

consorzio di bonifica
PIANURA FRIULANA

**PROGETTO GENERALE DI
FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA**

INTERVENTO URGENTE DI PROTEZIONE CIVILE PER LA
REALIZZAZIONE DI OPERE DI LAMINAZIONE DELLE PIENE
DEL TORRENTE LAVIA.
COMUNI DI CAMPOFORMIDO E PASIAN DI PRATO

1d RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

295-297

IL PROGETTISTA

Ing. Massimo Canali

Redazione a cura
Servizio tecnico consorziale

3	-	-	-	-	-
2	Aggiornamento	26-04-2018	-	-	-
1	-	28-04-2016	-	-	-
REV.N°	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

1 PREMESSE

La presente relazione idraulica accompagna i due progetti denominati rispettivamente: *“Intervento urgente di Protezione Civile nel Comune di Campofornido per la mitigazione del rischio di allagamento della S.P. n. 99 e delle vie Udine e 11 Febbraio nell’abitato di Bressa”* e *“Intervento urgente di Protezione Civile nel Comune di Pasian di Prato per il ripristino delle opere di laminazione del torrente Lavia e di protezione della S.P. n. 99”*.

La prima parte dell’elaborato riguarda l’analisi delle piogge per la stazione idrometrica di Udine, presupposto indispensabile per la successiva verifica delle sezioni del Torrente.

Il torrente Lavia si origina in un avvallamento situato nei pressi dell’abitato di Modotto in Comune di Moruzzo e, dopo aver inciso i depositi morenici, riceve in destra nei pressi della chiesa di Martignacco le acque dell’unico affluente degno di nota: il Torrente Volpe; quindi sbocca nella pianura a sud di Martignacco e percorrendola da NO a SE, prosegue attraversando l’abitato di Nogaredo di Prato e lambendo Colloredo di Prato fino a disperdersi, privo di un alveo definito, nelle campagne tra Colloredo di Prato e Bressa.

La caratteristica più importante del Torrente, dal punto di vista idrologico, è la mancanza di un corpo idrico recettore delle portate convogliate. Già un intervento della Protezione Civile, con progetto datato 1998, interveniva in questo senso realizzando una serie di vasche di laminazione con lo scopo di ridurre l’entità e la frequenza degli allagamenti, contenendo le acque in una porzione di territorio ben delimitata e incrementandone la capacità di infiltrazione.

Negli anni, vuoi per la diminuita capacità disperdente del materasso drenante che costituisce il fondo delle predette vasche, vuoi per una maggior frequenza e intensità delle precipitazioni a carattere di rovescio, le acque, dopo aver riempito le vasche, escono verso valle e lungo alcuni fossati e stradine campestri raggiungono in breve tempo il sedime della S.P. n. 99 interrompendone la transitabilità e si dirigono poi, per la naturale pendenza dei terreni, verso l’abitato di Bressa.

L’analisi idrologica e le considerazioni di carattere idraulico qui sotto riportate sono state riprese dal Piano di sistemazione generale del Torrente Lavia, redatto dai Comuni di Martignacco, Moruzzo e Pasian di Prato una decina di anni orsono.

2 ANALISI IDROLOGICA

La conoscenza del regime di un corso d'acqua rappresenta il fondamento indispensabile per qualsiasi intervento sulle sue acque: interventi che possono essere sia di difesa del territorio che di utilizzazione delle risorse che il corso d'acqua offre.

Per porre mano ad un'opera o ad un piano che possa riguardare uno di questi aspetti è necessario possedere il maggior numero possibile di informazioni sulle grandezze di interesse. Fra le grandezze che sono da considerare, trattando di un'opera idraulica, le altezze idrometriche e le portate hanno ovviamente un ruolo primario e spesso a queste grandezze si perviene partendo dalle origini: lo studio delle precipitazioni è dunque il primo passo da compiere.

2.1 ELABORAZIONE STATISTICO – PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI

L'elaborazione dei dati di pioggia è stata eseguita con il metodo statistico – probabilistico di Gumbel allo scopo di determinare i coefficienti dell'equazione di possibilità pluviometrica.

Scopo dell'analisi probabilistica è quello di far corrispondere ad ogni valore di una variabile la probabilità che si verifichi un evento maggiore o uguale a quel valore, ossia di individuare per ogni evento il suo tempo di ritorno, definito come il numero di anni nel quale un determinato evento è mediamente uguagliato o superato. Ovviamente il tempo di ritorno non rappresenta una scadenza fissa per il prodursi di un determinato evento, ma solo l'intervallo di tempo medio del suo verificarsi.

L'introduzione delle distribuzioni probabilistiche è utile perché, mentre per i dati rilevati in passato si può definire la loro frequenza, cioè il numero di volte in cui un evento si è presentato in una serie di manifestazioni, per i dati futuri occorre introdurre il concetto di probabilità, che si può definire come il rapporto tra il numero di casi favorevoli al verificarsi di un certo evento ed il numero dei casi ugualmente possibili. In generale non è lecito identificare la frequenza con la probabilità; e se anche questo si potesse fare, non sarebbero comunque note le frequenze relative a periodi più lunghi di quello esaminato.

E' necessario dunque estendere artificialmente il campo delle osservazioni ricercando una distribuzione di probabilità che si adatti alla serie di osservazioni note. L'analisi probabilistica consente di valutare eventi caratterizzati da tempi di ritorno superiori al numero di anni di osservazione disponibile, sia pure con un'attendibilità che va riducendosi all'aumentare del tempo di ritorno.

Perciò si propone di risalire dalla conoscenza limitata e parziale dei valori assunti in passato da una certa grandezza alla migliore definizione della distribuzione della totalità dei valori che essa può assumere.

Nella elaborazione probabilistica di una grandezza idrologica si considera tale grandezza come una variabile casuale, cioè governata dalla legge del caso e si suppone che la serie dei valori osservati nel passato costituisca un campione estratto dalla popolazione di tale variabile casuale.

Come è noto, si definisce funzione densità di probabilità $p(x)$ quella funzione che moltiplicata per l'ampiezza infinitesima dx , rappresenta la probabilità che si verifichi un valore nell'intervallo $[x, x+dx]$. Tale funzione è legata alla funzione di probabilità $P(x \leq X)$, detta anche probabilità cumulata di non superamento, secondo la relazione:

$$P(x \leq X) = \int_{-\infty}^x p(x) \cdot dx$$

Poiché la probabilità che la variabile x assuma un qualsiasi valore compreso tra $-\infty$ e $+\infty$ è uguale a uno (evento certo) si ha:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} p(x) \cdot dx = 1$$

Essendo $P(x \leq X)$ la probabilità cumulata di non superamento e $P(x > X)$ la probabilità cumulata di superamento, ed indicato con T_r il tempo di ritorno si può scrivere:

$$P(x \leq X) = 1 - P(x > X) = 1 - \frac{1}{T_r} = \frac{T_r - 1}{T_r}$$

Si ricorda, infatti, che T_r è definito come il numero di anni per cui un determinato evento è uguagliato o superato e perciò risulta:

$$T_r = \frac{1}{P(x > X)}$$

Ogni campione della popolazione da studiare è costituito dai massimi valori annuali di precipitazione efficace per ogni durata.

Nel presente studio la distribuzione di probabilità utilizzata è la distribuzione dei valori estremi di Gumbel.

Metodo di Gumbel

Mediante il metodo di Gumbel viene effettuata la ricerca di una retta di regressione con il metodo dei minimi quadrati.

Alle precipitazioni massime di data durata, può applicarsi la seguente descrizione statistica:

$$X(T_r) = \bar{X} - \frac{S_x}{S_N} \cdot \bar{Y}_N + \frac{S_x}{S_N} \cdot Y(T_r)$$

essendo:

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

\bar{X} il valore medio degli eventi considerati;

S_x scarto quadratico medio della variabile in esame;

\bar{Y}_N media della variabile ridotta (dipende esclusivamente dal numero di dati del campione);

S_N scarto quadratico medio della variabile ridotta (dipende esclusivamente dal numero di dati del campione);

$\bar{X} - \frac{S_x}{S_N} \cdot \bar{Y}_N$ =moda : rappresenta il valore con massima frequenza probabile;

$\frac{S_x}{S_N}$ =alpha

La funzione $Y(T_r)$ è legata al tempo di ritorno T_r dalla relazione:

$$Y(T_r) = -\ln\left(-\ln\frac{T_r-1}{T_r}\right)$$

Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica

Le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica sono state definite con l'intento di fornire un legame fra altezza e tempo di pioggia, con lo scopo di riuscire a calcolare le portate di deflusso. La relazione è la seguente:

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

dove h è espresso in mm e t in ore.

L'equazione riscritta in forma logaritmica diventa:

$$\log h = \log a + n \cdot \log t$$

Tale equazione offre il vantaggio, rispetto alla precedente, di rappresentare una retta nelle variabili $\log h$ e $\log t$, per cui in un diagramma bilogarithmico è immediata la determinazione delle costanti a ed n .

Per il tracciamento delle rette $y = a \cdot x + b$ che meglio approssimano i valori progettuali, utilizziamo il metodo dei minimi quadrati.

Elaborazione delle precipitazioni per la stazione di Udine

Per ricostruire l'equazione di possibilità pluviometrica necessaria al caso specifico si è presa in considerazione la serie di precipitazioni raccolta per la vicina stazione di Udine (serie che riguarda gli anni dal 1923 al 1993 con qualche anno mancante) visto che il bacino del Lavia non è dotato di stazioni pluviometriche.

Serie storica dei dati di pioggia

anno	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1923					46,5
1924					72,1
1925					75,9
1926					84,8
1927	30				108,4
1928	10	36	51	58	60
1929					62,2
1930					68,6
1931					51,4
1932	29,6	45,2	53,6	85,4	102,4
1933					
1934					
1935	35,4	58,8	74,8	77,6	94,4
1936	39,2	48	60	69,4	91,8
1937	47	61	71	71,6	106,6
1938	45,6	58,6	60,4	60,4	64,4
1939	55,6	57,4	61,4	66,4	70,8
1940	59,2	73	77,6	96,6	162,4
1941	24	35	49,4	58	67,2
1942	75	130	148	179,8	185
1943					
1944					
1945					
1946					
1947	29,4	34	48,2	60,6	66
1948	25	42,8	48,2	53,6	72
1949	23	44	68	101	121,6
1950	27,6	48,4	49,4	49,4	54
1951	44	51	58	88,6	111,6
1952	32,4	45,8	69,4	88	133,8
1953	63,2	113,4	160	184	193,6
1954	51,8	52,8	53	53	57,2
1955	27	42,8	45,4	63	65,8
1956	39	46,8	56,8	76,4	96,2
1957	37,2	38,2	45	46,2	46,2
1958	45,4	62,4	80,6	88,4	108,2
1959	32	48,4	54	77	129
1960	27,2	47,8	67,4	115,8	126,2

1961	42	57,4	64	89,8	106
1962	19,4	26,2	45	65,4	72,2
1963	34	54,4	65	65,6	73
1964	35,8	39,2	47,4	52,8	88,4
1965	39,6	106	120,4	168,8	259
1966	51,6	68,2	94	121,2	150,6
1967	36,4	49,6	52,4	99,8	101
1968	30,2	35,2	64,4	95,2	114,2
1969	24,4	52	73,8	80,4	91,6
1970	30,8	33	35,2	46,6	62,6
1971	47,2	101,4	137	158,2	174,2
1972	36,2	67,8	95,2	109,2	120,6
1973	25	30	40,2	62,4	70
1974	21,2	27,8	37,8	41	51,4
1975	32,4	53,2	57,8	72,4	98,2
1976	29,6	49,4	51,2	71,6	89
1977	62,6	85,2	85,4	85,4	87,6
1978	26,2	40,2	40,4	49,6	82,2
1979	29	52,2	78	78	111,4
1980	38,6	64	84,6	103,6	106,2
1981	41,4	77	100,6	111,8	112,4
1982	23,6	33,4	62,2	94	142,8
1983	20,2	36,2	58,2	70,4	85,4
1984	33,6	42,8	47,4	69,4	98,6
1985	47,2	52,2	60	68,4	73,8
1986	31,8	50,6	68,8	73	94,3
1987	69,2	75,6	85,6	101,8	103,4
1988	38,4	59,4	69,4	70	79,2
1989	25,2	47,8	48,8	56,2	74,6
1990	26,2	32,8	40,2	62,2	80,8
1991	27,8	42,4	55,8	58,8	64,4
1992	24	37,8	45,4	48,4	66,2
1993	30,4	49,2	60,2	70,6	116,4

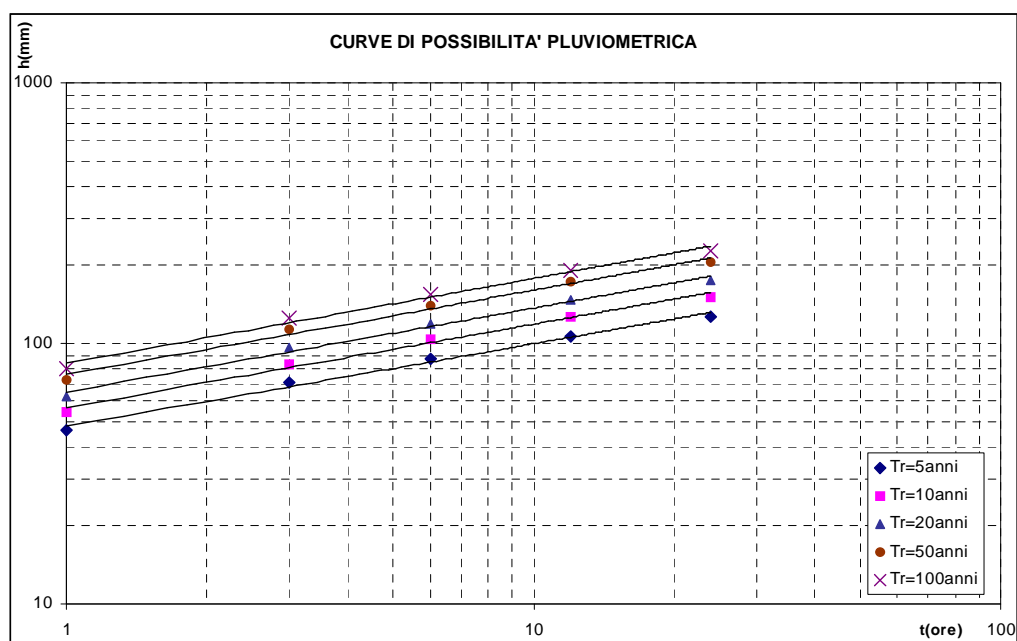
I valori estremi per i tempi di ritorno considerati sono riportati di seguito:

	1h	3h	6h	12h	24h
h(Tr=5)	46,375	70,291	87,136	106,903	126,886
h(Tr=10)	54,611	83,548	103,570	127,068	151,157
h(Tr=20)	67,055	103,580	128,402	157,538	187,830
h(Tr=50)	72,737	112,725	139,737	171,448	204,572
h(Tr=100)	80,399	125,059	155,028	190,210	227,153

Disponiamo ora delle altezze di pioggia di interesse progettuale: in base ad esse si costruiscono le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica.

I parametri significativi a ed n associati a diversi tempi di ritorno sono riportati di seguito:

Tr	a	n
5	48,0572	0,3168
10	56,7316	0,3200
20	65,0519	0,3223
50	75,8212	0,3244
100	83,8911	0,3257



Il tempo di ritorno considerato per la progettazione degli interventi è di 100 anni, così come anche espressamente richiesto dalla committenza: scelta comunque giustificata dall'esigenza di assicurare funzionalità e adeguatezza della rete alla raccolta delle acque dei relativi bacini.

3 INDIVIDUAZIONE DEL BACINO E CALCOLO DELLE PORTATE

Per quanto concerne il regime idraulico, va detto che il T. Lavia è un corso d'acqua a carattere temporaneo e il suo alveo si riempie repentinamente di acqua solo in concomitanza di eventi caratterizzati da precipitazioni intense o persistenti. Nel caso di precipitazioni di modesta entità le acque si disperdono, più o meno rapidamente, drenate dal fondo dell'alveo senza interessarne il tratto terminale. La parte alta del bacino raccoglie le acque della zona collinare compresa tra Moruzzo e S. Margherita, che è quella che contribuisce interamente al

formarsi della portata, poiché l'apporto idrico derivante dalla pianura è modestissimo anche per il carattere pensile del torrente in alcuni tratti.

Il valore del tempo di corrivazione caratteristico del bacino idrografico in esame, definito come il tempo impiegato da una singola particella d'acqua a percorrere l'intero bacino, dal suo punto idraulicamente più lontano sino alla sezione di chiusura, è stato determinato con la formulazione del Giandotti, di seguito riportata:

$$\tau_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H - Z}}$$

dove:

S estensione del bacino in km²;

L lunghezza dell'asta principale del corso in km;

H altitudine media del bacino imbrifero sotteso in m s.m.m.;

Z la quota della sezione considerata in m s.m.m..

	Saff(km²)	L(km)	Hmed	Hchius	Tc(h)
Lavia alla confluenza con il Volpe	3,547	3,35	194	138	2,1

Le portate sono state calcolate con il metodo razionale, che mette in relazione la portata liquida con le caratteristiche dell'evento pluviometrico associato ad un tempo di ritorno Tr e del bacino idrografico sotteso dalla sezione di chiusura considerata (sua estensione e lunghezza, sua forma, pendenze, natura dei terreni). Si prescinde invece dalla capacità di invaso della rete scolante.

Il metodo, largamente utilizzato, si basa sulle seguenti ipotesi fondamentali:

- la precipitazione critica è quella che ha durata pari al tempo di corrivazione Tc;
- la pioggia si suppone che cada con intensità costante sull'intero bacino

Sotto tali ipotesi la portata è ottenibile attraverso la seguente formulazione :

$$Q(Tr) = \frac{1}{3,6} \cdot \phi \cdot S \cdot \frac{h}{Tc}$$

in cui:

S superficie scolante (km²)

φ coefficiente di afflusso alla rete

Tc tempo di corrivazione (h)

h altezza di precipitazione ragguagliata alla superficie scolante di durata pari al tempo di corrivazione (mm)

Qualora si assuma un modello di assorbimento crescente con l'altezza di pioggia (Fantoli) e riferito ad una pioggia "standard" di 1 ora avente intensità pari a 45 mm/h (scala di Frühling), è possibile quantificare il coefficiente di afflusso attraverso la:

$$\phi = C_F \cdot \left(\frac{a}{45} \right)^{1/3} \cdot T_C^{n/3}$$

Nel caso in esame si è ritenuto di caratterizzare il bacino attraverso un valore CF = 0,35 compromesso tra valori più bassi attribuibili a comprensori agricoli e il maggior effetto creato dall'acclività del terreno.

Per Tr = 50 anni l'equazione di possibilità pluviometrica (cfr. cap.2) risulta:

$$h = 75,821 \cdot t^{0,324}$$

	Saff(km ²)	Tc(h)	h	φ	Q(mc/s)
Lavia alla confluenza con il Volpe	3,547	2,1	96,45	0,46	20,82

Tenuto conto che il Comune di Martignacco ha realizzato un intervento che decapita in maniera sensibile la massima portata che può interessare il torrente Volpe, tale cioè che nella tratta valliva non defluiscano più di 3,5 mc/s, la portata complessiva dei due bacini nella situazione più gravosa può ragionevolmente essere determinata dalla somma delle portate:

$$Q = 20,82 + 3,5 \cong 24,32 \text{ mc/s} .$$

4 VERIFICHE IDRAULICHE PRECEDENTI

4.1 GENERALITÀ

Nello studio idraulico redatto nel 2005 dagli ingg. G. Guaran, P. Lena e M. Visentin, per conto dei comuni di Moruzzo, Martignacco e Pesian di Prato, esteso a tutta l'asta del torrente, si è proceduto al rilievo di una serie di sezioni dello stato di fatto, per un'analisi dettagliata delle problematiche interessanti l'intero bacino del Lavia. Le verifiche idrauliche di tali sezioni, assieme a ripetuti sopralluoghi lungo tutto il corso d'acqua, hanno portato alle seguenti considerazioni di carattere idraulico:

- la verifica con la portata di 26,50 mc/s, che corrisponde alla situazione conseguente ai lavori di derivazione della portata del Volpe, è compatibile, pur in situazioni critiche per il corso d'acqua, con le sezioni della parte alta (Martignacco e Nogaredo), ma non con quelle della parte valliva;
- si riscontra d'altro canto che nella parte di valle non si registrano esondazioni rilevanti, se non modesti sormonti arginali;
- si è quindi inserita, a seguito di riscontri superlocali e dopo aver sentito i proprietari agricoli, *una riduzione graduale delle portate*, che passano da 24 a circa 16,50 mc/s, per tener conto dei volumi che sfiorano attraverso i guadi ubicati a valle di Nogaredo e che interessano l'area di naturale esondazione.

Lo studio idrologico e le verifiche idrauliche predette hanno altresì individuato che uno dei problemi principali, relativamente al deflusso in condizioni di piena, è **l'assenza di un ricettore finale al termine dell'asta del torrente, il che comporta lo smaltimento delle portate in arrivo solamente attraverso l'infiltrazione nel suolo.**

Individuate le principali problematiche, sono state ipotizzate diverse proposte di interventi di sistemazione idraulica volte alla riduzione del rischio di esondazioni che possano interessare aree insediate o infrastrutture di una certa importanza quali la S.P. n.99.

Il sistema dei guadi

La portata di massima piena calcolata a Martignacco è di mc/sec 26,5 mentre, in buona parte dell'alveo da Nogaredo in giù sino a Colloredo, le sezioni attuali non sono in grado di far defluire portate superiori a mc/sec 16-17.

La spiegazione di tale situazione, apparentemente anomala, è dovuta all'esistenza di un sistema di sfiori naturali che riguarda una vasta area posta a valle di Nogaredo, ove si verificano delle tracimazioni dall'alveo attraverso i numerosi guadi esistenti, che presentano quote leggermente inferiori alle sommità arginali.

L'acqua si espande nella campagna senza un percorso preferenziale e, pur creando alcuni problemi alle attività agricole interessate, non risulta comunque aver mai creato danni ad abitazioni ed ha il pregio di rendere compatibile la portata del torrente con la capacità di deflusso delle sezioni più a valle.-

Va ricordato che in questa area (evidenziata in colore azzurro nella planimetria allegata) sono presenti dei precisi vincoli di natura urbanistica, per la presenza di un Parco Regionale (biotopo "Prati del beato Bertrando"), che non consentono interventi che vadano a

modificare il paesaggio ed il tessuto agrario.-

4.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE INDIVIDUATE NELLO STUDIO

Di seguito si descrivono gli interventi che erano stati previsti, in termini di fattibilità, al termine dell'asta del torrente Lavia in prossimità del confine tra i Comuni di Campoformido e Pesian di Prato. Tali interventi andavano ad integrare i due bacini di laminazione realizzati dal Comune di Pesian di Prato i quali, come già evidenziato in sede di progetto originario, a causa delle limitatezza delle aree rese disponibili, *non risultano sufficienti ad evitare allagamenti a valle nel caso di eventi meteorici di un certo rilievo*. Nel progetto di tali bacini infatti, era già stata individuata la necessità di un contenimento dei deflussi a valle delle vasche al fine di evitare interferenze con la viabilità in quanto la sensibile pendenza della campagna, e la presenza di incisioni entro cui si concentrano le acque, favoriscono un rapido deflusso verso la Strada Provinciale n. 99 di Basiliano.

Gli interventi che erano stati previsti consistevano in:

- manutenzione delle vasche esistenti, per incrementare la quantità d'acqua infiltrata attraverso il fondo e le sponde. Tale intervento non deve essere sporadico, ma va inserito in piano di **manutenzione programmata** da attuarsi dal Comune o da soggetti delegati con frequenza almeno annuale o comunque in funzione del numero di eventi meteorici che vanno ad interessare le vasche
- realizzazione, su di un area di notevole estensione posta a valle dei bacini, di un **sistema di arginelli di modesta altezza**, tali da rendere disponibile una consistente capacità di invaso temporaneo, pur con tiranti idrici molto contenuti.

La rilevante superficie di terreni agricoli che sarà temporaneamente allagata garantirà, inoltre nel suo complesso, una elevata capacità di infiltrazione utile per contenere al massimo il tempo di permanenza dell'acqua sul terreno.

Infatti è importante che il sistema riacquisti prontamente le risorse in termini di invaso, per poter fronteggiare un eventuale secondo colmo o comunque una serie di scrosci ripetuti in un ristretto intervallo temporale.

La zona allagabile a valle delle vasche, perimetrata con le arginature di progetto, eviterà il ruscellamento incontrollato delle acque sulla campagna favorendo una distribuzione il più possibile regolare sulla massima estensione disponibile evitando concentrazioni verso le naturali depressioni ed incisioni della superficie del terreno.

La zona individuata per lo smaltimento dei deflussi si estendeva in parte a monte della strada provinciale S.P. 99 di Basiliano, ed in parte nell'area compresa tra quest'ultima ed il tracciato della linea ferroviaria Udine-Venezia.

In fregio ai bacini di laminazione già realizzati in comune di Pasian di Prato era stata individuata un'area nella quale realizzare due bacini analoghi agli esistenti, per incrementarne sensibilmente sia il volume invasabile che la superficie utile per favorire l'infiltrazione di una frazione degli afflussi.

Il notevole incremento dei volumi invasabili risultava necessario per ottenere una efficace laminazione delle portate uscenti dai bacini riducendo la portata massima e dilatando l'intervallo di tempo nel quale si sviluppano i deflussi per renderne possibile l'infiltrazione senza inconvenienti nel sistema da predisporre a valle dei bacini.

La superficie utile netta delle vasche di laminazione, nella configurazione ampliata come previsto nel predetto studio, era stata stimata, tenendo conto forfettariamente delle tare, in circa 60.000 m², cui si aggiungono altri 11.500 m² dell'area a Prato, in fregio alla prima vasca, nella quale è già prevista l'espansione dell'invaso nel caso di eventi di un certo rilievo.

Nell'ipotesi che il massimo tirante idrico nei bacini principali sia pari mediamente a 3 m, si ricava un volume massimo teorico di invaso dell'ordine dei 180.000 m³.

Nelle campagne poste a valle dei bacini di laminazione si prevedeva la costruzione di un sistema di opere di contenimento di modesta altezza (arginelli), progettate opportunamente per confinare le acque, defluenti dopo la laminazione, in una vasta area dove si realizzerà lo smaltimento per infiltrazione nel suolo.

Tale area è delimitata ad Est dalla zona dei biotopi "Prati del Lavia e del Beato Bertrando", a Sud dalla linea ferroviaria, ad Ovest, nel tratto a monte del campo sportivo di Bressa, dalla relativa strada vicinale e poi più a valle, fino ad un boschetto a lato della ferrovia, da stradine interpoderali.

L'area è inoltre intersecata dalla S.P. 99 di Basiliano e quindi devono essere previste adeguate opere di attraversamento per consentire il deflusso verso valle, eliminando gli inconvenienti degli allagamenti che si verificano attualmente con una certa frequenza, in caso di piena.

Si consigliava altresì che la disposizione degli arginelli fosse attentamente studiata in modo da distribuire i deflussi in maniera il più possibile uniforme su tutta l'area al fine di

contenere l'altezza massima della lama d'acqua ed incrementare la superficie efficace ai fini dell'infiltrazione delle acque nel suolo.

La pianura presenta infatti una pendenza media di circa il 6‰ e quindi è necessario prevedere diversi ordini di arginelli, disposti per quanto possibile secondo le linee di livello in relazione anche ai vincoli derivanti dalla situazione di fatto.

I diversi ordini di arginelli suddivideranno l'area in settori collegati tra loro con scarichi o stramazzi opportunamente posizionati e dimensionati per conseguire gli obiettivi sopra indicati.

5 VERIFICHE IDRAULICHE

Sulla scorta delle indicazioni dello studio sopracitato si è proceduto al dimensionamento del sistema di invaso/smaltimento.

5.1 METODO DI CALCOLO

Il calcolo è stato condotto attraverso l'integrazione dell'equazione dei serbatoi. Nota la portata in ingresso $Q_a(t)$, è stata definita la legge che lega il volume d'invaso all'altezza d'acqua all'interno della vasca $Z(t)$ e la relazione sempre tra l'altezza d'acqua $Z(t)$ e la portata in uscita $Q_c(t)$. Il calcolo è stato svolto mediante un codice in Visual Basic secondo lo schema indicato nel testo "Sistemazione dei corsi d'acqua" di Da Deppo, Datei, Salandin. La portata in ingresso $Q_a(t)$ è stata determinata con il metodo cinematico considerando un tempo di pioggia t_p e l'andamento temporale della stessa è riportato per ciascun tempo di pioggia considerato.

Vista l'esistenza di più vasche in cascata, il modello utilizzato prevede il seguente procedimento:

1. calcolo della vasca di monte utilizzando come portata in ingresso l'idrogramma di piena e come scarico dalla vasca uno stramazzo;
2. successivamente, la curva della portata in uscita dalla vasca di monte è stata utilizzata come curva della portata in ingresso della vasca successiva e così via, fino a raggiungere la vasca finale di recapito, ove, pur essendoci la possibilità di sgrondare ulteriormente a valle, si è ritenuto di fare un calcolo come se nulla dovesse uscire da tale area.

5.2 PARAMETRI UTILIZZATI

Infiltrazione

Per effettuare le necessarie verifiche sulla funzionalità delle opere in progetto si devono valutare alcuni parametri relativi alle caratteristiche dei suoli e definire gli eventi di piena di progetto cui fare riferimento nei calcoli idraulici.

La stima della capacità di infiltrazione da assegnare al suolo è assai difficile in quanto il fenomeno è fortemente influenzato da molti fattori quali lo stato di saturazione, la granulometria e composizione dei terreni, che possono variare, in maniera assai complessa, sia in funzione della posizione che in relazione alla profondità dal piano campagna oltre che del tempo nel caso della saturazione.

E' quindi necessario, per le applicazioni pratiche, effettuare delle stime valide, in condizioni medie, per l'intera superficie coinvolta nel fenomeno; le stime devono essere abbastanza conservative in quanto la presenza di strati di terreno con permeabilità ridotta, anche di modesto spessore, influisce notevolmente sulla capacità di infiltrazione globale specialmente se tali strati si trovano in vicinanza della superficie.

Nel caso dei bacini di laminazione, sul fondo dei quali, con opportuni interventi di manutenzione, va rimosso periodicamente l'accumulo di sedimenti a granulometria fine, è stato assunto un valore medio della conducibilità idraulica del terreno di $1,5 \times 10^{-4}$ m/s, mentre per l'area di smaltimento naturale a valle dei bacini perimetrata da arginelli, è stato assunto prudenzialmente un valore sensibilmente più ridotto pari a $1,5 \times 10^{-5}$ m/s.

Si tratta di valori cui in letteratura tecnica si fanno corrispondere terreni a granulometria fine (sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi ecc.) che possono trovarsi in orizzonti o lenti, in genere di moderato spessore, intercalati alle ghiaie e sabbie prevalenti nel sottosuolo dell'area in esame.

5.3 IDROGRAMMI DI PROGETTO

Come detto precedentemente, la sezione del Lavia a sud dell'abitato di Nogaredo può far transitare una portata massima di 16,5 mc/s, che rappresenta pertanto la portata in ingresso al sistema di laminazione.

Il sistema di laminazione è stato testato con un tempo di pioggia pari a 3,4 e 6,0 ore.

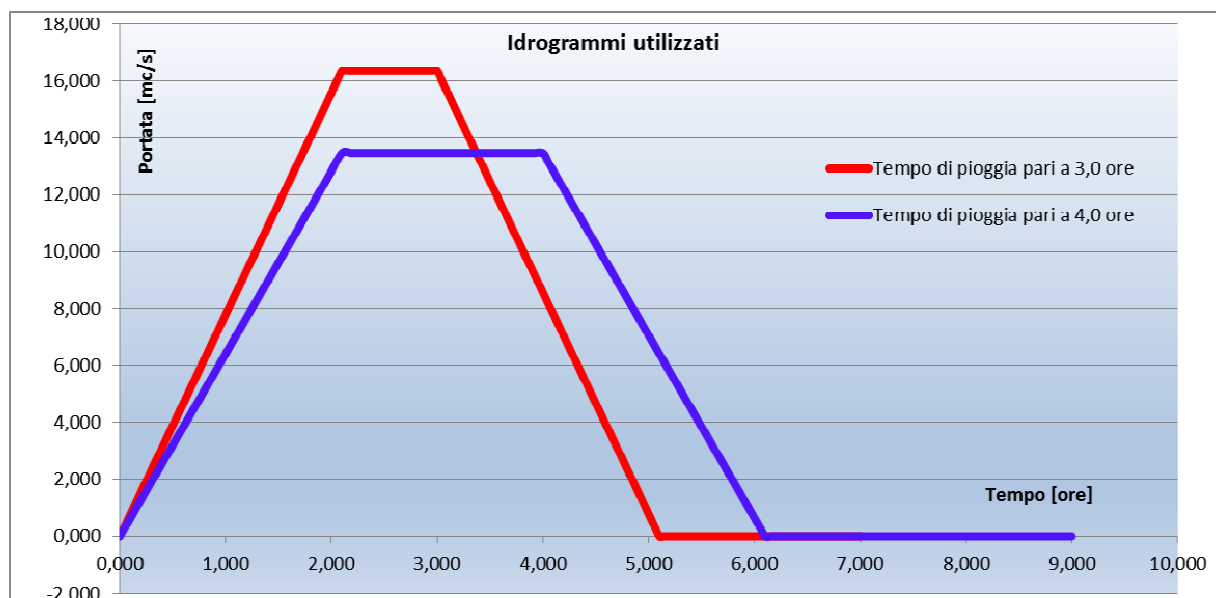
La pioggia avente una durata di 3,4 ore è infatti l'evento piovoso che corrisponde ad una portata calcolata con il metodo razionale pari a 16,66 mc/s. Si è comunque testato il sistema con una pioggia di durata maggiore, pari a 6 ore, in cui il volume di pioggia in arrivo è maggiore, ma la portata inferiore.

$$h = 75,821 \text{ t}^{0,324} \text{ Udine 50 anni}$$

$$\phi = 0,46$$

$$A = 3,547.000 \text{ mq}$$

			t_{corr}	
			ore 3	ore 4
tempo di pioggia	t	ore	3	4
Altezza di pioggia	h	mm	108,24	118,81
Intensità di pioggia	i	mm/h	36,08	29,70
Portata	Q	l/s	16.352	13.462
	Q	mc/s	16,35	13,46
Volume piovuto nell'evento	V	mc	176.602	193.855



5.4 CRITICITÀ EVIDENZIATE

Pendenza del terreno

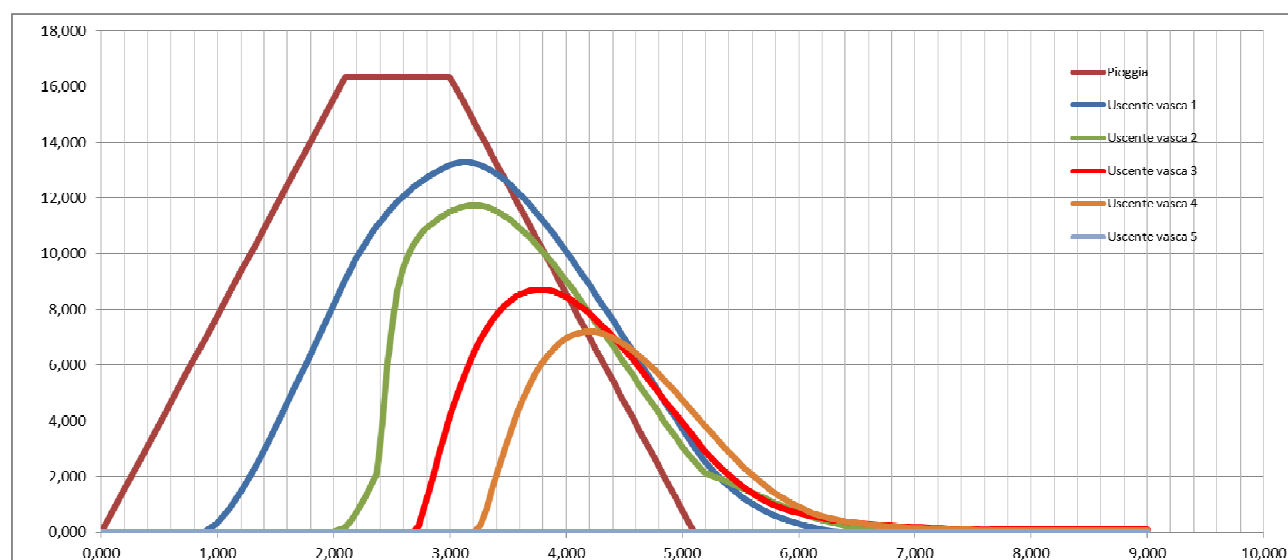
Le vasche di laminazione propriamente dette hanno una superficie di base orizzontale o sub-orizzontale, per poter disperdere al meglio l'acqua nel terreno e sfruttare l'invaso.

Il terreno della campagna posta a valle delle vasche di laminazione è invece naturalmente inclinato verso sud – ovest (con una pendenza del 6,0 ‰ circa). Questa morfologia ha di fatto complicato notevolmente la soluzione del problema, in quanto rende necessario spezzare l'invaso in più settori.

Inoltre, nel calcolo si è dovuto tener conto della pendenza per il calcolo del tirante raggiunto nella vasca, che normalmente si riferisce al piano orizzontale del fondo della vasca.

6 RISULTATI OTTENUTI

6.1 TEMPO DI PIOGGIA PARI A 3,0 ORE



Coefficiente d'infiltrazione=

Vasca 1	m/s	1,50E-04
Vasca 2	m/s	1,50E-04
Vasca 3	m/s	1,50E-04
Vasca 4	m/s	1,50E-05
Vasca 5	m/s	1,50E-05
Vasca 6	m/s	1,50E-05

Scarico

CONDOTTA

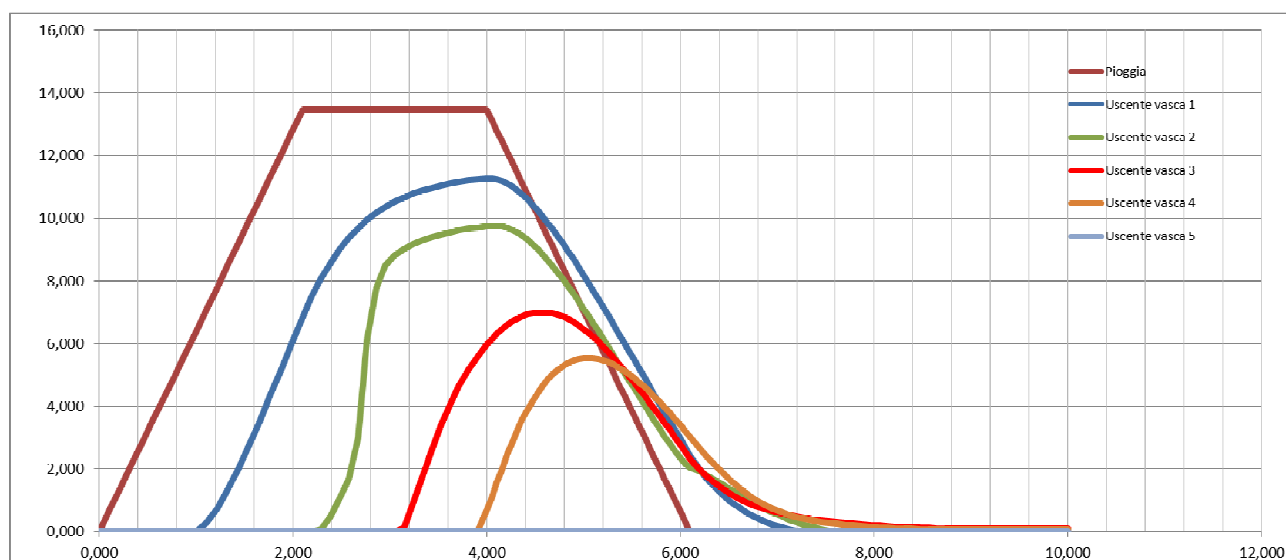
		Vasca 1	Vasca 2	Vasca 3	Vasca 4	Vasca 5
Quota dello sfioro dal fondo	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diametro condotta di sbocco	m/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pendenza condotta di scarico	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
raggio condotta	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
area condotta	mq	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

STRAMAZZO

Quota dello sfioro dal fondo	m	0,73	1,50	0,50	0,50	0,00
Larghezza dello sfioro	m	1,42	1,14	20,00	20,00	0,00
Quota dello sfioro dal fondo	m		2,50			
Larghezza dello sfioro	m		20,00			

		IN ARRIVO	VASCA 1	VASCA 2	VASCA 3	VASCA 4	VASCA 5
Portata massima	[mc/s]	16,35	13,29	11,74	8,70	7,19	0,00
Volume invasato massimo	[mc]		42.092	23.962	22.241	15.006	27.695
Altezza massima raggiunta	[m]		3,71	2,88	0,89	0,84	1,14

6.2 TEMPO DI PIOGGIA PARI A 4,0 ORE



Coefficiente d'infiltrazione=

Vasca 1	m/s	1,50E-04
Vasca 2	m/s	1,50E-04
Vasca 3	m/s	1,50E-04
Vasca 4	m/s	1,50E-05
Vasca 5	m/s	1,50E-05
Vasca 6	m/s	1,50E-05

Scarico

Vasca 1 Vasca 2 Vasca 3 Vasca 4 Vasca 5

CONDOTTA

Quota dello sfioro dal fondo	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diametro condotta di sbocco	m/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pendenza condotta di scarico	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
raggio condotta	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
area condotta	mq	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

STRAMAZZO

Quota dello sfioro dal fondo	m	0,73	1,50	0,50	0,50	0,00
Larghezza dello sfioro	m	1,42	1,14	20,00	20,00	0,00
Quota dello sfioro dal fondo	m		2,50			
Larghezza dello sfioro	m		20,00			

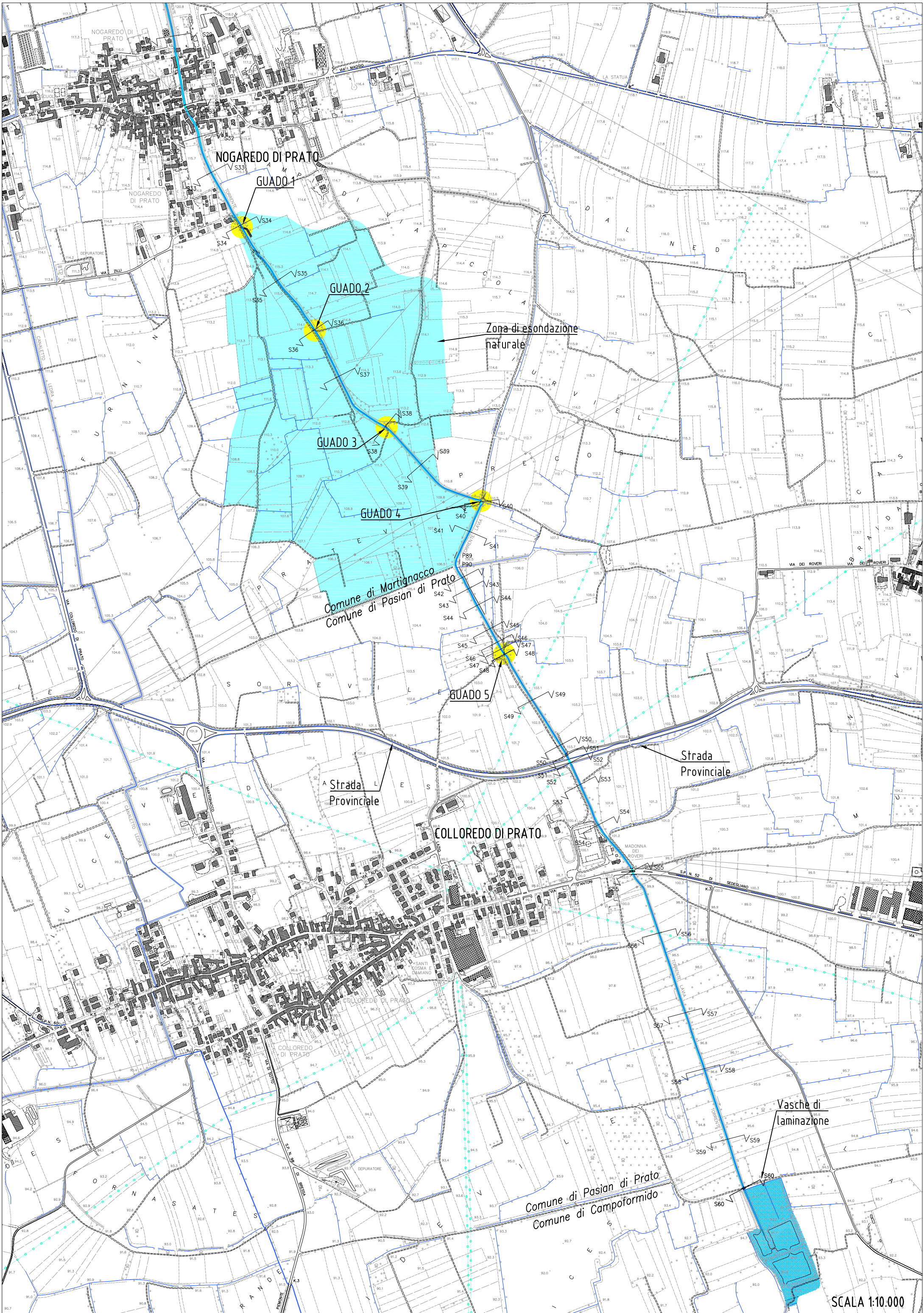
		IN ARRIVO	VASCA 1	VASCA 2	VASCA 3	VASCA 4	VASCA 5
Portata massima	[mc/s]	13,46	11,27	9,74	6,98	5,53	0,00
Volume invasato massimo	[mc]		38.270	23.788	24.294	15.476	20.222
Altezza massima raggiunta	[m]		3,40	2,82	0,83	0,79	0,90

7 CONCLUSIONI

Come evidenziato dalle tabelle e dai grafici precedenti si evince che;

- La laminazione derivante dalle vasche esistenti è modesta (da 16,35 a 11,74 mc/s) e pertanto il sistema di valle è impegnato da portate importanti;
- La portata da far transitare a valle della S.P. n. 99 risulta infatti pari a quasi 6 mc/s suddivisa in due manufatti realizzati con tubazioni da 160 cm di diametro;
- A valle si prevede lo spagliamento delle portate nell'ampia superficie compresa tra la S.P. 99, la ferrovia e l'alveo del Ledrut che protegge l'abitato di Bressa

Udine, li 28 aprile 2016



SCALA 1:10.000