INDICE

1) RIFERIMENTI NORMATIVI 3
2) INQUADRAMENTO GENERALE 6
2.1 Comuni limitrofi 6
2.2 Caratteristiche climatiche 8
2.3 Analisi litologica e geomorfologica 8
2.4 Permeabilità 13
2.5 Analisi idrogeologica 15
2.6 La rete idraulica 20
2.7 Bacino del Giaron-Brenton-Pighenzo e del Lugana 21
3) RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDRAULICA 23
3.1 La valutazione del rischio: fattore storico, di danno e pericolosità 26
3.2 Il fattore storico 26
3.3 Il fattore di danno 26
3.4 Il fattore di pericolosità 27
4) LE AREE ESONDABILI O A RISTAGNO IDRICO 28
5) INDICAZIONI DEL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE 37
6) VASCHE DI LAMINAZIONE PRESENTI SUL TERRITORIO COMUNALE 41
6.1 Cassa di espansione tra i Torrenti Lugana e Trieste 42
6.2 Cassa di espansione sul Torrente Giaron (località Borgo Sandri) 44
7) ANALISI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ..... **Errore. Il segnalibro non è definito.**
7.1 Valutazione delle caratteristiche idrologiche dei territori comunali 47
8) PLUVIOMETRIA 48
8.1 Introduzione 48
8.2 Elaborazione dei dati pluviometrici 49
8.3 Elementi di statistica 49
8.4 Distribuzione di Gumbel 52
8.5 Metodi di stima dei parametri 53
8.5.1 Metodo dei Momenti 53
8.5.2 Metodo dei Minimi Quadrati 55
8.5.3 Metodo della Massima Verosimiglianza 56

8.6 Test di Pearson 56
8.7 Elaborazione statistica precipitazioni per il P.A.T. di Mussolente 57
8.8 Curve di possibilità pluviometrica per il P.A.T. di Mussolente 62
9) CALCOLO DELLE PORTATE IDRAULICHE 66
9.1 Il metodo Cinematico o Razionale 66
9.2 Il metodo dell'Invaso 68
9.3 Metodo dell'Invaso per il P.A.T. di Mussolente 71
9.3.1 Coefficienti di deflusso 71
9.3.2 Portate e volumi di invaso 73
9.3.3 Analisi delle trasformazioni urbanistiche in progetto 75
10) DISPERSIONE PER FILTRAZIONE NEL TERRENO 86
10.1 La teoria del moto di filtrazione 86
10.2 Risoluzione di casi particolari 87
10.3 Applicazione dispersione tramite pozzi perdenti 88
11) ELENCO DI NORME IDRAULICHE PER L'EDIFICAZIONE 91
12) SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE 98
12.1 Caratteristiche di uso del suolo 98
12.2 Caratteristiche del terreno 99
12.3 Caratteristiche qualitative e quantitative richieste 100
12.4 Caratteristiche estetiche ed ecologiche 100
13) BIBLIOGRAFIA 108
14) ALLEGATI 110

1) RIFERIMENTI NORMATIVI

La “Valutazione di compatibilità idraulica” divenne obbligatoria per tutte quelle trasformazioni che possono modificare il regime idraulico esistente con la delibera della Giunta Regionale n. 3637 del 13 dicembre 2002, che sanciva per tutti gli strumenti urbanistici generali e le varianti, generali o parziali, l’obbligatorietà di tale studio.

Il 06 giugno del 2007 la Giunta Regionale del Veneto, con deliberazione n. 1841, individua e perimetra le aree a rischio idraulico e idrogeologico oltre a fornire nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici.

Tale delibera indica le metodologie per garantire maggiore omogeneità ed ottimizzare la procedura degli studi di compatibilità idraulica.

Nell’allegato A di tale delibera si legge che: “Scopo fondamentale dello studio è quello di far si 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.”

La valutazione di compatibilità idraulica dovrà, quindi, verificare l’ammissibilità delle previsioni contenute nello strumento urbanistico, in questo caso il P.A.T. del Comune di Mussolente, proponendo soluzioni corrette dal punto di vista idraulico; per fare ciò lo studio di compatibilità idraulica dovrà valutare, per le nuove previsioni urbanistiche, le interferenze che queste hanno con i dissesti idraulici presenti e le possibili alterazioni causate al regime idraulico.

Lo studio di compatibilità idraulica, secondo la Delibera n. 1841 aggiornata il 6 ottobre 2009 dalla delibera n. 2948 (che precisa le competenze del tecnico incaricato alla redazione dello studio), dovrà contenere:

- l’analisi delle problematiche di carattere idraulico;
- l’individuazione delle zone o fasce di rispetto a fini idraulici e idrogeologici;
- specifiche indicazioni per non aggravare l’esistente livello di rischio idraulico;
- descrizione della tipologia e della consistenza delle misure compensative da adottare nell’attuazione delle previsioni urbanistiche.

La pericolosità della rete idraulica maggiore andrà desunta dal PAI, ciò non di meno

potranno considerarsi altre condizioni di pericolosità, per la rete minore, derivanti da ulteriori analisi condotte da Enti o soggetti diversi (ad esempio la mappa della pericolosità idraulica redatta dall'Unione Regionale Veneta Bonifiche 1999).

Il tecnico incaricato dello studio dovrà partecipare, secondo tale delibera, all'iter di approvazione degli interventi urbanistico-edilizi contribuendo al processo di piano attraverso la progressiva definizione puntuale delle misure compensative.

Le opere relative alla messa in sicurezza, da un punto di vista idraulico e geologico, vengono definite opere di urbanizzazione primaria. Risulta opportuno comprendere nello studio anche le aree non strettamente contigue alle aree oggetto di trasformazione urbanistica cui lo studio di compatibilità attribuisce funzioni compensative o mitigative.

Foto 1 – Strada allagata al confine sud-est del Comune di Mussolente (evento del 01/11/2010).

Per interventi diffusi su interi comparti urbani, i proponenti una trasformazione territoriale che comporti un aumento dell'impermeabilizzazione dei suoli concordano preferibilmente la realizzazione di volumi complessivi al servizio dell'intero comparto urbano, di entità almeno pari alla somma dei volumi richiesti dai singoli interventi. Tali volumi andranno collocati idraulicamente a monte del recapito finale.

Negli ultimi cinquant'anni il Comune di Mussolente ha visto il suo territorio solcato

da profonde trasformazioni, non sempre rispettose del paesaggio rurale e naturale, dovute in gran parte a fenomeni indotti da forti dinamiche insediative e dal rapido aumento della popolazione.

L'urbanizzazione del territorio comporta una sensibile diminuzione della capacità di drenaggio in profondità delle acque meteoriche ed una diminuzione di invaso superficiale a favore del deflusso superficiale per scorrimento con conseguente aumento delle portate nei corsi d'acqua e nei canali di bonifica.

2) INQUADRAMENTO GENERALE

Il presente studio di Compatibilità idraulica del P.A.T. del Comune di Mussolente si prefigge di dimostrare che, per effetto delle nuove previsioni urbanistiche, non viene aggravato l'esistente livello di rischio idraulico né viene pregiudicata la possibilità di riduzione di tale rischio.

La presente relazione verificherà l'ammissibilità di ogni intervento di nuova urbanizzazione proposto dal P.A.T. considerando le interferenze tra i dissesti idraulici presenti e la destinazione o trasformazione d'uso del suolo collegate all'attuazione del P.A.T., fornendo eventuali indicazioni per interventi che possano mitigare il rischio idraulico. L'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuisce in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso e al conseguente aumento del coefficiente udometrico delle aree trasformate e quindi andranno previste opportune misure compensative atte a mantenere un volume di invaso idoneo e la costanza del coefficiente udometrico secondo il principio dell'INVARIANZA IDRAULICA.

2.1 Comuni limitrofi

Il Comune di Mussolente è collocato al limite tra la Provincia di Vicenza e quella di Treviso e confina:

- a nord con il Comune di Borso del Grappa;
- ad est con il Comune di San Zenone degli Ezzelini;
- a sud con i Comuni di Loria e Cassola;
- ad ovest con il Comune di Romano d'Ezzelino.

Il Comune si estende su una superficie di circa 1545 m^2 ed ha una popolazione di 7760 abitanti (dato aggiornato al 12 dicembre 2010).

Il territorio del Comune può essere suddiviso morfologicamente in due parti:

- la parte a nord della statale caratterizzata dalla presenza di colline: Colle Vescovà, Col Roigo, Colle Castellaro, Colle Balliana e Monte Gallo;
- la parte a sud della statale si presenta pianeggiante.

Anche storicamente la zona collinare ha rivestito un ruolo propulsore nei confronti del restante territorio; già il primo insediamento, da parte di gruppi praticanti la pastorizia e

la filatura della lana, risale all'inizio del secondo millennio a. C. ed interessa la sola zona collinare. Proprio sul Colle Castellaro tra il VI e il V secolo a. C. appaiono consistenti attestazioni archeologiche comprovanti l'insediarsi di una comunità appartenente al ceppo veneto.

Figura 1 – Confini del Comune di Mussolente.

Il Comune è solcato da un'importante via di comunicazione la Strada Statale N 248 Schiavonesca-Marosticana, che attraversa il territorio del comune da est a ovest, mentre da nord a sud il territorio è tagliato da una strada provinciale che collega i limitrofi comuni di Borso del Grappa, Cassola e Loria.

La popolazione del Comune di Mussolente risiede principalmente nei centri abitati: Mussolente a nord e Casoni a sud. Su questo territorio si riscontra uno dei fenomeni

urbanistici maggiormente diffusi in Veneto: quello della “città diffusa”. Anche a causa di una scarsa programmazione urbanistica il territorio comunale risulta caratterizzato da un’ampia edificazione diffusa.

Come la maggior parte dei comuni veneti la struttura insediativa degli abitati è andata consolidandosi lungo le principali vie di comunicazione. Il paesaggio urbano si connota a tratti come “una grande periferia” intendendo con tale termine non solo il significato di ciò che è distante dal centro, quanto piuttosto, luoghi con modelli organizzativi che faticano a raggiungere e consolidare una “soglia urbana” apprezzabile, proponendo un paesaggio edificato uniforme e privo di legami con i segni distintivi del territorio e della sua memoria storica.

2.2 Caratteristiche climatiche

Dall’analisi dei dati misurati presso la stazione termo-pluviometrica di Bassano del Grappa e rielaborati dal Centro Meteorologico ARPAV presso Teolo si evidenzia come il clima nella zona oggetto di studio sia di tipo mediterraneo, caratterizzato da elevata piovosità in primavera ed in autunno, stagioni nella quali si arrivano ad avere 8-9 giorni piovosi al mese (si considera come giorno piovoso quello nel quale si registra nel pluviometro un altezza di pioggia maggiore o uguale ad 1 mm). Il numero di giorni piovosi medi annui registrato presso la centralina di Bassano del Grappa è di 86 giorni/anno, sebbene ci siano state annate come il 2002 ed il 2004 in cui si sono registrati ben 108 - 102 giorni piovosi/anno.

Il mese con il maggior numero di giorni piovosi risulta essere agosto con 10 giorni di pioggia. Le temperature minime medie annuali si aggirano tra i 10-12 ℃ mentre quelle massime sono comprese tra i 16-21℃. Le temperature minime medie annuali si raggiungono, generalmente, in dicembre (mediamente 2℃) mentre quelle massime si registrano nel mese di luglio (circa 29℃).

2.3 Analisi litologica e geomorfologica

Per l’analisi delle problematiche di carattere idraulico di un territorio pedecollinare come quello del Comune oggetto del presente studio risulta particolarmente importante la caratterizzazione geologica; non solo per ricercare le mitigazioni più idonee a garantire

l'invarianza idraulica delle nuove aree di urbanizzazione ma anche per la riduzione del rischio idraulico esistente.

Uno dei maggiori effetti dell'urbanizzazione è il consumo di territorio, che si concretizza dal punto di vista idrologico nell'aumento dell'impermeabilizzazione del suolo con conseguente incremento del volume di invaso necessario a garantire l'invarianza idraulica. Tale criterio tende ad impedire che lo sviluppo urbanistico conduca a futuri impatti idraulici e ambientali maggiori del presente attraverso l'adozione di misure strutturali atte a ridurre il rischio idraulico causato dalle nuove trasformazioni territoriali, anche a fronte di cambiamenti climatici che vedono il ripetersi di eventi piovosi di breve durata e forte intensità in grado di mettere in crisi bacini di piccole dimensioni.

Per l'analisi della litografia del territorio si fa riferimento alla Carta Litologica allegata all'analisi geologica del P.A.T. del Comune ed alla relazione geologica del P.A.T. redatta dal Dr. Geol. Livio Sartor.

Figura 2 – Legenda della carta Litologica.

Figura 3 – Carta Litologica.

Nella carta le formazioni geologiche vengono raggruppate in funzione della litologia, dello stato di aggregazione, del grado di alterazione e del conseguente comportamento meccanico che le singole unità assumono nei confronti degli interventi insediativi e infrastrutturali che lo strumento urbanistico introduce. Per quanto concerne il substrato, questa carta, fa riferimento alla compattezza, al grado di suddivisione dell'ammasso roccioso, al grado di alterazione, alla presenza di alternanze di materiali a diverso grado di resistenza o coesione, alla tessitura e grado di cementazione delle singole formazioni.

Per quanto riguarda i materiali delle coperture il riferimento fondamentale è quello che richiama il processo di messa in posto del deposito o dell'accumulo, lo stato di addensamento, la tessitura dei materiali costituenti.

Dal punto di vista geologico-strutturale l'intera zona in esame è compresa nella piega monoclinalica che è stata interpretata come la parte più meridionale della ben nota "piega a faglia a ginocchio" che si estende da Bassano all'altopiano del Cansiglio.

La parte nord del territorio comunale fino a lambire l'abitato di Casoni risulta formata da materiali di origine fluviale del "Mindel" a tessitura prevalentemente limo-argillosa con bassa permeabilità dovuta alla porosità. Questo materiale, affiorante nella fascia pedecollinare, è stato depositato durante il periodo fluviale del Mindel, è costituito da argille rosso-brune alterate, con laccature di idrossidi di manganese, con ciottoli di selci, i porfidi quarziferi violacei, di porfiriti, di gneiss, di filladi quarzifere, ecc.. la potenza di questo deposito supera i dieci metri.

Tale macroarea risulta frammista ad aeree con caratteristiche diverse; vi sono nella parte a confine con il comune di Borso del Grappa quattro aree di modeste dimensioni caratterizzate dalla presenza di materiali di riporto. La zona poco a nord del Colle Castellaro è stata utilizzata come discarica la cui fase di smaltimento è ultimata da qualche anno. Vi sono due aree d'escavazione di ghiaia, ripristinate con materiale di riporto e ubicate una presso lo stabilimento Rifrangi e l'altra poco a nord di Colle Balliana.

La zona verso nord-est in cui vi era la presenza di risorgive, caratterizzata dalla presenta di un piccolo bacino lacustre, è stata oggetto di bonifica; si tratta di una zona definita nella carta geomorfologica come area bonificata per colmata cioè con riporti di terreno.

Le zone a nord di Colle Vescova, Colle Castellano e Colle Balliana sono formate da rocce tenere a prevalente coesione praticamente impermeabili. Queste rocce sono

costituite dalla “Marna di Tarzo” che si presenta generalmente come una roccia poco compatta, facilmente erodibile fattore che crea condizioni di instabilità diffusa nei pendii.

Nella parte nord del territorio comunale le zone collinari di Colle Vescova, Colle Castellano e Monte Gallo fino a Villa Negri, e la zona a sud di Colle Balliana sono costituite da rocce tenere a prevalente attrito interno, poco permeabili per fessurazione.

Questi conglomerati sono costituiti da banchi conglomeratici, fluviali e deltizi, a ciottoli calcarei improntati, calcari selciferi, selci, quarzo, porfidi, ecc.;i ciottoli in superficie sono cariati. Tra i banchi conglomeratici vi sono lenti argillose e/o sabbiose e/o arenacee di estensione e potenza variabile.

La zona che interessa l’abitato di Mussolente fino a Piana d’Oriente e la zona a sud di Borgo Giaretta, al confine con il Comune di San Zenone degli Ezzelini, sono caratterizzate dalla presenza di materiali a tessitura eterogenea, ma prevalentemente ghiaiosa, dei depositi di conoide di deiezione torrentizia, mediamente permeabili per porosità.

Ai piedi del Massiccio del Grappa, allo sbocco delle valli in pianura, si aprono a ventaglio conoidi alluvionali anche di notevole estensione e spessore, dovuti ad apporto misto detritico ed alluvionale dei corsi d’acqua. I depositi alluvionali sono costituiti da alternanze di ghiaie, a volte cementate, e sabbie, con intercalati lenti limose e/o argillose.

La parte sud del territorio, dal centro storico di Casoni verso il Comune di Loria, si presenta uniformemente formata da materiali granulari più o meno addensati dei terrazzi fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, mediamente permeabili per porosità.

La caratterizzazione del territorio è avvenuta mediante prove penetrometriche, sondaggi e trincee esplorative in varie zone del territorio (l’ubicazione di tali prove è riportata in mappa).

2.4 Permeabilità

Di fondamentale importanza, per la determinazione della capacità drenante e dei deflussi superficiali e profondi di un terreno, è la conoscenza delle sue caratteristiche geotecniche.

La determinazione del coefficiente di permeabilità del terreno, la determinazione del

livello della falda freatica, permettono inoltre di determinare quale soluzione idraulica sia possibile attuare per lo smaltimento delle acque meteoriche: ovvero determinare le dimensioni dei pozzi perdenti e delle trincee drenanti in grado di smaltire la portata idrica di progetto e determinare il volume delle eventuali vasche di accumulo.

In funzione delle dimensioni medie della particelle che li compongono, i terreni possono essere divisi nelle seguenti tipologie:

TERRENO	DIAMETRO (mm)
Argilla	< 0,003
Limo fine	0,006 – 0,06
Limo medio	0,006 - 0,002
Limo grosso	0,002 - 0,06
Sabbia fine	0,06 - 0,2
Sabbia media	0,2 - 0,6
Sabbia grossa	0,6 - 2
Ghiaia fine	2 - 6
Ghiaia media	6 - 20
Ghiaia grossa	20 - 60

Tabella 1 – Classificazione del terreno in funzione del diametro delle particelle.

La tipologia del terreno è di fondamentale importanza per la determinazione del coefficiente di permeabilità, la seguente tabella riporta il coefficiente di permeabilità in funzione del terreno:

TIPO DI TERRENO	K (m/s)
Argilla	$< 10^{-8}$
Limo	$5x10^{-6}$ - 10^{-7}
Sabbia Limosa	$2x10^{-5}$ - 10^{-6}
Sabbia fine	$5x10^{-4}$ - 10^{-5}
Sabbia mista	10^{-4} - $5x10^{-5}$
Sabbia pulita (media)	10^{-2} - 10^{-4}
Ghiaia pulita	$> 10^{-2}$

Tabella 2 – Permeabilità del terreno in funzione della tipologia.

Altra stima della permeabilità del terreno secondo P. Colombo in funzione della granulometria del terreno:

<table>
<tr><td>K (cm/s)</td><td colspan="4">10^{2} 10^{1} 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9}</td></tr>
<tr><td>drenaggio</td><td colspan="2">buono</td><td>povero</td><td>praticamente impermeabile</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">ghiaia pulita</td><td>sabbia pulita e miscele di sabbia ghiaia pulita</td><td>sabbia fina, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati</td><td rowspan="2">terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona altera dagli agenti atmosferici</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">terreni impermeabili modificativi dagli effetti della vegetazione e del tempo</td></tr>
</table>

Tabella 3 – Valori di permeabilità in funzione del tipo di terreno.

Il coefficiente di permeabilità dipende da molti fattori. Ad esempio è funzione della viscosità dell'acqua, una diminuzione della temperatura da 25 a 5 °C comporta un corrispondente decremento di circa il 40 % della conduttività idraulica.

Si consiglia di eseguire prove in sito di filtrazione per la determinazione del coefficiente di permeabilità K più appropriato da utilizzare nei calcoli; una volta determinato per via sperimentale, è consigliabile assumere un valore cautelativo (ad esempio ridotto del 50 %, o considerare un adeguato coefficiente di sicurezza per l'intero sistema drenante), in quanto, nel tempo il valore del coefficiente di permeabilità tende a diminuire per il depositarsi all'interno dei mezzi filtranti di materiale fine trasportato dell'acqua stessa.

2.5 Analisi idrogeologica

La "Carta idrogeologica" rappresenta i diversi terreni classificandoli in base alla loro capacità di consentire l'infiltrazione e la circolazione idrica nel sottosuolo. Contiene peraltro dati sulla permeabilità relativa dei terreni e delle formazioni superficiali e sulle condizioni idrostatiche e idrodinamiche delle acque sotterranee anche attraverso l'ubicazione e il repertorio dei punti d'acqua. Per quanto riguarda l'idrografia superficiale la carta rappresenta la rete di drenaggio completa e la perimetrazione, anche su dati storici,

delle aree inondabili.

Figura 4 – Legenda della Carta Idrogeologica.

Figura 5 – Carta Idrogeologica.

La situazione idrogeologica del sottosuolo è diretta conseguenza delle caratteristiche litologiche e strutturali del substrato roccioso e del materasso alluvionale.

In particolare il Massiccio del Grappa con la sua struttura ad anticlinale, con le numerose fratture e la composizione litologica prevalentemente calcarea ha la funzione di grande serbatoio idrico. Le acque che si infiltrano nella parte sommitale del Massiccio del Grappa formano una potente falda idrica che emerge al contatto di litotipi marnoso argillosi. Queste acque si infiltrano poi nel materasso alluvionale che costituisce le conoidi torrentizie di Borso, Crespano e Paderno del Grappa, per emergere poi nelle zone di pianura al contatto con le marne argillose Mioceniche. L'andamento della falda è ricostruibile solo per la parte meridionale del Comune ove vi è un monoacquifero. Per quanto riguarda la parte settentrionale del Comune ciò non è stato possibile perché vi è un "sistema multifalde".

Il territorio risulta solcato da torrenti temporanei, permanenti e rogge. La portata dei corsi d'acqua sia permanenti che temporanei è di entità modesta.

I corsi d'acqua a carattere permanente: Torrente Giaretta, Rosta Lugana che a sud viene chiamata Rosta Voloncello, Scolo Lugana Vecchio che a sud viene chiamata Rosta Lugana, lo Scolo Fonial, il Torrente Volon Vecchio che diventa Volon e poi Torrente Giarone nella parte sud del comune, il Rio Fontanazzo, lo Scolo del Rù e il Torrente Giaretta che confluiscono nel Torrente Volon. Vi sono poi una serie di scoli e roste che hanno carattere stagionale e sono quindi percorsi dall'acqua solo in autunno e primavera, tra questi vi sono: lo Scolo Guia, la rostetta Sarai, il Rio la Giara, la Rosta Volon e Voloncello, la Rosta Simonzana-Trieste, Rosta del Molino Toffon, Rosta Mosta e Roggia Roston.

Tutti questi corsi d'acqua attraversano il Comune da nord a sud riversando le acque provenienti dal Comune a nord, Borso del Grappa, in quello a sud, Loria.

All'interno del territorio comunale vi sono circa 20 pozzi dei quali solo tre (il numero18 -19 e 20) nella parte nord del territorio vengono ancor oggi utilizzati ed hanno quindi una fascia di rispetto. Per quanto riguarda la superficie della falda la carta mostra come questa sia sempre meno profonda procedendo verso sud.

Infatti si trova ad una quota di circa 70 metri sotto il piano di campagna a monte dell'abitato di Casoni di Mussolente per raggiungere a valle quota 40 metri con direzione sud-est.

Il territorio del Comune può essere suddiviso in base alla profondità della falda in quattro zone; nella parte di territorio pianeggiante a nord della strada provinciale la profondità della falda risulta compresa fra 0-2 m, a sud della provinciale vi sono due fasce di modesta ampiezza in cui la profondità della falda varia tra i 2 e i 5 m dal piano campagna e tra i 5 e i 10 m; la maggior parte del territorio del comune a sud della zona industriale di Mussolente vede il progressivo abbassamento della quota di profondità di falda fino a raggiungere un minimo di 70 m , in corrispondenza di Borgo Zucchelli per poi risalire procedendo verso sud con il raggiungimento di quota 40 m a sud dell'abitato di Casoni di Mussolente.

Per quanto riguarda le acque sotterranee si possono distinguere due zone: la parte costituita dal substrato roccioso e quella dei depositi alluvionali.

Il substrato roccioso è impermeabile nella parte costituita da litotipi marnoso-argillosi mentre per i conglomerati poligenici del Messiniano vi è una circolazione idrica sotterranea attraverso le fratture e/o fessure nei conglomerati, mentre le parti costituite da livelli argillosi fungono da letto impermeabile.

I depositi alluvionali si distinguono in quelli poco permeabili per porosità e in quelli mediamente permeabili per porosità. Nel materasso alluvionale è presente una falda la cui alimentazione è soprattutto legata alle dispersioni del Fiume Brenta. Le portate medie mensili dei principali corsi d'acqua raggiungono valori massimi nei mesi di Maggio e Giugno, in corrispondenza del regime pluvio-nivale di tipo prealpino, oltre al periodo autunnale. Le magre del fiume si manifestano durante il periodo estivo ed invernale, quando generalmente si prolungano sino ad Aprile; a volte le magre estive sono interrotte da morbide intense nel bacino montano.

Nella zona caratterizzata dalla presenza di un materasso alluvionale vi è la presenza di una potente falda idrica a carattere freatico. L'alimentazione di tale acquifero indifferenziato avviene principalmente grazie a tre contributi:

1. dispersione dal subalveo del Brenta
2. precipitazioni efficaci
3. irrigazioni e deflussi provenienti dalla zona pedemontana.

Il fattore di ricarica più importante è la dispersione dal subalveo dei corsi d'acqua. La falda si trova in corrispondenza dell'area interessata da una quota maggiore ai 50 m dal piano di campagna.

Va sottolineata l'importanza del contributo all'alimentazione della falda derivante dalla dispersione dell'acqua irrigua.

Le condizioni idrogeologiche di questa zona (falda in terreni permeabili senza protezione naturale) ci inducono a considerare quest'area a rischio di particolari fenomeni di inquinamento.

2.6 La rete idraulica

Come evidenziato nella carta idrogeologica la rete idraulica del Comune di Mussolente presenta uno sviluppo longitudinale da nord a sud, i principali corsi d'acqua sono: il Torrente Giaron, lo Scolo Lugana e la Roggia Volon.

Il Torrente Giaron e la Roggia Volon nella parte a nord della strada provinciale si intersecano varie volte.

Il Torrente Giaron è definito dal Consorzio di Bonifica come corso d'acqua a carattere regionale mentre la Roggia Volon rientra nella classe dei corsi d'acqua principali così come lo Scolo Lugana.

Il Torrente Giaron attraversa i Comuni di Loria e Mussolente (in provincia di Vicenza); il suo corso è vincolato (numero di iscrizione nel registro dei corsi d'acqua vincolati n. 306 nella provincia di Vicenza e n. 11 nella provincia di Treviso), nasce al limite nord del comune di Mussolente in località Borgo Castellano e scarica le sue acque nel Torrente Brenton in località Bessica nel comune di Loria.

Anche la Roggia Volon è vincolata per tutto il suo corso (numero di iscrizione nel registro dei corsi d'acqua vincolati n. 307 nella provincia di Vicenza e n. 58 nella provincia di Treviso) la sua principale funzione è come canale di bonifica, nasce in località Borgo Castellaro e termina il suo corso in località Contrà Baffo.

Lo Scolo Lugana attraversa i comuni di Cassola, Loria e Mussolente e termina il suo percorso in Via Campagnola a Ramon; il suo corso non è vincolato né in provincia di Treviso né in provincia di Vicenza.

Come evidenziato in Figura 6 la rete idraulica del Comune di Mussolente è ricca di corsi d'acqua minori, secondari e terziari.

2.7 Bacino del Giaron-Brenton-Pighenzo e del Lugana

Nella zona pedemontana in sinistra Brenta, i diversi corsi d'acqua costituenti il reticolo di drenaggio hanno, schematicamente, un andamento da nord verso sud ed hanno come recapito finale il Torrente Musone che da Castelfranco diventa Muson dei Sassi, il più importante affluente di pianura del Fiume Brenta, nel quale si immette poco a nord della città di Padova.

Il Torrente Giaron-Pighenzo-Brenton (nel quale il Giaron scarica le sue acque) è il corso d'acqua più significativo dell'intero bacino, recapito dei rimanenti torrenti presenti nella destra orografica del bacino e delle rogge irrigue del Consorzio Pedemontano Brenta. Nasce alle pendici del Monte Grappa, sopra l'abitato di Borso del Grappa e riceve i notevoli contributi della Valle della Madonna – Valle Longa che lambisce l'abitato di Crespano del Grappa. La sofferenza idraulica del corso d'acqua ha causato, nella parte di pianura, recenti esondazioni, estese anche agli affluenti, interessando zone non solo di alta valenza agricola ma anche urbane (come ad esempio l'abitato di Bessica di Loria).

Il Torrente Lugana si origina in zona collinare poco a nord del confine del comprensorio del Consorzio Pedemontano Brenta; ha andamento prevalentemente da nord a sud, lambisce l'abitato di Mussolente e attraversa, più a valle, l'abitato di Casoni di Mussolente; dopo aver ricevuto in località Cà Mora l'apporto del Torrente Trieste (che a sua volta riceve i contributi della parte del Torrente Mardignon non deviata nel rio Cornuta Bassa), attraversa la frazione di Martini e sfocia nella Roggia Balbi; qui esiste un ulteriore collegamento verso valle, con un tratto che va a confluire nella roggia Giustiniana. Sia la Balbi che la Giustiniana sono canalizzazioni con preminente funzione irrigua, poco adatte, quindi, a far defluire portate di piena; entrambe, inoltre, scaricano nel Torrente Giaron-Pighenzo-Brenton, anch'esso in condizioni di insufficienza idraulica.

Risulta evidente la criticità del sistema che conseguentemente è stata risolta laminando le piene del corso d'acqua a monte della confluenza della Lugana con il Giaron-Pighenzo-Brenton e, ancor di più, con la Balbi (come peraltro iniziato a fare con la prima cassa di espansione già realizzata dal Consorzio).

Il Torrente Lugana presenta nella zona interessata dalla vasca di laminazione una sezione media trasversale trapezia, con sponde a scarpa 1:1, larghezza del fondo pari a 2,5-3,3 m e pendenza di circa 4-5 per mille. La portata massima corrispondente ad un

tempo di ritorno di 30 anni risulta pari a 30 m^3/s secondo il progetto redatto per il dimensionamento della cassa.

Le informazioni sopra riportate sono state ricavate dalla relazione del Consorzio sulla Vasca di laminazione tra i Torrenti Lugana e Trieste.

Figura 6 – Reticolo idrografico.

3) RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Secondo il "Programma Provinciale di previsione e prevenzione dei rischi" redatto dall'Ing. Vincenzo Bixio nel 2001 il concetto di rischio idraulico, intuitivo da un punto di vista concettuale, è stato oggetto nel tempo di varie definizioni ai fini applicativi, con particolare riferimento a vari parametri; alcuni di questi erano di carattere idraulico, quali altezza dell'esondazione e tempo di ritorno dell'evento considerato, altri erano rapportati al danno prevedibile dall'esondazione, distinto generalmente in danno a persone e a cose.

Nella percezione comune si intende per rischio idraulico la combinazione fra pericolosità e vulnerabilità, ossia l'eventualità che si verifichi un evento sfavorevole e che questo determini un danno grave al territorio colpito.

Il concetto di rischio è strettamente legato a quello della percezione che per sua natura è soggettiva. Infatti ci deve essere un soggetto che percepisca un dato effetto come negativo per poterlo definire dannoso e quindi ad alto rischio; appare evidente, quindi, come il danno provocato da esondazioni o allagamenti sia maggiore in zone urbanizzate che in zone agricole.

Nella pratica operativa è opportuno disporre di un metodo che consenta di quantificare in modo oggettivo il rischio che sarà basato sul calcolo su basi probabilistiche oltre che sulla valutazione del tipo ed entità del danno derivante da tale rischio.

Il rischio idrologico di base può essere calcolato con la seguente formula:

$$R_n(q_d) = P[Q_n \geq q_d]$$

q_d portata per la quale sono state dimensionate le opere di difesa;

n intervallo temporale considerato in anni;

Q_n massima portata al colmo di piena nel periodo.

Altra misura del rischio, comunemente utilizzata in idrologia, è il tempo di ritorno cioè l'intervallo di tempo che intercorre tra due eventi dello stesso tipo. Nel caso di una alluvione il tempo di ritorno è l'intervallo di tempo tra due eventi metereologici che danno luogo alla stessa portata nel corso d'acqua esaminato. I tempi di ritorno di eventi di elevata intensità sono più lunghi di quelli relativi ad eventi di minore intensità.

Statisticamente il tempo di ritorno è definito come il reciproco della probabilità cumulata di superamento P(X≥x);

$$T_r = \frac{1}{1 - P(X \le x)} = \frac{1}{P(X \ge x)}$$

Il rischio idraulico, definito come la probabilità che negli anni n di vita teorica dell'opera si verifichi almeno una volta un evento tale da superare la portata per la quale sono state dimensionate le opere di difesa del territorio e il tempo di ritorno sono correlati attraverso la seguente relazione:

$$R_n = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^n$$

La scelta del rischio idrologico di base non è meramente tecnica ma coinvolge anche problemi di natura economica e sociale. Si distinguono a tal proposito due situazioni:

1. danni valutabili in termini monetari;
2. danni catastrofici con perdite di vite umane o di beni dall'inestimabile valore.

Nel primo caso si rende necessario minimizzare la perdita totale subita dalla comunità pari alla somma del costo dell'intervento e del danno totale prodotto dalle piene che superano la portata sulla quale sono state dimensionate le opere di difesa fluviale.

Nel secondo caso, indipendentemente dall'aspetto economico, il rischio idraulico va ridotto a tal punto da essere accettabile dalla comunità.

I criteri di progettazione delle opere idrauliche implicano, per loro natura,un rischio idraulico determinato in base ai criteri costi-benefici adottati. La progettazione ottimale si basa su tre parametri fondamentali: costo, efficacia e affidabilità.

L'efficacia di un opera idraulica è quella quantità commisurata all'ottenimento pieno della prestazione prefissata (un corso d'acqua che garantisca il deflusso di piena desiderato).

L'affidabilità è la probabilità di assicurare la prestazione senza fallanza; la probabilità complementare a questa è il rischio.

Ne consegue quindi che la soluzione ottimale non sarà mai quella che offre il massimo di affidabilità proprio perché darebbe luogo anche al massimo costo.

Nel campo dell'idrologia non è possibile progettare "a tavolino" la situazione

peggiore per poter dimensionare una determinata opera; per i dati idrologici si può esclusivamente parlare di probabilità di eventi. La Regione Veneto, sulla base di esperienze nazionali ed internazionali, ha proposto una matrice di primo orientamento per la scelta del rischio di progetto. Nella tabella è riportato il rischio massimo e minimo che va assunto in caso di progettazione di particolari opere di tipo idraulico. Tali valori del rischio sono espressi in termini di tempo di ritorno.

Tipologia di opera idraulica

Opere di difesa dalle piene	***Tr* min (anni)**	***Tr* max (anni)**
a. Arginature di contenimento delle piene	50	100
b. Scolmatori	50	100
c. Diversivi	50	100
d. Sistemazioni d'alveo (risezionamenti e rivestimenti)	50	100
e. Sistemi per la laminazione della piena	50	100
Opere di difesa dalle erosioni localizzate		
a. Briglie	50	100
b. Soglie	50	100
c. Ricalibratura d'alveo	50	100
d. Difese spondali longitudinali (arginature, scogliere, ecc…)	50	100
e. Difese spondali trasversali (pennelli)	50	100
Opere di bonifica		
a. Collettori di drenaggio (acque basse)	10	50
b. Collettori di trasferimento (arginati)	10	50
c. Sistemi per il sollevamento delle acque	10	50
d. Sistemi per la laminazione della piena	10	50
Fognature		
a. Collettori acque bianche e miste	10	50
b. Collettori principali di trasferimento	10	50
c. Sollevamenti e condotte prementi	10	50
d. Vasche di laminazione	10	50

Tabella 4 – Tempi di ritorno utilizzati per il dimensionamento di varie opere idrauliche.

Le aree soggette a rischio idraulico derivante dai corsi d'acqua principali e dai collettori di bonifica in provincia di Vicenza sono state suddivise nelle quattro categorie di rischio R1, R2, R3, R4 previste dal D.P.C.M. del 29 novembre 1998.

Nel Comune di Mussolente si hanno solamente aree caratterizzate da fattore di rischio R1 moderato; la superficie totale interessata da tale livello di rischio è 1.747.002 mq. Tale rischio, per quanto riguarda il Comune di Mussolente, è stato calcolato prima della realizzazione delle vasche di laminazione sui Torrenti Lugana e Trieste e sul

Torrente Giaron.

3.1 La valutazione del rischio: fattore storico, di danno e pericolosità

Per quanto concerne i corsi d'acqua di pianura vanno considerati due fattori che possono causare l'esondazione o ristagno idrico: la rottura di un argine e l'insufficiente capacità di smaltimento delle reti scolanti ad esse destinate. Il PAI non segnala aree soggette a rischio idraulico nel territorio del Comune di Mussolente; nonostante ciò i dati reperiti presso il Consorzio hanno evidenziano come nel corso degli anni alcuni fenomeni metereologici di particolare intensità abbiano causato degli allagamenti in varie zone del Comune.

Non vi è a livello nazionale un metodo univoco per l'individuazione delle aree soggette a rischio. A tal proposito risultano di particolare interesse i criteri adottati negli anni '90 dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave e Brenta-Bacchiglione, e le indicazioni contenute nella Legge 3 agosto 1998, n. 267 (Legge Sarno); divenuti riferimenti a livello nazionale. Per quanto concerne la definizione del livello di rischio, questo può essere sintetizzato mediante tre fattori contraddistinti dalle lettere A, B e C che indicano rispettivamente l'aspetto storico, del danno e della pericolosità.

3.2 Il fattore storico

Il fattore storico evidenzia le problematiche idrauliche presenti sul territorio in occasione di eventi metereologici di particolare intensità che hanno causato allagamenti in varie zone del Comune. Il fattore storico è stato analizzato attraverso la mappatura dei dati forniti dal Consorzio sulle aree allagate per particolari eventi di piena. Si sono considerate a rischio le zone che sono state oggetto di allagamento per più di un evento.

3.3 Il fattore di danno

Il secondo fattore descrive il danno economico o ambientale che una esondazione può causare agli insediamenti residenziali, agli insediamenti produttivi ed alle infrastrutture che sono localizzate nell'area oggetto di esondazione o ristagno idrico.

La delimitazione delle aree soggette a potenziale rischio è stata eseguita con l'ausilio della carta tecnica regionale e tramite l'interpretazione dei dati forniti dal

Consorzio, dai tecnici comunali e da testimonianze raccolte in loco dai residenti.

Il fattore di danno è dato dalla somma di una serie di fattori: consistenza degli insediamenti abitativi e produttivi, presenza di infrastrutture viarie o altre infrastrutture e danno ambientale valutato attraverso la modificazione del paesaggio causata dall'evento.

3.4 Il fattore di pericolosità

Il fattore di danno descrive la natura e l'intensità degli eventi a rischio e viene associato a tratti del corso d'acqua che presentano caratteristiche di omogeneità dal punto di vista del rischio idraulico.

Tale fattore viene calcolato mediante la somma di due contributi:

- il primo relativo alla descrizione delle limitazioni delle opere di difesa esistenti
- il secondo descrive le limitazioni alla capacità di deflusso.

Si può avere una sostanziale limitazione della capacità di deflusso del corso d'acqua sia per la presenza di particolari manufatti in alveo che riducono la sezione di deflusso, sia per fenomeni di ostruzione della luce di deflusso causati dalla presenza di vegetazione in alveo in corrispondenza di ponti o altri manufatti.

Nell'analisi di questo fattore rientrano anche le inadeguatezze funzionali della rete di scolo che convoglia le acque meteoriche verso i corsi d'acqua e la stima della dimensione della potenziale esondazione.

L'analisi di questi tre fattori di rischio permette di mappare delle aree da considerare a rischio idraulico di esondazione o ristagno idrico.

4) LE AREE ESONDABILI O A RISTAGNO IDRICO

Per mappare le aree soggette ad esondazione o a ristagno idrico si sono raccolti i dati forniti da:

- Consorzio di Bonifica Brenta di Cittadella;
- ufficio tecnico del Comune di Mussolente;
- le informazioni desunte dal PTCP e dal Piano Provinciale di Emergenza;
- la memoria storica dei residenti del Comune;
- il sorvegliante idraulico di zona.

Il Consorzio di Bonifica Brenta ha fornito i dati relativi alle aree allagate per diversi eventi consentendo l'analisi delle zone soggette a ripetuti fenomeni di esondazione e/o ristagno idrico.

Le mappe riportate in figura 7 e 8 illustrano le zone allagate prima della realizzazione delle casse di espansione.

L'analisi delle aree allagate ha consentito l'individuazione delle principali criticità idrauliche del territorio, evidenziando come, negli anni, la costruzione delle vasche di laminazione sul Torrente Giaron nel Comune di Borso del Grappa e quella sui Torrenti Lugana e Trieste abbia permesso una sostanziale riduzione del rischio derivante da esondazione; sebbene all'interno del territorio permangano delle aree tuttora soggette ad esondazione o a ristagno idrico derivanti da deficienze nella rete di scolo.

Figura 7 – Aree allagate durante l'evento dell'8 ottobre 1998.

Figura 8 – Aree allagate durante l'evento dell'15 luglio 2002.

Il PTCP nella Tavola 2 - Carta delle Fragilità riporta la rete idrografica principale ed individua, tra le aree e gli elementi soggetti a pericolosità idraulica classificati dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e quelle a rischio idraulico classificate dal Piano Provinciale di Emergenza, le aree esondabili e a ristagno idrico, con l'obbiettivo di garantire l'incolumità delle persone, il patrimonio edilizio pubblico e privato e le infrastrutture, assicurando la stabilità dell'ambiente fisico e naturale.

Il PTCP demanda l'approfondimento della perimetrazione finale delle aree esondabili e a ristagno idrico alla fase di redazione del PAT, escludendo da tale analisi le aree già delineate dal PAI (non presenti nel Comune di Mussolente).

Il PTCP rappresenta all'interno del territorio del comune di Mussolente due categorie di aree soggette a rischio idraulico:

- quelle derivate dall'analisi eseguita in fase di redazione del Piano Provinciale di Emergenza (disegnate in mappa in azzurro e contornate da puntini blu);
- quelle rappresentate in azzurro con bordo nero ed all'interno la scritta R1, queste zone sono aree soggette a rischio idraulico moderato (il più basso livello di rischio rappresentato nelle mappe del PTCP).

Le testimonianze raccolte in loco hanno permesso di identificare le aree che presentano delle criticità idrauliche ripercorrendo attraverso la memoria storica degli abitanti alcuni dei principali eventi alluvionali. La vasca di laminazione costruita nel 2007 sui Torrenti Lugana e Trieste ha consentito una drastica diminuzione del rischio di esondazione per l'abitato di Casoni. Inoltre si è potuto riscontrare che la zona degli impianti sportivi di Casoni, così come quelle adiacenti, sono state spesso teatro di allagamenti (seppur di modesta entità) causati dal malfunzionamento della rete di scolo, non sempre efficiente ed a tratti deficitaria di adeguata manutenzione. La perimetrazione di tali aree riportate nella tavola 2 del PAT intende fornire delle indicazioni di massima atte a mettere in luce delle problematiche esistenti sul territorio che dovranno essere successivamente analizzate in sede di Piano degli Interventi con degli studi idraulici di dettaglio atti a consentire una mappatura più precisa e quindi rapportata alla scala dell'intervento.

Figura 9 – Tavola 2 Carta delle Fragilità del PTCP.

L'analisi dei dati raccolti ha permesso l'individuazione di aree nelle quali permane un moderato livello di rischio idraulico causato da esondazione o da ristagno idrico (aree riportate nella Tav. 3a - Carta delle Fragilità del PAT del Comune di Mussolente).

In mappa vi sono due aree a monte delle vasche di espansione (contraddistinte dalle lettere B e C) che sono soggette ad esondazione nel caso di eventi di particolare intensità; per queste aree il Consorzio ha già predisposto la risezionatura dell'alveo con la conseguente messa in sicurezza della zona.

Nell'area a nord di Borgo Eger permane del rischio residuo mitigato dalla presenza nel Comune di Borso del Grappa della vasca di espansione sul Torrente Giaron; tale rischio si aggrava se non verranno salvaguardate opportunamente le vie di deflusso dell'acqua con interventi di manutenzione dei Torrenti Volon e Giaron.

La zona contraddistinta in mappa (Tav 3a - Carta delle Fragilità) con la lettera E, al confine con il Comune di Romano d'Ezzelino, presenta un rischio moderato secondo il PTCP ed è stata allagata in occasione dell'evento alluvionale del 1998. Permane, per tale area, del rischio residuo dovuto al possibile ristagno idrico probabilmente causato dall'incuria della rete di scolo delle acque meteoriche.

Un'ultima zona soggetta a fragilità di tipo idraulico è dislocata su una vasta superficie nella frazione di Casoni e si estende a sud della strada statale n. 248 fino a Via Mazzini inglobando parte della zona produttiva di Casoni, la zona dedicata alle attrezzature sportive e la parte situata a nord di Via Mazzini spesso soggetta ad allagamenti causati dalla mancanza di una opportuna rete di scolo in grado di convogliare le acque verso l'alveo del Torrente Giaron che essendo pensile è ubicato ad una quota maggiore rispetto al piano di campagna.

Per tale area soggetta a ristagno idrico risultano particolarmente importanti tutte le norme idrauliche di manutenzione degli scoli che se non opportunamente tenuti in efficienza possono, in occasione di eventi di particolare intensità e breve durata, causare problemi di allagamento.

Gli enti gestori dei canali e della fognatura devono dedicare adeguate risorse alla manutenzione della rete nel suo complesso (sfalci ed espurghi della rete a pelo libero, pulizia caditoie, condotte e manufatti per la rete tubata) in modo da garantire, nel tempo, le condizioni di piena efficienza.

Si auspica che gli Enti gestori predispongano un idoneo programma di interventi di

manutenzione ordinaria e straordinaria della rete gestita. Tale programma dovrà in particolar modo definire gli intervalli di tempo entro i quali effettuare le normali operazioni di pulizia ed espurgo della rete in funzione della piena efficienza di quest'ultima; nonché prevedere le verifiche concernenti sia le condizioni statiche dei manufatti che lo stato di usura dei rivestimenti.

Va sottolineata le necessità di predisporre opportuni sistemi di sgrigliatura per la protezione delle acque di superficie a valle degli scarichi fognari e la limitazione della contaminazione delle superfici nelle aree di espansione di piena.

Nelle aree soggette ad esondazione o ristagno idrico, in modo particolare, si raccomanda che ai proprietari di terreni soggetti a servitù di scolo di fossi o canali privati è fatto obbligo di mantenerli costantemente sgombri in maniera tale che, anche in caso di piogge continuate o piene, il deflusso delle acque si verifichi senza pregiudizio e danno della proprietà contermini e delle eventuali vie contigue. Saranno oggetto di pari cura anche le tombinature effettuate per la realizzazione di accessi carrai, che dovranno avere accurata manutenzione, ed essere conservate sgombre a cura e spese dei proprietari.

I fossi privati di scolo che fossero incapaci di contenere l'acqua che in essi si riversa o quelli che comunque esistevano e sono stati colmati dovranno, a cura degli stessi soggetti proprietari dei fondi dominanti, essere risezionati; tali fossi devono avere decorso trasversale alla pendenza del terreno, con inclinazione tale che le acque non possano produrre erosioni. I proprietari di terreni ad uso agricolo non potranno arare i loro fondi fin sul ciglio delle strade o sulla sommità della sponda del canale, e devono volgere l'aratro, il trattore e tutti gli attrezzi al di fuori dell'area destinata alla viabilità o allo scorrimento dell'acqua.

Le arature devono rispettare una opportuna distanza dalla carreggiata stradale o dal ciglio del fosso, in modo da garantire il normale deflusso delle acque meteoriche, evitando l'ostruzione parziale o totale dei fossi, la rovina delle rive dei fossi e canali, il danneggiamento delle strade. I proprietari dei terreni su cui defluiscono per via naturale acque di fondi superiori, non possono impedire il libero deflusso delle acque con opere di qualsiasi natura ed origine, questo a norma dell'art. 32 del Codice Penale, fatto salvo ogni indennizzo per l'eventuale aumento consistente delle quantità delle acque in transito dovuto a diversa sistemazione dei fondi dominanti.

Sono vietate le piantagioni che si possono insediare all'interno di fossi e canali in

modo tale da restringere la sezione normale del deflusso delle acque, e l'esecuzione di qualunque altra opera da recare danno ai terreni vicini o alle strade.

I proprietari di fondi sono obbligati a tagliare i rami delle piante che si protendono oltre il ciglio dei canali ed evitare tassativamente di gettare i rami tagliati nei canali stessi.

Figura 10 – Mappa delle aree esondabili o a ristagno idrico.

Per una valutazione più approfondita, non richiesta in fase di PAT, sarebbe necessaria una descrizione accurata della geometria delle reti idrografiche in modo da poter applicare modelli numerici di allagamento del territorio individuando le insufficienze delle reti di smaltimento. Associando questi risultati alle informazioni sugli allagamenti prodotti da eventi storici, sarebbe possibile una visione omogenea del problema, in linea con i risultati ottenuti dalle Autorità di Bacino regionali o interregionali.

Interventi proposti per la mitigazione del rischio idraulico	
A.T.O. 1	***A.T.O. 2***
Adeguata manutenzione delle vie di deflusso dell'acqua tramite interventi di manutenzione ordinaria sui torrenti; *(intervento idoneo per la zona indiviata in mappa con la lettera A)*	Nelle zone a monte delle vasche di laminazione andranno realizzati adeguati interventi di risezionatura dell'alveo da concordare con il competente Consorzio di Bonifica (tali interventi sono già previsti ed in parte già realizzati); *(intervento idoneo per la zona indiviata in mappa con la lettera B e C)*
L'entrata in funzione della vasca di laminazione realizzata a monte, sul torrente Giaron, nel vicino comune di Borso del Grappa, potrà garantire una opportuna riduzione del rischio. *(intervento idoneo per la zona indiviata in mappa con la lettera A)*	Nella zona indicata in mappa con la lettera B della vasca di laminazione in progetto ne è stato realizzato solamente un primo stralcio consentendo una laminazione di 26.000 m^3 a fronte dei 40.000 di progetto tale opera andrà quindi completata per garantire una adeguata diminuzione del rischio anche per eventi con tempi di ritorno maggiori;
	Potenziamento della rete di drenaggio superficiale delle acque meteoriche; *(intervento idoneo per la zona indiviata in mappa con la lettera D e E)*
	Manutenzione degli scoli esistenti che se non opportunamente tenuti in efficienza possono, per eventi di particolare intensità e breve durata, causare problemi di allagamento. *(intervento idoneo per la zona indiviata in mappa con la lettera D e E)*

Tabella 5 –Interventi di mitigazione del rischio idraulico suddivisi per A.T.O..

5) INDICAZIONI DEL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE

Il Piano di Tutela delle Acque è il principale strumento di tutela qualitativa e quantitativa del sistema idrico ed è definito dal D. Lgs. n. 152/2006 come uno specifico piano di settore.

Il Piano è lo strumento di pianificazione a scala di bacino idrografico, redatto dalle Regioni, in cui deve essere definito l'insieme delle misure necessarie alla prevenzione ed alla riduzione dell'inquinamento, al miglioramento dello stato delle acque ed al mantenimento della capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici affinché siano idonei a sostenere specie animali e vegetali diversificate.

Nel Piano, gli interventi di tutela e risanamento previsti dalla norma statale trovano fondamento nella conoscenza dello stato delle acque, superficiali e sotterranee, per arrivare ad una nuova disciplina delle fonti di pressione, differenziata in funzione della differenza che intercorre fra lo status di partenza del corpo idrico e quello desiderato, che corrisponde agli obiettivi di qualità. Questo nuovo approccio rappresenta una delle principali differenze rispetto al D. Lgs. n. 152/1999 che aveva ridisegnato i principi di fondo dello schema costitutivo della L. n. 319/1976 ("Legge Merli"), basato essenzialmente sulla definizione di limiti rigidi allo scarico e, quindi, poco idoneo a considerare l'insieme degli impatti antropici che condizionano lo stato di qualità dei corpi idrici recettori.

Il decreto del 1999 ha spostato l'attenzione dal controllo del singolo scarico alla considerazione e disciplina del complesso delle attività in grado di pregiudicare la qualità delle acque, calibrando l'azione di prevenzione e di risanamento sulle esigenze e sulle caratteristiche quali-quantitative del corpo idrico. Un ruolo decisivo per la realizzazione degli obbiettivi del decreto spetta alle Regioni che oltre al monitoraggio quali-quantitativo dei corpi idrici dovranno predisporre i Piani di Tutela delle Acque cioè lo strumento di pianificazione delle azioni e misure di intervento per il miglioramento dello stato delle acque.

Il Piano di Tutela delle Acque riporta nell'allegato D i Comuni dell'alta pianura il cui territorio è designato come vulnerabile da nitrati disponendo che in queste aree debbano: a) essere applicati i programmi d'azione regionali, obbligatori per la tutela e il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola, b)essere recepito il D.M. 7 aprile 2006 "Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale

dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152" e successive modificazioni e le prescrizioni contenute nel codice di buona pratica agricola.

Il Comune di Mussolente secondo l'allegato E del Piano di Tutela delle Acque è uno dei comuni compresi nelle aree di primaria tutela quantitativa degli acquiferi nelle quali andranno rispettate le prescrizioni imposte dall'articolo 40 del PTA (riportato di seguito).

Tali norme intendono tutelare un complesso sistema idrogeologico dell'Alta Pianura, nell'acquifero indifferenziato, in cui la falda è libera e la superficie freatica si trova in diretta comunicazione con la superficie topografica.

I principali fattori di ricarica di questo sistema idrogeologico possono essere individuati nei seguenti fattori:

- dispersione dei corsi d'acqua;
- nelle precipitazioni;
- nell'irrigazione;
- negli afflussi sotterranei provenienti dagli acquiferi fessurati presenti nei rilievi prealpini.

L'ordine di importanza di questi fattori è variabile da zona a zona. Al fine di garantire il rispetto di questo complesso e fragile sistema idrogeologico è importante cercare:

- una razionalizzazione dei prelievi per i diversi usi:
- la salvaguardia dell'area di ricarica delle falde;
- il ripristino della capacità di ricarica;
- l'incremento della capacità di invaso.

Per conseguire il raggiungimento degli obbiettivi di tutela dell'acquifero si dovrà:

- verificare la corrispondenza tra disponibilità idrica, prelievi e utilizzi a fini irrigui, riequilibrando il bilancio idrico anche attraverso una modifica dei sistemi d'irrigazione utilizzando tecniche atte al risparmio della risorsa;
- rilasciare il deflusso minimo vitale in alveo e rivalutazione delle concessioni;
- intraprendere azioni finalizzate all'aumento della capacità di invaso del sistema;
- valutazione della fattibilità di interventi strutturali per lo stoccaggio di volumi d'acqua in pianura;

- trasformazione di cave di ghiaia dismesse in serbatoi per l'accumulo di risorsa idrica;
- sghiaiamento (sfangamento) dei serbatoi idroelettrici;
- realizzazione di bacini di dispersione per la ricarica artificiale delle falde;
- attività sperimentali di ricarica degli acquiferi;
- studio e sperimentazione degli apporti irrigui ai processi di ricarica della falda.

Si riportano di seguito gli articoli 13 e 40 del Piano di Tutela delle Acque inerenti le zone vulnerabili da nitrati di origine agricola e la azioni per la tutela qualitativa delle acque sotterranee che interessano in modo particolare il territorio comunale.

"Art. 13 - Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola
1. Sono designate zone vulnerabili all'inquinamento da nitrati di origine agricola:
a) l'area dichiarata a rischio di crisi ambientale di cui all'articolo 6 della legge 28 agosto 1989, n. 305 "Programmazione triennale per la tutela dell'ambiente", costituita dal territorio della Provincia di Rovigo e dal territorio del Comune di Cavarzere, ai sensi del D.lgs. n. 152/2006;
b) il bacino scolante in laguna di Venezia, area individuata con il "Piano per la prevenzione dell'inquinamento ed il risanamento delle acque del bacino idrografico immediatamente sversante nella laguna di Venezia – Piano Direttore 2000", la cui delimitazione è stata approvata con deliberazione del Consiglio regionale n. 23 del 7 maggio 2003;
c) le zone di alta pianura-zona di ricarica degli acquiferi individuate con deliberazione del Consiglio regionale n. 62 del 17 maggio 2006;
d) l'intero territorio dei comuni della Lessinia e dei rilievi in destra Adige, individuati in Allegato D;
e) il territorio dei comuni della Provincia di Verona afferenti al bacino del Po, individuati in Allegato D.
2. La perimetrazione delle zone vulnerabili è riportata nel paragrafo 2.2 degli "Indirizzi di Piano", e l'elenco dei comuni il cui territorio ricade nelle zone c), d), e) di cui al comma precedente, è riportato nell'Allegato D.
3. Nelle zone vulnerabili devono essere applicati i programmi d'azione regionali, obbligatori per la tutela e il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola, di recepimento del D.M. 7 aprile 2006 "Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152" e successive modificazioni e le prescrizioni contenute nel codice di buona pratica agricola.
*4. La Giunta regionale può rivedere la designazione delle zone vulnerabili, sentita la competente autorità di bacino.***"**

"***Art. 40 - Azioni per la tutela quantitativa delle acque sotterranee***
1. Nei territori dei comuni ricadenti nelle aree di primaria tutela quantitativa degli acquiferi, elencati nell'Allegato "E", possono essere assentite esclusivamente le istanze di:
a) derivazione di acque sotterranee per uso termale e minerale di cui alla legge regionale 10 ottobre 1989, n. 40 "Disciplina della ricerca, coltivazione e utilizzo delle acque minerali e termali" e successive modificazioni;
b) derivazione di acque sotterranee per uso potabile, igienico sanitario e antincendio, avanzate da soggetti pubblici;
c) derivazione di acque sotterranee per uso potabile, igienico sanitario e antincendio, avanzate da soggetti privati qualora relative ad aree non servite da acquedotto;
d) derivazione di acque sotterranee per uso antincendio, avanzate da soggetti privati, qualora non esistano alternative per l'approvvigionamento idrico necessario;
e) derivazione di acque sotterranee per uso irriguo avanzate da consorzi di bonifica, nel limite di una portata media, su base annua, non superiore a 6 l/s, previa installazione di idonee apparecchiature per la registrazione delle portate istantanee estratte;
f) derivazione di acque sotterranee per usi geotermici o di scambio termico, con esclusione dei territori dei comuni di cui alle Tabelle 3.21, 3.22, 3.23, 3.24 e 3.25 del paragrafo 3.6.3 degli "Indirizzi di Piano";
g) derivazione di acque sotterranee per impianti funzionali all'esercizio di un pubblico servizio;
h) riconoscimento o concessione preferenziale di cui all'articolo 4 del R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775, "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici" e successive modificazioni;
i) rinnovo delle concessioni per qualsiasi uso, senza varianti in aumento della portata concessa, fatte salve le verifiche di sostenibilità con la risorsa disponibile;
j) derivazione di acque sotterranee per uso irriguo relative a interventi di miglioramento fondiario ammessi a contributo dal Piano di Sviluppo Rurale, che comportino un effettivo e documentato risparmio della risorsa idrica.
2. Nella zona di ricarica degli acquiferi di cui all'articolo 18, comma 2, i titolari di derivazioni con portata media superiore a 50 l/s devono realizzare sistemi in grado di favorire la ricarica della falda.
3. Nelle aree di cui al comma 1 si applicano le seguenti disposizioni:
a) i prelievi per uso domestico non possono superare il limite di 0,1 l/s, quale portata media giornaliera;
b) i pozzi ad uso domestico devono essere dotati di apparecchi di misura dei consumi, in portata o volume. I dati dei consumi in termini di

volume annuo, dovranno essere trasmessi annualmente all'AATO territorialmente competente, che provvederà all'inoltro in Regione;
c) per i pozzi a salienza naturale dovranno essere installati dispositivi di regolazione atti a impedire l'erogazione d'acqua a getto continuo, limitandola ai soli periodi di effettivo utilizzo.
62
4. Nelle restanti porzioni del territorio regionale possono essere assentite, oltre alle istanze di cui al comma 1, anche le istanze di derivazione di acque sotterranee per:
a) uso irriguo avanzate da consorzi di bonifica;
b) altri usi diversi da quelli del comma 1, nel limite di una portata media, su base annua, non superiore a 3 l/s. Per gli utilizzi industriali, l'istanza di derivazione può essere assentita solo in aree non servite da acquedotto industriale. Resta fermo che, per gli usi potabile, igienico sanitario e antincendio, l'istanza può essere assentita soltanto in aree non servite da acquedotto civile.
5. In sede istruttoria delle domande di concessione, deve essere posta particolare attenzione alla congruità delle portate e volumi richiesti con le necessità dichiarate, tenuto conto, per le coltivazioni agricole, dell'opportunità di promuovere coltivazioni a basso fabbisogno idrico.
6. Ai sensi dell'articolo 96 del D.lgs. n. 152/2006, le concessioni di derivazioni per uso irriguo devono tener conto delle tipologie delle colture in funzione della disponibilità della risorsa idrica, della quantità minima necessaria alla coltura stessa, prevedendo, se necessario, specifiche modalità di irrigazione; le stesse sono assentite o rinnovate solo qualora non risulti possibile soddisfare la domanda d'acqua attraverso le strutture consortili già operanti sul territorio.
7. Le istanze di riconoscimento o concessione preferenziale di cui all'articolo 4 del R.D. n. 1775/1933 per usi diversi da quello potabile, relative a pozzi insistenti sui corpi idrici vincolati all'uso potabile ai sensi del presente Piano, possono essere assentite solo qualora risultino compatibili con l'utilizzazione potabile per la quale il vincolo è stato disposto. A tal fine, l'autorità competente procede ai necessari accertamenti acquisendo, in particolare, il parere tecnico motivato dell'ente preposto al servizio idrico, cui compete l'uso della risorsa vincolata.
8. Le concessioni di derivazione d'acqua relative ai pozzi già oggetto della denuncia di cuiall'articolo 10 del decreto legislativo 12 luglio 1993, n. 275 "Riordino in materia di acque pubbliche" e successive modificazioni, possono essere assentite in tutto il territorio regionale. Qualora alla denuncia di cui all'articolo 10, D.lgs. n. 275/1993 non sia seguita domanda di concessione di derivazione di acqua pubblica per il pozzo oggetto della denuncia stessa, quest'ultima vale come domanda di concessione. In tale ipotesi l'Unità periferica del
genio civile competente per territorio provvede ai sensi dell'articolo 103, R.D. n. 1775/1933 e richiede la documentazione di cui all'articolo 7 del medesimo Regio Decreto. Per le derivazioni di cui sopra, il responsabile del procedimento verifica la congruità del prelievo in relazione all'uso dichiarato nella denuncia e applica le disposizioni di cui al comma 7.
9. La realizzazione di pozzi per gli usi domestici di acque sotterranee di cui all'articolo 93 del R.D. n. 1775/1933 è ammessa esclusivamente in zone sprovviste di acquedotto civile.
10. Al fine di garantire la tutela delle risorse idriche sotterranee e di prevenire fenomeni che possono arrecare danno all'equilibrio idrogeologico, la realizzazione di pozzi, con l'esclusione di quelli con profondità inferiore a 30 metri dal piano campagna e portata inferiore a 0,1 l/s come media giornaliera, e la realizzazione di sondaggi con esclusione di quelli con profondità inferiore a 30 metri dal piano campagna, sono sottoposte a
progettazione e direzione lavori. Il progetto deve prevedere modalità di realizzazione compatibili con la situazione geologica e idrogeologica del sottosuolo.
11. Al termine dei lavori deve essere trasmesso alla Regione il profilo stratigrafico del foro corredato da schemi tecnici dell'opera, congiuntamente alla dichiarazione di regolare esecuzione dei lavori.
63
12. Entro un anno dalla data di pubblicazione della deliberazione di approvazione del Piano, la Giunta regionale predispone linee guida per la progettazione, la realizzazione, la manutenzione e la chiusura dei pozzi.
13. Ai fini della tutela delle risorse idriche sotterranee le norme di cui ai commi precedenti possono essere integrate e aggiornate dalla Giunta regionale, sentita la competente commissione consiliare, sulla base di approfondimenti di carattere tecnico scientifico derivanti da appositi studi di settore.
14. Entro un anno dalla data di pubblicazione della deliberazione di approvazione del Piano, la Regione, compatibilmente con le risorse finanziarie disponibili, dà avvio alla realizzazione delle misure non strutturali per la tutela quantitativa della risorsa ed il risparmio idrico ai sensi di quanto disposto negli "Indirizzi di Piano" ed ai sensi del D.lgs. n. 152/2006."

6) VASCHE DI LAMINAZIONE PRESENTI SUL TERRITORIO COMUNALE

Le reti scolanti presenti in sinistra Brenta convergono tutte nel sistema del Torrente Giaron-Pighenzo-Brenton con sezioni insufficienti a garantire lo scolo nella zona pedemontana tra Bassano, Castelfranco e l'Asolano; in alcuni casi la convergenza è limitata a tratti terminali di collettori irrigui. La morfologia del substrato dell'alta pedemontana, costituita da un potente e permeabilissimo materasso ghiaisoso di origine alluvionale, permette di identificare questa zona come area di ricarica di falda. In passato il materiale alluvionale fortemente permeabile consentiva alle acque meteoriche un rapido assorbimento garantendo il rimpinguamento delle falde e non necessitando di un reticolo superficiale di drenaggio.

Attualmente l'urbanizzazione impedisce l'infiltrazione e riduce i tempi di corrivazione, incrementando le portate al colmo e trovando una rete idrografica alquanto limitata, sottodimensionata rispetto alle mutate esigenze idrauliche del territorio. Tale situazione provoca disagi per la popolazione con allagamenti di terreni, delle infrastrutture e dei centri abitati che si possono realizzare anche più volte all'anno.

Tali condizioni ha portato il Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta in collaborazione con il Consorzio di Bonifica Pedemontano Brentella di Pederobba e ad uno Studio di Ingegneria all'esecuzione di un progetto generale degli interventi di sistemazione idraulica del sistema del Torrente Muson dei Sassi e della relativa area pedemontana in sinistra Brenta.

Il progetto consisteva nell'individuare soluzioni alternative alla realizzazione di un collettore di gronda che ricevesse gli apporti dei corsi d'acqua pedemontani e li scaricasse nel sistema Giaron-Brenton-Pighenzo-Muson dei Sassi data l'inadeguatezza di questo sistema, già in condizioni critiche, a ricevere ulteriori portate. Tale progetto ha analizzato tre possibili soluzioni:

1- la ricalibratura degli alvei;
2- la creazione di canali di gronda;
3- la realizzazione di vasche di laminazione delle piene.

L'ultima soluzione si è dimostrata la più fattibile in quanto, utilizzando aree a bassa valenza agricola, è possibile realizzare tempestivamente e con costi ridotti, senza disturbare eccessivamente l'ambiente circostante, la laminazione del colmo di piena.

6.1 Cassa di espansione tra i Torrenti Lugana e Trieste

Per la localizzazione della vasca di laminazione sul Torrente Lugana si è scelto come criterio principale la vicinanza a corsi d'acqua idraulicamente insufficienti, possibilmente subito a monte delle zone che vengono più frequentemente allagate, in aree senza urbanizzazione e con quote di terreno sufficientemente basse per essere alimentate a gravità.

Il primo stralcio ha visto la realizzazione di quelle vasche di laminazione definite come "urgenti", cioè atte a garantire una prima soglia di sicurezza idraulica, fissata per la difesa contro eventi con tempi di ritorno di 10 anni, rinviando ad un secondo momento quelle che porterebbero ad una maggiore sicurezza.

Una prima fase ha portato, quindi, alla realizzazione di due vasche di laminazione una sul Torrente Lugana a Loria (volume 40.000 m^3) ed una sul Torrente Giaron-Brenton-Pighenzo in comune di Mussolente (che verrà analizzata nel prossimo paragrafo).

Tra gli interventi di seconda fase si colloca la cassa di espansione tra i Torrenti Lugana e Trieste la cui necessità è stata confermata con i fenomeni d settembre 2006 e maggio 2007, che hanno messo in sofferenza idraulica ampie parti del territorio comunale di Mussolente, che a seguito dell'urbanizzazione del bacino idrografico è divenuto ancora più sensibile al rischio idraulico.

L'ubicazione della cassa di espansione è stata scelta in modo da utilizzare la vicinanza sia del Torrente Lugana che del Torrente Trieste, in quell'area molto prossimi e paralleli tra loro; in questo modo è possibile effettuare simultaneamente la mitigazione delle portate di piena di entrambi i torrenti garantendo beneficio anche al sistema idraulico di valle del Giaron-Pighenzo-Brenton già in situazione di criticità.

La localizzazione consente la messa in sicurezza dell'abitato di Casoni di Mussolente centro con frequenti problemi di allagamento.

La vasca di laminazione è collocata in sinistra idrografica del Torrente Trieste e in destra idrografica del Torrente Lugana, tra Via Manzoni a nord e Via Trieste a sud, su terreni con scarso interesse agricolo ed in zona poco abitata.

La portata massima per un tempo di ritorno di 30 anni risulta di circa 10 m^3/s; l'idrogramma mostra un tempo della portata al colmo di circa 3 ore ed un esaurimento in circa 8 ore. La vasca di laminazione riceverà le acque di entrambi i torrenti attraverso

opportune opere di immissione; si tratta di sfioratori dimensionati in modo tale da entrare in funzione solo per eventi di una certa entità e di una certa frequenza probabile (lasciando invece all'asciutto la cassa per eventi poco significativi) consentendo la deviazione delle acque dal torrente alla cassa e la laminazione delle piene ad un valore compatibile con la capacità di smaltimento del tratto di valle.

Foto 2 – Vasca di laminazione tra i Torrenti Lugana e Trieste.

In condizioni di piena con un tempo di ritorno di 30 anni il volume d'acqua che dovrebbe essere immagazzinato è pari a 40.000 m^3 consentendo una riduzione del picco di piena da 10 m^3/s a 5,5 m^3/s. I finanziamenti disponibili hanno consentito la realizzazione di un solo primo stralcio funzionale dell'opera consentendo la laminazione di un volume pari a 26.000 m^3 inferiore a quello corrispondente ad una piena trentennale ma sufficiente a garantire la sicurezza idraulica durante i più frequenti episodi di piena. La capacità di invaso potrà essere aumentata dopo una prima fase di esercizio e sperimentazione fino alla capacità massima calcolata.

Il sistema di immissione è mobile e dotato di opportune gargamature laterali per la posa di panconi d'emergenza o per innalzare il ciglio sfiorante, in modo da consentire durante la fase di esercizio una opportuna regolazione per adattarsi ai singoli eventi. Per

entrambe le opere di immissione è stata prevista un'opera per dissipare l'energia in eccesso dovuta al dislivello. La cassa di espansione è dotata di apposito scarico di fondo, presidiato da doppia paratoia, di larghezza 2,5 m in modo da consentire lo svuotamento graduale dell'invaso una volta transitata la piena.

La cassa sarà dotata di uno sfioro di troppo pieno di sicurezza atto a smaltire eventuali portate superiori a quelle di progetto senza creare sopralzi del pelo libero tali da far temere il superamento delle arginature laterali della vasca.

La massima profondità della vasca rispetto al piano di campagna esistente è di circa 4,8 m. Il livello idrico di massima ritenuta (quota 111,6 m s. m.) entro la cassa risulta di 4 m e si considera un franco di sicurezza di ulteriori 1 m; la quota della corona arginale è 112, 6 m s. m..

Le presenti informazioni sono state desunte dal Progetto preliminare della Cassa di espansione fra i Torrenti Lugana e Trieste in Comune di Mussolente redatto dal Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta nel Giugno 2007 la cui consultazione ci è stata gentilmente concessa dal Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta.

6.2 Cassa di espansione sul Torrente Giaron (località Borgo Sandri)

Il Torrente Giaron, appartenente al bacino imbrifero del Muson dei Sassi, è un corso d'acqua pensile che scorre da nord a sud con sezione traversale prevalentemente trapezia, la cui rete si è dimostrata inadeguata a smaltire gli eventi meteorici più intensi, in modo particolare scrosci di breve durata ma forte intensità.

Lungo l'asta del Torrente Giaron si succedono in cascata tre vasche di laminazione il cui scopo è la riduzione del livello di rischio idraulico per le aree situate a valle.

Vi è una vasca di laminazione nella zona di Liedolo, una nel comune di Borso del Grappa (con un volume di invaso complessivo pari a 72.000 m^3) ed una nel Comune di Mussolente. La vasca di laminazione di Liedolo realizzata su di un'area di 15.000 m^2 ha un volume di invaso pari a 55.000 m^3 mentre quella situata nel comune di Borso del Grappa, realizzata a protezione dell'abitato di Mussolente, oggetto in passato di frequenti allagamenti, ha un volume di 22.000 m^3 sviluppato tramite due vasche adiacenti in cascata. Il Torrente Giaron è stato oggetto di risezionamento e stabilizzazione degli argini in prossimità di entrambe le vasche di laminazione.

La vasca di laminazione sul Torrente Giaron, nel Comune di Mussolente, si trova in

una zona in cui la falda è compresa tra i 20 e i 40 m dal piano di campagna e la permeabilità è buona. Ciò risulta particolarmente importante soprattutto per il positivo effetto di ricarica di falda, evidente per lo più nelle prime fasi di vita della cassa di espansione nelle quali in fondo è maggiormente permeabile, infatti, col passare del tempo, i depositi limosi potrebbero causare una riduzione di tale permeabilità. Le condizioni idrogeologiche, falda in terreni permeabili senza una protezione naturale, rendono quest'area particolarmente a rischio di fenomeni di inquinamento.

Il substrato prevalente in quest'area è prevalentemente costituito da ghiaie grossolane di origine alluvionale.

Il Torrente Giaron recapita le sue acque nel Musone che a partire da Castefranco Veneto è denominato Muson dei Sassi. Si riscontrano considerevoli aumenti delle portate di piena che evidenziano l'inadeguatezza del reticolo superficiale di drenaggio. Le cause di questo fenomeno sono principalmente due:

- l'impermeabilizzazione dovuta al crescente consumo di suolo agricolo in favore di una diffusa urbanizzazione;
- la maggior frequenza di eventi alluvionali di breve durata e maggiore intensità in grado di mettere in crisi bacini di piccole dimensioni.

L'opera idraulica sul Torrente Giaron in località Borgo Sandri nei pressi di Palazzo Agostinelli è stata dimensionata per un tempo di ritorno di 10-20 anni ed ha un volume massimo di invaso di 55.000 m^3 con un livello idrico interno al bacino di 3 m che garantisce sicurezza idraulica anche per tempi di ritorno fra i 30-50 anni.

La cassa di espansione si estende su di un'area di circa 25.000 m^2 e la vasca presenta una caratteristica forma ad "L" dettata da varie vicissitudini di esproprio dei terreni. L'opera è caratterizzata da un manufatto di presa, uno sfioratore della lunghezza di 13,5 m sulla sponda sinistra del Torrente Giaron con relativa opera di dissipazione dell'energia interna alla vasca, soglia inserita trasversalmente a valle del manufatto di presa, e, infine, opera di restituzione comprensiva di salto di fondo, realizzata mediante tre luci sfioranti ciascuna della larghezza di 3,3 m con funzione di scarico di sicurezza, vi è anche uno scarico di fondo che permette lo svuotamento totale della vasca.

Vi è un manufatto di restituzione che permette, nel caso in cui l'evento avesse caratteristiche tali da non consentire di ospitare il colmo di piena, che l'acqua venga scaricata tramite il manufatto di restituzione in modo da salvaguardare i rilevati arginali.

Per eventi alluvionali con tempo di ritorno di 50 anni la sicurezza idraulica del Torrente Giaron sarebbe compromessa, si avrebbero esondazioni nelle aree a monte con conseguente diminuzione delle portate in arrivo all'opera di presa.

Le presenti informazioni sono state desunte dal Progetto definitivo esecutivo dei lavori di ricalibratura e sistemazione dei corsi d'acqua Brenton – Giaretta ed affluenti nel territorio della Pedemontana del Grappa – Interventi in comune di Mussolente Vasca di laminazione sul Torrente Giaron redatto dallo Studio Associato di Ingegneria Idraulica e Ambientale di Dott. Ing. Paola Virginia Loro Dott. Ing. Stefano Bonato nel Luglio 2006 la cui consultazione ci è stata gentilmente concessa dal Comune di Mussolente.

7) ANALISI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Fino ad ora sono state considerate le problematiche connesse al rischio idraulico riguardante l'intero territorio delimitato dai confini comunali. Nei paragrafi successivi si andranno ad analizzare le interazioni sul regime idraulico generate dall'urbanizzazione attuale e dalle future previsioni urbanistiche.

Una prima analisi viene svolta cercando di valutare quali siano le interferenze sul regime idraulico del territorio generate dall'urbanizzazione attuale. Questa analisi è eseguita confrontando la risposta del terreno alle variazioni di impermeabilizzazione avvenuta nel passaggio da condizioni agricole a condizioni di area urbanizzata o di area produttiva.

Il territorio comunale è stato suddiviso in due ATO: quella di Mussolente a nord e quella di Casoni a sud. In riferimento ad ogni ATO, una volta definite le caratteristiche idrologiche del territorio, si andranno a valutare le portate massime meteoriche in ipotesi di uso del suolo a verde per confrontarle poi con la risposta del terreno ad urbanizzazione conclusa in relazione alla distribuzione di impermeabilizzazione e destinazione d'uso programmata; si prenderanno in esame oltre all'intero ambito dell'ATO anche le singole aree di espansione.

7.1 Valutazione delle caratteristiche idrologiche dei territori comunali

La D.G.R. 2948/09 prevede che nello studio di compatibilità idraulica sia presente una analisi di tipo pluviometrico al fine di determinare le curve di possibilità pluviometrica e in seguito le portate di piena associate ai corsi d'acqua sul territorio, per un tempo di ritorno consono al grado di approfondimento al quale lo studio fa riferimento.

Nell'analisi idrologica si studiano i massimi annuali di precipitazione registrati per diverse durate di riferimento andando a stimare con metodi statistici la frequenza con cui una data altezza di pioggia può verificarsi per il tempo di ritorno prescelto.

8) PLUVIOMETRIA

8.1 Introduzione

Nella pratica ingegneristica si considerano come variabili deterministiche, quelle grandezze che si possono esprimere in funzione di altre variabili.

In ingegneria idraulica, il dimensionamento delle opere dipende talvolta da grandezze (ad es. le precipitazioni meteoriche) influenzate da un gran numero di fattori spesso poco conosciuti, e per i quali non si conoscono le leggi fisiche che li governano, le mutue interazioni e le modalità con cui si manifestano istante per istante nel luogo considerato.

L'idrologia è la scienza che studia le variabili casuali legati ai fenomeni climatici, ed analizza le cause e le modalità degli eventi idrografici cercandone una corretta interpretazione e correlazione. Per questo risultano molto importanti le misure e le osservazioni sistematiche delle diverse grandezze che concorrono ad inquadrare, con la loro distribuzione nel tempo e nello spazio, il ciclo idrologico, che rappresentano il fondamento di ogni determinazione idrografica ed idrologica. L'uso di variabili casuali invece che deterministiche permette ugualmente di avanzare delle ipotesi progettuali: partendo, infatti, dalla conoscenza limitata e parziale dei valori passati di una certa grandezza idrologica, si stima la distribuzione dei valori che essa potrà assumere a livello statistico nel tempo.

L'attendibilità delle elaborazioni e le deduzioni che ne deriveranno dalle misure saranno tanto più precise quanto più esteso è il periodo di osservazione e più densa è la rete dei punti di rilevamento. La distribuzione delle stazioni di misura sul territorio, per quanto vasta e puntuale, non sarà sufficiente per la completa conoscenza delle grandezze di maggiore interesse: ovvero non potranno fornire direttamente le altezze e le portate idrometriche di un determinato evento idrologico nel tempo e nello spazio. Per far fronte a questa situazione si fa ricorso allo sviluppo di processi di stima di trasformazione degli afflussi in deflussi, affrontabile con vari modelli matematici o numerici di generazione delle portate, a cui è possibile accedere solo dopo un preventivo studio delle precipitazioni meteoriche.

8.2 Elaborazione dei dati pluviometrici

L'elaborazione dei dati pluviometrici ha lo scopo di determinare la relazione che correla l'altezza delle precipitazioni **h** in funzione della durata dell'evento meteorico **t**. La funzione **h = h(t)** viene normalmente espressa con una formula monomia $\mathbf{h = at^n}$ nella quale **h** è l'altezza di pioggia espressa in mm e t è la durata dell'evento meteorico espresso in ore.

La soluzione del problema consiste nella determinazione dei coefficienti **a**, che è funzione del tempo di ritorno **Tr** ed **n** che "controlla" la crescita della precipitazione nel tempo ($0 < n < 1$).

Le curve che si ottengono graficando **h = h(t)** prendono il nome di curve di possibilità pluviometrica che in un piano bilogaritmico assumono andamento rettilineo.

Per quanto concerne lo Studio di Compatibilità Idraulica legato al P.A.T. del territorio di Mussolente, sono stati acquisiti dall'ARPAV i massimi valori annuali di precipitazione nel periodo che va dal 1923 al 2010 (anche se talvolta incompleti) relativi a piogge di breve durata (5', 10', 15', 30', 45') e di lunga durata (1, 3, 6, 12, 24 ore) rilevati nella stazione di Bassano del Grappa, prossima al Comune di Mussolente, per la quale sono disponibili anche serie storiche per una maggiore attendibilità delle elaborazioni.

8.3 Elementi di statistica

Le variabili casuali possono essere continue (altezza di pioggia di una certa durata) o discrete (numero di giorni piovosi in un anno).

Si definisce popolazione di una variabile casuale l'insieme dei valori, non tutti necessariamente diversi tra loro, che essa può assumere. I dati raccolti dall'idrologia non costituiscono una popolazione ma un campione, essendo una serie di osservazioni più o meno lunghe ma limitate. Si può anche definire la popolazione come un numero finito di N elementi estratto dall'insieme di tutti i valori che costituiscono la popolazione della variabile casuale x.

La statistica studia le leggi probabilistiche di un fenomeno proprio a partire dalla conoscenza limitata del campione.

Un campione è costituito da un numero di dati grezzi che, così come si presentano

non sono significativi. Per questo si rende necessario sistemare i dati in tabelle e disporli in ordine di grandezza crescente. Si individuano poi i valori massimo e minimo, la cui differenza definisce l'ampiezza del campione.

Segue poi la divisione del campione in classi. E' detta frequenza assoluta di classe il numero di elementi che ricadono in ciascuna classe, mentre la frequenza relativa di classe è il rapporto fra le frequenza assoluta e le dimensione N del campione.

La distribuzione di classe, assolute e relative, si può rappresentare graficamente con un istogramma di frequenza, costituito da una successione di rettangoli posti in un piano cartesiano. Ogni classe è rappresentata da un rettangolo la cui area è proporzionale alla frequenza. Questo istogramma si può interpretare come una funzione, detta densità di frequenza, la quale associa ad ogni valore di x che ricade nella classe i-esima il valore del rapporto tra la frequenza relativa e l'ampiezza della classe stessa. La finezza della suddivisione in classi è limitata dalla dimensione del campione: se N è molto grande si possono scegliere classi di ampiezza molto piccole, riducendo i segmenti ce costituiscono l'istogramma fino a sostituire la spezzata con una curva continua. Se N ha valore limitato, come accade normalmente nei campioni utilizzati in idrologia, la curva di densità di frequenza si ottiene interpolando la spezzata con una curva.

Si definiscono misure di tendenza centrale quei parametri che quantificano la tendenza dei valori di un campione ad addensarsi in classi che occupano una posizione più o meno centrale. Il più significativo di tali parametri è la media aritmetica $\overline{\mathbf{X}}$:

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots\dots\dots + X_N}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$$

Dove $X_1, X_2, \dots X_N$ sono una serie di N valori.

Le misure di tendenza centrale non sono però sufficienti per caratterizzare un campione: per avere una misura della variabilità dei dati del campione è necessario definire delle misure di dispersione, ovvero delle grandezze che diano il grado di dispersione attorno al valore centrale. Il parametro più significativo in questo ambito è lo scarto quadratico medio S_X:

$$S_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \overline{x})^2}{N}} = \sqrt{\overline{(x - \overline{x})^2}}$$

il quadrato dello scarto quadratico medio è detto varianza S^2_X:

$$S^2{}_X = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x - \overline{x})^2$$

tale parametro indica la maggiore o minore concentrazione dei valori del campione intorno alla media ed è anche un indice della validità della media come stima, infatti:

- se S^2_X è elevata allora la media è una stima poco accurata;
- se S^2_X è piccola allora la media è una stima accurata.

La serie dei valori rilevati può essere ulteriormente caratterizzata introducendo i momenti statistici di ordine **r**:

$$m_r = \frac{\sum (x_i - A)^2}{N}$$

dove A è l'origine della serie di N valori.

Generalmente l'origine A si fa coincidere con la media $\overline{X}$:

$$m_r = \frac{\sum (x_i - \overline{x})^2}{N}$$

- il momento del I° ordine m_1 è la media $\overline{\mathbf{X}}$;
- il momento del II° ordine m_2 è la varianza S^2_X ;

8.4 Distribuzione di Gumbel

Nello studio statistico degli eventi estremi (portate di piena, piogge intense…) riveste notevole interesse la conoscenza delle leggi di distribuzione di probabilità dei valori massimi che le grandezze idrologiche assumono in campioni di assegnate dimensioni. Per interpretare questo tipo di osservazioni si introduce la distribuzione asintotica del massimo valore o distribuzione di Gumbel (o distribuzione del doppio esponenziale).

La probabilità di non superamento P(H≤h), ovvero la probabilità che una pioggia di altezza **H**, che rappresenta la variabile aleatoria, abbia intensità minore di una certa altezza **h** fissata ha allora la seguente espressione:

$$P(H \leq h) = e^{-e^{-\alpha(h-u)}}$$

nella quale **α** ed **u** sono parametri da stimare. Introducendo la variabile ridotta **y = α(h-u)** per svincolare **P** dalla dipendenza da **α** ed **u**, si ottiene:

$$P(H \leq h) = e^{-e^{-y}}$$

questa distribuzione è basata sull'ipotesi fondamentale che le precipitazioni massime di una certa durata siano statisticamente indipendenti.

La probabilità di superamento P(H≥h), cioè la probabilità che l'altezza di pioggia **H** abbia intensità maggiore o uguale a **h** è:

$$P(H \leq h) = \frac{1}{T_r}$$

nella quale **Tr** rappresenta il tempo di ritorno della pioggia di altezza **h**, intendendo per tempo di ritorno del massimo valore **h**, il numero di anni in cui mediamente **h** viene uguagliata o superata una sola volta. Esso non rappresenta una scadenza fissa per il prodursi di un evento, ma solo il valore medio del suo verificarsi.

Per le probabilità assiomatiche del calcolo delle probabilità, la probabilità di non superamento si esprime come complemento ad uno della probabilità di superamento:

$$P(H \leq h) = 1 - P(H \geq h) = 1 - \frac{1}{T_r} = e^{-e^{-\alpha(h-u)}} = e^{-e^{-y}}$$

dalla quale si ricava:

$$y = -\ln\left[-\ln\left(1-\frac{1}{T_r}\right)\right]$$

ed uguagliando questa espressione con quella della variabile ridotta y = α(h-u) si ottiene il valore di h :

$$h = -\frac{1}{\alpha}\ln\left[-\ln\left(1-\frac{1}{T_r}\right)\right]+u$$

che rappresenta la massima altezza **h** di pioggia relativamente ad un fissato tempo di ritorno $\mathbf{T_r}$.

8.5 Metodi di stima dei parametri

Per calcolare i parametri caratteristici di una distribuzione di probabilità si possono utilizzare tre diversi metodi di stima:

- Metodo dei momenti;
- Metodo dei minimi quadrati;
- Metodo della massima verosimiglianza;

8.5.1 Metodo dei Momenti

Il metodo dei momenti consiste nell'attribuire a ciascun momento statistico della popolazione il valore del corrispondente momento del campione estratto dalla popolazione stessa, ovvero :

$$\overline{x} = \mu_X$$

$$S^2_X = \sigma^2_X$$

$$\ldots = \ldots$$

questo metodo è attendibile se il numero di dati a disposizione è elevato, cioè solo se il campione tende alla popolazione.

La media della popolazione è per definizione:

$$\mu_y = \int_{-\infty}^{+\infty} y \cdot p(y)dy$$

e nel caso della distribuzione di Gumbel:

$$p(y) = \frac{dP(y)}{dy} = e^{-y} \cdot e^{-e^{-y}}$$

sostituendo p(y) in μ_y si ottiene:

$$\mu_y = \int_{-\infty}^{+\infty} y \cdot e^{-y} \cdot e^{-e^{-y}} dy$$

questo integrale converge ad un valore pari a γ = 0.5772 che è detta costante di Eulero.

La varianza della popolazione si esprime così:

$$\sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (y - \mu_y)^2 \cdot p(y) dy = \frac{\pi^2}{6}$$

dalle due relazioni che legano fra loro rispettivamente le varianze e le medie di y e di h si ottiene:

$$\sigma_y^2 = \alpha \cdot \sigma_h^2$$
$$\mu_y = \alpha \cdot (\mu_h - u)$$

si ricavano pertanto i due parametri **α** ed **u**:

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

$$u = \mu_h - \frac{\mu_y}{\alpha} = \mu_h - 0.5772 \cdot \sqrt{6} \cdot \sigma_h / \pi$$

sostituendo in queste due espressioni alla media ed alla varianza della popolazione quelle del campione, si possono stimare i parametri **α** ed **u**:

$\bar{h} \cong \mu_h$

$$\Rightarrow \quad \alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6} \cdot \sigma_h}$$

$$u = \mu_h - \frac{\mu_y}{\alpha} = \mu_h - 0.5772 \cdot \sqrt{6} \cdot \sigma_h / \pi$$

$S_h^2 \cong \sigma_h^2$

Per ogni tempo di pioggia i dati disponibili sono stati dapprima ordinati ordine crescente, calcolata la media, la varianza e quindi i parametri **α** e **u** con le formule sopra descritte.

8.5.2 Metodo dei Minimi Quadrati

Il metodo dei minimi quadrati studia la regressione di una variabile rispetto alle altre. Se si considera un campione costituito da N coppie di valori (x_1,y_1), (x_2,y_2),…,(x_N,y_N), assunti in N occasioni diverse e tra loro indipendenti, delle variabili casuali x ed y, riportando in un piano cartesiano (x,y) le coppie di valori osservati, si determina la curva di regressione lineare di y rispetto ad x.

Tale metodo consiste nello scegliere come curva di regressione quella che rende minima la somma RSS dei quadrati degli scarti tra i valori y_i della variabile y osservati e quelli y_i* che si leggono, a parità di x, sulla curva di regressione lineare.

Se si considera la distribuzione di Gumbel, la relazione che lega y ad h è lineare:

$$y_i^* = \alpha \cdot (h_i - u) = ah_i + b$$

nella quale **a = α** e **b = - αu**

la quantità da minimizzare sarà pertanto:

$$RSS = \sum_{i=1}^{N} (y_i - ah_i - b)^2$$

dovendo annullarsi delle derivate parziali di RSS rispetto ad a e b :

$$\frac{\partial RSS}{\partial a} = 0 \qquad \frac{\partial RSS}{\partial b} = 0$$

si ottengono i valori di a e b:

$$a = \frac{S_{hy}}{S_h^2}$$

$$b = \bar{y} - a \cdot \bar{h}$$

con:

$$S_{hy} = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left[(h_i - \overline{h})(y_i - \overline{y}) \right]$$

e:

$$S_h^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left[(h_i - \overline{h}) \right]$$

dalla conoscenza di **a** e **b** si risale quindi alla stima dei parametri **α** ed **u**:

$\alpha = a$ e $u = -(b/a)$

8.5.3 Metodo della Massima Verosimiglianza

Il metodo della massima verosimiglianza consiste nel massimizzare tramite i parametri θ_m la funzione di verosimiglianza **ν** che è:

$$\nu = \prod_{j=1}^{N} p(X_j; \vartheta_1, \ldots \vartheta_m)$$

per comodità si lavora normalmente con la funzione:

$$L = \ln \nu = \sum_{j=1}^{N} \ln p(X_j; \vartheta_1, \ldots \vartheta_m)$$

per determinare il massimo valore di **L** si impone quindi l'annullamento delle derivate parziali di **L** nei parametri **θ**.

Nel caso della distribuzione di Gumbel i parametri θ_i sono α e u e quindi si avrà:

$$\frac{\partial L}{\partial \alpha} = 0 \qquad \text{e} \qquad \frac{\partial L}{\partial u} = 0$$

8.6 Test di Pearson

Una volta applicato un metodo di stima dei parametri risulta necessario avere un riscontro oggettivo che permetta di valutarne l'affidabilità del risultato ottenuto.

Questo è possibile grazie ai test statistici, il più usato è il Test di Pearson, che permettono di misurare, sulla base delle osservazioni a disposizione, la validità di una ipotesi rispetto ad un'altra ed eventualmente rifiutarla.

Definendo la grandezza X^2:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{K} \frac{(N_i - Np_i)}{Np_i}$$

nella quale:

- N è il numero totale delle osservazioni;
- K è il numero di classi equiprobabili;
- N_i è il numero dei dati del campione che ricadono effettivamente nella k-esima classe;
- p_i è la probabilità di un elemento qualsiasi di ricadere nel k-esimo intervallo (p = 1/K);

La grandezza X^2 è una variabile casuale in quanto il suo valore varia al variare del campione (con N e K costanti); si dimostra che è distribuita come una distribuzione χ^2 con un numero ν di gradi di libertà, dove ν = K - s -1 (s è il numero dei parametri della distribuzione).

Per decidere quali risultati sono accettabili è necessario fissare il livello di significatività α (normalmente pari a 0.05) e si calcola $(\chi^2)_c$ (disponibile tabellato) che è il valore di χ^2 corrispondente ad una probabilità di non superamento uguale al livello di significatività, si accettano quindi quei risultati per i quali $X^2 < (\chi^2)_c$. La migliore stima dei parametri sarà quella con il valore di X^2 minore.

8.7 Elaborazione statistica precipitazioni per il P.A.T. di Mussolente

Per effettuare l'analisi statistica delle precipitazioni sono stati acquisiti dall'A.R.P.A.V. – Centro Meteorologico di TEOLO, di Via G. Marconi n. 55, a Teolo (PD) i massimi valori annuali delle precipitazione disponibili. Non essendoci stazioni di rilevamento direttamente in Comune di Mussolente, si è fatto riferimento ai dati acquisiti negli anni in Comune di Bassano del Grappa, per il quale sono disponibili anche dati storici.

Per gli anni dal 2000 al 2010, i dati disponibili sono stati acquisiti direttamente dal Centro Meteorologico di Teolo, tramite centralina installata in Via San Bortolo A Bassano del Grappa (Longitudine 11°43' 43'', Latitudine 45°47' 20'')

Foto 3 - Stazione meteorologica di San Bortolo a Bassano del Grappa.

Vengono di seguito riportati i valori dei massimi di precipitazioni rilevati dal 2000 al 2010, per le piogge orarie (di durata pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore), e le piogge intense di durata inferiore all'ora (di 5, 10, 15, 30 e 45 minuti).

1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG
69.2	090803	79.6	090803	80.6	090803	87.2	051003	129.6	101025
58.2	070527	64.0	070527	65.4	070527	86.2	070528	125.4	051002
49.8	040807	57.2	040807	61.8	051003	80.6	090803	114.0	070527
42.8	010805	47.0	010719	59.0	040807	78.6	001106	105.2	090915
35.2	020519	45.4	020716	56.8	010330	70.6	101005	97.8	020715
31.8	080706	44.6	051003	49.4	001106	69.2	010719	89.4	001106
31.0	100704	38.4	080706	48.8	060915	60.2	060914	84.2	031228
29.0	050708	37.2	000920	46.4	100704	59.6	031127	76.0	010719
27.6	000920	36.8	100704	45.4	020716	59.0	040807	75.6	081210
22.8	030528	31.6	030626	42.8	031127	58.8	081210	71.2	060915
22.0	060908	30.0	060915	41.8	080606	58.0	020716	71.0	040820

Figura 11 - Massime altezze di piogge di orarie e relativa data di acquisizione (periodo 2000 – 2010).

5 min		10 min		15 min		30 min		45 min	
mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG
13.6	070527	25.8	070527	33.6	070830	53.2	090803	66.0	090803
12.2	041026	21.0	090803	29.6	090803	50.0	070527	57.4	070527
11.6	090803	20.2	080706	25.6	080706	34.0	040807	43.4	040807
10.6	080706	19.2	010719	23.6	010719	32.8	010805	40.4	010805
9.8	010719	18.6	040820	23.0	040826	30.6	080706	33.6	020519
8.8	060908	17.4	060908	19.8	060908	28.6	020519	31.4	080706
8.6	100512	13.2	100512	17.0	050630	26.8	100704	30.4	100704
7.8	020519	12.6	020715	16.6	020519	23.4	050630	27.2	050708
7.4	050824	12.4	050701	16.2	100704	21.8	060908	26.2	000920
6.8	030825	11.8	030825	15.2	030825	20.8	000920	22.0	060908
6.0	001031	9.8	000812	13.0	000920	19.2	030825	21.0	030528

Figura 12 - Massime altezze di piogge di breve durata e relativa data di acquisizione (periodo 2000 – 2010).

Essendo troppo limitato il numero dei dati delle precipitazioni di recente acquisizione, per effettuare una corretta elaborazione statistica, si è provveduto a rilevare anche le serie storiche, desunte dagli annali del Magistrato alle Acque di Venezia, registrati presso la centralina meteorologica di Bassano del Grappa, di Via Milano n. 4, dati che coprono l'arco temporale che va dal 1923 al 1995.

Si riporta di seguito la monografia della centralina storica di Via Milano:

Nome stazione:	**Bassano del Grappa**			Id stazione: **04.07**	Longitudine:	**11 43' 35,443"**
Indirizzo/Località:	**Via Milano n.4**			Bacino: **Brenta**	Latitudine:	**45 45' 53,370"**
Comune:	**Bassano del Grappa**				GB Est (32):	**1711968**
Provincia:	**Vicenza**				GB Nord (32):	**5071454**
Tipo Sensori:	**P, Pr, T**		P = Pluviometro	I = Idrometro	Altezza slm:	**129**
			Pr = Pluviografo	Ir = Idrografo		
Anno inizio osservazioni:	(Pluv./Idrom.)	**1909**	T = Termometro	F = Freatimetro	Fiume:	
	(Term.)	**1947**	Tr = Termografo	As = Asta nivometrica		

Figura 13 - Monografia della centralina pluviometrica "storica" di Via Milano a Bassano del Grappa.

1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG
82.6	770720	90.0	400910	126.8	400910	160.4	400910	164.4	400910
67.8	710821	87.4	770720	87.4	770720	95.4	950531	123.6	811027
53.2	620817	78.4	710821	82.6	950531	91.0	430828	113.0	860131
51.2	610908	77.8	430828	78.6	710821	87.8	641008	112.6	661103
50.4	420926	63.6	370909	78.4	940902	87.6	770720	108.0	370909
48.8	430828	62.8	950531	78.0	430828	86.0	370909	107.0	410102
48.0	370909	57.4	610908	69.0	370909	84.4	420926	104.6	921004
44.2	320101	57.4	420926	68.2	590629	83.0	511108	102.0	641008
42.6	790714	53.2	620817	67.8	870824	82.0	410102	100.6	950531
42.6	950531	52.4	760903	65.6	930701	80.8	300519	100.0	650704
42.4	630920	51.6	440709	64.4	420926	79.0	940902	99.0	421226
41.6	640710	51.2	680829	64.2	300519	78.6	710821	98.6	790922
40.0	290613	50.2	290613	62.4	630920	77.6	870824	97.0	831222
40.0	400910	49.8	240814	62.4	680829	77.0	480127	96.2	740304
39.6	760707	48.6	480529	59.0	511108	75.2	590629	95.0	710821
39.0	680808	48.2	630920	59.0	610908	75.2	881012	95.0	511108
37.6	480529	48.0	640710	57.2	740906	75.0	860131	94.2	580627
37.4	830829	47.6	790922	57.0	480127	73.6	760903	93.8	521118
37.4	940825	47.0	870719	54.8	540606	73.4	580627	93.6	531024
37.4	440709	46.8	930719	54.6	641008	73.0	811027	93.2	770720
36.4	240814	45.0	940518	54.4	790922	73.0	650704	93.0	781003
36.0	590626	45.0	590626	53.8	440709	72.2	531025	92.8	430828
35.0	870719	43.6	300519	53.2	620817	70.4	440618	92.0	441005
35.0	920709	43.4	450806	52.4	580627	69.4	551110	92.0	280325
33.8	560709	42.8	740906	52.4	760903	69.2	390904	90.4	870824
33.8	530730	42.6	910724	52.2	240813	68.6	921004	89.4	630919
33.0	300519	42.4	920711	50.2	290613	67.2	901209	87.0	821108
33.0	930719	40.4	380813	48.6	781003	66.6	661103	85.8	480127
32.4	380813	38.2	830829	47.0	410102	66.2	930701	85.6	551110
31.2	650704	37.6	661017	46.4	650704	65.6	790922	84.0	670608
30.8	700808	37.6	310506	46.0	661017	64.8	690114	82.6	450808
30.2	820907	36.0	560709	46.0	391104	63.0	680829	82.6	260515
29.4	470720	36.0	670825	45.8	811026	62.8	911011	80.8	300519
27.8	500801	36.0	511108	45.0	450808	62.6	630920	80.0	940902
27.4	740906	34.4	820907	44.0	470613	62.4	740906	80.0	760903
27.4	900517	34.2	880516	43.4	921004	59.0	610908	78.6	491122
27.2	390915	34.2	540822	42.6	910724	58.6	781003	77.8	901209
27.2	600608	34.0	530730	42.0	670609	58.6	621105	76.2	881012
27.0	670516	34.0	781003	41.0	690114	57.8	311127	76.0	690114
26.6	880516	34.0	470613	40.8	311113	57.0	470521	75.2	911011
26.4	800508	33.2	810617	40.8	551110	56.0	540606	75.2	590629
26.4	750915	32.6	720702	40.5	860909	55.2	291101	74.6	470719
26.0	231003	32.6	550807	40.4	881012	55.0	670609	73.4	391104
25.2	660509	32.4	580722	40.4	380813	54.0	831222	72.8	621105
24.0	310506	32.2	650902	40.0	901209	54.0	521119	68.4	680829
24.0	550907	31.2	700808	39.8	460525	53.0	450808	67.6	611112
24.0	410730	30.6	391005	39.4	830829	52.0	821108	66.4	930701
23.8	450806	30.2	460525	38.6	531025	51.8	721028	65.6	311127
22.6	540815	29.8	570520	37.6	601015	51.6	491123	64.4	750504
22.2	460525	28.4	500801	36.4	750504	51.0	280325	64.0	250212
22.0	850806	28.0	410102	36.0	280922	49.8	501112	63.8	850506
21.6	720612	27.6	900517	35.8	720702	49.4	601014	63.8	601206
21.0	520713	27.6	750915	34.8	820907	45.0	460707	63.2	291030
21.0	810617	27.5	860909	33.6	501112	44.4	750704	62.8	460707
21.0	780721	27.4	690914	33.4	571110	43.4	360312	62.4	720219
21.0	570520	27.2	600608	31.4	700808	40.4	380813	61.4	501112
19.8	690915	26.4	800508	31.4	801017	40.0	801017	58.0	360227
19.6	860827	24.4	850806	29.6	521119	38.2	570521	57.0	700808
19.4	580707	24.0	521119	29.2	491123	34.0	850506	56.6	540606
19.0	280922	22.0	280922	26.6	360312	31.4	700808	56.0	380520
19.0	510831	21.4	490717	24.8	850806	- . -		54.4	571109
18.6	490717	20.0	360416	- . -		- . -		50.4	801017
17.2	910725	- . -		- . -		- . -		- . -	
16.6	360502	- . -		- . -		- . -		- . -	

Figura 14 - Massime altezze di piogge orarie periodo 1923 – 1995 e relativa data di acquisizione.

5 min		10 min		15 min		30 min		45 min	
mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG	mm	AAMMGG
- . -		- . -		38.6	760707	67.6	770719	78.0	770719
- . -		- . -		25.0	650704	40.2	620619	60.0	710821
- . -		- . -		23.4	700725	40.0	790714	52.0	620817
- . -		- . -		23.0	750915	38.8	760707	42.0	790714
- . -		- . -		23.0	940825	38.0	710821	39.4	760707
- . -		- . -		22.0	930726	32.4	920709	38.6	950531
- . -		- . -		22.0	710821	31.4	530101	38.2	640710
- . -		- . -		21.0	430101	30.0	870722	35.0	940825
- . -		- . -		21.0	400101	30.0	940825	35.0	920709
- . -		- . -		20.7	770719	30.0	950531	32.6	870722
- . -		- . -		20.0	790714	29.2	650704	31.2	650704
- . -		- . -		20.0	810617	28.0	480101	31.0	630920
- . -		- . -		20.0	410101	27.8	700725	29.6	240101
- . -		- . -		20.0	570520	26.0	380101	28.8	820907
- . -		- . -		20.0	950531	26.0	630920	28.2	700725
- . -		- . -		19.8	670516	25.2	560709	27.4	300101
- . -		- . -		19.4	530101	25.0	750915	27.0	900517
- . -		- . -		19.4	260101	24.8	670516	27.0	680914
- . -		- . -		19.0	680914	24.8	680914	26.4	670516
- . -		- . -		18.0	300101	24.8	470101	26.0	830802
- . -		- . -		17.2	740906	24.0	930726	26.0	750915
- . -		- . -		17.0	720612	23.4	450101	25.4	740906
- . -		- . -		17.0	850806	23.0	810617	25.2	930719
- . -		- . -		17.0	920612	23.0	260101	24.0	810617
- . -		- . -		16.2	660421	22.8	440101	23.2	660509
- . -		- . -		16.0	830802	22.0	500101	23.0	800508
- . -		- . -		16.0	240101	22.0	240101	21.0	720612
- . -		- . -		16.0	820907	22.0	820907	20.0	850806
- . -		- . -		15.0	800508	22.0	740906	19.6	780721
- . -		- . -		15.0	881012	20.8	540101	18.8	860827
- . -		- . -		14.6	610415	20.8	720612	18.6	690915
- . -		- . -		14.2	580707	20.6	660509	17.0	910725
- . -		- . -		14.2	630610	20.0	800508	- . -	
- . -		- . -		14.0	910725	19.4	580707	- . -	
- . -		- . -		13.8	870722	19.0	850806	- . -	
- . -		- . -		13.0	780721	18.8	830802	- . -	
- . -		- . -		13.0	690915	18.0	490101	- . -	
- . -		- . -		12.0	860827	18.0	510101	- . -	
- . -		- . -		11.4	590828	17.8	520101	- . -	
- . -		- . -		11.0	900517	17.4	690915	- . -	
- . -		- . -		- . -		16.0	780721	- . -	
- . -		- . -		- . -		16.0	910725	- . -	
- . -		- . -		- . -		14.0	900517	- . -	
- . -		- . -		- . -		14.0	860827	- . -	

Figura 15 - Massime altezze di piogge di breve durata, periodo 1923 – 1995 e relativa data di acquisizione.

Per quanto riguarda i dati della serie storica, le precipitazioni di breve durata (scrosci), sono disponibili per intervalli di durata dell'evento meteorico di 15, 30 e 45 minuti.

Nell'eseguire l'analisi statistica delle precipitazione mediante regolarizzazione con l'equazione del doppio esponenziale di Gumbel adattata tramite il metodo dei momenti, si è fatto riferimento solo alla serie storica.

Si è preferito non sommare i dati recenti con quelli storici, considerandoli non

omogenei, in quanto è differente sia l'ubicazione delle due centraline meteorologiche, sia le apparecchiature usate, che le effettive modalità operative di acquisizione dei dati stessi.

Nella seguente tabella vengono riportati il riepilogo dei principali parametri statistici delle varie serie delle precipitazioni orarie e di breve durata relativamente alla serie storica:

	15 min.	**30 min.**	**45 min.**	**1 ora**	**3 ore**	**6 ore**	**12 ore**	**24 ore**
N. valori	40	44	32	64	62	61	60	62
Valore max. (mm)	38,6	67,6	78,0	82,6	90,0	126,8	160,4	164,4
Valore min. (mm)	11,0	14,0	17,0	16,6	20,0	24,8	31,4	50,4
Media	18,22	25,34	31,10	32,28	41,25	50,58	65,68	83,47
Varianza	23,73	85,63	162,76	149,36	232,88	309,80	376,77	394,92

Tabella 6 - Valori statistici riepilogativi delle serie storiche.

Impiegando per la stima dei parametri il metodo dei momenti, sono stati determinati i coefficienti **α** ed **u** della distribuzione dei valori estremi di Gumbel ottenendo:

Tempo di pioggia	**Metodo**	**α**	**u**
15 minuti	Momenti	0,263	16,031
30 minuti	Momenti	0,139	21,173
45 minuti	Momenti	0,101	25,361
1 ora	Momenti	0,105	26,780
3 ore	Momenti	0,084	34,385
6 ore	Momenti	0,073	42,647
12 ore	Momenti	0,066	56,944
24 ore	Momenti	0,065	74,534

Tabella 7. Valori di α e u per le singole serie.

8.8 Curve di possibilità pluviometrica per il P.A.T. di Mussolente

Si riporta l'espressione che lega il tempo di ritorno Tr all'altezza di pioggia h:

$$T_r = \frac{1}{1 - P(H \le h)}$$

e ricavando dalla formula P(X) e ricordando l'espressione della distribuzione di Gumbel si ottiene il sistema di equazioni:

$$P(H) = \frac{T_r - 1}{T_r} \quad \text{e} \quad P(H) = e^{-e^{-\alpha(H-u)}}$$

dal quale si ricava:

$$h = u - \frac{1}{\alpha} \cdot \ln\left[-\ln\left(\frac{T_r - 1}{T_r}\right)\right]$$

Con tale equazione, con i parametri scelti precedentemente e con i prefissati tempi di ritornoT_r (5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni) si ricavano vari valori di **h** che riportati in un grafico bilogaritmico (ln(h), ln(t)) si dispongono in modo tale da poter essere interpolati con una retta.

L'espressione di tale retta nel piano bilogaritmico si può scrivere come:

$$\log(h) = \log(a) + n \log(t)$$

cosicché il logaritmo dell'intercetta dell'asse delle y sarà il parametro a mentre l'inclinazione della retta il parametro n.

Le rette ottenute dovrebbero risultare tra loro parallele con piccole differenze dovute alla natura sperimentale dei dati.

Si riporta di seguito i valori ottenuti dall'interpolazione ai minimi quadrati:

Tempo di ritorno	5 anni	10 anni	20 anni	50 anni	100 anni	200 anni
a (piogge orarie)	39,77	47,08	54,10	63,21	70,05	76,87
n (piogge orarie)	0,276	0,261	0,250	0,239	0,232	0,226
a (scrosci)	39,22	45,87	52,24	60,48	66,65	72,80
n (scrosci)	0,343	0,355	0,364	0,373	0,378	0,382

Tabella 8 - Coefficienti a e n delle curve di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno.

Dall'analisi della serie storica, in considerazione dell'attuale tendenza al cambiamento del clima, di cui si trova riscontro in alcuni recenti studi (Previtali et al.), nei quali si è osservato:

- un aumento della pressione legato all'attività anticiclonica sul bacino del Mediterraneo;
- un aumento della temperatura dell'aria;
- una diminuzione media dei giorni piovosi del 15 %;
- una diminuzione della precipitazione totale 13 %;
- un aumento dell'intensità delle precipitazioni.

Si ritiene cautelativo e corretto impiegare i risultati ottenuti dalle serie storiche dei dati di precipitazione, amplificandoli tuttavia di un 10 %. Si ottengono pertanto le seguenti curve di possibilità pluviometrica:

- piogge di breve durata (scrosci):

  T_R = 5 anni -> $h_p = 43{,}14\ t^{0{,}343}$

  T_R = 10 anni -> $h_p = 50{,}46\ t^{0{,}355}$

  T_R = 20 anni -> $h_p = 57{,}46\ t^{0{,}364}$

  T_R = 50 anni -> $h_p = 66{,}53\ t^{0{,}373}$

  T_R = 100 anni -> $h_p = 73{,}32\ t^{0{,}378}$

  T_R = 200 anni -> $h_p = 80{,}08\ t^{0{,}382}$

- piogge orarie

  T_R = 5 anni -> $h_p = 43{,}75\ t^{0{,}276}$

  T_R = 10 anni -> $h_p = 51{,}79\ t^{0{,}261}$

  T_R = 20 anni -> $h_p = 59{,}51\ t^{0{,}250}$

  T_R = 50 anni -> $h_p = 69{,}53\ t^{0{,}239}$

  T_R = 100 anni -> $h_p = 77{,}06\ t^{0{,}232}$

  T_R = 200 anni -> $h_p = 84{,}56\ t^{0{,}226}$

Le equazioni di possibilità pluviometrica riportate forniscono le altezze di pioggia in funzione del tempo di ritorno (espresse in mm) e di durata dell'evento meteorico espresso in ore (o in frazioni di ora).

Vengono di seguito riportati i grafici delle curve di possibilità pluviometrica in funzione dei vari tempi di ritorno.

ALTEZZA DI PIOGGIA IN FUNZIONE DEL TEMPO DI RITORNO
(Piogge orarie)

ALTEZZA DI PIOGGIA IN FUNZIONE DEL TEMPO DI RITORNO
Piogge di breve durata (scrosci)

9) CALCOLO DELLE PORTATE IDRAULICHE

In funzione dell'elaborazione statistica delle precipitazioni, sono stati dedotti i valori dei parametri **a**,**n** delle equazioni di possibilità pluviometrica che consentono di stimare l'altezza di pioggia **h** in relazione della durata dell'evento meteorico (una volta stabilito un dato tempo di ritorno).

Per poter stimare le portate idrauliche generate da un bacino soggetto ad un apporto meteorico è necessario adottare un metodo matematico per il calcolo della formazione delle portate di piena, il quale consente di trasformare gli afflussi meteorici in portate idrauliche effluenti in funzione di vari parametri tra i quali la forma e l'estensione del bacino, la pendenza dei versanti, la geometria e le caratteristiche idrauliche della rete di scolo delle acque....

Nella presente relazione, in funzione della situazione del territorio del Comune di Mussolente ed in accordo a quanto indicato dalla D.R.G.V. n. 2948/2009, viene applicato il metodo dell'invaso, in quanto tale metodo, seppur di non recente concezione, risulta relativamente semplice da applicare pur consentendo risultati di precisione apprezzabile.

Nei seguenti paragrafi vengono riportate sia la teoria del metodo dell'invaso, che verrà impiegato per il calcolo delle portate, sia la teoria del metodo cinematico o razionale, altro metodo di comune impiego.

9.1 Il metodo Cinematico o Razionale

Questo metodo è largamente usato per il calcolo della portata idrica relativa ad una assegnata precipitazione, nella letteratura tecnica è chiamato metodo razionale, mentre in Italia è noto col nome di metodo cinematico o del ritardo di corrivazione. Viene normalmente applicato a bacini scolanti di limitata estensione.

Se un bacino di superficie **S**, per una durata di evento meteorico pari τ, è interessato da una precipitazione di altezza **h**, solo una frazione ϕ del volume meteorico (pari complessivamente a **S** x **h**) risulterà efficace al fine del deflusso.

Definendo tempo di corrivazione τ_c, il tempo necessario affinché la particella di acqua più lontana possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino idrografico, la portata media **Q** può essere rappresentata dalla seguente formula:

$$Q = \frac{\varphi \cdot S \cdot h}{\tau + \tau_c}$$

nella quale:

- Q è la portata idraulica media;
- φ è il coefficiente di deflusso ponderato del bacino;
- h è l'altezza di pioggia;
- τ_c è il tempo di corrivazione del bacino;
- $\tau + \tau_c$ è durata dell'evento meteorico.

La portata idraulica massima si avrà quando l'evento meteorico avrà durata pari al tempo di corrivazione $\boldsymbol{\tau_c}$, risultando pertanto:

$$Q_{\max} = \frac{\varphi \cdot S \cdot h}{\tau_c}$$

Per calcolare la portata massima che defluisce da un bacino idrografico è pertanto fondamentale disporre del corretto valore del tempo di corrivazione $\boldsymbol{\tau_c}$. Varie sono le formule empiriche che state proposte negli anni per la stima del tempo di corrivazione tra le quali si ricorda:

- Turazza $\tau_c = 1{,}085 \cdot \sqrt{S}$
- Ventura $\tau_c = 0{,}315 \cdot \sqrt{S}$
- Pasini $\tau_c = 0{,}0053 \cdot \sqrt{\frac{S}{i}}$ $\tau_c = \frac{0{,}0045}{\sqrt{i}} \cdot \sqrt[3]{S \cdot L}$

nelle quali:

- **S** è la superficie del bacino idrografico espressa in Km^2;
- $\boldsymbol{\tau_c}$ è il tempo di corrivazione espresso in giorni;
- **i** è la pendenza media della rete di scolo;
- **L** è la massima distanza dalla quale provengono le acque in km.

Per piccoli bacini idrografici (quartieri, lottizzazioni), il calcolo del tempo di

corrivazione non è a rigore agevole, mancando anche precisi riferimenti letterari. Un'espressione fornita dal Civil Engineering Deparment dell'Università di Maryland propone:

$$\tau_C = 26{,}3 \cdot \frac{\left(\frac{L}{K_S}\right)^{0,6}}{J^{0,4} \cdot i^{0,3}}$$

nella quale:

- **τc** è il tempo di corrivazione espresso in secondi;
- **L** è la lunghezza della superficie scolante in m;
- **K_S** è il coefficiente di Gauckler-Strickler ($m^{1/3}/s$);
- **J** è l'intensità della precipitazione espressa in mm/h;
- **i** è la pendenza media della superficie scolante.

Si ricorda inoltre che per una verifica di massima, del tempo di corrivazione, questo si può calcolare come rapporto tra la lunghezza L del ramo principale della rete la velocità media v della corrente ovvero τ_C = L / v, avendo tuttavia cura di sommare anche i tempi dovuti ai percorsi secondari.

9.2 Il metodo dell'Invaso

Il metodo dell'Invaso rappresenta il metodo classico (e normalmente utilizzato dai progettisti idraulici) per il dimensionamento di sistemi fognari. Questo metodo risolve il problema del moto vario nel riempimento delle condotte in modo semplificato considerando il moto all'interno delle condotte come uniforme e sostituendo l'equazione di continuità delle correnti con l'equazione dei serbatoi per simulare l'effetto dell'accumulo idrico.

Viene di seguito illustrato il metodo dell'invaso con condotte chiuse: in tal caso è ammissibile ipotizzare una relazione lineare tra il volume e la portata. Tale ipotesi semplifica notevolmente il calcolo senza introdurre errori significativi. Si avrà pertanto:

$$V = \frac{V_0}{Q_0} \cdot Q$$

e

$$dt = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \frac{dQ}{p - Q}$$

ponendo l'afflusso alla rete **p** costante e integrando tra gli integrando tra i tempi t_2 – t_1 si ottiene:

$$t_2 - t_1 = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \int_{Q_1}^{Q_2} \frac{dQ}{p - Q} \quad \text{ovvero} \quad t_2 - t_1 = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \ln \frac{p - Q_1}{p - Q_2}$$

all'istante iniziale ($t_1 = 0$) la portata della condotta sarà nulla e pertanto $Q_1 = 0$. Il tempo di riempimento t_r della condotta affinché raggiunga il valore massimo Q_0 sarà pertanto pari a:

$$t_r = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \ln \frac{p}{p - Q_0} = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}$$

nella quale è stato assegnato:

$$\varepsilon = \frac{p}{Q_0}$$

nota la relazione di possibilità pluviometrica $h = at^n$, per una determinata intensità di precipitazione $j=at^{n-1}$ si ottiene

$$\varepsilon = \frac{p}{Q_0} = \frac{\varphi \cdot j \cdot S}{Q_0} = \varphi \frac{S \cdot a \cdot \tau^{n-1}}{Q_0}$$

$$\tau = \left(\frac{\varepsilon \cdot Q_0}{\varphi \cdot S \cdot a} \right)^{1/(n-1)}$$

la condizione $t_r = t$ fornisce:

$$V_0 = Q_0 \cdot \left(\frac{\varepsilon \cdot Q_0}{\varphi \cdot S \cdot a} \right)^{1/(n-1)} \cdot \left(\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \right)^{-1}$$

e fissando u = Q/S si ottiene:

$$V_0 = \frac{S}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}} \cdot \frac{Q_0}{S} \cdot \left(\frac{\varepsilon \cdot Q_0}{\varphi \cdot S \cdot a} \right)^{1/(n-1)} = \frac{S}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}} \cdot u \cdot \left(\frac{\varepsilon \cdot u}{\varphi \cdot a} \right)^{1/(n-1)}$$

dalla quale essendo $v_0 = V_0/S$

$$u = \varepsilon^{-1/n} \cdot \left(\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \right)^{(n-1)/n} \cdot \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{v_0^{(1-n)/n}}$$

ponendo du/de = 0 permette di calcolare il valore di e=p/Q_0 riferito all'evento più gravoso per la rete (noto **n**). Si ottiene pertanto:

$$n = 1 + (\varepsilon - 1) \cdot \ln \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}$$

dalla quale si ottiene, con adeguata approssimazione nell'intervallo 0,25 – 0,50 dei valori di **n** la ricercata espressione di **e**:

$$\varepsilon = 3{,}94 - 8{,}21 \cdot n + 6{,}23 \cdot n^2$$

esprimendo v_0 in m^3/hm^2 , S in hm^2, **a** in mm/ora **n** e **u** in l/shm^2 si perviene alla seguente relazione:

$$u = 10^{1/n} \cdot 0{,}278 \cdot \varepsilon^{-1/n} \cdot \left(\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \right)^{(n-1)/n} \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{v_0^{(1-n)/n}}$$

raggruppando:

$$K_c = \left(\frac{10 \cdot \varphi \cdot a}{\varepsilon \cdot 3{,}6^n} \right)^{1/(1-n)} \frac{1}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}}$$

le grandezze legate al carattere climatico della zona (**a** ed **n**) e del parametro **e** si perviene:

$$u = \left(\frac{Kc}{v_o} \right)^{(1-n)/n}$$

pertanto, nota la superficie S ed il relativo coefficiente di deflusso ϕ, i coefficienti di possibilità pluviometrica **a** ed **n** è possibile ricavare il valore di Kc, ed in funzione di v_0, che rappresenta il volume specifico invasato (m^3/hm^2) si ricava il coefficiente udometrico **u**.

La portata idraulica da smaltire, relativa alla superficie **S** (hm^2) sarà pertanto pari a:

$$Q = u \cdot S \quad \text{(l/s)}$$

9.3 Metodo dell'Invaso per il P.A.T. di Mussolente

La sicurezza idraulica delle aree oggetto di intervento viene verificata, con il metodo dell'invaso, che in funzione dei coefficienti di possibilità pluviometrica **a** ed **n** relativamente a tempi di ritorno pari a 50, 100 e 200 anni, fornisce la portata idrica in corrispondenza della sezione di chiusura. Tale calcolo è stato effettuato in condizioni di stato di fatto ed in condizioni di progetto, permettendo così di stimare i volumi di invaso per le singole aree di espansione, tali da limitare la portata effluente a quella originale, soddisfacendo in tal modo il principio di invarianza idraulica richiesto dalla normativa vigente.

9.3.1 Coefficienti di deflusso

Nell'applicare il metodo dell'invaso, fondamentale risulta l'assegnazione per ogni singola superficie del territorio comunale oggetto di trasformazione del corretto coefficiente di deflusso ϕ, ovvero assegnare quel parametro che rappresenta il rapporto tra il volume idraulico defluito attraverso una determina sezione in un assegnato intervallo di tempo ed il volume meteorico, che ha interessato il relativo bacino nell'intervallo di tempo stesso.

Nella seguente tabella, vengono riportati i coefficienti di deflusso tipo, suggeriti in letteratura, in funzione di differenti tipologie di superfici scolanti:

TIPO DI SUPERFICIE	COEFF. DEFL. φ
Tetti metallici	0,95
Tetti a tegole	0,90
Tetti piani con rivestimento in calcestruzzo	0,70 – 0,80
Tetti piani ricoperti di terra	0,30 – 0,40
Pavimentazioni asfaltate	0,85 – 0,90
Pavimentazioni in pietra	0,80 – 0,85
Massicciata in strade ordinarie	0,40 – 0,80
Strade in terra	0,40 – 0,60
Zone in ghiaia non compressa	0,15 – 0,25
giardini	0 – 0,25
boschi	0,10 – 0,30
Parti centrali di città completamente edificate	0,70 – 0,90
Quartieri con pochi spazi liberi	0,50 – 0,70
Quartieri con fabbricati radi	0,25 – 0,50
Tratti scoperti	0,10 – 0,30
Giardini e cimiteri	0,05 – 0,25
Terreni coltivati	0,20 – 0,60

Tabella 9 – Coefficiente di deflusso in funzione del tipo di superficie.

Nel caso in cui l'area in esame, sia composta da superfici con differenti coefficienti di deflusso, sarà necessario sommare il contributo delle singole sottoaree, mentre il coefficiente di deflusso medio dell'intera area sarà dato da:

$$\overline{\varphi} = \frac{\sum_i \varphi_i \cdot S_i}{S}$$

Nell'assegnazione dei coefficienti di deflusso alle singole aree di trasformazione, oltre ai valori classici riportati in letteratura, si è fatto riferimento a quanto proposto dalla Delibera della Giunta Regionale n. 2948 del 06/10/2009 che indica:

- ϕ = pari a 0,1 per le aree agricole;
- ϕ = pari a 0,2 per le aree a verde;
- ϕ = 0,6 per aree semi-permeabili come grigliati, erborella, betonella…;
- ϕ = 0,9 per superfici impermeabili quali coperture di fabbricati, superfici adibiti a viabilità….

Nella seguente tabella vengono riportate le superfici complessive allo stato di fatto del Comune di Mussolente (divise tra ATO 1 e ATO 2) in funzione dei rispettivi coefficienti di deflusso:

Destinazione d'uso	**ATO 1 (m^2)**	**ATO 2 (m^2)**	**ATO1+ATO2 (m^2)**	**Coeff. di deflusso**
Sup. coperta residenziale	227125	245274	472399	0,9
Sup. coperta produttiva	140871	106946	247817	0,9
Sup. pertinenza residenz.	725522	1128613	1854135	0,6
Sup. pertinenza produtt.	270125	173134	443259	0,6
Sup. a viabilità	225101,9	192976	418077,9	0,9
Sup. a verde	5666578,4	6264571	11931149	0,2
TOTALE:	**7255323,3**	**8111514**	**15366837,3**	

Tabella 10 – Superfici e destinazione d'uso dei vari A.T.O. del Comune di Mussolente.

Da quanto sopra riportato si ricava che per l'intero territorio del Comune di Mussolente è calcolabile un coefficiente di deflusso medio pari a 0,312.

Per le singole aree oggetto di trasformazione, che allo stato di fatto sono agricole o a verde viene calcolato il relativo effettivo coefficiente di deflusso (compreso tra 0,1 e 0,2); dopo un'analisi cautelativa della possibile modifica della permeabilità del terreno, viene

assunto un coefficiente di deflusso rispettivamente pari 0,45 (assunto prudenzialmente pari a 0,50 nei calcoli) per aree residenziali (o adibite a servizi) e pari a 0,90 se adibite ad uso produttivo. Il valore del coefficiente di deflusso di progetto per le aree a destinazione residenziale (o a servizi), è stato calcolato nell'ottica di uno sviluppo urbanistico a carattere non intensivo e rivolto alla ricerca di una maggiore qualità ambientale, che riservi ampi spazi ad aree a verde.

9.3.2 Portate e volumi di invaso

Per le 15 aree di futura espansione individuate nel territorio comunale, viene eseguito tramite il metodo dell'invaso il calcolo della portata idrica effluente allo stato di fatto e calcolati i volumi teorici di compenso, necessari per garantire l'invarianza idraulica.

Si stima dapprima il tempo medio di corrivazione dell'A.T.O. 2 (visto come ambito tipo), tramite l'espressione fornita dal Civil Engineering Deparment dell'Università di Maryland:

$$\tau_C = 26{,}3 \cdot \frac{\left(\frac{L}{K_S}\right)^{0,6}}{J^{0,4} \cdot i^{0,3}}$$

ed inserendo:

- una lunghezza **L** della superficie scolante pari a 2800 m;
- un coefficiente di Gauckler-Strickler $\mathbf{K_S}$ medio pari a 25 ($m^{1/3}/s$);
- una intensità della precipitazione **J** di 200 mm/h;
- una pendenza **i** media dell'area scolante pari a 0,003.

si perviene ad un tempo di corrivazione $\boldsymbol{\tau_c}$ dell'ordine di 80 minuti.

Nel calcolo dei volumi e delle portate idrauliche, verranno impiegate le curve di possibilità pluviometrica relative a piogge orarie con tempo di ritorno pari a 50, 100 e 200 anni:

T_R = 50 anni -> $h_p = 69{,}53\ t^{0,239}$

T_R = 100 anni -> $h_p = 77{,}06\ t^{0,232}$

T_R = 200 anni -> $h_p = 84{,}56\ t^{0,226}$

Inoltre, nell'eseguire la verifica con il metodo dell'invaso è stato assunto quale

volume dei piccoli invasi un V_c pari a 40 m^3/hm^2.

Nella seguente tabella riepilogativa, vengono riportati per i singoli A.T.O. in base alla destinazione d'uso del territorio: la superficie complessiva soggetta a trasformazione, l'attuale coefficiente medio di deflusso e quello di progetto, l'attuale coefficiente udometrico medio, la stima dell'attuale portata idrica complessiva effluente, i volumi di invaso totali e specifici necessari per compensare il cambio di permeabilità:

	A.T.O. 1	**A.T.O. 2**
Superficie (m^2)	187047,4	329758,0
ϕ stato di fatto	0,12	0,11
ϕ di progetto	0,64	0,54
Coeff. udom. u ($l/s/hm^2$) – Tr=50	28,97	19,78
Coeff. udom. u ($l/s/hm^2$) – Tr=100	39,94	27,25
Coeff. udom. u ($l/s/hm^2$) – Tr=200	53,39	36,43
Portata Q (l/s) – Tr=50	541,9	652,2
Portata Q (l/s) – Tr=100	747,1	898,5
Portata Q (l/s) – Tr=200	998,7	1201,4
Volume da invasare (m^3)	8068,35	13211,29
Volume spec. invaso (m^3/hm^2)	431,35	400,64
Superficie residenziale (m^2)	123093,4	294481,20
Superficie produttiva (m^2)	63954,0	35276,8
Coeff. udom. resid. u ($l/s/hm^2$) - Tr=50	15,51	15,48
Coeff. udom. resid. u ($l/s/hm^2$) - Tr=100	21,38	21,31
Coeff. udom. resid. u ($l/s/hm^2$) - Tr=200	28,59	28,49
Portata residenziale Q (l/s) - Tr=50	190,9	455,9
Portata residenziale Q (l/s) - Tr=100	263,2	627,6
Portata residenziale Q (l/s) - Tr=200	351,9	839,0
Coeff. udom. prod. u ($l/s/hm^2$) - Tr=50	54,88	55,65
Coeff. udom. prod. u ($l/s/hm^2$) - Tr=100	75,66	76,79
Coeff. udom. prod. u ($l/s/hm^2$) - Tr=200	101,14	102,73
Portata produtt. Q (l/s) - Tr=50	351,0	196,3
Portata produtt. Q (l/s) - Tr=100	483,9	270,9
Portata produtt. Q (l/s) - Tr=200	646,8	362,4
Volume invaso resid. (m^3)	4755,4	11391,97
Volume spec. invaso resid. (m^3/hm^2)	386,32	386,85
Volume invaso produtt. (m^3)	3312,95	1819,32
Volume spec. invaso produtt. (m^3/hm^2)	518,02	515,73

Tabella 11 – Principali parametri idraulici dei due A.T.O..

Per le singole aree oggetto di trasformazione territoriale, vengono parimenti riportati i vari parametri idraulici che le caratterizzano: la superficie, la destinazione d'uso, l'attuale coefficiente medio di deflusso e quello di progetto, la stima dell'attuale portata idrica effluente, i volumi di invaso necessari per compensare il cambio di permeabilità e la possibilità di smaltimento delle acque meteoriche nel sottosuolo (salvo future indagini specifiche di dettaglio).

Area	Superf. (m^2)	Destinazione d'uso	ϕ st. fatto	ϕ prog.	Portata Q (l/s) Tr=50	Portata Q (l/s) Tr=100	Portata Q (l/s) Tr=200	Vol inv. (m^3/hm^2)	Vol. inv. (m^3)	dispers. terreno
1	19.934,4	residenziale	0,10	0,50	31,1	42,9	57,5	385,37	768,21	NO
2	8.156,0	residenziale	0,10	0,50	12,8	17,6	23,6	384,28	313,42	NO
3	63.954,0	produttiva	0,15	0,90	351,0	483,9	646,8	518,02	3312,95	NO
4	20.419,0	residenziale	0,10	0,50	31,9	44,0	58,8	385,09	786,32	NO
5	74.584,0	resid. - servizi	0,10	0,50	115,1	158,7	212,0	387,14	2887,45	NO
6	21.764,0	produttiva	0,15	0,90	121,0	167,0	223,3	515,86	1122,73	NO
7	114.800,0	resid. - servizi	0,10	0,50	175,7	241,9	323,0	388,52	4460,25	NO
8	18.068,0	residenziale	0,10	0,50	28,2	38,9	52,1	385,30	696,16	SI
9	10.083,0	residenziale	0,10	0,50	15,8	21,8	29,1	384,57	387,76	SI
10	60.300,0	residenziale	0,10	0,50	93,9	128,7	172,0	386,72	2331,92	SI
11	27.594,0	residenziale	0,10	0,50	43,0	59,3	79,4	385,54	1063,87	SI
12	18.015,0	residenziale	0,10	0,50	28,1	38,8	52,0	385,42	694,34	SI
13	21.452,4	residenziale	0,10	0,50	33,5	46,2	61,8	385,17	826,28	SI
14	24.168,8	residenziale	0,10	0,50	37,7	52,0	69,6	385,37	931,39	SI
15	13.512,8	produttiva	0,15	0,90	75,3	103,9	139,1	515,50	696,59	NO

Tabella 12 – Calcolo dei volumi di invaso per le singole aree di trasformazione.

Vengono riportati in allegato i dettagli di calcolo più significativi delle verifiche eseguite per le singole aree di espansione.

Come richiesto dalla Delibera Giunta Regionale n. 2948 del 06/10/2009, viene garantito, grazie ai volumi di invaso o, in alternativa, ad un possibile smaltimento delle acque meteoriche di competenza, nel sottosuolo (tramite pozzi perdenti o trincee drenanti), il principio dell'invarianza idraulica, ovvero, il cambio di permeabilità dell'area dovuta alle opere in progetto, non altererà il regime idrico superficiale della rete posta a valle, per eventi con tempi di ritorno non inferiori a 50 anni.

9.3.3 Analisi delle trasformazioni urbanistiche in progetto

Il Piano di Assetto del Territorio è lo strumento di pianificazione urbanistica che delinea le scelte strategiche di assetto e di sviluppo per il "governo del territorio", al fine di perseguire la tutela dell'integrità fisica ed ambientale, nonchè dell'identità culturale e paesaggistica dello stesso. In sintesi le finalità e gli obbiettivi del Piano di Assetto del Territorio del Comune di Mussolente possono essere sintetizzati, in rapporto al sistema ambientale, al sistema insediativo, al sistema produttivo e al sistema dei servizi e della mobilità definiti dal Documento Preliminare stilato dall'Amministrazione Comunale.

Nell'ambito del sistema insediativo il PAT ha come obbiettivo la localizzazione delle

nuove opportunità di sviluppo residenziale a completamento e ricucitura degli insediamenti esistenti rafforzando la struttura gerarchica dei centri di Mussolente e Casoni e la promozione, nel contempo, della dotazione di aree a servizi oltre al miglioramento ed alla riqualificazione dei “bordi dell’edificato”.

In quest’ottica tra le finalità del PAT vi è quella di determinare, per gli Ambiti Territoriali Omogenei (ATO), i parametri teorici di dimensionamento, i limiti quantitativi e fisici per lo sviluppo degli insediamenti residenziali, industriali, commerciali, direzionali, turistico ricettivi e i parametri per i cambi di destinazione d’uso, perseguendo l’integrazione delle funzioni compatibili.

Il territorio comunale è stato suddiviso in due ATO; quella di Mussolente a nord e quella di Casoni a sud. Ogni ATO comprende una porzione di territorio definita in base ad informazioni di carattere storico, geografico, paesaggistico ed ambientale secondo quanto definito nella L.R. 11/2004 art.13.

Tramite operazioni di ovelay è stato possibile esaminare quali aree di espansione previste dal PAT presentino particolari problemi idraulici ossia ricadano all’interno di aree di esondazione o ristagno idrico.

A livello di redazione di PAT non si hanno a disposizione i reali dati progettuali di espansione ma solamente i limiti fisici per la nuova urbanizzazione identificati come i limiti oltre i quali non si ritiene opportuno prevedere interventi di espansione urbana, considerate le caratteristiche paesaggistico-ambientali, tecnico-agronomiche e di integrità fondiaria del territorio. Le effettive superfici di sviluppo insediativo e i reali ambiti quantitativi dello stesso andranno definiti in fase di Piano degli Interventi. Proprio in questa fase la valutazione di compatibilità idraulica andrà a definire con più esattezza i volumi di compensazione e le opere di mitigazione idraulica più adatti al reale assetto dell’area esaminata.

Si riportano in seguito, per ogni ATO, alcune considerazioni relative al posizionamento delle aree di espansione in riferimento a quanto indicato nella Tav 4 - Carta delle Trasformabilità ed alla Tav 3a - Carta delle Fragilità. Per la classificazione delle aree in base all’idoneità all’edificazione si fa riferimento all’art. 6 delle Norme Tecniche di attuazione del PAT.

ATO 1 – Aree di espansione 1 e 2

Legenda Tav 4 - Carta delle Trasformabilità

- *Linee di sviluppo residenziale*
- *Aree di urbanizzazione programmata*
- *Limiti fisici all'espansione*
- *Aree di urbanizzazione consolidata a prevalente destinazione residenziale*
- *Aggregati abitativi di recente formazione edificazione diffusa*

Legenda Tav 3a - Carta delle Fragilità

- *Aree di espansione*
- *Aree idonee*
- *Aree idonee a condizione 1*
- *Aree idoneea condizione 2*
- *Aree idoneea condizione 3*
- *Aree idoneea a condizione4*
- *Aree non idonee*
- *Aree esondabili o a ristagno idrico*
- *Aree soggette a erosione*
- *Aree di risorgiva*

DESCRIZIONE: *La direttrice di espansione a carattere residenziale situata a nord di Borgo Eger in adiacenza all'urbanizzazione consolidata dell'ATO 1 di Mussolente si trova in prossimità della Valle Giaretta definita dal PAT come area idonea per interventi diretti al miglioramento della qualità urbana e territoriale. L'area a sud era già prevista nel PRG.*

CRITICITA' IDRAULICHE: *Le due zone di espansione sono collocate, secondo la Carta delle Fragilità, in area idonea a condizione di livello 3; la zona a sud ricade in parte nella fascia di rispetto idraulico stabilita dalla L.R. 11/2004 art. 41 lettera g. Tale fascia di tutela è relativa al torrente Volon che scorre in prossimità dell'area.*

PRESCRIZIONI: *andranno rispettate le prescrizioni delle NTA del P.A.T. art. 47 – "Indirizzi per gli interventi di compatibilità idraulica"*
Superficie (1)=19934,4 m^2
Superficie (2)=8156 m^2
Volume da invasare (1)=768,21 m^3
Volume da invasare(2)=313,42 m^3
L'analisi delle caratteristiche del terreno, in termini di tipologia del sottosuolo, distanza minima dalla falda e vulnerabilità dell'acquifero, rendono opportune future indagini di dettaglio per stabilire l'eventuale possibile dispersione dell'acqua nel sottosuolo attraverso pozzi perdenti.

ATO 1 – Area di espansione 3

Legenda Tav 4 - Carta delle Trasformabilità

- *Linee di sviluppo residenziale*
- *Aree di urbanizzazione programmata*
- *Limiti fisici all'espansione*
- *Aree di urbanizzazione consolidata a prevalente destinazione residenziale*
- *Aggregati abitativi di recente formazione edificazione diffusa*
- *Contesti figurativi*

Legenda Tav 3a - Carta delle Fragilità

- *Aree di espansione*
- *Aree idonee*
- 4 *Aree idoneea condizione 4*
- 5 *Aree idoneea condizione 5*
- *Aree non idonee*
- *Aree esondabili o a ristagno idrico*
- *Aree soggette a erosione*
- *Aree di risorgiva*

DESCRIZIONE: *La direttrice di espansione a carattere produttivo situata a sud della Strada Statale n. 248 era già prevista dal P.R.G. vigente; si tratta di urbanizzazione programmata. Vi è in previsione un nuovo tratto di viabilità che collegherà la statale a via Manzoni.*

CRITICITA' IDRAULICHE: *La zona di espansione è collocata, secondo la Carta delle Fragilità, in area idonea a condizione di livello 4 e 5. All'interno dell'area vi è un piccolo bacino idrografico ed un'area con materiale di riporto; classificate come aree idonee a condizione di livello 5.*

PRESCRIZIONI: *andranno rispettate le prescrizioni delle NTA del P.A.T. art. 47 – "Indirizzi per gli interventi di compatibilità idraulica"*
Superficie = 63.954 m^2
Volume da invasare=3312,95 m^3
L'analisi delle caratteristiche del terreno, in termini di tipologia del sottosuolo, distanza minima dalla falda e vulnerabilità dell'acquifero, rendono opportune future indagini di dettaglio per stabilire l'eventuale possibile dispersione dell'acqua nel sottosuolo attraverso pozzi perdenti

ATO 1 – Area di espansione 4

Legenda Tav 4 - Carta delle Trasformabilità

- *Linee di sviluppo residenziale*
- *Aree di urbanizzazione programmata*
- *Limiti fisici all'espansione*
- *Aree di urbanizzazione consolidata a prevalente destinazione residenziale*
- *Aggregati abitativi di recente formazione edificazione diffusa*
- *Contesti figurativi*

Legenda Tav 3a - Carta delle Fragilità

- *Aree di espansione*
- *Aree idonee*
- *Aree idonee a condizione 1*
- *Aree idoneea condizione 2*
- *Aree idoneea condizione 3*
- *Aree idoneea a condizione4*
- *Aree non idonee*
- *Aree esondabili o a ristagno idrico*
- *Aree soggette a erosione*
- *Aree di risorgiva*

DESCRIZIONE: *La zona di espansione residenziale a sud della Strada Statale n. 248 rappresenta una ricucitura dell'urbanizzazione consolidata all'interno dell'abitato di Mussolente.*

CRITICITA' IDRAULICHE: *La zona di espansione è collocata, secondo la Carta delle Fragilità, in area idonea a condizione di livello 3.*

PRESCRIZIONI: *andranno rispettate le prescrizioni delle NTA del P.A.T. art. 47 – "Indirizzi per gli interventi di compatibilità idraulica"*
Superficie = 20.419 m^2
Volume da invasare=786,32 m^3
L'analisi delle caratteristiche del terreno, in termini di tipologia del sottosuolo, distanza minima dalla falda e vulnerabilità dell'acquifero, rendono opportune future indagini di dettaglio per stabilire l'eventuale possibile dispersione dell'acqua nel sottosuolo attraverso pozzi perdenti

ATO 1 – Area di espansione 5

Legenda Tav 4 - Carta delle Trasformabilità

- *Linee preferenziali di sviluppo residenziale*
- *Linee preferenziali di sviluppo a servizi*
- *Aree di urbanizzazione programmata*
- *Limiti fisici all'espansione*
- *Aree di urbanizzazione consolidata a prevalente destinazione residenziale*
- *Aggregati abitativi di recente formazione edificazione diffusa*

Legenda Tav 3a - Carta delle Fragilità

- *Aree di espansione*
- *Aree idonee*
- *Aree idonee a condizione 1*
- *Aree idoneea condizione 2*
- *Aree idoneea condizione 3*
- *Aree idoneea a condizione4*
- *Aree non idonee*
- *Aree esondabili o a ristagno idrico*
- *Aree soggette a erosione*
- *Aree di risorgiva*

DESCRIZIONE: *L'area è situata in prossimità di Borgo Sandri ed è destinata sia alla realizzazione di servizi che allo sviluppo residenziale.*

CRITICITA' IDRAULICHE: *La zona di espansione è collocata, secondo la Carta delle Fragilità, in area idonea a condizione di livello 3; parte della zona di espansione considerata (circa 47800 m^2) ricade all'interno di un'area di dissesto idrogeologico causato dal possibilità di esondazione o ristagno idrico. La rete di scolo andrà, all'interno di quest'area, potenziata e mantenuta in stato di efficienza.*

PRESCRIZIONI: *andranno rispettate le prescrizioni delle NTA del P.A.T. art. 47 – "Indirizzi per gli interventi di compatibilità idraulica" e art. 8 "Aree soggette a dissesto idrogeologico"*
Superficie = 74.584 m^2
Volume da invasare = 2887,5 m^3
L'analisi delle caratteristiche del terreno, in termini di tipologia del sottosuolo, distanza minima dalla falda e vulnerabilità dell'acquifero, rendono opportune future indagini di dettaglio per stabilire l'eventuale possibile dispersione dell'acqua nel sottosuolo attraverso pozzi perdenti

ATO 2 – Aree di espansione 6 e 7

Legenda Tav 4 - Carta delle Trasformabilità

- *Linee preferenziali di sviluppo residenziale*
- *Linee preferenziali di sviluppo a servizi*
- *Linee preferenziali di sviluppo a carattere produttivo*
- *Aree di urbanizzazione programmata*
- *Limiti fisici all'espansione*
- *Aree di urbanizzazione consolidata a prevalente destinazione residenziale*
- *Aggregati abitativi di recente formazione edificazione diffusa*
- *Ambito destinato alla realizzazione di programmi complessi*

Legenda Tav 3a - Carta delle Fragilità

- *Aree di espansione*
- *Aree idonee*
- *Aree idonee a condizione 1*
- *Aree idoneea condizione 2*
- *Aree idoneea condizione 3*
- *Aree idoneea a condizione4*
- *Aree non idonee*
- *Aree esondabili o a ristagno idrico*
- *Aree soggette a erosione*
- *Aree di risorgiva*

DESCRIZIONE: *Entrambe le zone sono collocate in prossimità degli impianti sportivi di Casoni. L'area di espansione più a nord è destinata allo sviluppo produttivo mentre quella a sud di dimensioni nettamente superiori è destinata alla realizzazione di servizi e parzialmente allo sviluppo residenziale.*

CRITICITA' IDRAULICHE: *La zona di espansione è collocata, secondo la Carta delle Fragilità, in area idonea a condizione di livello 4. L'area ricade parzialmente all'interno di una zona soggetta a disseto idrogeologico causato da problemi di ristagno idrico per inadeguatezze della rete di scolo delle acque meteoriche; che andrà opportunamente potenziata e tenuta in piena efficienza.*

PRESCRIZIONI: *andranno rispettate le prescrizioni delle NTA del P.A.T. art. 47 – "Indirizzi per gli interventi di compatibilità idraulica" e art. 8 "Aree soggette a dissesto idrogeologico"*
Superficie (6)= 21.764 m^2
Superficie (7)= 114.800 m^2
Volume da invasare(6)=1122,73 m^3
Volume da invasare (7)=4460,25 m^3
L'analisi delle caratteristiche del terreno, in termini di tipologia del sottosuolo, distanza minima dalla falda e vulnerabilità dell'acquifero, rendono opportune future indagini di dettaglio per stabilire l'eventuale possibile dispersione dell'acqua nel sottosuolo attraverso pozzi perdenti

ATO 2 – Aree di espansione 8 e 9

Legenda Tav 4 - Carta delle Trasformabilità

Linee preferenziali di sviluppo residenziale

Limiti fisici all'espansione

Aree di urbanizzazione consolidata a prevalente destinazione residenziale

Legenda Tav 3a - Carta delle Fragilità

Aree di espansione

Aree idonee

Aree idonee a condizione 1

Aree idoneea condizione 2

Aree idoneea condizione 3

Aree idoneea a condizione4

Aree non idonee

Aree esondabili o a ristagno idrico

Aree soggette a erosione

Aree di risorgiva

DESCRIZIONE: *Le aree di espansione sono ubicate nella zona sud dell'abitato di Casoni e ne rappresentano il completamento; sono a carattere residenziale.*

CRITICITA' IDRAULICHE: *Queste aree sono collocate secondo la Carta delle Fragilità in parte in area idonea e in parte in area idonea e condizione di livello 4. Non sussistono per queste aree particolari problemi di esondazione o ristagno idrico.*

PRESCRIZIONI: *andranno rispettate le prescrizioni delle NTA del P.A.T. art. 47 – "Indirizzi per gli interventi di compatibilità idraulica"*
Superficie (8)= 18.068 m^2
Superficie (9)= 10.083 m^2
Volume da invasare (8)= 696,16 m^3
Volume (9)= 387,76 m^3
L'analisi delle cartteristiche del terreno, in termini di tipologia del sottosuolo, distanza minima dalla falda acquifera e vulnerabilità dell'acquifero, rendono possibile anche la dispersione dell'acqua nel sottosuolo attraverso pozzi perdenti.

ATO 2 – Aree di espansione 10 e 11

Legenda Tav 4 - Carta delle Trasformabilità

- *Linee preferenziali di sviluppo residenziale*
- *Limiti fisici all'espansione*
- *Aree di urbanizzazione consolidata a prevalente destinazione residenziale*
- *Aggregati abitativi di recente formazione edificazione diffusa*

Legenda Tav 3a - Carta delle Fragilità

- *Aree di espansione*
- *Aree idonee*
- *Aree idonee a condizione 1*
- *Aree idoneea condizione 2*
- *Aree idoneea condizione 3*
- *Aree idoneea a condizione4*
- *Aree non idonee*
- *Aree esondabili o a ristagno idrico*
- *Aree soggette a erosione*
- *Aree di risorgiva*

DESCRIZIONE: *Le zone di espansione sono collocate a sud dell'abitato di Casoni.*

CRITICITA' IDRAULICHE: *Per queste aree, che ricadono in area idonea , non vi sono particolari problemi di dissesto idraulico.*

PRESCRIZIONI: *andranno rispettate le prescrizioni delle NTA del P.A.T. art. 47 – "Indirizzi per gli interventi di compatibilità idraulica"*
Superficie (10)= 60.300 m^2
Superficie (11)= 27.594 m^2
Volume da invasare (10) =2331,92 m^3
Volume da invasare (11)=1063,87 m^3
L'analisi delle caratteristiche del terreno, in termini di tipologia del sottosuolo, distanza minima dalla falda e vulnerabilità dell'acquifero, rendono possibile anche la dispersione dell'acqua nel sottosuolo attraverso pozzi perdenti.

ATO 2 – Aree di espansione 12-13 e 14

Legenda Tav 4 - Carta delle Trasformabilità

- *Linee di sviluppo residenziale*
- *Aree di urbanizzazione programmata*
- *Limiti fisici all'espansione*
- *Aree di urbanizzazione consolidata a prevalente destinazione residenziale*
- *Aggregati abitativi di recente formazione edificazione diffusa*

Legenda Tav 3a - Carta delle Fragilità

- *Aree di espansione*
- *Aree idonee*
- *Aree idonee a condizione 1*
- *Aree idoneea condizione 2*
- *Aree idoneea condizione 3*
- *Aree idoneea a condizione4*
- *Aree non idonee*
- *Aree esondabili o a ristagno idrico*
- *Aree soggette a erosione*
- *Aree di risorgiva*

DESCRIZIONE: *Le aree di espansione sono collocate ad ovest del centro abitato di Casoni; si tratta di due aree di urbanizzazione programmata e quindi già previste dal P.R.G. e di un'area interclusa tra l'urbanizzazione consolidata del centro abitato di Casoni.*

CRITICITA' IDRAULICHE: *Tutte e tre le aree ricadono, secondo la Carta delle Fragilità in aree idonee all'edificazione. Per l'area situata ad ovest (12) vi possono essere problemi di ristagno idrico,l'area infatti ricade in una zona esondabile o a ristagno idrico; tali problemi sono risolvibili mediante il potenziamento e l'idonea manutenzione della rete di drenaggio delle acque superficiali.*

PRESCRIZIONI: *andranno rispettate le prescrizioni delle NTA del P.A.T. art. 47 – "Indirizzi per gli interventi di compatibilità idraulica" e art. 8 "Aree soggette a dissesto idrogeologico"*
Superficie (12)= 18015 m^2
Superficie (13)= 21452,4 m^2
Superficie (14)= 24168,8 m^2
Volume da invasare(12)= 694,34 m^3
Volume da invasare (13)= 826,28 m^3
Volume da invasare (14)=931,39 m^3
L'analisi delle caratteristiche del terreno, in termini di tipologia del sottosuolo, distanza minima dalla falda e vulnerabilità dell'acquifero, rendono possibile anche la dispersione dell'acqua nel sottosuolo attraverso pozzi perdenti.

ATO 2 – Aree di espansione 15

Legenda Tav 4 - Carta delle Trasformabilità

- *Linee di sviluppo produttivo*
- *Aree di urbanizzazione programmata*
- *Limiti fisici all'espansione*
- *Aree di urbanizzazione consolidata a prevalente destinazione residenziale*
- *Aggregati abitativi di recente formazione edificazione diffusa*

Legenda Tav 3a - Carta delle Fragilità

- *Aree di espansione*
- *Aree idonee*
- *Aree idonee a condizione 1*
- *Aree idoneea condizione 2*
- *Aree idoneea condizione 3*
- *Aree idoneea a condizione4*
- *Aree non idonee*
- *Aree esondabili o a ristagno idrico*
- *Aree soggette a erosione*
- *Aree di risorgiva*

DESCRIZIONE: *L'area di espansione è collocata nella parte nord di Casoni, in prossimità di Borgo Tabari.*

CRITICITA' IDRAULICHE: *L'area ricade in una zona idonea a condizione di grado 4 e non vi sono in prossimità aree di esondazione e/o ristagno idrico.*

PRESCRIZIONI: *andranno rispettate le prescrizioni delle NTA del P.A.T. art. 47 – "Indirizzi per gli interventi di compatibilità idraulica"*
Superficie (15)= 13512,8 m^2
Volume da invasare (15)= 696,59 m^3
L'analisi delle caratteristiche del terreno, in termini di tipologia del sottosuolo, distanza minima dalla falda e vulnerabilità dell'acquifero, rendono opportune future indagini di dettaglio per stabilire l'eventuale possibile dispersione dell'acqua nel sottosuolo attraverso pozzi perdenti.

10) DISPERSIONE PER FILTRAZIONE NEL TERRENO

Si riporta di seguito una trattazione teorica del moto di filtrazione e indicazioni pratiche di dimensionamento di pozzi perdenti, vista la possibilità, soprattutto per piccoli interventi, di poter smaltire le acque meteoriche nel sottosuolo dove la permeabilità lo consenta (vedi tavola V.C.I. Analisi Litologica).

10.1 La teoria del moto di filtrazione

In idraulica, il termine filtrazione rappresenta normalmente il complesso dei fenomeni di moto attraverso un mezzo permeabile, come quello ad esempio formato dai grani di terreno sciolto naturale sia esso sabbioso o ghiaioso. Tale caratteristica morfologica del materiale, fa sì che il fluido si muova all'interno di una fitta rete irregolare di canali, di dimensioni minute, tale che il moto risulterà molto rallentato (elevate resistenze riscontrate), pertanto sarà normalmente molto lento.

Per ogni punto del liquido, sarà possibile rappresentare il livello dell'energia (della piezometrica) dalla seguente relazione:

$$h^* = h + \frac{p}{\gamma}$$

che sarà costante lungo la verticale causa la lentezza del moto.

Se il liquido è in quiete, la quota dell'energia sarà la stessa per ogni punto occupato dal fluido, in caso di moto, sarà necessario la presenza di un gradiente piezometrico nella direzione del moto, per compensare le perdite di energia dovute alle dissipazioni viscose.

Non essendo possibile lo studio del moto attraverso il singolo filetto idraulico, sarà necessario una soluzione globale del moto, considerando contemporaneamente sia lo spazio sede del moto sia quello occupato dalla particelle di terreno, considerando il tutto come un continuo. Si potrà pertanto definire la velocità media del fluido attraverso il materiale poroso dalla seguente relazione

$$V = \frac{Q}{A}$$

Nella quale Q è la portata che attraversa una determina sezione di materiale di area A.

La legge base, formulata da H. Darcy nel 1856 lega la velocità media del fluido alla

pendenza della piezometrica (i) secondo la seguente relazione:

$$V = K \cdot i$$

nella quale il coefficiente K, dipende dal materiale e prende il nome di coefficiente di permeabilità.

Per i moti di filtrazione, in un sistema di riferimento cartesiano è possibile esprimere le componenti della velocità come:

$$V_x = -k \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \qquad V_y = -k \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \qquad V_z = -k \cdot \frac{\partial h}{\partial z}$$

che associata all'equazione di continuità, è possibile riscrivere come:

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0$$

che soddisfa l'equazione di Laplace:

$$\frac{\partial^2 h*}{\partial x} + \frac{\partial^2 h*}{\partial y} + \frac{\partial\ h*}{\partial z} = \nabla^2 h = 0$$

La soluzione dell'equazione, per i vari casi in esame, con le relative condizioni al contorno, e relative semplificazioni, permettono di proporre una soluzione attendibile per il singolo problema.

10.2 Risoluzione di casi particolari

Nel caso di **pozzi perdenti in falda profonda** il calcolo della portata (soluzione del moto di filtrazione), viene ottenuto dalla risoluzione dell'equazione differenziale del moto in coordinate cilindriche (r, y), ovvero dalle seguenti equazioni:

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(r \cdot \frac{\partial \phi}{\partial r}\right) = 0 \qquad \text{e} \qquad \phi = kh = C_1 \ln r + C_2$$

le ipotesi al contorno sono: h=0 per $r=r_0$ ed h=H per r=RI (dove r_o è il raggio del pozzo e RI il raggio di influenza. Il raggio di influenza RI, può essere definito, considerando che a livello della quota del fondo del pozzo la velocità di filtrazione è praticamente verticale, ovvero che $-V_y = -K$

Similmente, nel caso di **pozzi perdenti con falda relativamente alta**, la soluzione del moto di filtrazione, è ottenuta imponendo le seguenti condizioni al contorno:

$$h=0 \text{ per } r=r_0 \text{ ed } h=H_o-H_1 \text{ per } r=RI$$

Nel caso di **trincee drenanti di forma trapezia o rettangolare** è necessario risolvere il moto bidimensionale di filtrazione che si riconduce all'equazione:

$$\frac{q}{K \cdot H} = \frac{b}{H} + C$$

nella quale C rappresenta il contributo alla formazione della portata dovuta all'infiltrazione dalle sponde della trincea.

10.3 Applicazione dispersione tramite pozzi perdenti

Per singoli ambiti di intervento, è altresì possibile invasare e smaltire le acque meteoriche tramite pozzi perdenti e/o trincee drenanti.

Per garantire l'adeguata sicurezza è necessario effettuare una verifica idraulica, imponendo che la somma del volume invasato nella rete e la quantità d'acqua contemporaneamente dispersa dai pozzi perdenti risulti sempre maggiore dell'acqua precipitata da smaltire, considerando per ogni superficie il relativo coefficiente di deflusso.

Viene qui effettuata un'analisi su una superficie tipo di 1000 m^2 di estensione con vari coefficienti di deflusso. Sono state assunte le seguenti ipotesi di calcolo, che permettono di garantire una maggiore sicurezza idraulica reale:

- tempo di ritorno delle curve di possibilità pluviometrica, nel caso di dispersione nel sottosuolo pari a 200 anni,
- portata del singolo pozzo perdente calcolata con un ritardo di 3 minuti rispetto all'inizio dell'evento meteorico, per garantire il formarsi di un adeguato tirante idrico al suo interno,
- tempo di corrivazione, calcolato con l'espressione fornita dal Civil Engineering Deparment dell'Università di Maryland, pari a 7 minuti (tempo che viene considerato come limite minimo di riferimento per la formazione dell'onda);
- coefficiente di permeabilità del terreno cautelativo pari a 2×10^{-4} m/s;
- volumi di invaso disponibili considerati a favore di sicurezza: solo i pozzi perdenti a servizio dell'area.

Il calcolo della portata smaltita dai singoli pozzi perdenti viene invece valutata tramite il programma di calcolo POZZI PERDENTI, versione 2.0.0.0., distribuito dallo Studio di Ingegneria Campana, http://www.ensox.com, che risolvendo il moto di filtrazione propone per il calcolo della portata dispersa da un pozzo, nell'ipotesi di terreno omogeneo e falda idrica profonda con la seguente relazione per la soluzione del moto di filtrazione tridimensionale:

$$Q = C \cdot K \cdot R \cdot H$$

nella quale:

- K è il coefficiente di permeabilità del terreno (m/s);
- R è il raggio del pozzo perdente (m);
- H il livello idrico all'interno del pozzo perdente (m);
- C è un coefficiente sperimentale funzione delle dimensioni del pozzo

Figura 16 - Videata del programma di calcolo Pozzi Perdenti e Trincee Drenanti.

Considerando un coefficiente di permeabilità K pari a 2,0 x 10^{-4} m/s, un singolo pozzo perdente, del diametro di 1,25 m e profondità minima pari a 4,0 m potrà smaltire una portata teorica, in funzione del livello idrico (H), data dalla seguente tabella:

Tirante H (m)	Coeff. C	Q (l/s)
1	17,35	2,17
2	20,78	5,19
3	23,09	8,66
4	24,88	12,44
5	26,37	16,48

Tabella 13 – Portata pozzo perdente di diametro pari a 1,25 m.

È tuttavia da rilevare che i valori sopra riportati sono da ritenersi cautelativi sia per il coefficiente di permeabilità assunto, sia per come saranno realizzati i pozzi perdenti, che circondati da un anello di materiale drenante di pezzatura maggiore, equivale ad aumentare il raggio efficace del pozzo con un incremento sensibile della portata smaltita.

Per i diversi coefficienti di deflusso dell'area tipo di superficie pari a 1000 m^2 sono stati ricavati il numero di pozzi perdenti necessari, di dimensione D=1,25 m, Hmin= 4,0 m al fine di garantire la completa gestione delle acque meteoriche che interessano l'area:

Coefficiente di deflusso	Numero pozzi perdenti
0,20	1
0,40	2
0,65	3
0,85	4

Tabella 14 – Numero di pozzi perdenti necessari in funzione del coefficiente di deflusso.

11) ELENCO DI NORME IDRAULICHE PER L'EDIFICAZIONE

Secondo la vigente normativa in materia, D.G.R.V. n. 2948 del 6 ottobre 2009 ed alle eventuali successive norme di settore nell'ambito del P.I. (che provvederà a localizzare puntualmente le trasformazioni urbanistiche), appare opportuno introdurre una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici in base alla loro estensione.

CLASSE DI INTERVENTO	DEFINIZIONE
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici inferiori a 0.10 ha (1000 mq)
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici tra 0.10 ha e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici tra 1 ha e 10 ha
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici maggiori di 10 ha con imp>0,3

Tabella 15 –Definizione della classe di intervento in base alla sua estensione.

Nelle varie classi andranno adottati i seguenti criteri:

- nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale, è sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi;
- 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;
- 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;
- nel caso di marcata impermeabilizzazione, è richiesta la presentazione di uno studio dettagliato molto approfondito.

Per ogni intervento che comporti una impermeabilizzazione superiore a 0,1 ha dovrà essere redatto e presentato al Comune uno studio di compatibilità idraulica con uno 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.

La definizione delle misure compensative dovrà considerare la dimensione dell'intervento (ovvero della superficie oggetto di modifica della destinazione d'uso del suolo), le caratteristiche di permeabilità del suolo e sottosuolo e la quota della falda.

In caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10^{-3} m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione. Questi sistemi, che fungono da dispositivi di reimmissione in falda, possono essere realizzati, a titolo esemplificativo, sotto forma di vasche o condotte disperdenti posizionati negli strati superficiali del sottosuolo in cui sia consentito l'accumulo di un battente idraulico che favorisca l'infiltrazione e la dispersione nel terreno. I parametri assunti alla base del dimensionamento dovranno essere desunti da prove sperimentali. Tuttavia le misure compensative andranno di norma individuate in volumi di invaso per la laminazione di almeno il 50% degli aumenti di portata.

Qualora le condizioni del suolo lo consentano e nel caso in cui non sia prevista una canalizzazione e/o scarico delle acque verso un corpo recettore, ma i deflussi vengano dispersi sul terreno, non è necessario prevedere dispositivi di invarianza idraulica in quanto si può supporre ragionevolmente che la laminazione delle portate in eccesso avvenga direttamente sul terreno.

Occorre comunque tenere presente che la mancanza di sistemi di scolo delle acque, in terreni di acclività non trascurabile, può portare ad altre controindicazioni in termini di stabilità del versante.

Sarà necessario provvedere alla realizzazione di rete fognarie di tipo separato per tutte le aree di nuova urbanizzazione oltre che nelle parti in cui siano previste modificazioni o rifacimenti dei sistemi preesistenti.

Andranno predisposte procedure di verifica idraulica del dimensionamento delle reti di drenaggio delle acque meteoriche secondo adeguati criteri scientifici e tecnici, comprensive anche della verifica del funzionamento idraulico della rete idrografica recipiente tenendo conto oltre che dei contributi naturali alla formazione dei flussi di portata, anche degli apporti di tutte le reti immissarie di fognatura, esistenti o previste.

Qualsiasi modifica od alterazione al sistema idrografico principale e minore causata da nuovi interventi dovrà essere assoggettata dallo strumento urbanistico comunale a preventiva analisi idraulica.

Ogni opera o urbanizzazione realizzata all'interno del territorio comunale che comporti un aggravio del regime idraulico attuale, dovrà essere corredata di uno studio idraulico relativo alla progettazione specifica delle opere idrauliche di compensazione e mitigazione previste per l'area in esame al fine del mantenimento dell'invarianza idraulica.

La relazione, da allegare agli elaborati progettuali, dovrà contenere una valutazione quantitativa delle portate di massima piena effettuate in corrispondenza della sezione di chiusura relativa al bacino sotteso dall'area in esame; tale valutazione dovrà essere svolta sia per lo stato di fatto che per quello di progetto.

Dal confronto delle due situazioni dovrà emergere chiaramente l'alterazione nel regime idraulico della rete idrografica locale, per effetto dell'impermeabilizzazione del suolo dovuta alla nuova urbanizzazione dell'area. La relazione dovrà contenere il dimensionamento delle opere idrauliche necessarie per la compensazione dei maggiori deflussi e la descrizione delle opere di modulazione delle portate al corpo idrico recettore.

Nelle aree definite a rischio idraulico, aree esondabili o a ristagno idrico perimetrate nella Tav. 3a - Carta delle Fragilità, la progettazione dovrà tener in opportuna considerazione tale rischio e dimensionare in modo adeguato le opere idrauliche per consentire la riduzione del rischio.

Il principio dell'Invarianza Idraulica andrà garantito mediante la realizzazione di volumi di invaso temporanei dei deflussi o dove possibile con infiltrazione nel terreno. Tali volumi di stoccaggio consentiranno la laminazione delle portate verso il corpo idrico recettore con conseguente diminuzione della velocità di deflusso delle acque superficiali.

Al fine di aumentare la sicurezza idraulica si dovranno mettere in atto le norme/opere di mitigazione più adeguate alla specifica situazione, attenendosi alle prescrizioni contenute nel presente documento tra le quali:

- qualsiasi intervento che modifica l'assetto idraulico del territorio dovrà garantire il rispetto del principio dell'invarianza idraulica;
- le nuove urbanizzazioni ed edificazioni non dovranno far aumentare i coefficienti di deflusso ed i coefficienti udometrici, oltre i limiti di compatibilità con la rete scolante ed in accordo a quanto richiesto dalla D.G.R.V. n. 2948 del 06/10/2009;
- in sede di progettazione andranno ridotte per quanto possibile le aree impermeabili, e nel caso vengano realizzate andranno dotate di bassa pendenza (lasciando a verde quanta più area possibile);
- le pavimentazioni destinate a parcheggio (pubblico e privato) andranno realizzate con materiali di tipo drenante, su adeguato sottofondo che garantisca l'efficienza del drenaggio ed una adeguata capacità di invaso, con pendenza delle pavimentazioni inferiore a 1 cm/m;
- andranno salvaguardate le vie di deflusso dell'acqua, al fine di mantenerle in efficienza, per garantire lo scolo ed il ristagno, in particolare:
    - salvaguardare o ricostituire dei collegamenti con fossati o corsi d'acqua esistenti;
    - rogge e fossati non dovranno subire interclusioni o perdere la loro funzionalità idraulica;
    - eventuali ponticelli, tombamenti, o tombotti interrati, dovranno garantire una portata idraulica adeguata al canale nel quale sono inseriti;
    - l'eliminazione di fossati o altri volumi di invaso dovrà essere attuata con la previsione di misure di compensazione adeguate;
    - nella realizzazione di nuove arterie stradali, ciclabili o pedonali, limitrofe a corsi d'acqua o fossati, si dovrà evitare il tombamento dando la precedenza ad interventi di spostamento ed, in caso di necessità di tombamento si dovrà rispettare la capacità di deflusso preesistente;
- nelle reti di smaltimento delle acque bianche sarà necessario prediligere le basse pendenze e gli elevati diametri delle tubazioni, cercando di smaltire le acque piovane nel primo sottosuolo e/o prevedendo adeguati volumi di laminazione

prima dello scarico;

- nelle aree a verde la configurazione plano-altimetrica dovrà renderle in grado di ricevere parti non trascurabili di precipitazione defluenti lungo le aree impermeabili limitrofe e fungere, nel contempo, da bacino di laminazione del sistema di smaltimento delle acque piovane. Tali bacini andranno localizzati preferibilmente a valle delle zone urbanizzate o da urbanizzare, lungo le sponde di canali o altri corsi d'acqua, anche a valenza pubblica, con lo scopo anche di agevolare futuri interventi di manutenzione (è conveniente che tali aree siano collocate ad una quota inferiore rispetto al piano medio delle aree impermeabili circostanti ed essere idraulicamente connesse al resto della rete scolante);
- andrà previsto l'obbligo di manutenzione dei fossati, anche in area privata, da parte di chi esegue l'intervento;
- nelle zone soggette a fenomeni di esondazione e di ristagno idrico è sconsigliata la costruzione di volumi interrati. Qualora necessario prevedere adeguati sistemi di impermeabilizzazione e di drenaggio, e quanto necessario per impedire allagamenti dei locali interrati. Il piano di imposta dei fabbricati dovrà essere convenientemente fissato ad una quota superiore al piano di campagna medio circostante. La quota potrà essere convenientemente superiore per una quantità da precisarsi attraverso una analisi della situazione morfologica locale (comunque non inferiore a 30 cm) e gli accessi ai fabbricati dovranno essere disposti possibilmente non perpendicolari al flusso di eventuali acque di esondazione;
- se l'intervento interesserà canali pubblici consortili o di competenza regionale, anche se non iscritti negli elenchi delle acque pubbliche, la fascia di 10 m dal ciglio superiore della scarpata, o del piede esterno della scarpata esterna dell'argine esistente, è soggetta alle previsioni del R.D. 368/1904 e del R.D. 523/1904; l'intervento o il manufatto entro la fascia dovrà essere specificamente autorizzato dalla competente Autorità Idraulica, fermo restando l'obbligo di tenere completamente sgombera da impedimenti una fascia di almeno 4 m. In ogni caso sono assolutamente vietate nuove edificazioni entro la fascia di 10 m, salvo deroghe concesse dall'Ente preposto;
- nella realizzazione di opere pubbliche viarie di qualsiasi tipo dovranno essere

previste ampie scoline laterali a compenso dell'impermeabilizzazione imposta al territorio che dovranno assicurare la continuità del deflusso delle acque fra monte e valle dei rilevati o delle interclusioni; nelle aree esondabili o a ristagno idrico andrà potenziata in modo opportuno la rete di scolo in modo da garantire la sicurezza idraulica;

- negli interventi edilizi o urbanistici in ambito collinare sviluppare la progettazione in modo da garantire il rispetto dei livelli di permeabilità precedenti all'intervento così da aumentare i tempi di corrivazione e diminuire i picchi di piena. Quando possibile è preferibile procedere a modificare il territorio attraverso interventi di ingegneria naturalistica non invasivi e rispettosi dell'assetto idraulico precedente, prevedendo briglie/gabbionate in terra o in legname; negli interventi di sentieristica o di nuova viabilità prevedere modalità costruttive poco invasive con una regimazione delle acque rispettosa dei principi sopra esposti;
- eventuali interventi edilizi, urbanistici o di viabilità in ambito collinare dovranno tenere conto dei fenomeni di movimenti franosi e dissesto idrogeologico condizioni che possono venir aggravate da precipitazioni intense e da fenomeni tellurici (il Comune di Mussolente è, infatti, collocato in zona sismica);
- nella realizzazione di nuovi interventi edilizi l'acqua meteorica defluente dalle coperture potrà essere smaltita direttamente negli strati superficiali del sottosuolo, attraverso pozzi perdenti o tubazioni drenanti, ma una parte di questa andrà accumulata in opportuni dispositivi e utilizzata per usi domestici non potabili (impianti tecnologici, giardini, orti, ecc.);
- le acque meteoriche possono essere condotte al sistema di smaltimento superficiale quali fossati o corsi d'acqua o disperse per infiltrazione; occorre comunque l'obbligo, prima di rilasciarle nell'ambiente, di trattare tutte le acque di pioggia che possono essere state contaminate da inquinanti;
- non sono ammesse in qualunque caso fognature miste; la fognatura di tipo separato prevederà opportuni trattamenti per le acque di precipitazione.

Vengono di seguito indicati i volumi minimi da invasare in corrispondenza delle nuove aree di espansione:

- 550 m^3/hm^2 per aree a destinazione produttiva (coefficiente di deflusso di progetto pari a 0,9);
- 400 m^3/hm^2 per aree a destinazione residenziale ed a servizi (coefficiente di deflusso di progetto pari a 0,5).

Qualora si preveda l'impiego di pozzi perdenti per la gestione e lo smaltimento delle acque meteoriche, si indica il numero minimo di pozzi da realizzare nell'ipotesi che la falda freatica sia profonda rispetto al piano di posa del pozzo e che la permeabilità minima del terreno nel quale verrà realizzato il pozzo sia almeno di $2x10^{-4}$ m/s. La seguente tabella riporta il numero di pozzi perdenti (del diametro pari a 1,25 m ed altezza minima utile di 4,0 m) relativamente ad un'area di superficie pari a 1000 m^2 in funzione del coefficiente di deflusso di progetto:

Coefficiente di deflusso dell'area	**Numero pozzi perdenti** (D=1,25 m Hmin = 4, 0 m)
0,20	1
0,40	2
0,65	3
0,85	4

Tabella 16 – Numero di pozzi perdenti necessari per un'area di 1000 m^2.

Si ritiene opportuno precisare che qualora le ipotesi assunte non siano rispettate, o si desiderasse applicare soluzioni differenti, queste andranno motivate analiticamente.

Si rimanda, nelle zone caratterizzate da problemi di esondazione e/o di ristagno idrico al Piano degli Interventi che dovrà provvedere alla realizzazione di studi idraulici più approfonditi.

12) SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

Esistono molti dispositivi differenti che possono essere impiegati in 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:

1. caratteristiche d'uso del suolo;
2. caratteristiche del terreno;
3. caratteristiche qualitative e quantitative richieste;
4. caratteristiche estetiche ed ecologiche richieste.

Questo permetterà di poter selezionare già nelle prime fasi progettuali i componenti che meglio si adatteranno, di volta in volta, come elementi di prevenzione, di trasporto, e di eventuale pre-trattamento.

12.1 Caratteristiche di uso del suolo

La destinazione d'uso del suolo in una determinata zona urbana risulta tra i fattori determinanti nella scelta dei dispositivi. Infatti in funzione dell'uso del suolo può essere o meno necessario un trattamento delle acque raccolte prima di rilasciarle nell'ambiente. Per le aree residenziali a bassa densità non è quindi necessario che vengano applicati trattamenti.

Per le aree residenziali a media ed ad alta densità può essere necessario il trattamento delle acque di prima pioggia in relazione alla sensibilità del recapito finale.

Per le strade il criterio di progettazione di sistemi di drenaggio dipenderà dalla sensibilità del recapito dell'acqua e dal traffico (quantità e tipi di veicoli). Se il sito non è particolarmente sensibile e la strada è a basso traffico (es. strade residenziali) non risultano necessari trattamenti di prima pioggia. Dove invece il traffico è elevato, viene richiesta una specifica valutazione per determinare i tipi di trattamento richiesti.

Come riportato negli schemi di raccolta delle acque meteoriche (vedi figure 19 e 20) sarà indispensabile raccogliere le acque di piazzali di zone produttive. Si sottolinea che

date le condizioni idrogeologiche di questa zona (falda in terreni permeabili senza protezione naturale) va considerata a rischio di particolari fenomeni di inquinamento.

12.2 Caratteristiche del terreno

Le caratteristiche del terreno possono restringere o precludere l'uso di particolari dispositivi di drenaggio. Le caratteristiche del sito che possono influenzare la selezione dei dispositivi sono discusse e rappresentate nella seguente tabella.

Caratteristiche del terreno	Caratteristiche del sistema di drenaggio necessario
Tipologia del sottosuolo	La funzione dei differenti dispositivi è molto dipendente dalla litologia del substrato. Molti terreni permeabili possono accrescere alcuni dei processi, ma possono impedirne altri (es. stagni e zone umide) impedendo la ritenzione e la formazione di piscine d'acqua a meno che non si provveda a rendere il terreno impermeabile con l'utilizzo di guaine impermeabili.
Distanza minima richiesta dalla falda acquifera	Dispositivi per l'infiltrazione andranno posizionati ad una idonea altezza dalla falda affinchè il sistema possa operare con efficienza durante precipitazioni eccezionali evitando il rischio di allagamento del sistema di drenaggio dovuto alla saturazione della falda.
Disponibilità di spazi	Alcune tecniche richiedono la necessità di occupare più spazio di altre, sebbene questo non sia necessariamente un impedimento. In zone ad alta densità, ma anche in tutte le zone di sviluppo urbano dove siano presenti ampie zone aperte e campi gioco, si possono usare queste zone per la gestione di eventi estremi.

Tabella 17 – Tipo di drenaggio in funzione del terreno.

La norma (allegato A alla D.G.R. 2948 del 06 ottobre 2009) afferma che in caso di terreni ad elevata capacità di accettazione delle piogge (coefficiente di filtrazione maggiore di 10^{-3} m/s e frazione limosa inferiore al 5%), in presenza di falda freatica sufficientemente profonda e di regola in caso di piccole superfici impermeabilizzate, è possibile realizzare sistemi di infiltrazione facilitata in cui convogliare i deflussi in eccesso prodotti dall'impermeabilizzazione. Qualora si voglia aumentare la percentuale di portata attribuita all'infiltrazione, fino ad una incidenza massima del 75%, il progettista dovrà documentare, attraverso appositi elaborati progettuali e calcoli idraulici, la funzionalità del sistema a smaltire gli eccessi di portata prodotti dalle superfici impermeabilizzate rispetto alle condizioni antecedenti la trasformazione, almeno per un tempo di ritorno di 100 anni nei territori di collina e montagna e di 200 anni nei territori di pianura.

12.3 Caratteristiche qualitative e quantitative richieste

È importante individuare se il dispositivo da realizzare debba soddisfare solo a esigenze di tipo quantitativo ovvero debba svolgere anche una funzione di trattamento delle acque raccolte.

Occorre l'obbligo infatti, prima di rilasciarle nell'ambiente, di trattare tutte le acque di pioggia che possono essere state contaminate da inquinanti; in particolare si fa riferimento ad acque di dilavamento di piazzali o strade caratterizzati da presenza di olii o altre sostanze derivate da lavorazioni o da traffico.

Si dovrà pertanto ricorrere o a disoleatori appositamente predisposti o allo stoccaggio separato della prima parte inquinata della pioggia per poi inviarne il volume accumulato a depurazione mediante il sistema fognario nero.

Sarà quindi indispensabile provvedere ad un nulla osta idraulico ed a uno per lo scarico in fognatura.

Per quanto attiene agli aspetti quantitativi, i dispositivi presenti sul mercato sono di diversa efficacia. I grandi volumi d'acqua infatti sono gestibili soprattutto con stagni ed invasi di grandi dimensioni, i dispositivi più semplici trovano applicazione per gli interventi meno importanti da un punto di vista dimensionale.

12.4 Caratteristiche estetiche ed ecologiche

L'adozione dei dispositivi deve tener conto anche della necessità di accrescere i valori estetici ed ecologici di un'area urbana.

La futura manutenzione e gestione di un sito può influenzare la scelta delle tipologie di dispositivo. Per esempio in un luogo dove sia previsto del personale per la falciatura dell'erba o per altre attività paesaggistiche che si prenderanno cura del luogo regolarmente, potrà essere appropriato l'utilizzo dei vassoi (si tratta di dispositivi formati da zone depresse lineari di vegetazione che raccolgono flussi d'acqua da zone impermeabili). In altri siti, si possono prevedere interventi meno regolari, ma comunque si deve prevedere la manutenzione di bacini d'invaso e zone umide.

La manutenzione a lungo termine del sistema di drenaggio deve essere stabilita già nei primi passi nel processo di progettazione.

Si riportano di seguito alcuni schemi a titolo esemplificativo delle reti di raccolta

delle acque meteoriche per aree a destinazione residenziale e produttiva su terreni di tipo permeabile ed impermeabile ed alcune soluzioni per mitigare l'impatto idraulico delle nuove aree.

Figura 17 – Schema di smaltimento acque meteoriche per aree di modeste dimensioni a destinazione residenziale su terreni permeabili.

Figura 18 – Schemi di smaltimento acque meteoriche per aree di modeste dimensioni a destinazione residenziale su terreni impermeabili.

Figura 19 – Schemi di smaltimento acque meteoriche per aree di modeste dimensioni a destinazione produttiva su terreni impermeabili.

Figura 20 – Schemi di smaltimento acque meteoriche per aree di modeste dimensioni a destinazione produttiva su terreni impermeabili.

Alcuni dei dispositivi che possono essere utilizzati sono riportati nelle seguenti tabelle in cui si evidenziano vantaggi e svantaggi di ogni soluzione atta non solo alla riduzione del rischio idraulico nel rispetto dell'invarianza idraulica ma anche al risparmio idrico. (Descrizione ed immagini tratte dalle Linee Guida di Valutazione di Compatibilità idraulica Commissario delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto)

CISTERNE DI RACCOLTA	**Descrizione**
	L'acqua piovana dai tetti o da superfici impermeabili può essere raccolta in grandi cisterne (o piccole se domestiche) che consentano il suo riutilizzo per usi non potabili. Se propriamente progettate, le cisterne di raccolta possono contribuire ad aiutare a ridurre i rischi idraulici.
	VANTAGGI
	1- facili da installare e utilizzabili nelle ristrutturazioni
	2- consentono un risparmio sul consumo d'acqua
	3- bassi costi di installazione e manutenzione
	SVANTAGGI
	1- poca capacità
	2- rischi di bloccaggio dei sistemi di connessione
	3- necessitano di continue ispezioni per assicurare un effettivo funzionamento.

SUPERFICI PERMEABILI	**Descrizione**
	Sono marciapiedi o parcheggi che permettono alla pioggia di infiltrarsi attraverso la superficie pavimentata in uno strato di raccolta inferiore, dove l'acqua è contenuta prima di essere infiltrata nel terreno, riutilizzata, o rilasciata ad altri dispositivi.
	VANTAGGI
	1- facili inseribile entro spazi aperti
	2- facilita l'infiltrazione ed è agevole da costruire
	3- può essere usato come pretrattamento
	4- bassi costi di realizzazione e manutenzione
	SVANTAGGI
	1- non consigliato per aree scoscese
	2- richiede grandi spazi
	3- non consigliabile dove vi è il rischio di inquinamento delle falde
	4- non significativo per ridurre il deflusso delle acque per eventi particolarmente critici.

GALLERIE DI INFILTRAZIONE	Descrizione
	Riempite con detriti o pietre le trincee infiltranti e filtranti sono scavate in profondità nel terreno e creano superfici per stazionamenti temporanei dell'acqua piovana. Sono dispositivi che consentono la possibilità di ricaricare le falde acquifere preservandone il loro livello.
	VANTAGGI
	1- facili da installare
	2- facilitano la ricarica della falda acquifera
	3- buona riduzione del volume dei flussi da'acqua
	4- buona rimozione dell'inquinamento
	SVANTAGGI
	1- non consigliato per terreni impermeabili
	2- rischi di bloccaggio dei sistemi di connessione
	3- necessitano di continue ispezioni per assicurare un effettiva infiltrazione
	4- non consigliabile in zone in cui sussiste il rischio di inquinamento della falda

CISTERNE SOTTERRANEE	Descrizione
	Sono cisterne sotterranee di forma quadrata o circolare che vengono alloggiate in contenitori di materiale plastico precedentemente inseriti nel terreno oppure ricoperte in terra battuta o in ghiaino. Possono essere collegate tra loro per il drenaggio di vaste aree aumentando la loro efficacia nella riduzione del rischio idraulico.
	VANTAGGI
	1- facili da installare
	2- facilitano la ricarica della falda acquifera
	3- buona riduzione del volume dei flussi da'acqua
	4- buona rimozione dell'inquinamento
	SVANTAGGI
	1- non consigliato per terreni impermeabili
	2- rischi di bloccaggio dei sistemi di connessione
	3- necessitano di continue ispezioni per assicurare un effettiva infiltrazione
	4- non consigliabile in zone in cui sussiste il rischio di inquinamento della falda

BACINI DI INFILTRAZIONE	Descrizione
	Sono superfici depresse di vegetazione studiate per trattenere l'acqua piovana in eccesso e farla infiltrare successivamente nel terreno, facilitando un lento deflusso delle acque durante fenomeni di piogge intense.
	VANTAGGI
	1- buona riduzione dei volumi di deflusso d'acqua
	2- buona riduzione velocità dei flussi d'acqua
	3- buona rimozione dell'inquinamento
	SVANTAGGI
	1- richiede una specifica conoscenza geotecnica
	2- richiede ampi spazi
	3- contribuiscono alla ricarica di falda

BACINI DI DETENZIONE	Descrizione
	I Bacini di detenzione sono superfici progettati per detenere il deflusso delle acque piovane. Normalmente asciutti sebbene possono avere piccole vasche piene tra le insenature e nelle vicinanze dei canali di scolo e possono essere usati per funzioni ricreative.
	VANTAGGI
	1- buona riduzione dei volumi di deflusso d'acqua
	2- ottimi in zone con alte concentrazioni di inquinamento
	3- buona rimozione dell'inquinamento
	4- possono contenere grandi volumi d'acqua
	5- doppio uso del suolo
	SVANTAGGI
	1- richiede una specifica conoscenza geotecnica
	2- richiede ampi spazi
	3- contribuiscono alla ricarica di falda

13) BIBLIOGRAFIA

Da Deppo L., C. Datei, P. Saladin (2000) – *Sistemazione dei corsi d'acqua* – Università degli studi di Padova – Edizioni Libreria Cortina Padova

Da Deppo L., C. Datei (1997) – *Fognature* - Università degli studi di Padova – Edizioni Libreria Cortina Padova

Studio Associato di Ingegneria Idraulica e Ambientale Dott. Ing. Paola Virginia Loro – Dott. Ing. Stefano Bonato - Progetto definitivo esecutivo Lavori di ricalibratura e sistemazione dei corsi d'acqua Brenton – Giaretta ed affluenti nel territorio della Pedemontana del Grappa – *Interventi in comune di Mussolente Vasca di laminazione sul Torrente Giaron* – Luglio 2006

Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta di Cittadella Progetto preliminare – *Cassa di espansione fra i Torrenti Lugana e Trieste in Comune di Mussolente (VI)* –

Dott. Ing. Andrea Mori - Valutazione di Compatibilità Idraulica del P.A.T.I. DIAPASON Comuni di Castelcucco, Crespano del Grappa, Paterno del Grappa, Possano – Marzo 2009.

Dott. Ing. Lisa Carollo – Valutazione di Compatibilità idraulica del P.A.T. di Borso del Grappa- dicembre 2010.

Dr. Geol. Livio Sartor – Relazione geologica Matrice suolo e sottosuolo e compatibilità sismica del P.A.T. del Comune di Mussolente – giugno 2011.

Dott. Ing. Luca Lucchetta – Relazione di compatibilità idraulica del P.A.T. dei Comuni di Fonte e San Zenone degli Ezzelini – 2008.

Piano di Tutela delle Acque – art. 121 Decreto Legislativo del 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale" Norme Tecniche di Attuazione e Allegato A alla Dgr

n. 80 del 27 gennaio 2011.

ARPAV Servizio centro Meteorologico Teolo – Fornitura dati metereologici.

Dott. Ing. Alvise Fiume NORDEST INGEGNERIA S.r.l. – Relazione di compatibilità idraulica del Comune di Castelfranco Veneto- 2008..

Prof. Ing. Vincenzo Bixio – Ufficio di Protezione Civile – Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione dei rischi – Il rischio idraulico – 27 aprile 2001.

PTCP della Provincia di Vicenza – Norme Tecniche e Tavole.

Commissario Delegato per l'emergenza concernente gli eccezionali eventi metereologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto – Valutazione di Compatibilità idraulica – Linee guida – 3 agosto 2009.

Dott. Ing. Marco Battocchio – Verifica di Compatibilità Idraulica del Piano di Lottizzazione Mattarolo a Breganze - 2011.

Dott. Ing. Campana Davide – Manuale del programma di calcolo Pozzi Perdenti e Trincee Drenanti, vers. 2.0.0.0. del 24/05/2010.

Università degli Studi di Trento, Facoltà di Ingegneria, Corso di Sistemazione dei Bacini Idrografici – Sistemazione di un tratto del Fiume Sarca nei pressi del Ponte di Arco – a.a. 1998-1999.

14) ALLEGATI

Calcolo dei volumi con il metodo dell'invaso;

Elenco delle tavole allegate alla presente relazione:

- VCI – Analisi litologica;
- VCI – Analisi geomofologica;
- VCI – Analisi idrogeologica;
- VCI – Aree esondabili e/o a ristagno idrico;
- VCI – Analisi storica aree soggette a rischio idraulico.

ALLEGATI

CALCOLO VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

AREA ESPANSIONE N. 1 **Destinazione: RESIDENZIALE**

Superficie (m2)	**19934,4**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**385,37**	768,21

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**1,99344**	**0,10**	**69,4580**	**0,319132**	**1,954423**	**145,0203**
PROGETTO	**1,99344**	**0,50**	**69,4580**	**0,319132**	**1,954423**	**1541,7539**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	385,37
u (l/s/hm2)	15,61	15,60
Portata Q (l/s)	**31,1**	**31,1**

AREA ESPANSIONE N. 2 **Destinazione: RESIDENZIALE**

Superficie (m2)	**8156**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**384,28**	313,42

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**0,8156**	**0,10**	**69,5005**	**0,318857**	**1,955587**	**144,9533**
PROGETTO	**0,8156**	**0,50**	**69,5005**	**0,318857**	**1,955587**	**1539,5729**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	384,28
u (l/s/hm2)	15,65	15,69
Portata Q (l/s)	**12,8**	**12,8**

CALCOLO VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

AREA ESPANSIONE N. 3 **Destinazione: PRODUTTIVA**

Superficie (m2)	**63954**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,15**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,9**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**518,02**	3312,95

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**6,3954**	**0,15**	**69,2993**	**0,320159**	**1,950081**	**263,7550**
PROGETTO	**6,3954**	**0,90**	**69,2993**	**0,320159**	**1,950081**	**3679,6647**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	518,02
u (l/s/hm2)	54,88	54,88
Portata Q (l/s)	**351,0**	**351,0**

AREA ESPANSIONE N. 4 **Destinazione: RESIDENZIALE**

Superficie (m2)	**20419**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**385,09**	786,32

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**2,0419**	**0,10**	**69,4562**	**0,319143**	**1,954375**	**145,0230**
PROGETTO	**2,0419**	**0,50**	**69,4562**	**0,319143**	**1,954375**	**1541,8438**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	385,09
u (l/s/hm2)	15,61	15,62
Portata Q (l/s)	**31,9**	**31,9**

CALCOLO VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

AREA ESPANSIONE N. 5 **Destinazione: RESIDENZIALE E SERVIZI**

Superficie (m2)	**74584**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**387,14**	2887,45

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**7,4584**	**0,10**	**69,2611**	**0,320407**	**1,949035**	**145,3334**
PROGETTO	**7,4584**	**0,50**	**69,2611**	**0,320407**	**1,949035**	**1551,9508**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	387,14
u (l/s/hm2)	15,43	15,43
Portata Q (l/s)	**115,1**	**115,1**

AREA ESPANSIONE N. 6 **Destinazione: PRODUTTIVA**

Superficie (m2)	**21764**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,15**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,9**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**515,86**	1122,73

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**2,1764**	**0,15**	**69,4514**	**0,319174**	**1,954242**	**263,0896**
PROGETTO	**2,1764**	**0,90**	**69,4514**	**0,319174**	**1,954242**	**3656,4210**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	515,86
u (l/s/hm2)	55,58	55,60
Portata Q (l/s)	**121,0**	**121,0**

CALCOLO VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

AREA ESPANSIONE N. 7 **Destinazione: RESIDENZIALE E SERVIZI**

Superficie (m2)	**114800**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**388,52**	4460,25

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**11,48**	**0,10**	**69,1168**	**0,321345**	**1,945082**	**145,5663**
PROGETTO	**11,48**	**0,50**	**69,1168**	**0,321345**	**1,945082**	**1559,5366**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	388,52
u (l/s/hm2)	15,30	15,30
Portata Q (l/s)	**175,7**	**175,7**

AREA ESPANSIONE N. 8 **Destinazione: RESIDENZIALE**

Superficie (m2)	**18068**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**385,30**	696,16

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**1,8068**	**0,10**	**69,4647**	**0,319088**	**1,954607**	**145,0096**
PROGETTO	**1,8068**	**0,50**	**69,4647**	**0,319088**	**1,954607**	**1541,4079**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	385,30
u (l/s/hm2)	15,62	15,61
Portata Q (l/s)	**28,2**	**28,2**

CALCOLO VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

AREA ESPANSIONE N. 9 **Destinazione: RESIDENZIALE**

Superficie (m2)	**10083**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**384,57**	387,76

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**1,0083**	**0,10**	**69,4936**	**0,318902**	**1,955396**	**144,9642**
PROGETTO	**1,0083**	**0,50**	**69,4936**	**0,318902**	**1,955396**	**1539,9293**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	384,57
u (l/s/hm2)	15,64	15,67
Portata Q (l/s)	**15,8**	**15,8**

AREA ESPANSIONE N. 10 **Destinazione: RESIDENZIALE**

Superficie (m2)	**60300**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**386,72**	2331,92

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**6,03**	**0,10**	**69,3125**	**0,320074**	**1,950441**	**145,2512**
PROGETTO	**6,03**	**0,50**	**69,3125**	**0,320074**	**1,950441**	**1549,2733**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	386,72
u (l/s/hm2)	15,48	15,47
Portata Q (l/s)	**93,3**	**93,3**

CALCOLO VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

AREA ESPANSIONE N. 11 **Destinazione: RESIDENZIALE**

Superficie (m2)	**27594**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**385,54**	1063,87

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**2,7594**	**0,10**	**69,4303**	**0,319311**	**1,953666**	**145,0639**
PROGETTO	**2,7594**	**0,50**	**69,4303**	**0,319311**	**1,953666**	**1543,1754**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	385,54
u (l/s/hm2)	15,59	15,58
Portata Q (l/s)	**43,0**	**43,0**

AREA ESPANSIONE N. 12 **Destinazione: RESIDENZIALE**

Superficie (m2)	**18015**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**385,42**	694,34

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**1,8015**	**0,10**	**69,4649**	**0,319087**	**1,954613**	**145,0093**
PROGETTO	**1,8015**	**0,50**	**69,4649**	**0,319087**	**1,954613**	**1541,3981**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	385,42
u (l/s/hm2)	15,62	15,60
Portata Q (l/s)	**28,1**	**28,1**

CALCOLO VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

AREA ESPANSIONE N. 13 **Destinazione: RESIDENZIALE**

Superficie (m2)	**21452,4**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**385,17**	826,28

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**2,14524**	**0,10**	**69,4525**	**0,319167**	**1,954273**	**145,0289**
PROGETTO	**2,14524**	**0,50**	**69,4525**	**0,319167**	**1,954273**	**1542,0354**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	385,17
u (l/s/hm2)	15,61	15,62
Portata Q (l/s)	**33,5**	**33,5**

AREA ESPANSIONE N. 14 **Destinazione: RESIDENZIALE**

Superficie (m2)	**24168,8**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,1**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,5**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**385,37**	931,39

Coefficienti metodo INVASO						
	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**2,41688**	**0,10**	**69,4427**	**0,319231**	**1,954005**	**145,0444**
PROGETTO	**2,41688**	**0,50**	**69,4427**	**0,319231**	**1,954005**	**1542,5394**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	385,37
u (l/s/hm2)	15,60	15,60
Portata Q (l/s)	**37,7**	**37,7**

CALCOLO VOLUMI CON IL METODO DELL'INVASO

AREA ESPANSIONE N. 15 **Destinazione: PRODUTTIVA**

Superficie (m2)	**13512,8**
Coeff. possibilità pluviometrica a (Tr=50 anni)	**69,53**
Coeff. possibilità pluviometrica n (Tr=50 anni)	**0,239**

Coefficiente di deflusso stato di fatto	**0,15**
Coefficiente di deflusso di progetto	**0,9**

	m3/hm2	**m3**
Volume di invaso stato di fatto (escluso Vs)	0	0,00
Volume di invaso di compenso (scluso Vs)	**515,50**	696,59

Coefficienti metodo INVASO

	sup_tot (hm2)	fit_tot	aa	nn	ee	kc
ST. FATTO	**1,35128**	**0,15**	**69,4812**	**0,318982**	**1,955057**	**262,9601**
PROGETTO	**1,35128**	**0,90**	**69,4812**	**0,318982**	**1,955057**	**3651,9038**

	ST. FATTO	**PROGETTO**
vs (m3/hm2)	40	40
vc (m3/hm2)	0	515,50
u (l/s/hm2)	55,72	55,72
Portata Q (l/s)	**75,3**	**75,3**