfologici, geologici e di permeabilità dei terreni

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE

Considerando la **geomorfologia** e la **geologia** generale, la zona interessata dal progetto in esame si inserisce al limite tra l'Alta pianura pedemontana, che si sviluppa a ridosso dei Lessini Orientali, e la Medio - Bassa Pianura Veronese. Nei dintorni di San Bonifacio, tale limite è evidenziato dal bordo di un antico terrazzo alluvionale di origine atesina che circonda a Nord i depositi fluvioglaciali costituenti l'Antico Conoide dell'Adige: esso resta tuttora visibile presso Villabella mentre, entro il centro abitato, è stato oblitterato quasi completamente dall'intensa attività antropica. Al conoide di cui sopra si interdigitano i depositi dei torrenti delle valli lessinee e, più precisamente, dell'Alpone e del Tramigna che furono sbarrati dal conoide dell'Adige riuscendo, in alcuni casi, a divagare al di sopra di esso e da qui verso meridione. A valle del bordo di terrazzo, le alluvioni atesine e dei torrenti lessinei furono scavate successivamente dalla corrente fluviale dell'Adige che andò così a formare il suo Piano di divagazione.

Dal punto di vista **litologico**, gli ambiti deposizionali di cui sopra sono differenziabili anche sulla base della loro costituzione. Infatti, mentre l'Antico Conoide dell'Adige (nel territorio di San Bonifacio) è formato da terreni di origine fluvioglaciale prevalentemente sabbiosi, i materiali appartenenti al Piano di divagazione dell'Adige ed ai torrenti Lessinei sono a granulometria più fine: limoso - argilloso per i primi e limoso, localmente con ghiaia e sabbia, per i secondi. In particolare, l'area su cui si svilupperà l'opera in progetto si trova sulle alluvioni sabbiose di origine atesina che occupano una buona parte del centro abitato di San Bonifacio. Alcune indagini svolte dallo scrivente nei dintorni dell'area hanno permesso di verificare che la costituzione litologica locale è rappresentata, al di sotto del terreno vegetale e di rimaneggiamento, da litologie prevalentemente sabbiose mediamente addensate contenenti, dalla profondità di circa 2,5 – 3 m, una certa frazione ghiaiosa.

Lo stile **tettonico** generale dell'area, analizzando la struttura dei Lessini Orientali, è regolato da faglie verticali o subverticali, modellate ed allargate successivamente dall'erosione fluviale, che coincidono con le principali valli e conche della Lessinia. Degna di nota è la Faglia di Castelvero, con direzione scledense (NW - SE), che divide le aree di affioramento delle rocce prevalentemente calcaree della Lessinia centro - occidentale da quelle vulcaniche dei rilievi orientali. Passando per Castelvero e Castelcerino, tale faglia continua nel sottosuolo di San Bonifacio, nascosta da una potente coltre alluvionale. Perpendicolarmente ad essa si sviluppa una fascia di deformazione (faglia, sinclinale fagliata o struttura a graben) diretta da San Bonifacio verso Caldiero e da qui a Domegliara (Linea di Verona) che delimita un abbassamento notevole della parte a Sud: lungo la "Linea di Verona" si incontrano manifestazioni indicative di una neotettonica attiva come dimostrano i fenomeni di termalismo presenti lungo la fascia pedemontana veronese, tra cui le acque a temperatura anomala ospitate nel sottosuolo di San Bonifacio. Il substrato roccioso resta di norma a parecchie decine di metri di profondità, venendo però a giorno immediatamente a Sud Ovest del centro abitato, in corrispondenza del rilievo vulcanico della Motta, che si eleva di una decina di metri sulla pianura circostante.

CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ DEI TERRENI

Il coefficiente di permeabilità k , o conducibilità idraulica, rappresenta il parametro che caratterizza un deposito dal punto di vista idrogeologico e può essere qualitativamente espresso come l'attitudine propria di un terreno a lasciarsi attraversare da un fluido. In mancanza di indagini dirette, l'analisi della letteratura specifica permette di fare una prima stima del valore di coefficiente di permeabilità dei terreni locali e quindi valutare, su base bibliografica, la loro capacità a farsi attraversare dall'acqua (cfr. Fig.2 e Fig.3).

k cm/sec	10 ²	10 ¹	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
drenaggio	buono						povero			praticamente impermeabile		
	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fina, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

Fig.2. Valori indicativi del coefficiente di permeabilità *k* (Casagrande e

k (cm/s)	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
k (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona		Discreta		Bassa		BB	Impermeabile		
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie			Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi	Argille omogenee e compatte		

Fig. 3 Permeabilità dei terreni

Dal punto di vista della permeabilità, l'area in esame risulta quindi costituita da un primo orizzonte di copertura di scarsa permeabilità seguito da terreni dotati di una capacità di drenaggio valutabile tra buona e povera (Classe di permeabilità Discreta - Bassa) e da un coefficiente di permeabilità compreso indicativamente tra 10⁻² cm/s e 10⁻³ cm/s (sabbie fini e miscele di sabbie e ghiaie).

In sintesi, le caratteristiche di permeabilità dei terreni locali sono così schematizzabili:

Strato	Litologia	k (cm/s)	Drenaggio	Classe di permeabilità
1	Terreno vegetale	-	-	-
2	Sabbie, sabbie ghiaiose	5x10 ⁻³	Buono/Povero	Discreta/buona

5. ENTI COMPETENTI

Gli organi istituzionali che regolano e governano la rete fluviale e il reticolo dei canali di scolo del Comune di San Bonifacio sono rispettivamente l'Autorità di Bacino del Fiume Adige ed il Consorzio di Bonifica Zerpano Adige Guà.

5.1. *Autorità di Bacino del Fiume Adige*

L'Autorità di Bacino è l'ente istituito per consentire interventi di pianificazione integrata a scala di bacino idrografico, che rappresenta l'ambito ottimale per azioni di difesa del suolo, del sottosuolo e delle acque.

L'intero territorio di San Bonifacio ricade all'interno del bacino del Fiume Adige.



Figura 4: Territorio appartenente all'Autorità di Bacino del fiume Adige.

5.2. Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta

Il consorzio di bonifica è un ente pubblico che coordina interventi pubblici e controlla l'attività dei privati sulla rete idrica di un certo territorio. Opere di questo genere riguardano la sicurezza idraulica, la gestione delle acque destinate all'irrigazione, la partecipazione ad opere urbanistiche, ma anche la tutela del patrimonio ambientale e agricolo.

I bacini idraulici gestiti dal Consorzio Alta Pianura Veneta sono sette. Quello in cui ricade il Comune di San Bonifacio è il bacino idraulico denominato “Zerpano”.

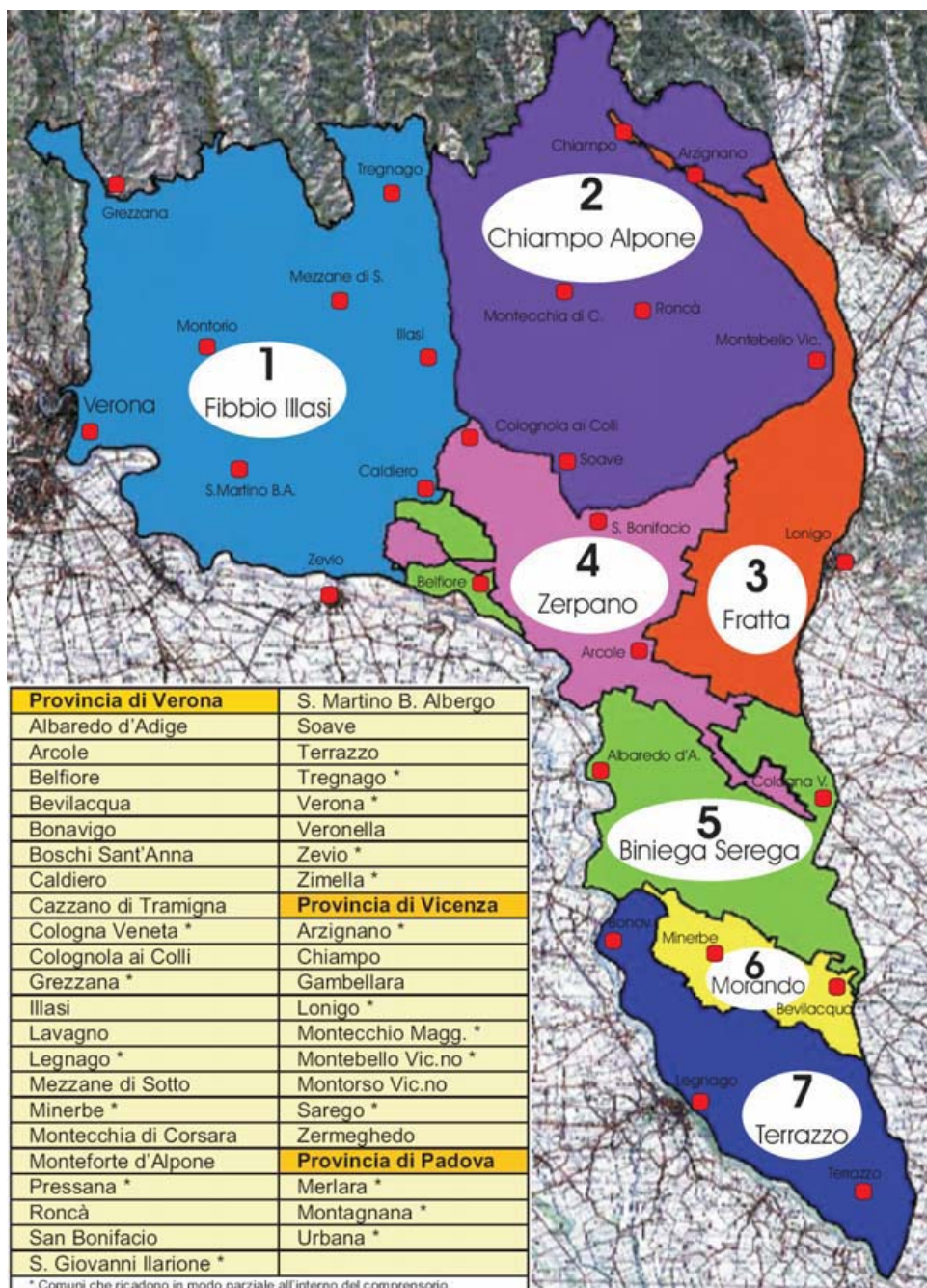


Figura 5: I sette bacini idraulici del Consorzio del Consorzio Alta Pianura Veneta

6. VULNERABILITÀ IDRAULICA

L'Autorità di Bacino Nazionale del fiume Adige individua delle aree soggette a *rischio idraulico* all'interno del Comune di San Bonifacio, in corrispondenza del Ponte della Motta. (cfr. fig. 4),



Figura 6: pericolosità idraulica segnalata nel PAI in corrispondenza del Ponte della Motta.

La Provincia di Verona segnala aree soggette a esondazione e ristagno idrico all'interno del territorio comunale (Carta della Fragilità del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale).

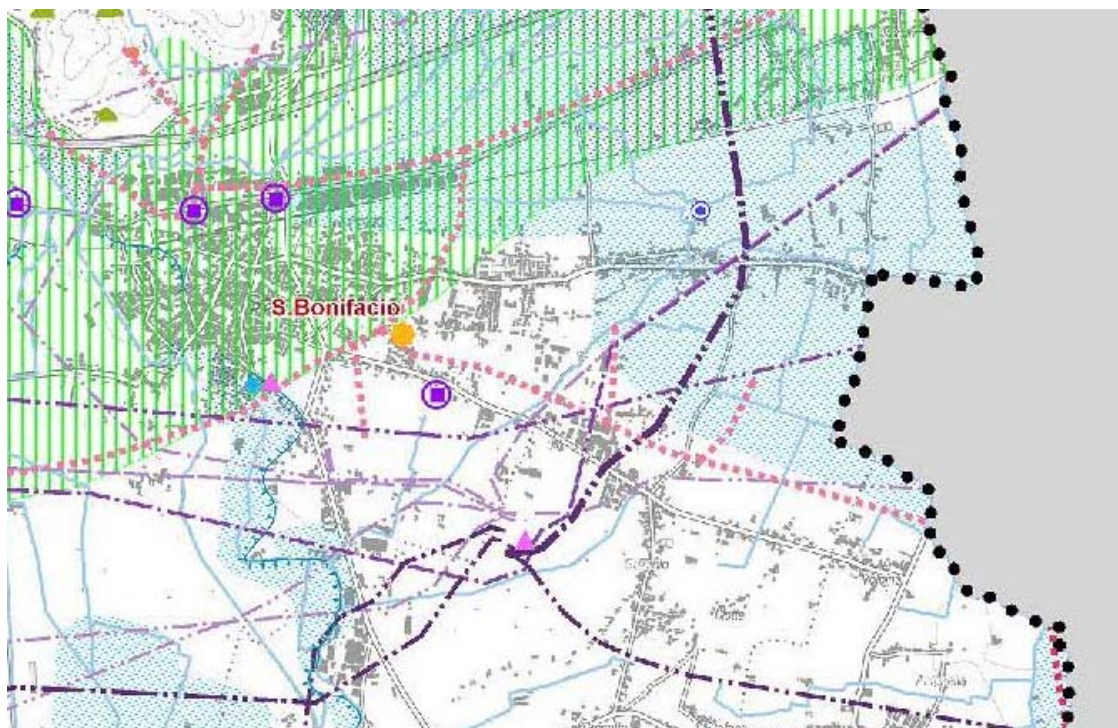


Figura 7: estratto della carta delle fragilità del PTCP della Provincia di Verona.

Le Zone Territoriali Omogenee, le previsioni urbanistiche, le aree con *criticità idraulica*, l'idrografia e le fasce di rispetto previste dai R.D. 368/1904 e 523/1923 sono riportate nella

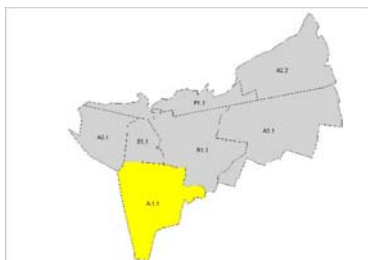
tavole “VCI02A/B – Fragilità Idraulica” del P.A.T.I. Segue l'inquadramento territoriale, la descrizione dell'idrografia e la valutazione delle possibili interferenze tra le previsioni urbanistiche e le criticità idrauliche individuate dagli enti aventi competenza territoriale.

Nel P.A.T. il territorio del Comune di San Bonifacio è stato suddiviso in 7 A.T.O. Di seguito si elencano le descrizioni sulla base di quanto riportato nel P.A.T.

6.1. ATO A1.1 Ambito agricolo pianura meridionale

6.1.1. Inquadramento territoriale

L'ambito agricolo pianura meridionale è quell'ampia parte del territorio comunale racchiusa a ovest e a sud dal confine comunale, a Nord dalla SP38 Porcilana e a nord-est dallo Scolo Palù. L'ATO è caratterizzato dalla presenza dei corsi d'acqua che lo attraversano da nord a sud e che contribuiscono alla formazione di aree di connessione naturalistica (buffer zones) della rete ecologica locale, svolgendo una funzione di protezione ecologica, limitando gli effetti dell'antropizzazione. L'ATO ha carattere quasi esclusivamente agricolo con la presenza di alcuni allevamenti zootecnici intensivi. Il nucleo insediativo più consistente è situato vicino alla SP38 e lungo la stessa viabilità è presente un'area di servizio alla mobilità. Il territorio dell'ATO n.1.1 è attraversato da una fitta rete di canali con direzione nord-sud tra i quali si segnala il torrente Alpone, lo scolo Palù, gli scoli consorziali Drizzagno, Masera e fossa Lunga.



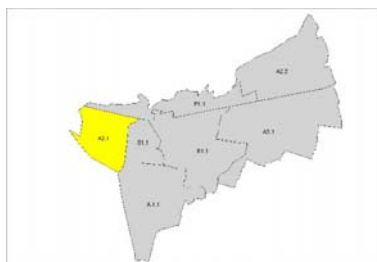
6.1.2. Vulnerabilità idraulica

Il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta segnala l'area dell'ATO tra il torrente Alpone e la fossa Lunga come soggetta ad allagamento; l'analisi geologica svolta per il PAT e il PTCP segnalano inoltre le aree adiacenti agli scoli Preolina, Masera Sud, Drizzagno, dei Vedei come soggette a deflusso difficoltoso (tavole grafiche VCI02A/B).

6.2. ATO A2.1 Ambito di Villabella

6.2.1. Inquadramento territoriale

L'ambito è caratterizzato dal sito di Villabella situato ad Ovest del territorio comunale, a ridosso del tracciato ferroviario e delimitato ad Est dal collegamento viabilistico tra la SP38 e lo snodo di innesto al casello autostradale e alla SR11. Il sito di Villabella di particolare valenza paesaggistico-ambientale è costituito da un nucleo insediativo compatto, in cui sono inseriti anche il compendio figurativo della villa veneta Villa Gritti, la zona dei laghetti artificiali, costituiti da ex cave ora allagate e utilizzati come impianti di pesca sportiva, e un parco acquatico. A Sud-Ovest del centro abitato di Villabella sono presenti aree destinate a deposito di rifiuti speciali e un'area produttiva per le quali è necessaria una nuova viabilità, che permetta di immettersi direttamente alla SP38, deviando il traffico pesante dal centro abitato di Villabella. Lungo la bretella di collegamento tra la SP38 e lo snodo di innesto al casello autostradale e alla SR11 sono presenti un'attività produttiva isolata e un'area a servizio della mobilità. L'idrografia principale presente all'interno dell'ATO è costituita dagli scoli Camuzzoni e Smania che confluiscono nella Fossa Lunga.



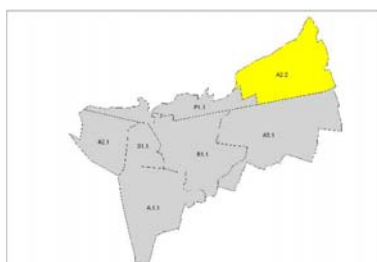
6.2.2. Vulnerabilità idraulica

Il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta segnala la parte est dell'ATO come soggetta ad allagamento (tavola grafica VCI02/B). L'area della programmazione urbanistica previgente e l'area destinata ad ospitare servizi di interesse sovracomunale, non ricadono tra le aree segnalate dal Consorzio di Bonifica come soggette ad allagamento.

6.3. ATO A2.2 Ambito di Locara

6.3.1. Inquadramento territoriale

L'ambito racchiude il nucleo abitato della frazione di Locara e la parte agricolo-ambientale situati a ridosso del confine nord-occidentale del territorio comunale ed è limitato a sud dal tracciato ferroviario. L'ATO è attraversato da ovest a est da importanti arterie viabilistiche quali l'Autostrada MI-VE e dalla SR11. Inoltre è caratterizzato dalla presenza a nord del torrente Chiampo che contribuisce allo sviluppo della rete ecologica locale assieme alle aree agricole naturalistiche sulla sponda destra del torrente. Il nucleo abitato della frazione presenta una struttura insediativa residenziale compatta che si sviluppa in corrispondenza di viabilità comunali facilmente raggiungibili dalla SR11 e dalla viabilità provinciale che conduce a Lonigo. Sono presenti anche due Ville Venete, situate una, Villa Negri Fraccaro, all'interno del centro abitato e l'altra, Villa Cà dell'Ora, lungo la SR11 con il suo ampio contesto figurativo. L'idrografia presente è costituita principalmente dai torrenti Aldegà e Chiampo che con direzione est-ovest attraversano il territorio dell'ATO.



6.3.2. Vulnerabilità idraulica

Nel territorio dell'ATO l'Autorità di Bacino del fiume Adige segnala ampie aree soggette a pericolosità P1-P2-P3-P4 (tavola grafica VCI02A). Nel territorio dell'ATO l'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta e Bacchiglione, limitatamente alla propria area di competenza, segnala aree con pericolosità P1 (tavola grafica 65 PAI bacino idrografico fiume Brenta Bacchiglione). Il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta segnala l'area tra i torrenti Chiampo ed Aldegà come soggetta ad allagamento (tavola grafica VCI02A). L'analisi geologica svolta per il PAT segnala l'area dell'ATO a nord dell'autostrada MI-VE come soggetta a deflusso difficoltoso (tavola grafica VCI02B). Il PTCP segnala le stesse aree individuate dall'Autorità di Bacino del fiume Adige come soggette ad allagamento; inoltre segnala ampie aree soggette a deflusso difficoltoso (tavola grafica VCI02B). L'area della programmazione

urbanistica previgente ricade nell'area indicata dal PTCP come soggetta a periodico ristagno idrico.

6.4. ATO A3.1 Ambito di Prova -Lobia

6.4.1. Inquadramento territoriale

L'ATO è un ambito agricolo che racchiude i centri abitati di Lobia, Prova e, in parte, di Praissola, situati a est del Capoluogo e sviluppati in modo lineare lungo la viabilità provinciale per Lonigo. L'ATO si espande sia a est che a sud fino al confine del territorio comunale, a nord fino al tracciato ferroviario e a ovest è delimitato dalla viabilità comunale direzione nord-sud che divide il quartiere di Praissola.



6.4.2. Vulnerabilità idraulica

Il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta segnala due aree soggette ad allagamento che si collocano rispettivamente a nord dell'ATO tra lo scolo Borina e il percorso dello scolo Carlotti e nella parte sud lungo via della Selva (tavola grafica VCI02A). Il PTCP segnala l'intera area dell'ATO ad eccezione di due porzioni rispettivamente a N-E e S-W come soggetta a deflusso difficoltoso. Alcune delle aree della programmazione urbanistica previgente e di riqualificazione e riconversione presente nell'ATO ricadono nelle aree segnalate dal PTCP come soggette a periodico ristagno idrico.

6.5. ATO R1.1 -San Bonifacio

6.5.1. Inquadramento territoriale

È l'ATO del sistema insediativo del capoluogo che presenta una struttura insediativa residenziale compatta e si sviluppa all'interno della lunghissima ansa del torrente Alpone, che ne ha limitato l'espansione verso nord e verso occidente. Il vecchio nucleo urbano, che costituisce la zona degli affari, il centro economico-sociale del paese, si è sviluppato lungo due arterie parallele con direzione nord-sud, quali corso Venezia, asta principale della struttura urbana congiungente la zona del castello, la piazza e la stazione ferroviaria, e viale Trieste, che collegava la vallata dell'Alpone a nord e la pianura a sud. Il capoluogo si è progressivamente sviluppato su altre strade che s'innestano sulle arterie principali fino alla frazione di Villanova a nord-ovest, divenuta ormai nel tempo un sobborgo del Capoluogo. A Villanova sono presenti il compendio dell'Abbazia Benedettina di S. Pietro e l'insediamento di archeologia industriale dello "Zuccherificio Eridania" al di là della SR11. Un altro nucleo abitativo è situato al di là del Torrente Alpone ed è caratterizzato dal colle La Motta, utilizzato come parco, che rappresenta una singolarità litologica e morfologica nel contesto pianeggiante che caratterizza il territorio di San Bonifacio. Oltre al Parco della Rimembranza sul colle Motta, all'interno del tessuto urbano del capoluogo sono presenti numerosi parchi, giardini e viali alberati di interesse paesaggistico. Oltre all'Abbazia di Villanova numerosi sono anche gli edifici di valore storico-architettonico, culturale e testimoniale espressione di architettura medievale. Ai margini meridionali dell'edificato del capoluogo è situato il Polo Ospedaliero dell'Est Veronese "G. Fracastoro" di facile accessibilità data la confluenza da tutte le direzioni delle strade provinciali, che

provengono direttamente da viabilità a scala territoriale. A sud del territorio comunale lungo la viabilità provinciale che conduce a Lonigo si sviluppa l'insediamento produttivo storicamente importante, che presenta anche un insediamento produttivo di tipo agroindustriale. L'idrografia principale presente nell'ATO è costituita dal torrente Alpone e dagli scoli Palù e Dugaletta.



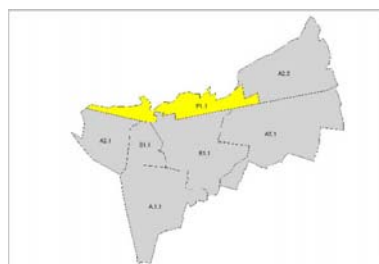
6.5.2. Vulnerabilità idraulica

L'Autorità di Bacino del fiume Adige segnala aree soggette a pericolosità idraulica P1, P2 e P3 a sud del centro in corrispondenza del ponte della Motta (tavola grafica VCI02A). Il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta segnala l'area in corrispondenza della confluenza dello scolo Dugaletta con lo scolo Palù come soggetta a allagamento (tavola grafica VCI02A). Il PTCP segnala le stesse aree individuate dall'Autorità di Bacino come soggette a esondazione; il PTCP segnala inoltre l'area lungo il percorso dello scolo Palù come soggetta a deflusso difficoltoso (tavola grafica VCI02B). L'analisi geologica svolta per il PAT segnala un'area soggetta a deflusso difficoltoso lungo il percorso dello scolo Palù (tavola grafica VCI02B). Le aree della programmazione urbanistica previgente che si collocano a sud di via S. Pellico ricadono parzialmente nell'area segnalata dall'Autorità di Bacino con pericolosità idraulica P2 e dal PTCP come soggetta a esondazione. Le aree destinate a servizi di interesse comunale e parzialmente l'area di riqualificazione e riconversione presenti a nord di via Praissola ricadono in aree segnalate dal PTCP come soggette a periodico ristagno idrico. L'area di riqualificazione che si colloca lungo viale delle Fontanelle ricade tra le aree indicate dal PTCP come soggette a periodico ristagno idrico.

6.6. ATO P1.1 Ambito Polo Produttivo SR11

6.6.1. Inquadramento territoriale

L'Ambito è caratterizzato dal sistema produttivo storico e più significativo del comune di San Bonifacio, collocato in posizione nord-occidentale lungo il corridoio della grande viabilità tra l'Autostrada A4 MI-VE, la SR11 e la Ferrovia. In tale sistema produttivo sono presenti eccellenti aziende d'importanza nazionale il cui insediamento è stato favorito dalla posizione territoriale strategica. I tre torrenti Chiampo, Alpone e Tramigna assieme all'area agricolo-naturalistica, assai marginale, lungo la sponda destra del torrente Alpone nella parte settentrionale dell'ATO, contribuiscono alla formazione della rete ecologica locale. L'idrografia principale presente nell'ATO è caratterizzata dalle confluenze rispettivamente del Chiampo nell'Alpone e del Tramigna nell'Alpone.



6.6.2. Vulnerabilità idraulica

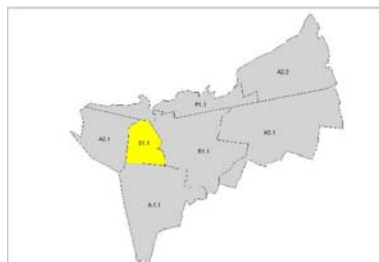
L'Autorità di Bacino del fiume Adige segnala aree con pericolosità idraulica a monte della confluenza del Tramigna nel torrente Alpone e in corrispondenza della confluenza del Chiampo nell'Alpone (tavola grafica VCI02A). Il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta segnala aree soggette ad allagamento in corrispondenza della confluenza del Chiampo nell'Alpone e del Tramigna nell'Alpone (tavola grafica VCI02A).

Il PTCP segnala l'area a monte della confluenza del Tramigna nell'Alpone come soggetta a esondazione; inoltre il PTCP segnala l'area dell'ATO compresa tra il torrente Chiampo e la linea ferroviaria come soggetta a deflusso difficoltoso (tavola grafica VCI02B). L'analisi geologica svolta per il PAT segnala l'area a monte della confluenza del Tramigna con l'Alpone come soggetta a deflusso difficoltoso (tavola grafica VCI02B). L'area della programmazione urbanistica previgente che si colloca nella parte orientale dell'ATO ricade interamente nell'area indicata dal PTCP come soggetta a periodico ristagno idrico. L'area della programmazione urbanistica che invece si colloca tra il fiume Chiampo e la strada provinciale n.17 (per Monteforte) ricade parzialmente nell'area indicata dal PTCP come soggetta a periodico ristagno. La linea preferenziale di sviluppo proposta tra la linea ferroviaria e la strada regionale n.11 ricade in area segnalata dal Consorzio di Bonifica come soggetta ad allagamento.

6.7. ATO S1.1 Ambito misto servizi e agricolo

6.7.1. Inquadramento territoriale

L'ambito è situato a ovest del capoluogo al di là del torrente Alpone che lo delimita a est assieme alla viabilità comunale, la quale conduce dalla SP38 al centro abitato de La Motta, mentre è delimitato a nord dal tracciato ferroviario, a sud dalla SP38 Porcilana e a ovest dalla bretella viabilistica di collegamento tra la SP38 e lo snodo d'innesto al casello autostradale e la SR11. In posizione pressoché baricentrica rispetto all'ATO è collocata la Cittadella dello Sport facilmente raggiungibile dal capoluogo. Lungo la viabilità provinciale SP38 e la bretella di collegamento con il casello autostradale sono presenti aree a servizio della mobilità. La restante parte dell'ATO è a carattere prettamente agricolo con la presenza anche di allevamenti zootecnici intensivi. L'idrografia dell'ATO è costituita dal solo scolo Dugaletta di San Bonifacio.



6.7.2. Vulnerabilità idraulica

Il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta segnala quasi l'intera area dell'ATO come soggetta ad allagamento (tavola grafica VCI02A). L'area destinata a servizi di interesse comunale ricade interamente nell'area indicata dal Consorzio di Bonifica come soggetta ad allagamento.

7. IDROLOGIA

In riferimento a quanto riportato nello “Studio di compatibilità idraulica” del P.A.T. redatta nel marzo 2015, si riportano i valori derivati dallo studio idrologico per poter elaborare il metodo statistico-probabilistico di Gumbel che restituisce l'equazione di possibilità pluviometrica utilizzando i dati pluviometrici della **stazione di Arcole**.

Come previsto dal D.G.R.V. 10 maggio 2006 n.1841 il Tempo di Ritorno considerato è pari a **50 anni**.

Alle precipitazioni massime annue della durata di ore (1, 3, 6, 12, 24 ore) e minuti (5, 10, 15, 30, 45 minuti), intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi tra loro indipendenti; può applicarsi la seguente descrizione statistica :

$$X(T_r) = X + F \cdot S_x$$

essendo:

$X(T_r)$ il valore dell'evento caratterizzato dal periodo di ritorno T_r , ossia l'evento che viene eguagliato o superato, mediamente, ogni T_r anni;

X il valore medio degli eventi considerati;

F il fattore di frequenza;

S_x lo scarto quadratico medio o deviazione standard della variabile in esame.

Il metodo di Gumbel consiste nell'assegnare ad F l'espressione :

$$F = \frac{Y(T_r) - \bar{Y}_N}{S_N}$$

dove :

$Y(T_r)$ la variabile ridotta funzione del periodo di ritorno

\bar{Y}_N e S_N la media e lo scarto quadratico medio o deviazione standard della variabile ridotta: essi sono funzioni del numero N di osservazioni.

Una volta sviluppato statisticamente le varie equazioni di cui sopra e verificato il buon adattamento della serie di Gumbel, si ottengono le equazioni di possibilità pluviometrica mediante un'interpolazione ai minimi quadrati:

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

Come indicato dallo studio allegato al P.A.T. si sono presi in riferimento i dati pluviometrici relativi alla stazione di Arcole, presenti negli annali idrologici del Servizio Nazionale Idrografico. Sono stati quindi elaborati se considerando un tempo di ritorno $T_r = 50$ anni (come richiesto dalla DGR n° 1841 del 19/06/2007). La curva di possibilità pluviometrica è la seguente.

$$h = 96,995 \times t^{0,1317}$$

Arcole – TR 50 anni

7.1. Valutazione del massimo invaso idrico

E' noto come l'urbanizzazione implichi un aumento del livello di impermeabilizzazione del territorio, provocando quindi un aumento del deflusso superficiale. 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 che la portata uscente dall'area trasformata sia in ogni condizione di pioggia la medesima che si osservava prima della trasformazione. Tuttavia è importante evidenziare che l'obiettivo dell'invarianza idraulica richiede a chi propone una trasformazione di uso del suolo di accollarsi, attraverso opportune azioni compensative nei limiti di incertezza del modello adottato per i calcoli dei volumi, gli oneri del consumo della risorsa territoriale costituita dalla capacità di un bacino di regolare le piene e quindi di mantenere le condizioni di sicurezza territoriale nel tempo.

Secondo la D.G.R.V. n°2948 del 6 ottobre 2009, si possono suddividere gli interventi di trasformazione urbanistica in diverse categorie a seconda dell'estensione dell'area:

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

Tabella 4 Classi di intervento e relativo grado di impermeabilizzazione D.G.R.V. n°2948/2009

- 1 Nel caso di **trascurabile impermeabilizzazione** potenziale è sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi;
- 2 Nel caso di **modesta impermeabilizzazione**, oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene, è opportuno che le luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;
- 3 Nel caso di **significativa impermeabilizzazione** andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione
- 4 Nel caso di **marcata impermeabilizzazione** è richiesta la presentazione di uno studio di dettaglio molto approfondito.

Inoltre, secondo la D.G.R.V. n°2948 del 6 ottobre 2009, il grado di approfondimento e dettaglio della Valutazione di Compatibilità Idraulica deve esser rapportato all'entità e alla tipologia delle nuove previsioni urbanistiche con una progressiva definizione articolata tra PI e PUA.

Si dovrà comunque tener conto che il Piano degli Interventi non elabora il progetto esecutivo delle eventuali lottizzazioni ma ne definisce il perimetro ed i rapporti di copertura per cui i calcoli di dettaglio dovranno comunque essere rimandati alla fase esecutiva.

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

Esistono molti dispositivi differenti che possono essere impiegati su un sito urbano specifico per garantire un drenaggio sostenibile. Ciascun sito avrà caratteristiche uniche e diverse che condizioneranno la scelta dei dispositivi. Non tutte le tecniche possono sempre essere impiegate e perciò è importante che la scelta venga fatta sin dallo stadio iniziale della progettazione di un'area urbana.

Per determinare la soluzione più idonea il criterio di selezione deve principalmente tenere conto di:

- ❖ Caratteristiche d'uso del suolo;
- ❖ Caratteristiche del terreno;
- ❖ Caratteristiche qualitative e quantitative richieste;
- ❖ Caratteristiche estetiche ed ecologiche richieste.

Ci sono vari metodi per ottenere l'invarianza idraulica. Non sono né sostitutivi, né complementari, e molte volte le soluzioni migliori si ottengono con la combinazione di due o più metodi. Si elencheranno in questa fase vari tipi di approcci che in ogni caso non possono diventare prescrittivi nelle misure di risanamento e messa in sicurezza di aree soggette a rischio idraulico, ma permettono di pianificare le trasformazioni in modo da non peggiorare la situazione idraulica del territorio allo stato di fatto.

- vasche e bacini di laminazione
- microlaminazione
- sistemi filtranti
- realizzazione di condotte sovradimensionate

7.2. Vasca di laminazione / sistema dissabbiatore-disoleatore

La vasca di laminazione ha come svantaggio principale che, se dimensionata per l'invaso totale dell'evento pluviometrico eccezionale netto, risulta dimensionalmente e finanziariamente molto impattante. E' un sistema che deve esser soggetto comunque a manutenzioni ordinarie al fine di controllare il forte rischio di formazione di microorganismi tipici delle acque stagnanti. Per questo motivo è sempre consigliabile abbinare alle vasche di laminazioni altri sistemi ritenitivi come la microlaminazione.

E' sempre inoltre consigliabile prevedere un sistema dissabbiatore-disoleatore per le acque di prima pioggia derivanti dalle superfici asfaltate. Il disoleatore deve esser del tipo statico in vetroresina o in c.a.v. con vano di disoleazione funzionante a flottazione, vano di filtrazione e/o serbatoio di recupero oli. Se non inserita assieme nel disoleatore, a monte deve esser prevista una vasca dissabbiatrice. Il dimensionamento delle vasche deve esser eseguito in modo tale da contenere il volume d'acqua derivante dalle superfici asfaltate per un'altezza di pioggia di 5 mm. Per tutta la portata eccedente, le vasche devono essere dotate di un sistema by-pass con un dispositivo di scolmatore automatico funzionante mediante valvola di chiusura a galleggiamento oppure con un gioco di livelli. Deve esser anche prevista la manutenzione ordinaria del sistema che consiste nel controllare ed eventualmente pulire/sostituire i filtri, controllare ed eventualmente svuotare in discariche autorizzate il serbatoio di recupero oli nel caso di recupero a flottazione, controllare ed eventualmente svuotare la vasca dissabbiatrice. Il sistema dovrà esser inoltre tarato in modo che la portata trattata dovrà essere restituita alla rete entro le 24 ore successive all'evento e dopo le prime 3 ore.

7.3. Bacini di laminazione / espansione

I bacini di laminazione possono esser utilizzati qualora siano presenti delle depressioni naturali del terreno inutilizzabili urbanisticamente o già esistenti in quanto bacini naturali di espansione. Permettono di laminare l'onda di piena riducendo la portata al colmo senza modificare il volume complessivo di deflusso. Se usato come unico o principale sistema mitigativo la superficie non può esser utilizzata per altri scopi quali verde pubblico ma esclusivamente in quanto vasca di espansione. Questo perché l'allagamento anche ordinario dell'area la renderebbe paludosa e comunque non di gradevole agibilità. Questo sistema può esser consigliato invece quando siamo in copresenza di un impianto di fitodepurazione.

E' invece consigliabile tener conto dell'area a verde di lottizzazione posta da prescrizioni generali a livello inferiore rispetto ai piani di calpestio come area allagabile in caso di emergenza o mal funzionamento della rete scolante di progetto.

7.4. Tecniche di microlaminazione

E' una tecnica di mitigazione idraulica di tipo distributivo, cioè che prevede l'uso di volumi di detenzione provvisoria dei flussi.

Distribuire i volumi è il contrario di concentrare i volumi, per cui possono essere evitate imponenti opere idrauliche puntuali la cui costruzione è difficilmente perseguibile con contesti ambientali complessi in sistemi urbani ed infrastrutturali.

Vediamo i punti essenziali per una corretta microlaminazione:

- Ad ogni lotto o area interessati da interventi di urbanizzazione va imposta la stesura di un progetto per la puntuale definizione delle opere di mitigazione idraulica con l'obbligo di adottare comunque, in via preliminare, un sistema di fognatura interna separata, una rete fognaria per le acque nere provenienti dai servizi e una rete fognaria per le acque di pioggia scolanti da tetti e superfici pavimentate. E' inoltre consigliabile creare una rete per le acque da disoleare.

- Le acque piovane vanno raccolte in volumi interni realizzati maggiorando opportunamente i diametri del sistema di raccolta. Non sono consigliabili diametri superiori a 1,2 m in quanto di difficile posa ed inferiori a 0,80 m per permettere una corretta manutenzione (diametro ispezionabile dall'uomo).
- A valle dei microinvasi si deve prevedere un pozzetto di controllo dotato di apposito manufatto per regolare il deflusso dell'acqua verso la fognatura pubblica come già visto precedentemente.

7.5. Sistemi filtranti

I sistemi filtranti si dividono in:

- canali filtranti o trincee disperdenti,
- pozzi perdenti.

I *canali filtranti* normalmente adottati nell'ambito di aree urbanizzate, sono delle trincee in grado di contenere temporaneamente le acque di pioggia, che possono in parte infiltrare nel sottosuolo e per il resto essere convogliate verso l'uscita e fatte affluire in un altro sistema di ritenzione o trattamento.

I *pozzi perdenti* sono delle cavità utilizzate principalmente per raccogliere le acque di pioggia provenienti dai tetti di edifici residenziali o commerciali. L'interno della struttura, che normalmente è in cemento, viene riempito con ghiaia per conferire una resistenza strutturale.

7.6. Realizzazione di condotte sovradimensionate

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

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

Il rallentamento dei valori di velocità all'interno delle condotte favorisce per contro fenomeni di sedimentazione distribuiti.

8. ANALISI IDRAULICA DEGLI EFFETTI DELLE TRASFORMAZIONI

Il calcolo della portata di pioggia passa attraverso tre fondamentali stadi processuali: la determinazione dell'afflusso meteorico lordo, la determinazione dell'afflusso meteorico netto e la trasformazione degli afflussi in deflussi.

8.1. Tempo di ritorno

Per quanto riguarda l'afflusso meteorico lordo, è utile valutare preliminarmente il tempo di ritorno da utilizzare compatibilmente con la tipologia realizzativa in progetto.

Per l'intervento in oggetto, si assume un Tempo di ritorno T_r pari a 50 anni, come indicato dalla DGR 2948/2009.

8.2. Stima dei nuovi carichi idraulici

Come richiesto dalla DGRV n° 1841 del 19/06/2007, in questa fase si valuta l'impatto idraulico delle trasformazioni previste, indicando gli interventi per garantire l'invarianza idraulica rispetto alla condizione attuale. Come già sottolineato l'analisi dei progettisti fornisce, a questo livello della pianificazione, la superficie complessiva per singola ATO destinata alla nuova trasformazione residenziale e produttiva (comprese le attività compatibili), indicando le linee preferenziali dello sviluppo urbanistico che comunque non risultano vincolanti per i successivi piani d'intervento; mancando quindi l'indicazione precisa della posizione e la dimensione dei singoli interventi si procede a stimare i carichi idraulici e le relative misure compensative considerando, per le due tipologie analizzate, un'ipotesi d'intervento (un ettaro di superficie) con un uso del suolo gravoso in termini di formazione del carico idraulico da smaltire. E' evidente che questa approssimazione renderà necessario rivedere ed aggiornare in fase di piani d'intervento i valori di portata di picco generati ed i relativi volumi di mitigazione indicati, quando sarà completamente definita la posizione e la dimensione dell'intervento, il relativo uso del suolo ed il conseguente tracciato plani-altimetrico del reticolo di drenaggio.

Il regolamento tecnico del gestore della rete di fognatura indica per le nuove urbanizzazione uno smaltimento delle acque meteoriche per infiltrazione nel terreno. Valutata la scarsa permeabilità dei terreni affioranti nel territorio analizzato si ritiene non percorribile questa soluzione tecnica e quindi si procede nello stimare le misure compensative per uno scarico "controllato" nei corsi d'acqua superficiali. Come consigliato dalla delibera sopra indicata, i carichi idraulici prodotti dalle espansioni urbanistiche allo studio sono stati stimati utilizzando diverse metodologie. Le metodologie adottate per la stima delle portate di picco e dei conseguenti volumi di mitigazione sono state:

- *metodo cinematico*
- *metodo dell'invaso*

Entrambi questi metodi derivano dalla cosiddetta formula razionale e determinano la portata critica nella sezione d'interesse in funzione della precipitazione critica e delle caratteristiche del suolo.

$$Q_c = S \cdot u = S \cdot 2.78 \cdot \varphi \cdot \varepsilon \cdot i (\theta T)$$

dove:

Q_c	portata di picco [l/s]
S	superficie del bacino scolante [ha]
U	coefficiente udometrico [l/s/ha]
φ	coefficiente di afflusso
T	tempo di ritorno [anni]
θ_c	durata critica [h]
ε	coefficiente dipendente dal metodo di trasformazione afflussi – deflussi

a, n parametri della curva di possibilità climatica
 $i = a t^n$ intensità di precipitazione [mm/h]

Le ipotesi alla base della formula razionale nella sua formulazione originaria sono:

- A. piogge ad intensità costante
- B. descrizione delle perdite idrologiche con il metodo percentuale, cioè con j = costante
- C. modello lineare di trasformazione afflussi deflussi

A rigore, il coefficiente di deflusso j , anziché costante, varia con la durata della precipitazione. Per le reti di drenaggio urbano si assume spesso di trattare il coefficiente come costante, e pari a quello relativo alla precipitazione della durata di un'ora, a patto d'usare, per durate inferiori all'ora, in luogo dell'esponente n (curva possibilità pluviometrica) il valore di $4/3 n$. Per durate superiori all'ora è da mantenere j costante e quindi usare l'esponente n .

Per la determinazione del coefficiente di deflusso j , che definisce la parte di precipitazione che giunge in rete, è necessario conoscere le caratteristiche del bacino scolante considerato. Allo scopo, si è stimato l'uso del suolo dei nuovi interventi (Tabella 4) considerando gli indicatori previsti dai vigenti PRG e adottando i valori (superficie impermeabile) maggiormente gravosi per la formazione dei carichi idraulici.

Tipologia intervento	Sup. coperta [%]	Verde [%]	Passaggi pavimentati e parcheggi [%]
Residenziale	30	35	35
Turistico ricettivo	30	35	35
Produttivo	45	20	35
Commerciale/Direzionale	45	20	35

Tabella 5. Distribuzione dei differenti usi del suolo nelle due tipologie d'intervento in mancanza di dati progettuali (rif. tabella 4 della Reazione di compatibilità del PAT)

8.3. Determinazione del coefficiente di deflusso

La portata meteorica lorda $Q_l(t)$ che affluisce ad un bacino di superficie S durante un evento con intensità $j(t)$ risulta $Q_l(t) = j(t)S$. La portata meteorica netta $Q(t)$ che affluisce alla rete di smaltimento è inferiore perché una parte dell'acqua evapora, viene intercettata o trattenuta dal suolo, riempie piccole cavità e soprattutto penetra per infiltrazione nel terreno. Per quantificare le perdite si utilizza il cosiddetto coefficiente di deflusso ϕ , che varia da 0 a 1: il valore 0 caratterizza idealmente una superficie infinitamente permeabile che non permette il deflusso superficiale, mentre il valore unitario rappresenta la situazione di superficie impermeabile in cui l'infiltrazione è nulla. Di seguito si riportano i coefficienti di deflusso previsti dalla DGR 2948/2009.

Superficie scolante	ϕ
Aree agricole	0,10
Aree verdi	0,20
Superfici semipermeabili (grigliati drenanti, strade in terra battuta e stabilizzato)	0,60
Superfici impermeabili (coperture, viabilità)	0,90

Tabella 6. Coefficienti di deflusso indicati dalla DGRV n°2948/2009.

Nel caso in esame, prendendo spunto da quanto riportato in bibliografia, per l'intervento si sono prese in considerazione le due configurazioni, attuale e di progetto, sulla base delle indicazioni fornite dalla Committenza assegnando ad ogni tipo di superficie un idoneo

coefficiente di deflusso. Si è proceduto quindi calcolando il coefficiente di deflusso equivalente, ovvero un coefficiente di deflusso calcolato come media ponderata sulle aree:

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i S_i}{S_{tot}}$$

svolgendo i calcoli si ottengono quindi due coefficienti, uno valido per lo stato attuale e uno per lo stato di progetto.

Considerato che per le aree di possibile trasformazione previste dal P.I. il grado di dettaglio non è definito, essendo solo ipotizzate le dimensioni delle superfici e la percentuale di impermeabilizzazione, il valore del coefficiente di deflusso relativo allo stato di progetto dovrà essere calcolato in relazione al progetto finale.

8.3.1. Metodo cinematico

Questo metodo assume che la portata di picco transitante in una specifica sezione del reticolo di drenaggio si formi per una durata di precipitazione pari al *tempo di corrivazione*. Si definisce *tempo di corrivazione*, il tempo necessario alla goccia caduta nel punto “più lontano” del bacino scolante per arrivare alla sezione considerata.

$$Q_c = \frac{\varphi \cdot S \cdot i}{360}$$

dove:

Q_c	portata di picco [m ³ /s]
S	superficie del bacino afferente [ha]
φ	coefficiente di afflusso
a, n	parametri della curva di possibilità climatica
t	durata di precipitazione [h]
$i = a t^n$	intensità di precipitazione [mm/h]

Per bacini urbani il tempo di corrivazione (t_c) può essere stimato in prima approssimazione, come somma di una componente di accesso alla rete (t_a), che rappresenta il tempo impiegato dalla particella d'acqua per giungere alla più vicina canalizzazione della rete scorrendo in superficie, e dal tempo di rete (t_r) necessario a transitare attraverso i canali della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura;

$$t_c = t_a + t_r$$

$$t_r = \sum \frac{L_i}{v_i}$$

t_c	tempo di corrivazione [h]
t_a	tempo di accesso alla rete [h]
t_r	tempo di rete [h]
L_i	lunghezza della condotta [m]
v_i	velocità in condotta [m/s]

Il valore t_a varia da 5 -15 minuti con il diminuire della pendenza superficiale.

La velocità in rete, che per evitare problemi di deposito ed erosione deve essere compresa tra 0,5 e 4 m/s, è responsabile invece del tempo di rete t_r .

Per gli interventi ipotizzati si considera un tempo di corrivazione pari a 20 minuti sulla base dell'esperienza maturata nella progettazione di reti di drenaggio per lottizzazioni di piccole dimensioni.

8.3.2. Metodo dell'invaso

Il metodo dell'invaso è stato utilizzato per verificare il valore di portata di picco generata con il precedente metodo cinematico. Questo metodo determina la portata di picco generata dal drenaggio di un bacino secondo la formula:

$$Q_c = S \cdot 2.78 \cdot 0.65 \cdot \varphi \cdot a \cdot k^{n-1}$$

dove:

Q_c portata di picco [l/s]
 φ coefficiente di afflusso
 a, n parametri della curva di possibilità climatica
 K costante d'invaso [h]

8.4. Misure compensative

8.4.1. Metodo cinematico

In questo paragrafo vengono stimati i volumi minimi da predisporre per la laminazione dei nuovi carichi idraulici prodotti dagli interventi considerati, assumendo cautelativamente una portata scaricabile nei corsi d'acqua superficiali pari a 5 l/s per ettaro d'intervento.

I volumi di accumulo sono stati stimati utilizzando la formulazione di *Alfonsi – Orsi* del metodo cinematico:

$$W = 10 \cdot \varphi \cdot S \cdot a \cdot g^n + 1.295 \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{Q^{1-n}}{\varphi \cdot S \cdot a} - 3.6 \cdot Q_u \cdot g - 3.6 \cdot Q_u \cdot t_c$$

dove:

W volume della vasca [m³]
 S superficie del bacino [ha]
 g durata della precipitazione [h]
 t_c tempo di corrivazione [h]
 Q_u portata in uscita [l/s]
 a, n parametri della curva di possibilità climatica

In questo caso la durata di precipitazione da considerare è quella critica per l'accumulo di progetto; tale durata g_w si determina esplicitando la seguente equazione:

$$2.78 \cdot n \cdot \varphi \cdot S \cdot a \cdot g_w^{n-1} + 0.36 \cdot (1-n) \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{Q^{1-n}}{\varphi \cdot S \cdot a} - Q_u = 0$$

E' necessario per la validità dei risultati che la durata critica del bacino drenato e dell'accumulo di progetto siano compatibili con la curva di possibilità climatica adottata.

8.4.2. Metodo dell'invaso

Il metodo dell'invaso è stato utilizzato anche in questo caso per verificare il precedente dimensionamento effettuato con il metodo cinematico.

Esaminando la trasformazione afflussi-deflussi secondo il modello concettuale dell'invaso, il coefficiente udometrico espresso in l/s ha può essere calcolato nel seguente modo:

$$u = \frac{p_0 \cdot n \cdot (\varphi \cdot a)^{1/n}}{w^{\left(\frac{1}{n}-1\right)}}$$

in cui p_0 è un parametro dipendente dalle unità di misura richieste e dal tipo di bacino (generalmente per piccoli bacini vale 2530), a ed n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica, φ rappresenta il coefficiente di deflusso e w il volume di invaso specifico.

Volendo mantenere costante il coefficiente udometrico al variare del coefficiente di deflusso φ , ovvero delle caratteristiche idrauliche delle superfici drenanti, per valutare i volumi di invaso in grado di modulare il picco di piena si può scrivere:

$$w = w_0 \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi_0} \right)^{\frac{1}{1-n}} - v_0 \cdot I - w_0 \cdot P$$

dove:

- w_0 volume specifico di invaso prima della trasformazione dell'uso del suolo;
- φ_0 coefficiente di deflusso specifico prima della trasformazione dell'uso del suolo;
- v_0 volume specifico di invaso per superficie impermeabilizzata;
- I percentuale di superficie impermeabilizzata;
- P percentuale di superficie permeabile.

Per la determinazione delle componenti di w_0 le indicazioni di letteratura pongono, per le zone di bonifica, valori di circa 100-150 m³/ha (Datei, 1997), 40-50 m³/ha nel caso di fognature in ambito urbano comprendente i soli invasi di superficie e quelli corrispondenti alle caditoie (Datei, 1997), 10-15 m³/ha di area urbanizzata riferito alla sola componente dei volumi dei piccoli invasi (Paoletti, 1996).

Le metodologie di calcolo precedentemente descritte conducono a risultati a volte piuttosto differenti tra loro. In questo caso il metodo dell'invaso conduce a valori di volume nettamente inferiori; tale discrepanza è dovuta alla aleatorietà con cui si è ipotizzato il sistema drenante per ciascuna variante, la cui conoscenza rappresenta vincolo necessario per un corretto utilizzo della metodologia.

9. VALUTAZIONE IDRAULICA DELLE AREE D'INTERVENTO

Di seguito per ogni area oggetto d'intervento si analizzano le caratteristiche idrogeologiche ed idrografiche principali e le criticità presenti sul territorio, l'ammissibilità degli interventi e le misure compensative da adottare a causa dell'aumento della superfici impermeabili.

9.1. CENTRO POLIFUNZIONALE IN ZONA C1e/29

9.1.1. Inquadramento geografico

L'area di indagine, ubicata nell'abitato di San Bonifacio in prossimità della rotonda tra Via Circonvallazione e Via Nogarole, è ubicata all'interno della "A.T.O. R1.1 – San Bonifacio" ad una quota di ca. 28 m s.l.m. L'area morfologicamente è pianeggiante.



Figura 9.1.1: vista dell'area

9.1.2. Obiettivi del Piano degli Interventi

L'intervento interessa un'area di ca. 3.672 m² su cui si prevede di realizzare un nuovo edificio polifunzionale completo di parcheggi. Attualmente l'area è coltivata a prato con qualche arbusto.

L'uso del suolo definita in sede di Piano degli interventi è il seguente:

- Superficie coperta	765 mq
- Parcheggio	1845 mq
- Viabilità interne	370 mq
- Pista ciclabile	241 mq
- Verde	451 mq

Come riportato nella D.G.R.V. n°2948/2009, trattandosi di un **intervento su superficie compresa tra 0,1 ha e 1 ha**, il grado di impermeabilizzazione è modesto.



Figura 9.1.2: ubicazione area su estratto della carta delle fragilità del P.A.T.

9.1.3. Determinazione del coefficiente di deflusso

Nel caso in esame, prendendo spunto da quanto riportato in bibliografia, per l'intervento si sono prese in considerazione le due configurazioni, attuale e di progetto, sulla base delle indicazioni fornite dalla Committenza assegnando ad ogni tipo di superficie un idoneo coefficiente di deflusso. Si è proceduto quindi calcolando il coefficiente di deflusso equivalente, ovvero un coefficiente di deflusso calcolato come media ponderata sulle aree:

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i S_i}{S_{tot}}$$

svolgendo i calcoli si ottengono quindi due coefficienti, uno valido per lo stato attuale e uno per lo stato di progetto.

Per il calcolo del coefficiente di deflusso è stato preso in considerazione:

- **superficie della copertura** pari a 765 mq di superficie;
- **superficie parcheggi** risulta pari a ca. 1845 mq. La superficie di sosta delle auto dovrà essere realizzata con grigliati;
- **superficie di strade, marciapiedi e pista ciclabile** è prevista pari a 370 mq;
- **superficie verde** pari alla superficie restante dell'area di intervento, ovvero ca. 451 mq.

Per l'area in esame si ottiene:

Stato attuale			Stato di progetto		
tipo di superficie		area [m ²]	φ	tipo di superficie	
area verde	90%	3.305	0,10	area verde	12%
strade battute	5%	200	0,60	parcheeggio	50%
strade e marciapiedi	5%	167	0,90	strade e marciapiedi	17%
copertura	0%	-	0,90	copertura	21%
		3.672	0,16		
					3.672
					0,81

9.1.4. Misure compensative

Per l'area in esame il coefficiente di deflusso equivalente è pari a 0,81, valore inferiore ma comparabile con quello dell'ipotesi del PATI per cui si considera il volume specifico compensativo pari a 820 mc/ha, che corrisponde ad un volume di compensazione di ca. 301 mc.

La valutazione dell'incremento del contributo specifico di acque meteoriche dell'area, prodotte dalla trasformazione dell'uso del suolo, ed il conseguente dimensionamento del volume d'invaso, devono essere considerati approssimati e, quindi, dovranno essere ricalcolati in relazione ai reali interventi di urbanizzazione da eseguire sull'area ed alle caratteristiche dei terreni interessati.

La tipologia dei sistemi di mitigazione sarà scelta nelle fasi successive, in accordo con il Progettista della lottizzazione: infatti, come indicato nel D.G.R. n°1322 del 10 Maggio 2006, le indicazioni attuali sono state restituite per garantire l'invarianza idraulica secondo una definizione progettuale a livello preliminare.

Considerando che il volume di compensazione calcolato è di **301 m³**, come ipotesi progettuale, si prevede un sistema misto costituito da vespaio in materiale arido permeabile, dello spessore minimo di 0,50 m e da condotte drenanti Ø1000 da disporre sotto i piani viabili e parcheggi, e da alcuni pozzi perdenti da collocare in corrispondenza dei punti di confluenza della tubazione.

Nella tabella che segue viene riportato il calcolo del volume di compensazione:

CALCOLO CONTRIBUTO VOLUME DI COMPENSAZIONE DEI DIFFERENTI SISTEMI PREVISTI	
TUBAZIONI	
diametro tubazioni	1 m
sviluppo minimo delle tubazioni	200 m
volume massimo invasato all'interno delle tubazioni	157,08 m³
VESPAIO DRENANTE (porosità 0,40)	
area interessata dal vespaio	700 m ²
spessore vespaio	0,5 m
volume massimo invasato nel vespaio	140,00 m³
POZZI DRENANTI	
nr pozzi	3 m ²
volume per pozzo (diam. 2,0 m x alt. 2,0 m)	6,28 m
volume massimo invasato nei pozzi	18,85 m³
TOTALE VOLUME DI COMPENSAZIONE	315,93 m³

La tipologia dei sistemi di mitigazione sarà scelta nelle fasi successive, in accordo con il Progettista della lottizzazione: infatti, come indicato nel D.G.R. n°1322 del 10 Maggio 2006, le indicazioni attuali sono state restituite per garantire l'invarianza idraulica secondo una definizione progettuale a livello preliminare.

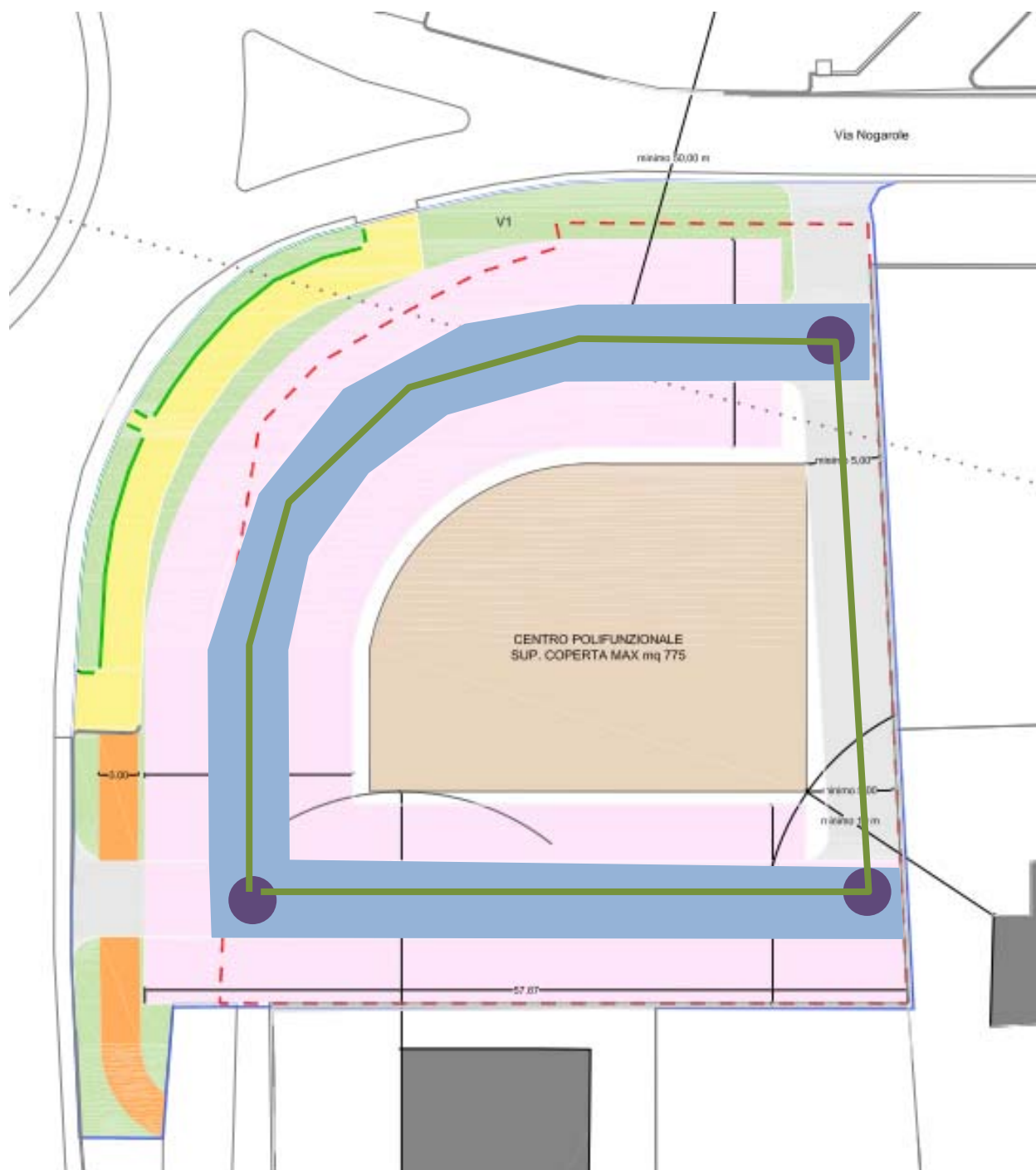


Figura 9.1.3: pianta del lotto con ubicazione sistema di compensazione.

Si suggerisce di posizionare il volume compensativo sulla porzione di valle del lotto e predisporre di uno **scarico controllato di 1,8 l/s, pari ad una portata in uscita di 5 l/s per ha**, in un ricettore finale che può essere la fognatura presente lungo Via Nogarole, ma da definire in fase attuativa.