

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
ENTE NAZIONALE AVIAZIONE CIVILE



AEROPORTO "MARCO POLO" DI TESSERA - VENEZIA

Concessionaria del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI



COMMESSA

MP 01 - AREA DI ESPANSIONE

PROGETTO PRELIMINARE

ELABORATO

RELAZIONE IDRAULICA

COMMESSA: CO767 COD. C.d.P.: 5.01

CODICE ELABORATO  
PE - R 01.03 - 00

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE	NOME FILE: -----
0	3/2015	Prima emissione	A.F.	A.G.	G.B.	FILE DI STAMPA:
						SCALA: -

PROGETTAZIONE



SAVE ENGINEERING S.r.l.  
Sede Legale: V.le G. Galilei, 30/1 - 30173 Venezia - Tessera (Italia)  
Uffici: Via A. Ca' Da Mosto, 12/3 - 30173  
telefono: +39/041 260 6191  
telefax: +39/041 2606199  
e-mail: saveeng@veniceairport.it



COMMITTENTE

SAVE S.p.A.  
DIREZIONE OPERATIVA  
R.U.P./R.L.

ing. Corrado Fischer

SAVE S.p.A.  
POST HOLDER  
PROGETTAZIONE

ing. Franco Dal Pos

SAVE S.p.A.  
POST HOLDER  
MANUTENZIONE

ing. Virginio Stramazzone

SAVE S.p.A.  
POST HOLDER  
AREA MOVIMENTO-TERMINAL

sig. Francesco Rocchetto

SAVE S.p.A.  
QUALITÀ AMBIENTE  
E SICUREZZA

ing. Davide Bassano

SAVE S.p.A.  
SAFETY MANAGER

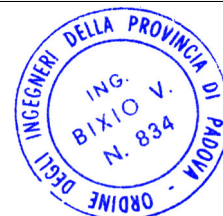
sig. Adriano Andreon

PROGETTAZIONE SPECIALISTICA STRUTTURALE E IDRAULICA: R.T.P. Nordest Ingegneria S.r.l. - G&V Ingegneri Associati

ing. Alberto Giovannini



prof. ing. Vincenzo Bixio





**AEROPORTO DI VENEZIA "MARCO POLO"**  
**INTERVENTO MP01**  
**AREA DI ESPANSIONE NEL BACINO CATTAL**

*PROGETTO PRELIMINARE*

**RELAZIONE IDRAULICA**

1	PREMESSA .....	2
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO .....	4
3	INQUADRAMENTO IDRAULICO .....	5
4	STATO DI FATTO .....	8
5	OPERE IN PROGETTO.....	10
5.1	PREMESSA .....	10
5.2	OPERA DI PRESA DAL COLLETTORE CATTAL ACQUE MEDIE E DOPPIA CONDOTTA SCATOLARE.....	10
5.3	AREA DI ESPANSIONE .....	12
5.4	RESTITUZIONE AL COLLETTORE ACQUE BASSE .....	13
6	ANALISI IDRAULICA E DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE .....	15
6.1	PREMESSA .....	15
6.2	I SOFTWARE DI MODELLAZIONE .....	16
6.2.1	IL SOFTWARE HEC-GeoHMS.....	16
6.2.2	IL SOFTWARE HEC-HMS E LA TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI.....	16
6.2.3	IL SOFTWARE HEC-RAS.....	17
6.3	DATI DI INPUT PER LA MODELLAZIONE.....	19
6.3.1	RILIEVO .....	19
6.3.2	CURVE PLUVIOMETRICHE DI RIFERIMENTO .....	19
6.3.3	IETOGRAMMA DI PROGETTO.....	21

6.4	ANALISI DELLE SIMULAZIONI .....	21
6.4.1	SIMULAZIONI DELLO SCENARIO 0 – CONFIGURAZIONE “PRE-INTERVENTI” .....	22
6.4.2	SIMULAZIONI DELLO SCENARIO 1 – CONFIGURAZIONE AL 2016 .....	23
6.4.3	SIMULAZIONI DELLO SCENARIO 2 – CONFIGURAZIONE AL 2018 .....	24
6.4.4	ANALISI DEI RISULTATI: CONFRONTO TRA CONFIGURAZIONE ANTECEDENTE E SUCCESSIVA ALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....	25
6.4.5	CONCLUSIONI IN MERITO AI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI .....	31
7	VERIFICA GRIGLIA SULL’OPERA DI PRESA .....	31
8	REGOLARIZZAZIONE DELLO SCARICO SUL COLLETTORE ACQUE BASSE .....	33

## 1 PREMESSA

Il presente documento rappresenta la relazione idraulica del progetto preliminare di una cassa di espansione a margine del collettore Cattal Acque Medie, da realizzare a nord dell’aeroporto “Marco Polo” di Venezia e a valle dell’immissione nello stesso collettore Acque Medie del collettore Pagliaghetta, convogliante gran parte degli afflussi meteorici dell’aeroporto al di fuori del medesimo. Lo stesso intervento prevede la realizzazione di un manufatto di presa sul collettore Acque Medie e di una restituzione sul collettore Cattal Acque Basse, a nord dell’area di espansione. Questo consente la creazione di un bacino di laminazione che mitigherà gli afflussi di piena lungo il collettore Acque Medie.

Questo intervento nasce nell’ambito del *Masterplan Idraulico*, le cui risultanze hanno fatto emergere l’esigenza di dotare il sedime aeroportuale di manufatti idraulici che permettano a breve termine di garantire l’invaso di cospicui volumi meteorici, al fine di aumentare la sicurezza idraulica del sedime aeroportuale, vista la prospettiva di realizzazione di nuove urbanizzazioni (già previste nel *Masterplan Aeroportuale*), perseguendo così l’obiettivo di compatibilità idraulica così come stabilito dalla normativa vigente in materia di trasformazione del territorio. Nello specifico, come meglio descritto nei capitoli seguenti, l’intervento garantirà un importante taglio dei picchi di piena, tale da ridurre i massimi livelli idrici all’interno dei collettori di bonifica e quindi anche nei collettori aeroportuali in caso di eventi meteorici di una certa intensità.

Il *Masterplan Idraulico* è stato redatto con l'obiettivo di dare avvio ad un'infrastrutturazione idraulica molto importante per l'Aeroporto, da realizzarsi a fasi diversificate nel tempo in base alle disponibilità economiche e allo sviluppo infrastrutturale generale dello stesso (realizzazione di nuove porzioni di pista, di nuove aree logistiche, di nuovi edifici, di nuovi parcheggi, ecc), che, al suo compimento, garantirà una gestione dei flussi tale da permettere all'aeroporto di raggiungere standard di sicurezza idraulica molto elevati, in quanto sarà definita *l'insula aeroportuale*, ovvero la completa indipendenza della rete di smaltimento delle acque meteoriche del sedime aeroportuale rispetto alla rete di bonifica gestita dal Consorzio Acque Risorgive, grazie alla realizzazione di un collettore scolmatore del Canale Pagliaghetta e di un'idrovora che permetta di sollevarne i flussi meteorici verso le acque lagunari. La gestione dei flussi, una volta ultimate tali opere, potrà anche essere tale da unire la potenzialità di questa idrovora e dei manufatti ad essa connessi con quella delle idrovore consortili, al fine di aumentare la sicurezza idraulica anche a scala di bacino. L'area individuata per la realizzazione dell'intervento in oggetto è interamente di proprietà della Committente SAVE, eccezion fatta per una strada sterrata per l'accesso dalla viabilità pubblica, per il tratto compreso tra il ponte sul collettore Acque Medie e la futura area di laminazione.

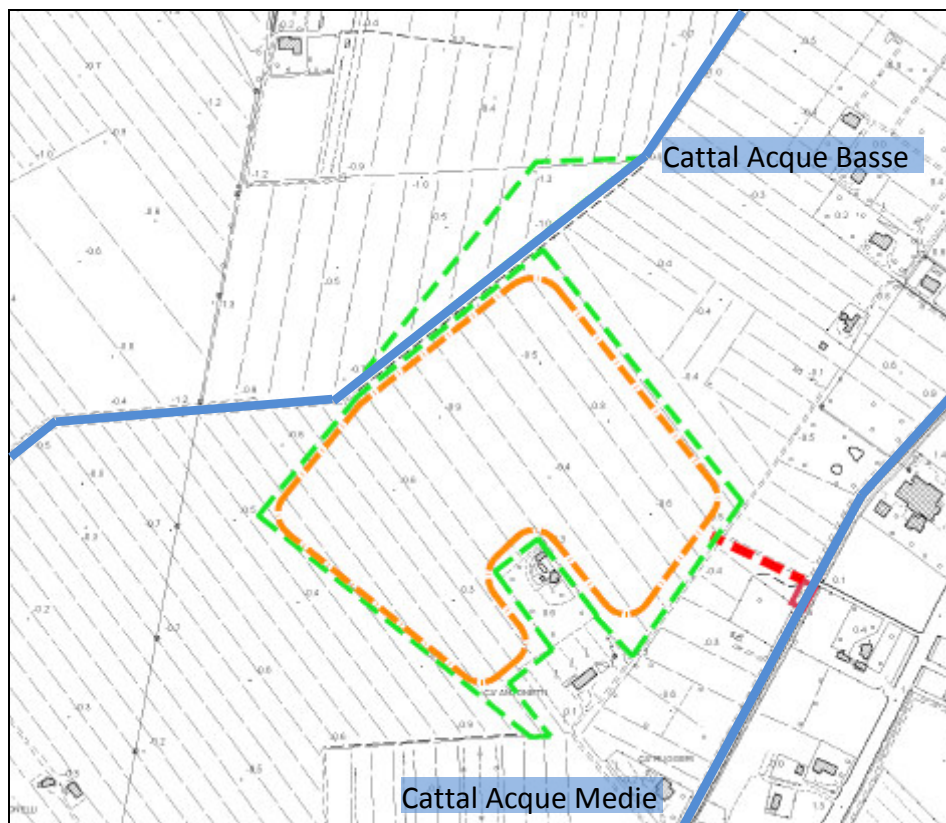


Figura 1 - carta tecnica regionale. In arancione è evidenziato il perimetro dell'area di espansione, in verde le proprietà di SAVE. In rosso sono evidenziate l'opera di presa e il condotto di alimentazione.

## 2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Si elencano di seguito le normative di riferimento per la presente progettazione idraulica:

- D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 – Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.
- **Deliberazioni della Giunta Regionale della Regione Veneto:** "Deliberazione della Giunta Regionale" n. 2948 del 6/10/2009 - L. 3 agosto 1998, n. 267 –Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. Modifica delle delibere n.1322/2006 e n.1841/2007 in attuazione della sentenza del Consiglio di stato n. 304 del 3 Aprile 2009.
- **Ordinanze del Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto**

- ORDINANZA N. 2 DEL 22.01.2008 "O.P.C.M. n. 3621 del 18.10.2007. Interventi urgenti di protezione civile diretti a fronteggiare i danni conseguenti agli eccezionali eventi meteorologici che hanno interessato parte del territorio della Regione Veneto nel giorno 26 settembre 2007". *Disposizioni inerenti l'efficacia dei titoli abilitativi relativi ad interventi edilizi non ancora avviati.*
- ORDINANZA N. 3 DEL 22.01.2008 "O.P.C.M. n. 3621 del 18.10.2007. Interventi urgenti di protezione civile diretti a fronteggiare i danni conseguenti agli eccezionali eventi meteorologici che hanno interessato parte del territorio della Regione Veneto nel giorno 26 settembre 2007". *Disposizioni inerenti il rilascio di titoli abilitativi sotto i profili edilizio ed urbanistico.*
- ORDINANZA N. 4 DEL 22.01.2008 "O.P.C.M. n. 3621 del 18.10.2007. Interventi urgenti di protezione civile diretti a fronteggiare i danni conseguenti agli eccezionali eventi meteorologici che hanno interessato parte del territorio della Regione Veneto nel giorno 26 settembre 2007. *Disposizioni inerenti gli allacciamenti alla rete fognaria pubblica.*
- 9 Aprile 2008 , Protocollo n° 191991 "Primi indirizzi e raccomandazioni per l'applicazione delle ordinanze 2, 3 e 4 del 22.01.2008 in materia di prevenzione del rischio idraulico".
- 11 Agosto 2008, Protocollo n° 418232/58 "Ulteriori precisazioni relative all'applicazione delle Ordinanze del Commissario Delegato n. 2,3 e 4 del 22.01.2008, in materia di prevenzione del rischio idraulico".

### 3 INQUADRAMENTO IDRAULICO

L'opera in oggetto, come riportato già in precedenza, servirà alla mitigazione degli afflussi meteorici di piena afferenti al collettore Cattal Acque Medie, il quale attualmente, per mezzo dell'attraversamento della Strada Statale n.14 "Triestina", riceve lo scarico delle acque del collettore aeroportuale Pagliaghetta. Quest'ultimo costituisce l'asta principale della rete di smaltimento delle portate meteoriche del sedime aeroportuale, raccogliendo 220 ha dei circa 330 ha di estensione totale dell'Aeroporto. Il collettore Acque Medie confluisce nell'idrovora Cattal di Cà Noghera; l'idrovora, gestita dal Consorzio di Bonifica Acque Risorgive, permette il sollevamento delle acque nelle acque del Fiume Dese e quindi della Laguna di Venezia, posta pochi chilometri

più a valle dell'idrovora. Al sistema di sollevamento dell'idrovora consortile convergono i flussi meteorici generati in corrispondenza de:

- la maggior parte del sedime aeroportuale (220ha circa);
- l'intero bacino "Cattal", compreso tra il Fiume Dese (a nord), la tangenziale di Mestre (ad ovest), il Canale Scolmatore confluyente all'idrovora della Bazzera (a sud) e lo stesso plesso aeroportuale (ad est).

L'immagine seguente rappresenta la totalità delle aree scolanti all'interno della rete di bonifica servita dall'Idrovora Cattal. I restanti 110ha di territorio che compongono il sedime aeroportuale sono suddivisi in diversi sottobacini idraulici, ognuno dei quali servito da un'apposita rete di raccolta e smaltimento e avente come recapito finale le acque lagunari: ogni scarico in laguna è presidiato da un impianto di trattamento delle acque meteoriche.

Una volta realizzata l'*insula aeroportuale*, con il conseguente funzionamento autonomo del bacino aeroportuale con lo scarico diretto in laguna delle portate caratterizzate da  $Tr > 20$  anni, l'area di espansione oggetto del presente progetto preliminare, che verrà idraulicamente disconnessa dalla rete idraulica aeroportuale, costituirà un bonus di volume di invaso per i successivi interventi di sviluppo urbanistico dell'aeroporto al di fuori dell'attuale sedime, nel tratto posto a nord della S.S. Triestina.

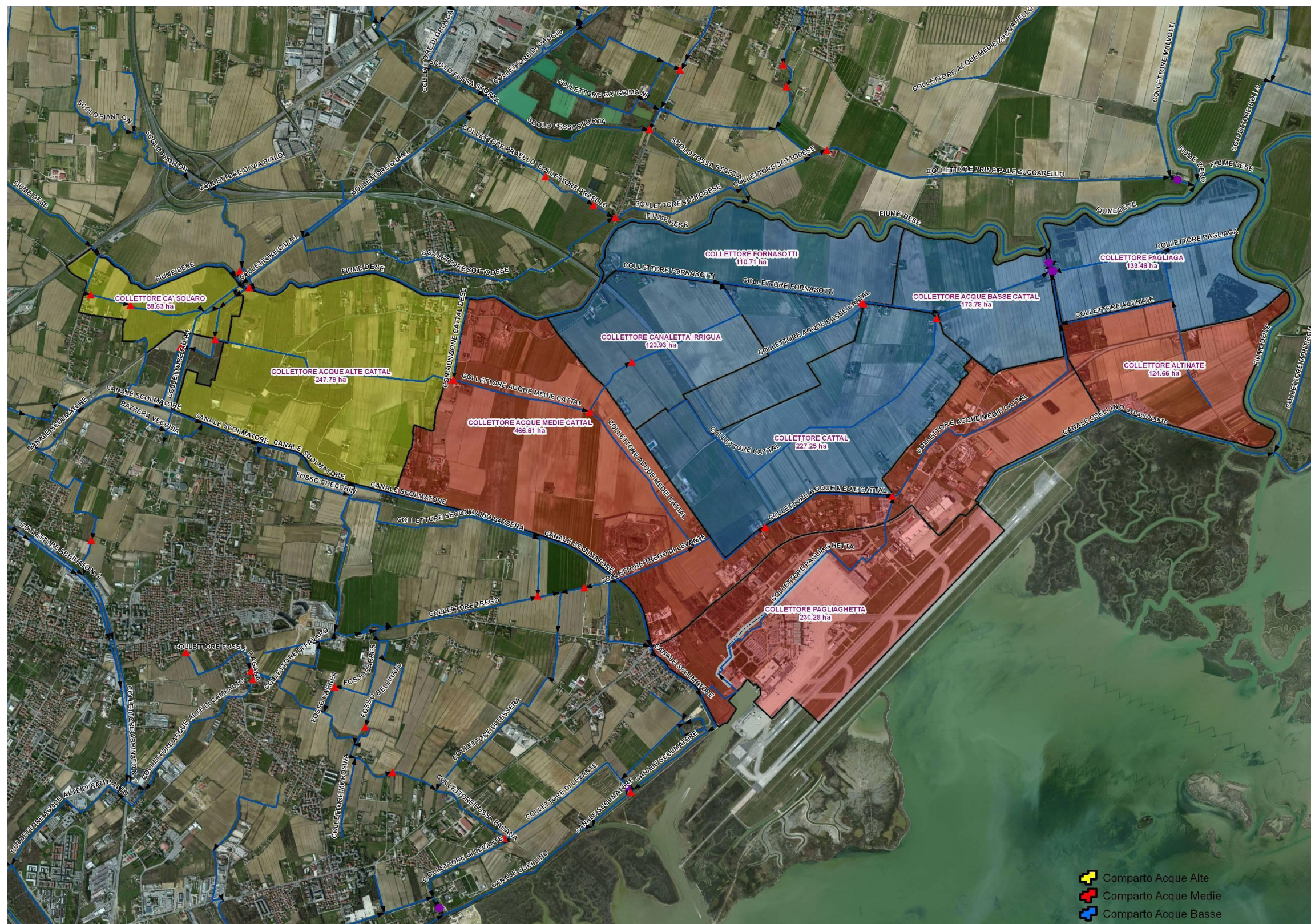


Figura 2. : Composizione del bacino Cattal



#### 4 STATO DI FATTO

L'intervento è collocato all'esterno del sedime dell'aeroporto "Marco Polo" di Venezia, in un'area di superficie pari a circa 13 ha di proprietà di SAVE SpA, eccezion fatta per una capezzagna di cui sarà necessario provvedere all'esproprio.

L'area attualmente risulta coltivata ed è presente una baulatura che consente il ruscellamento all'interno delle scoline dell'afflusso meteorico e il successivo recapito al collettore Acque Basse, caratterizzato da una quota di scorrimento pari a circa -2.40 m s.m.m..

Il collettore Acque Medie scorre a nord del sedime aeroportuale, convogliando le proprie acque all'idrovora consortile Cattal di Ca' Noghera. In prossimità del civ. 181/C della SS14 Triestina, come indicato nelle seguenti figure, vi è la confluenza del collettore Pagliaghetta sul collettore Acque Medie, con lo scarico in quest'ultimo di parte dell'afflusso meteorico ricadente all'interno del sedime aeroportuale, facente capo attualmente al Pagliaghetta stesso.



Figura 3. Estratto da planimetria di *Masterplan Idraulico* del 31 luglio 2014 all'orizzonte 2021.

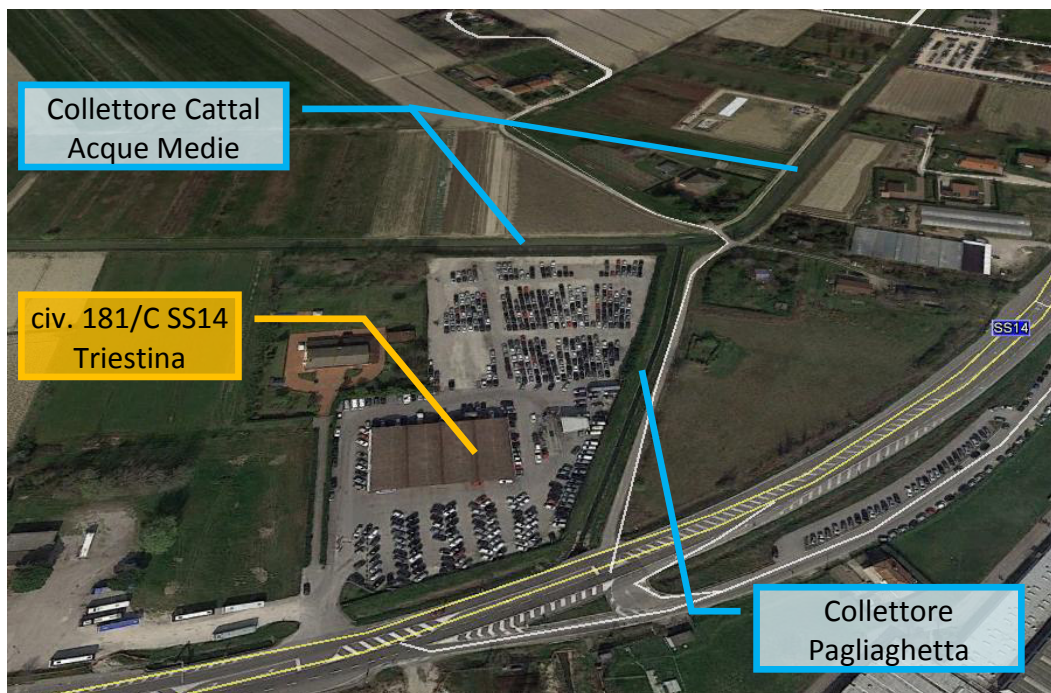


Figura 4. Immissione del collettore Pagliaghetta all'interno del collettore Cattal Acque Medie.

A valle della confluenza del Pagliaghetta sul Cattal Acque Medie, quest'ultimo prosegue verso nord-est. Sono previsti (in parte già in corso di realizzazione) degli interventi sul collettore Pagliaghetta, mirati ad incrementarne la portata e consentire l'allontanamento dell'attuale afflusso meteorico ricadente all'interno del sedime aeroportuale: in particolare verrà realizzata una ricalibratura dello stesso e del tratto di collettore Cattal Acque Medie posto a valle della confluenza con il Pagliaghetta. Tale intervento di ricalibratura, previsto dall'intervento denominato **MP02** in ambito di Masterplan Idraulico e definito in ambito programmatico aeroportuale come **Intervento 6.05**. Trattasi di un primo stralcio dell'MP02, che complessivamente prevede la ricalibratura del Cattal Acque Medie per un tratto più lungo oltre la prevista opera di presa, fino ad una nuova idrovora consortile da realizzare a ridosso del Canale Osellino (tratto morto) e che permetta quindi il sollevamento e lo scarico delle acque di bonifica direttamente in laguna di Venezia.

Tale ricalibratura porterà lo scorrimento del collettore Acque Medie, nell'intorno della zona oggetto del presente progetto, dall'attuale quota di -2.16 m s.m.m. alla nuova quota di -3.11 m s.m.m. . Si è assunta quindi come quota dello stato di fatto, per il tratto a monte della presa in progetto, proprio la quota di -3.11 m s.m.m.: l'intervento sul canale sarà realizzato

cronologicamente prima dell'area di espansione oggetto del presente intervento; pertanto tale ricalibratura del collettore Acque Medie viene considerata come stato di fatto progettuale. Difatti, la sistemazione del tratto di canale posto immediatamente a valle dello scarico del Pagliagheta sul collettore Acque Medie si rende necessaria per consentire alle acque provenienti dall'aeroporto e dal tratto di monte del bacino di bonifica di confluire all'invaso di laminazione senza esondare.

## **5 OPERE IN PROGETTO**

### **5.1 PREMESSA**

Il progetto prevede quindi la realizzazione di un'area di espansione per la laminazione delle piene interessanti il collettore Cattal Acque Medie.

All'area di invaso, che ospiterà un canale di magra e le opere di attraversamento dei rilevati arginali, saranno abbinati un'opera di presa sul collettore Acque Medie (che è caratterizzato da una quota di fondo immediatamente a valle del futuro invaso pari a -2.16 m s.m.m., mentre a monte sarà pari a -3.11 m s.m.m. come riportato al precedente paragrafo e in premessa), e un'opera di restituzione nel collettore Acque Basse (che è caratterizzato da una quota di fondo in prossimità del futuro invaso pari a circa -2.40 m s.m.m.).

### **5.2 OPERA DI PRESA DAL COLLETTORE CATTAL ACQUE MEDIE E DOPPIA CONDOTTA SCATOLARE**

L'opera di presa sarà ubicata immediatamente a monte del ponte sul collettore Acque Medie.

Il manufatto sarà costituito da un invito in calcestruzzo che porterà ad un graduale allargamento della sezione, in modo da convogliare parte delle acque all'interno di una doppia condotta scatolare in c.a. di sezione 2.0 m x 1.5 m cad. . Questa condotta scatolare a doppia canna sarà presidiata da una griglia munita di sgrigliatore e da n. 2 paratoie motorizzate a strisciamento di dimensioni 2.4 m x 1.5 m.

Tale condotta si svilupperà, per una lunghezza complessiva di circa 150 m, al di sotto della capezzagna fino all'area di invaso ed avrà pendenza pari a  $i=0,7\%$ .

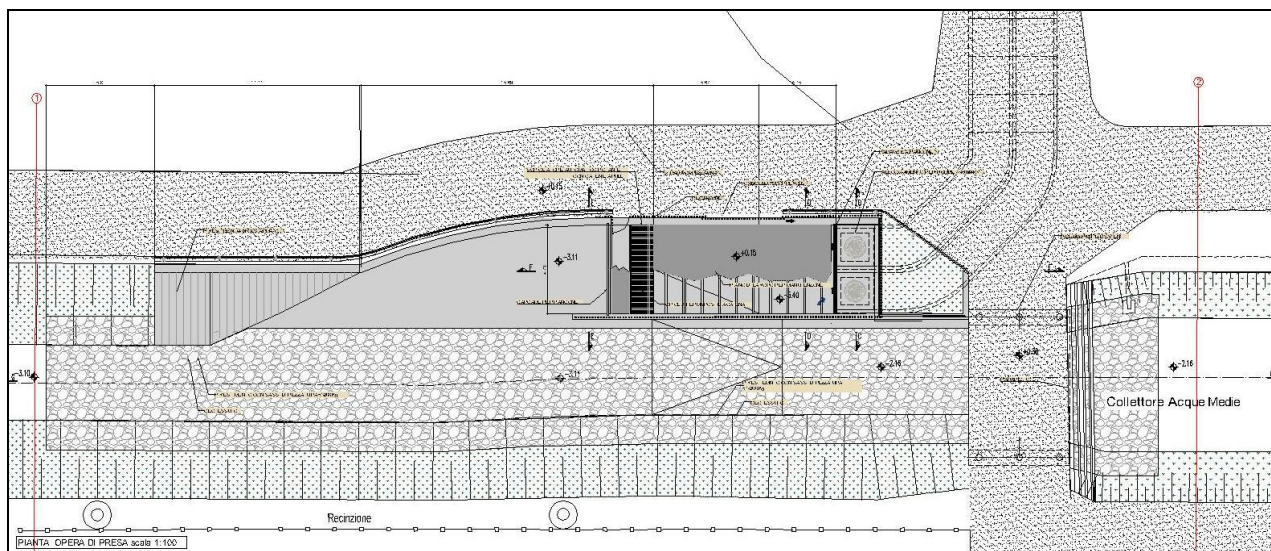


Figura 5 - pianta opera di presa

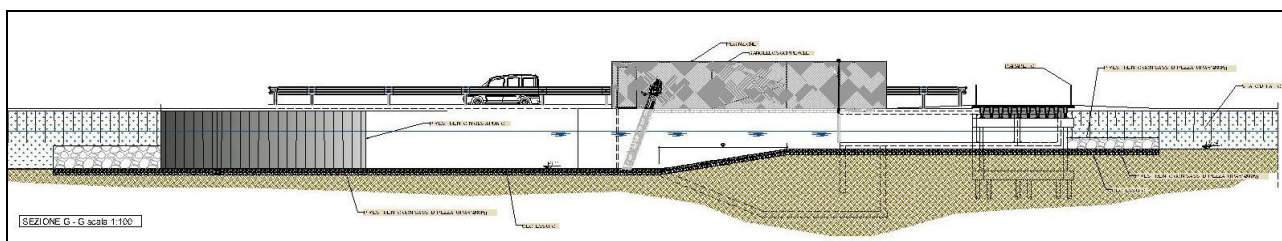


Figura 6 - sezione opera di presa

All'interno del manufatto di presa sul canale Acque Medie è prevista la predisposizione dell'alloggiamento di n. 2 pompe sommergibili da 1750 l/s cad. (non comprese all'interno del presente progetto) e di una vasca di calma a servizio delle stesse, in modo da consentire il funzionamento in futuro del sollevamento.

A valle dell'allargamento verrà posizionato uno sgrigliatore automatico rotante con catena a rulli. È previsto il rivestimento, mediante geotessuto e pietrame, del fondo e di parte delle sponde del collettore Acque Medie per una lunghezza pari a circa 60 m, a partire da pochi metri prima dell'opera di presa fino a circa 5 m a valle del ponte, per proteggere il fondo dallo scavo dovuto alla deviazione imposta alla corrente.

### 5.3 AREA DI ESPANSIONE

La capacità massima di invaso dell'area potrà raggiungere i 130'000 m<sup>3</sup> circa. Tale opera sarà realizzata mediante la movimentazione di terreno all'interno della stessa, riportando lo sterro lungo il perimetro dell'area per la creazione del rilevato arginale (con scarpa 3:1, quota di sommità pari a +0.50 m s.m.m.), in modo tale da riutilizzare totalmente il terreno presente in sito.



**Figura 7 - stato di progetto. In verde è evidenziato l'argine in progetto, in marrone l'area adibita ad invaso (le zone più scure sono quelle con maggiore profondità).**

L'invaso così costituito sarà alimentato dalla doppia condotta scatolare che, dall'opera di presa lungo poi la capezzagna di accesso all'invaso, scaricherà le acque all'interno dell'area di espansione attraverso uno stramazzo in c.a. con sfioro a quota -1.10 m s.m.m..

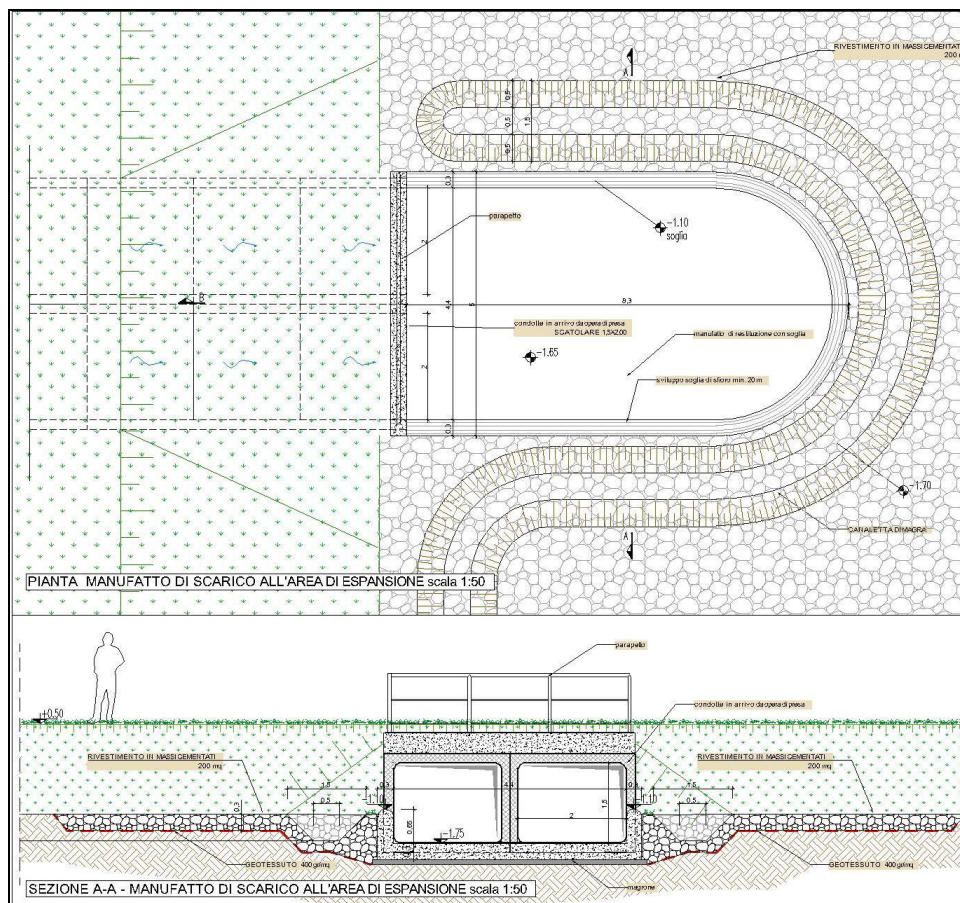


Figura 8 - pianta e sezione dell'opera di restituzione al bacino di espansione

A valle dello stramazzo, un canale condurrà le acque di magra parallelamente al rilevato arginale est-nord dell'area fino all'opera di restituzione sul collettore Cattal Acque Basse.

#### 5.4 RESTITUZIONE AL COLLETTORE ACQUE BASSE

Attraverso un apposito manufatto di restituzione, costituito principalmente da una doppia condotta di diametro interno pari a 50cm di lunghezza pari a circa 14 m e da due paratoie verticali, le acque invasibili all'interno dell'area di espansione potranno eventualmente essere scaricate all'interno del Collettore Acque Basse, posto marginalmente all'argine nord-ovest.

L'ipotesi assunta nella modellazione idraulica di seguito descritta prevede che le acque invasibili nell'area di espansione possano tornare all'interno del Collettore Acque Medie: ciò nonostante si è voluto prevedere la possibilità di incrementare le connessioni tra i due sottobacini di bonifica (Acque Medie e Acque Basse) attraverso tale manufatto di scarico. Lo scarico è stato dimensionato

per garantire l'invarianza dello scarico dell'intera area all'interno del Cattal Acque Basse, ovvero per garantire che un'eventuale apertura verso nord non incrementi l'attuale apporto delle aree agricole coinvolte dall'intervento (vedasi CAP.8).

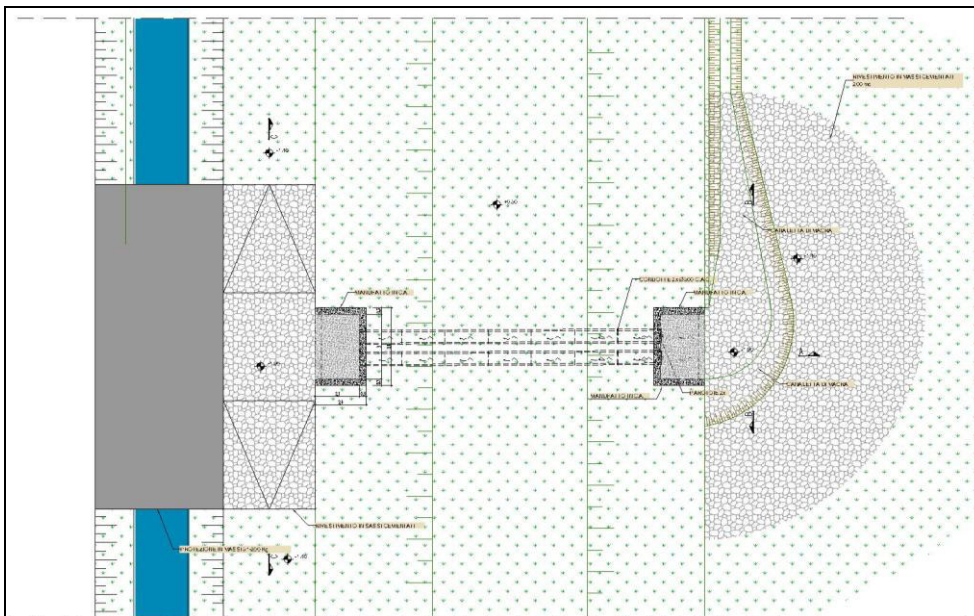


Figura 9 - pianta opera di restituzione su collettore Acque Basse

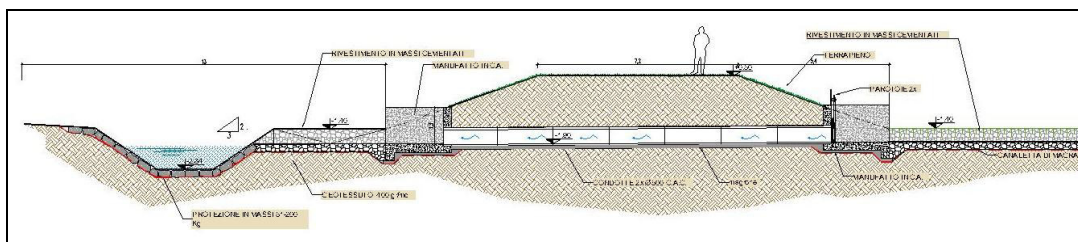


Figura 10 - sezione opera di restituzione su collettore Acque Basse

A valle di tale doppia condotta, nell'intorno dello scarico sul collettore Acque Medie, sarà realizzata una protezione del fondale e delle scarpate mediante impiego di pietrame di rivestimento su geotessuto.

## 6 ANALISI IDRAULICA E DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE

### 6.1 PREMESSA

La verifica del dimensionamento delle opere idrauliche previste in ambito di *Master Plan Idraulico* e specificatamente delle opere di cui al presente progetto, è frutto dell'analisi delle simulazioni messe a punto mediante l'utilizzo di un modello idrologico-idraulico relativo all'intero bacino idraulico in cui sono inseriti i collettori aeroportuali e più in generale quelli di bonifica. Come premesso, le acque meteoriche provenienti dal bacino scolante aeroportuale confluiscono all'interno del Canale Pagliagheta, per poi defluire nel Collettore consortile Cattal ed essere infine sollevate mediante idrovora nel Fiume Dese: attraverso il modello idrologico-idraulico si è studiato l'andamento di tali flussi sia nell'attuale configurazione morfologica delle aree scolanti e delle infrastrutture idrauliche poste nel sedime aeroportuale, sia nelle diverse configurazioni future previste in ambito di *Master Plan Aeroportuale*, il tutto implementando eventi meteorici di diversa intensità, al fine di analizzarne le conseguenze sia in ambito aeroportuale sia in ambito di bonifica e di dimostrare quindi che le stesse opere idrauliche previste, da realizzarsi nei diversi step temporali, sono tali da garantire la sicurezza idraulica delle aree: in particolare le opere previste in ambito di Masterplan Idraulico e di cui la presente opera è parte integrante sono state progettate per garantire, ad ultimazione delle stesse, la sicurezza idraulica del sedime aeroportuale anche in corrispondenza di eventi meteorici caratterizzati da tempi di ritorno pari a 100anni. L'obiettivo principale dell'implementazione del modello idrologico-idraulico è stato quindi quello di poter disporre di un utile strumento in grado di interpretare a scala di bacino gli effetti di ciascun intervento in programmazione o in progettazione. Il modello idrologico-idraulico rappresenta così non soltanto uno strumento utile per le attività di progettazione in corso, bensì anche un mezzo fondamentale per gli sviluppi futuri, in grado di verificare gli effetti sotto il profilo idraulico di qualsivoglia proposta pianificatoria. Tale modellazione è stata messa a punto di concerto con lo stesso Consorzio di Bonifica Acque Risorgive, al fine di far convergere le risultanze dello studio con quanto messo a disposizione dal Consorzio stesso (indicazioni sulla gestione dell'idrovora, fornitura dei dati tecnici relativi all'impianto, informazioni in merito agli ultimi allagamenti riscontrati all'interno del bacino, ecc. ...), tarare così il medesimo strumento e fornire infine risultati attendibili. Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche del modello ed i



risultati inerenti l'idraulica del collettore Cattal Acque Medie, sia in condizioni attuali che in presenza dell'invaso di laminazione in progetto.

## **6.2 I SOFTWARE DI MODELLAZIONE**

### **6.2.1 IL SOFTWARE HEC-GeoHMS**

Il codice di calcolo HEC-GeoHMS è stato sviluppato per essere un'interfaccia di facile utilizzo tra i GIS (Geographic Information System) ed il codice di calcolo HEC-HMS; esso consente prima di tutto una visualizzazione immediata dei risultati ottenuti da analisi idrologiche condotte per mezzo delle funzioni GIS ed in secondo luogo permette di creare, in modo facile e intuitivo, gli input idrologici necessari all'utilizzo del software HEC-HMS. L'operazione di analisi viene poi tradotta automaticamente dal codice in un linguaggio leggibile dal software HEC-HMS.

### **6.2.2 IL SOFTWARE HEC-HMS E LA TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI**

Il codice di calcolo HEC-HMS si dimostra uno strumento affidabile nella modellazione idrologica dell'area allo studio; esso ha richiesto una descrizione accurata della geometria dei bacini e dei sottobacini definiti dal reticolo idrografico e la caratterizzazione di proprietà fisiche del territorio quali la pedologia, la capacità di infiltrazione e l'uso del suolo che governano i meccanismi di separazione degli afflussi e la loro trasformazione in deflussi.

La risposta idrologica di un bacino idrografico dipende da un insieme di processi di diversa natura che interessano gli elementi costitutivi del bacino stesso, ovvero:

- La produzione di deflusso efficace all'interno di ciascun elemento del bacino;
- Il trasporto della precipitazione efficace all'interno dello stato versante fino all'ingresso di questa nella rete idrografica;
- La propagazione dei deflussi efficaci lungo la rete canalizzata

Il meccanismo che regola la produzione di deflusso efficace è governato da un bilancio del contenuto d'acqua che, in questo caso è stato considerato a scala di bacino; tale bilancio, nella sua formulazione più completa, tiene conto dell'evoluzione temporale dell'intensità di precipitazione, della frazione di precipitazione intercettata dalla vegetazione e che quindi non raggiunge la superficie del terreno, della frazione d'acqua che defluisce superficialmente e che quindi

costituisce la risposta rapida del bacino ed infine del flusso che si infiltra nel terreno e che in parte può contribuire alla risposta idrologica in tempi più lunghi ed in parte viene considerato perso poiché rimane legato alle particelle di terreno o contribuisce alla ricarica della falda. Lo ietogramma efficace rappresenta quindi la pioggia che, idealmente, contribuisce alla formazione della piena, ovvero la pioggia che, tramite ruscellamento superficiale e scorrimento nei collettori, giunge nei tempi più brevi alla sezione di chiusura, formando così i valori elevati di portata. La parte restante dello ietogramma, che comunque rappresenta spesso un volume non indifferente della pioggia complessivamente caduta, produce la saturazione del terreno superficiale ed alimenta la falda sotterranea, oppure defluisce lentamente, attraverso moti filtranti negli strati superficiali del suolo, e raggiunge la sezione di chiusura del bacino dopo molto tempo, senza contribuire alla formazione del picco dell'idrogramma di piena.

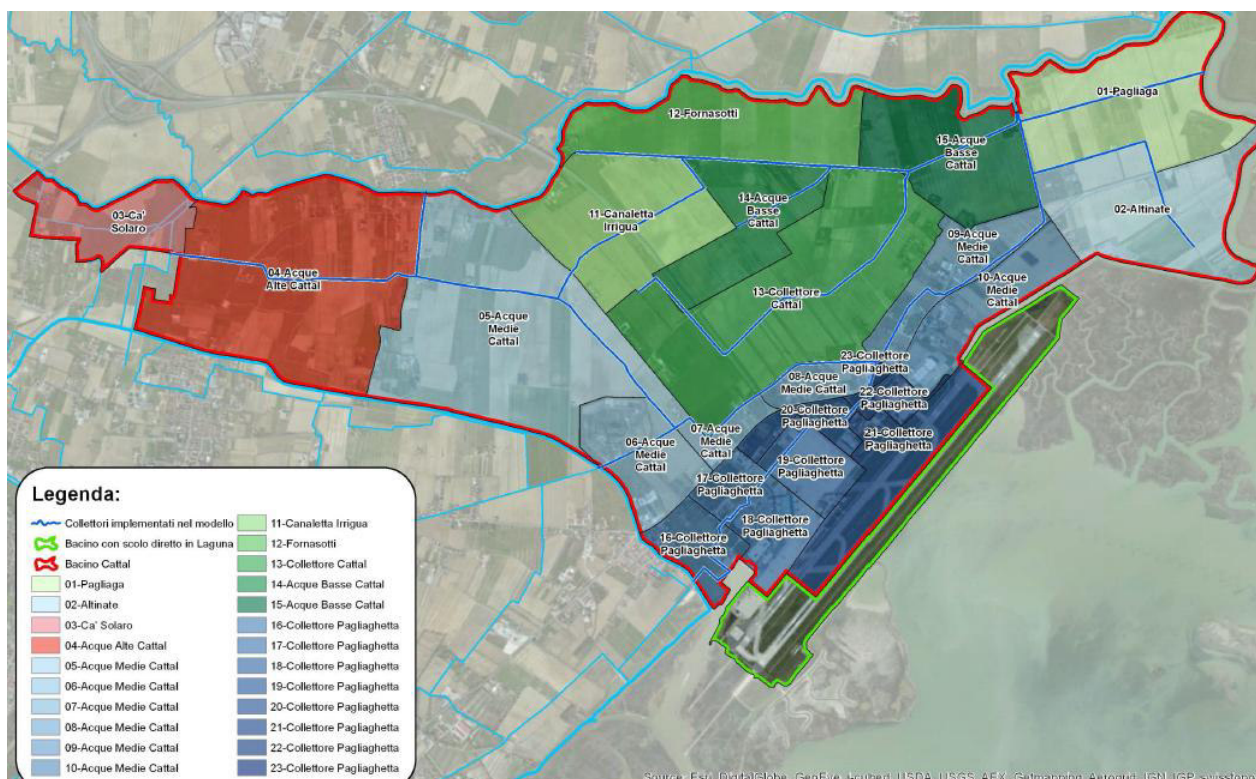


Figura 11. Suddivisione in sottobacini del bacino Cattal.

### 6.2.3 IL SOFTWARE HEC-RAS

Il modello matematico-numerico utilizzato per le simulazioni del sistema idraulico è il codice "HEC-RAS River Analysis System", sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineering – Hydrologic

Engineering Center. La versione del modello utilizzata è la numero 4.1.0 aggiornata al gennaio 2010. HEC-RAS consente il calcolo idraulico monodimensionale di canali naturali ed artificiali, sia in condizioni di moto permanente che di moto vario, tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo (ponti, tombini, briglie, sfioratori, paratoie, impianti idrovori, ecc) eventualmente presenti nel sistema. Il modello è in grado di simulare indifferentemente sia canali singoli che reti di canali naturali o artificiali, chiuse od aperte, integrando profili di moto permanente in regime di corrente lenta, veloce o di tipo "misto", oppure individuando la soluzione delle equazioni di De Saint Venant relative a moti idraulico monodimensionali a pelo libero.

Il modulo destinato al calcolo dei profili a moto permanente è basato sulla risoluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia, valuta le perdite di carico per attrito attraverso l'equazione di Manning e tiene conto di perdite localizzate a mezzo di opportuni coefficienti moltiplicativo della velocità. L'equazione del momento è utilizzata in ogni situazione in cui il profilo del moto subisca brusche variazioni, ad esempio in corrispondenza a ponti, confluenze, o risalti idraulici.

Il modulo di calcolo dei profili a moto vario è stato derivato da un precedente modello denominato UNET, integrato delle componenti di calcolo dei manufatti sviluppate per il moto permanente e di appositi sub-moduli per tener conto di eventuali aree di espansione o serbatoi connessi al sistema di canali. tale capacità di tener conto di invasi laterali fa sì che il modello possa essere definito di tipo "quasi-bidimensionale".

Ai fini della modellazione sono stati dapprima definiti tutti i dati di input utili alla modellazione idrologica degli eventi meteorici e quindi quelli utili alla modellazione idraulica che ha così simulato il comportamento della rete idraulica esistente ed in progetto in seguito al manifestarsi di eventi meteorici ben definiti, indagando nello specifico sulle altezze d'acqua per diversi valori della piena di riferimento nelle diverse sezioni in cui è stato discretizzato il corso d'acqua, tenendo conto anche degli effetti localizzati delle opere idrauliche presenti.

## 6.3 DATI DI INPUT PER LA MODELLAZIONE

### 6.3.1 RILIEVO

Ai fini della caratterizzazione geometrica dei collettori e dei manufatti idraulici presenti in modo cospicuo lungo la rete di scolo e della caratterizzazione delle modalità di trasformazione degli afflussi meteorici in flussi efficaci all'interno della rete stessa, si sono sfruttate due fonti principali:

- DTM (Digital Terrain Model) ottenuto attraverso la tecnica del LIDAR (Light Detection and Ranging): Il rilievo viene effettuato tramite mezzo aereo sul quale è installato un laser scanner composto da un trasmettitore (essenzialmente un laser), da un ricevitore (costituito da un telescopio) e da un sistema di acquisizione dati. La peculiarità del sistema è l'altissima velocità di acquisizione dei dati abbinata ad un'elevata risoluzione ;
- Rilievo planoaltimetrico di campagna.

Il rilievo ha interessato tutta la rete di collettori ricadenti all'interno del bacino Cattal caratterizzati nel complesso da una lunghezza di poco inferiore ai 25,0 km.

Il rilievo realizzato, quindi, è stato condotto sia per fornire tutti i dati di input necessari per la modellazione qui descritta, sia per verificare lo stato dei luoghi in cui sono previste le opere in progetto.

Come anticipato in premessa, tali dati sono stati uniti con i dati relativi alla tipologia di suolo ed alla tipologia di utilizzo del suolo per stimare la quantità di pioggia che realmente va a contribuire alla formazione della piena all'interno della rete.

### 6.3.2 CURVE PLUVIOMETRICHE DI RIFERIMENTO

L'equazione di possibilità pluviometrica assunta per la modellazione idraulica dell'area in esame è stata definita sulla base dello studio idrologico condotto per il Commissario Delegato per l'Emergenza Idrica e riportato *nell'Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento*. Tale equazione, che considera in modo particolare gli ultimi importanti eventi alluvionali (eventi del settembre 2007), ha una formulazione a tre parametri e definisce l'altezza di pioggia  $h$  con la seguente relazione:

$$h = \frac{a \cdot t}{(t + b)^c}$$

Dove  $a$ ,  $b$ ,  $c$  sono tre parametri ottenuti per taratura dall'analisi statistica dei dati pluviometrici;  $t$  è la durata della precipitazione espressa in minuti, mentre  $h$  è l'altezza di pioggia espressa in millimetri. Per l'area aeroportuale si è utilizzata la **curva a tre parametri relativa alla zona costiera lagunare, nell'ipotesi "B"**, che include anche la stazione pluviometrica di Mira (dove si sono registrate le precipitazioni più intense nel settembre 2007), oltre alle stazioni di Sant'Anna di Chioggia, Jesolo, Mestre, Mogliano Veneto e Valle Averso.

I parametri delle curve segnalatrici sono riportati di seguito.

Tr (anni)	a	b	c
2	20.3	12	0.821
5	27.2	13.5	0.820
10	31.4	14.4	0.816
20	35.2	15.3	0.809
30	37.2	15.8	0.805
50	39.7	16.4	0.800
100	42.8	17.3	0.791
200	45.6	18.2	0.783

Nella figura seguente vengono rappresentate le curve di possibilità pluviometrica, che assegnano l'altezza di pioggia ad ogni durata dell'evento, in funzione del tempo di ritorno.

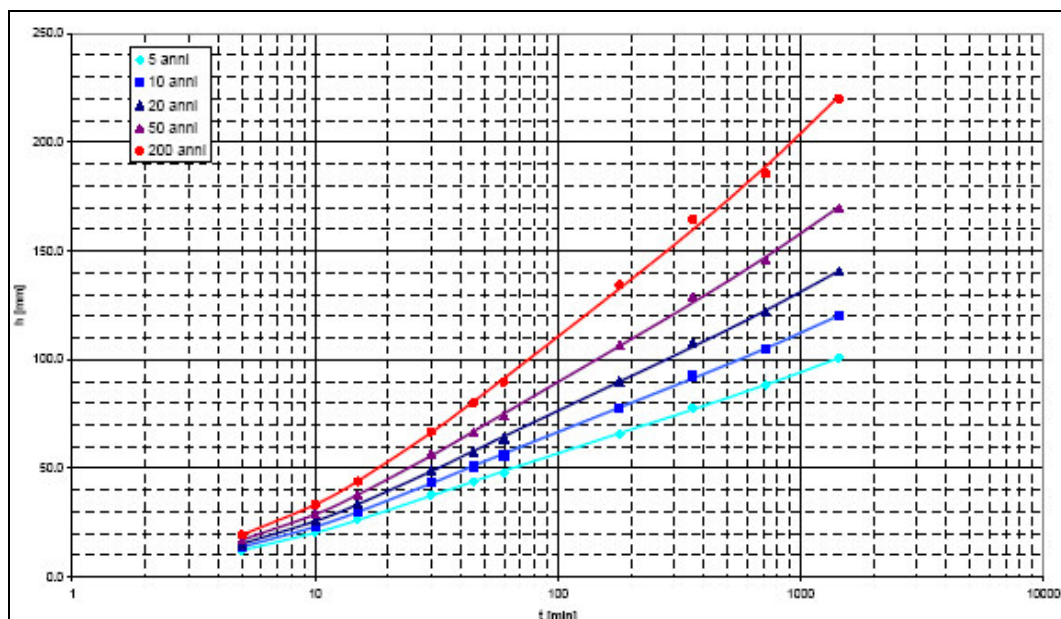


Figura 12. Curve di possibilità pluviometriche a tre parametri (zona costiera lagunare).

### 6.3.3 IETOGRAMMA DI PROGETTO

Nell'analisi idrologica la precipitazione considerata è quella corrispondente alle curve segnalatrici riportate al precedente paragrafo, per differenti tempi di ritorno e organizzata mediante lo ietogramma Chicago. Si tratta di una distribuzione temporale della precipitazione che assicura che per ogni intervallo  $t$  di durata possibile, si realizzi la massima precipitazione prevista dalla curva segnalatrice. Si ottiene pertanto un diagramma di intensità di precipitazione (figura seguente), caratterizzato da una fase centrale di pioggia di notevole intensità e da altezze di precipitazione via via decrescenti all'inizio e alla fine dell'evento. Il vantaggio del metodo consiste nel fatto che qualunque sia la durata di pioggia che più cimenta il bacino (tipicamente quella del cosiddetto *tempo di corrivazione*, differente da bacino a bacino), per tale durata si osserva la massima precipitazione attesa. In altri termini, lo ietogramma Chicago assicura di individuare la precipitazione più gravosa per qualsiasi bacino si studi.

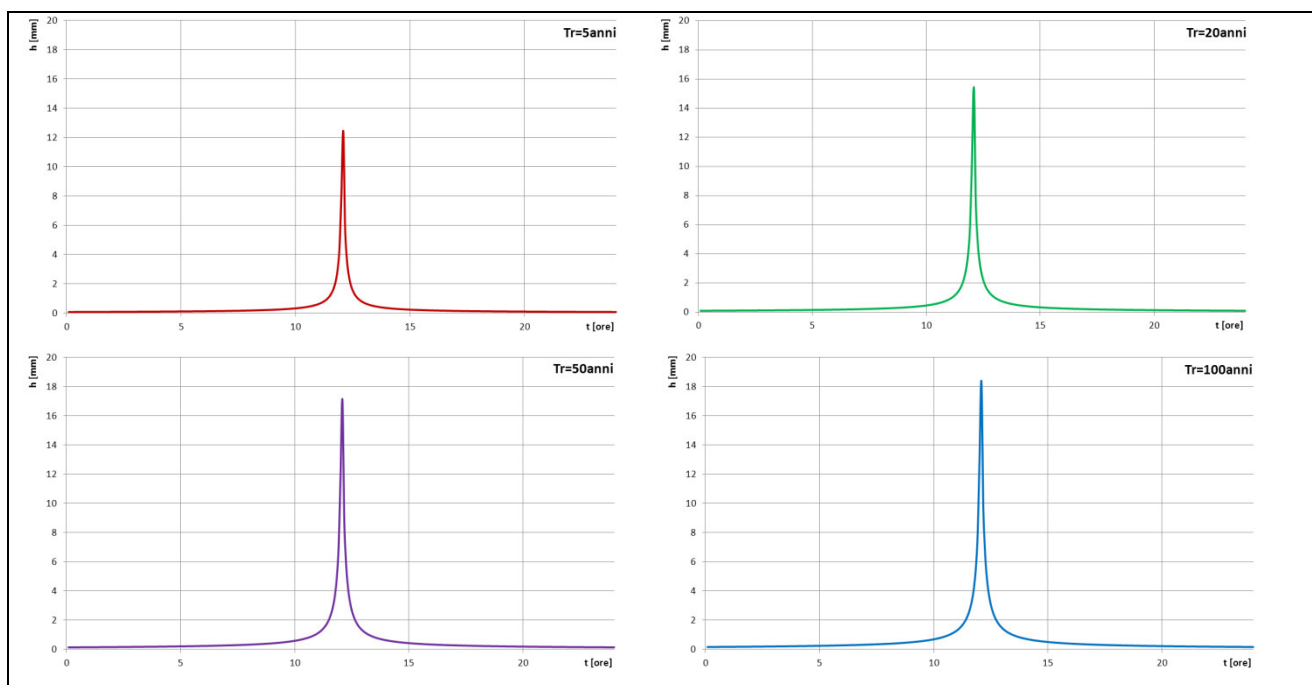


Figura 13. Ietogrammi Chicago assunti per i diversi tempi di ritorno).

### 6.4 ANALISI DELLE SIMULAZIONI

Attraverso il modello di simulazione idraulica sono state implementate diverse simulazioni, in base alle diverse configurazioni temporali considerate (dallo stato di fatto ai diversi step futuri – 2016 –

2018 – oltre 2021) e ai diversi eventi meteorici considerati (Tr 5 anni – 20 anni – 50 anni – 100 anni).

Ai fini del dimensionamento idraulico delle opere in progetto (area di espansione e opere connesse), risulta interessante il confronto tra la situazione al 2016 (situazione attuale con modifiche ai deflussi interni al sedime aeroportuale) e lo scenario del 2018 (realizzazione delle opere in progetto). Di seguito una breve descrizione delle due configurazioni.

#### 6.4.1 SIMULAZIONI DELLO SCENARIO 0 – CONFIGURAZIONE “PRE-INTERVENTI”



Figura 14. Configurazione “pre-interventi” considerata allo scenario 0.

La fotografia dello stato attuale è rappresentata nella figura precedente, eccezion fatta per il manufatto doppia canna, la cui realizzazione è prevista dopo la metà del 2015. Pertanto nelle elaborazioni del modello riportate ai seguenti paragrafi, con riferimento allo “scenario 0”, tale opera non è presente.

## 6.4.2 SIMULAZIONI DELLO SCENARIO 1 – CONFIGURAZIONE AL 2016

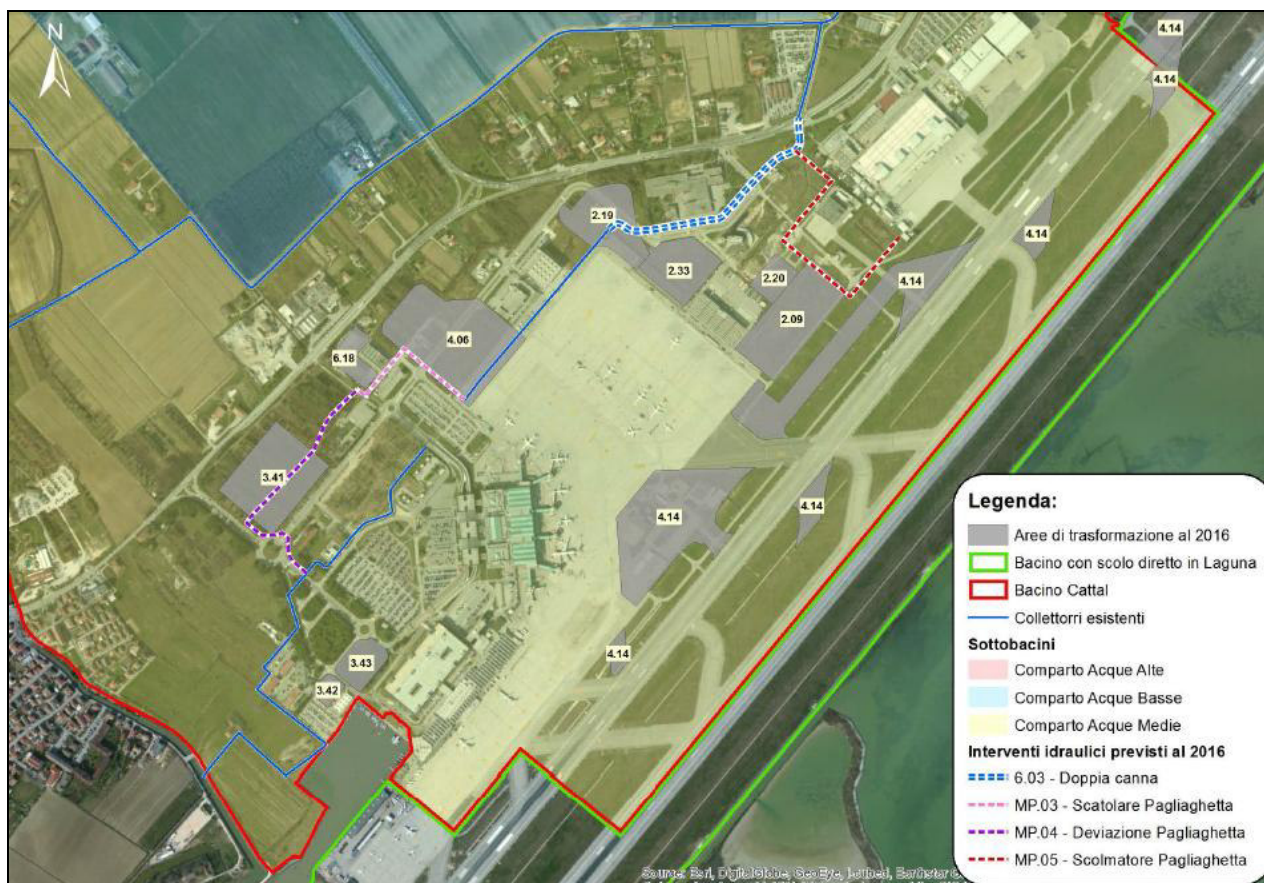


Figura 15. Configurazione al 2016 considerata allo scenario 1.

È stata analizzata la configurazione che contempla la realizzazione di tutti gli interventi in corso di realizzazione o di progettazione esecutiva e il cui completamento è previsto per il 2016, vale a dire:

- Posa di un condotto di raccordo tra l'uscita del collettore sotto l'attuale piazzale aeromobili e il manufatto di attraversamento della SR14 (quest'ultimo già realizzato). Tale condotto sarà costituito in gran parte da una **doppia canna** scatolare, ciascuna di dimensioni minime in sezione 4.0 x 2.5 m. Questo consentirà di bypassare l'attuale sedime del collettore Pagliagheta e quindi le problematiche di deflusso attualmente in essere, legate a ostruzioni dislocate lungo il percorso;
- Intervento denominato **MP.03 – Scatolare Pagliagheta**. La realizzazione di questo scatolare (di dimensioni interne 4.0 x 2.5 m) è resa necessaria in quanto connessa al



previsto ampliamento di alcune strutture aeroportuali (trigenerazione e ampliamento terminal lotto 2A+2B+2C), la cui realizzazione obbliga alla definizione di un nuovo tracciato per lo stesso collettore;

- Intervento denominato **MP.04 – Deviazione Pagliaghetta**. La realizzazione di questo scatolare (delle stesse dimensioni previste per l'intervento MP.03), analogamente a quanto visto per l'intervento MP.03, è dovuta alla necessità di deviare l'attuale percorso del collettore Pagliaghetta, il cui attuale sedime interferisce con la realizzazione prevista di nuove strutture aeroportuali;
- Intervento denominato **MP.05 – Scolmatore Pagliaghetta**. La realizzazione di questo scatolare (di dimensioni interne 4.0 x 2.5 m) è pensata da un lato per migliorare la sicurezza idraulica attuale mediante la creazione di un invaso di laminazione, dall'altro, unitamente a quanto previsto nell'intervento MP.06, di convogliare le acque del bacino aeroportuale direttamente in Laguna.

#### 6.4.3 SIMULAZIONI DELLO SCENARIO 2 – CONFIGURAZIONE AL 2018

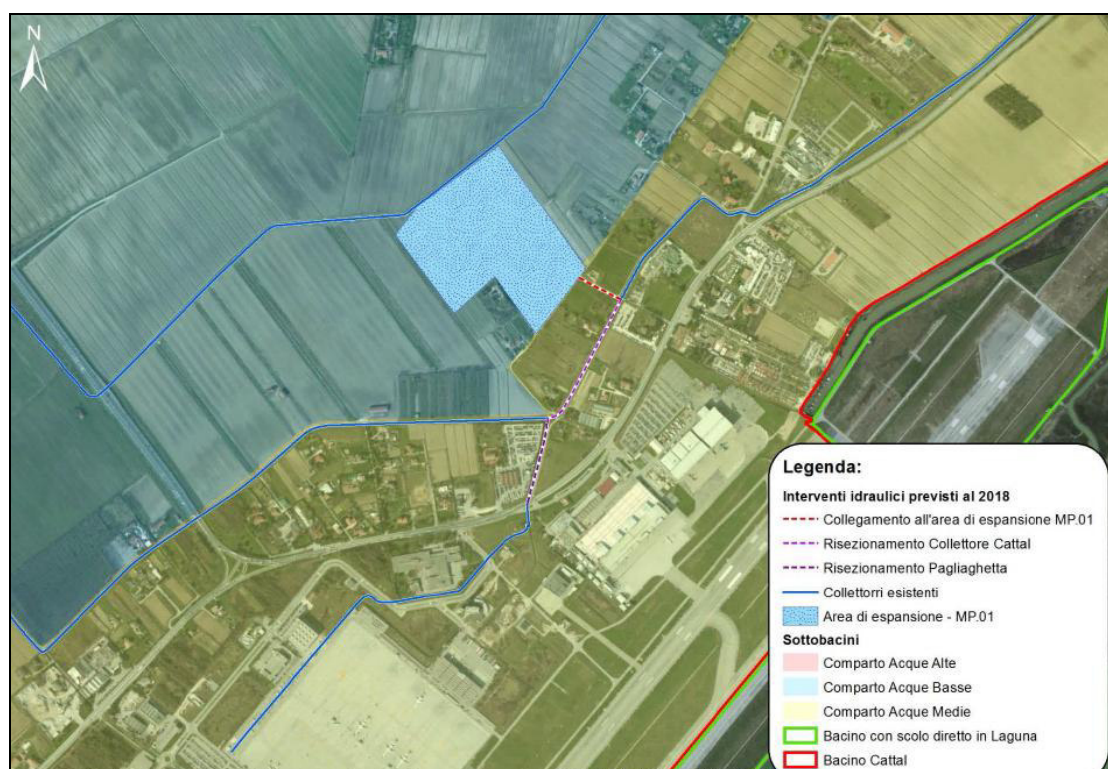


Figura 16. Configurazione al 2018 considerata allo scenario 2.

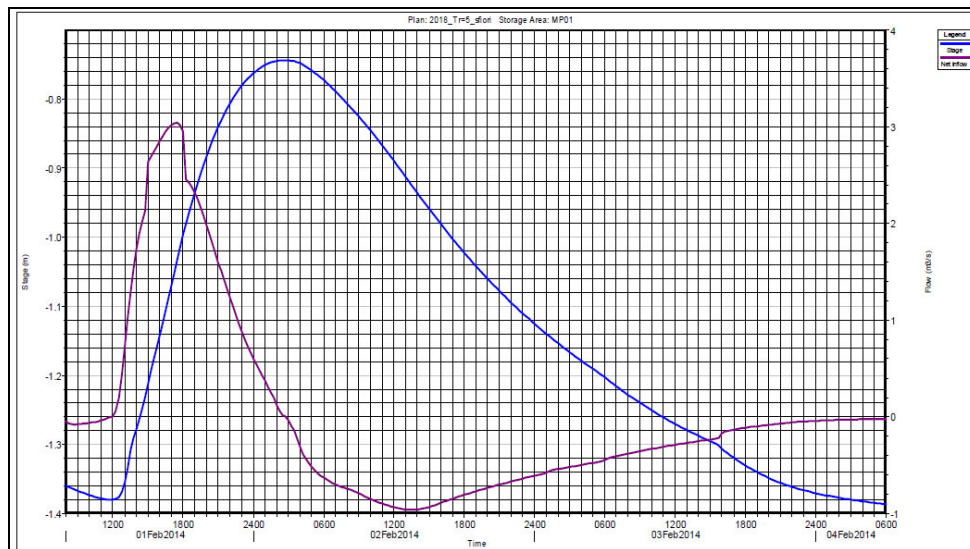
Lo sviluppo al 2018 prevede, oltre alle opere già elencate in precedenza e il cui orizzonte realizzativo è rappresentato dal 2016, la realizzazione del seguente intervento

- Intervento denominato **MP.01 – Area di espansione nel bacino Cattal** (volume di invaso massimo pari a circa 130'000 m<sup>3</sup>), vale a dire l'insieme delle opere previste all'interno del presente progetto.
- Intervento denominato **MP.02 (intervento 6.05 modificato – 1° stralcio) – ricalibratura scoli Pagliaghetta e Cattal Acque Medie fino alla derivazione nell'area di espansione.** È opportuno ricordare, come già fatto in precedenza, che l'intervento MP.01 è subordinato al risezionamento del collettore Pagliaghetta nel suo tratto terminale a valle della SS Triestina e del collettore Cattal Acque Medie dall'immissione del Pagliaghetta sino all'opera di presa dell'MP.01. Tale risezionamento consentirà un maggiore convogliamento della portata di piena dovuta all'apporto degli afflussi provenienti dal sedime aeroportuale nel tratto di collettore (Pagliaghetta prima e Acque Medie Cattal poi) a monte dell'opera di laminazione, oltreché di quelle provenienti dalla parte di monte dello stesso bacino Cattal.

#### **6.4.4 ANALISI DEI RISULTATI: CONFRONTO TRA CONFIGURAZIONE ANTECEDENTE E SUCCESSIVA ALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO**

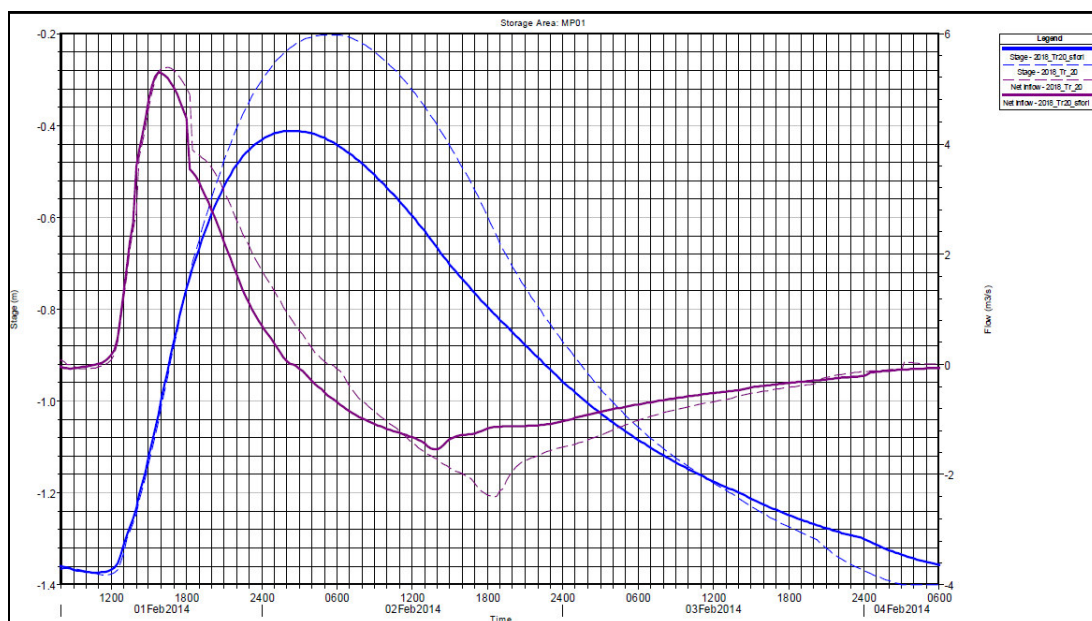
Trattandosi di modello monodimensionale, la valutazione degli allagamenti cagionati dagli eccessi di afflusso meteorico viene effettuata mediante degli accorgimenti a modello che simulano la presenza di prese laterali fittizie posizionate lungo il percorso dei collettori, dove effettivamente, come emerso dalle campagne topografiche condotte in loco, dalle testimonianze degli abitanti, dalle indicazioni del Consorzio e dall'analisi dei dati del LIDAR, sono presenti depressioni del terreno oggetto di allagamenti. Da questa tipologia di analisi, è emerso chiaramente come l'entità degli allagamenti, e quindi degli effetti di laminazione da essi prodotti, risulti del tutto trascurabile per  $Tr = 5$  anni, mentre per tempi di ritorno maggiori (20 e 50 anni) tale fattore risulta avere un peso sensibile nei risultati calcolati col modello. Quanto appena riportato risulta evidente dall'osservazione dei seguenti grafici relativi al collettore Cattal Acque Medie a monte e a valle della derivazione nell'area di espansione. Per  $Tr = 5$  anni (*Figura 17*) non sono apprezzabili differenze

tra la modellazione effettuata considerando il contributo alla laminazione dato dagli allagamenti e quella senza tale contributo.



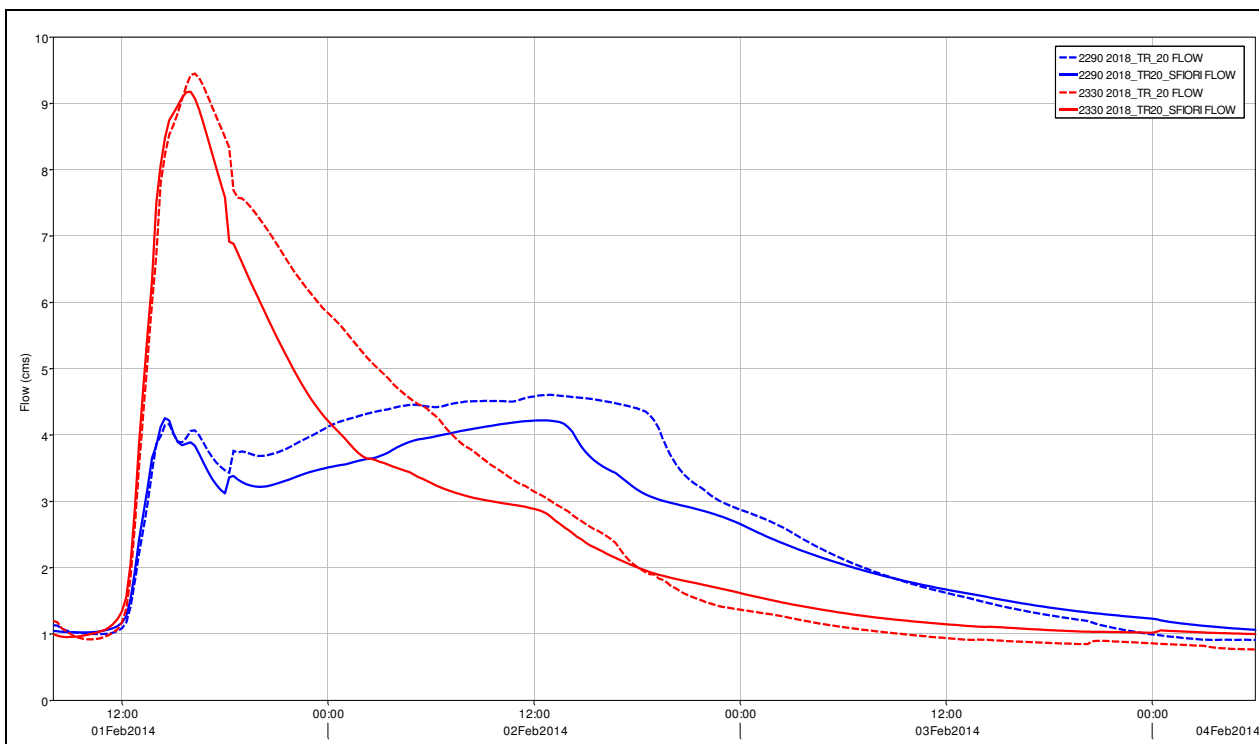
**Figura 17.** Livello (blu) e portata (viola) entrante nell'area di espansione (MP.01) con riferimento ad un evento meteorico caratterizzato da  $Tr = 5$  anni.

Diversamente, per  $Tr = 20$  anni (Figura 18), risulta apprezzabile la differenza tra le due tipologie di modellazione: da qui l'importanza di considerare gli effetti di laminazione connessi agli allagamenti che si generano lungo la rete di monte del sistema Acque Medie.



**Figura 18.** Livello (blu) e portata (viola) entrante nell'area di espansione (MP.01) con riferimento ad un evento meteorico caratterizzato da  $Tr = 20$  anni. Le linee continue si riferiscono alla configurazione sviluppata tenendo conto degli allagamenti, le linee tratteggiate si riferiscono al modello sviluppato senza considerare gli allagamenti.

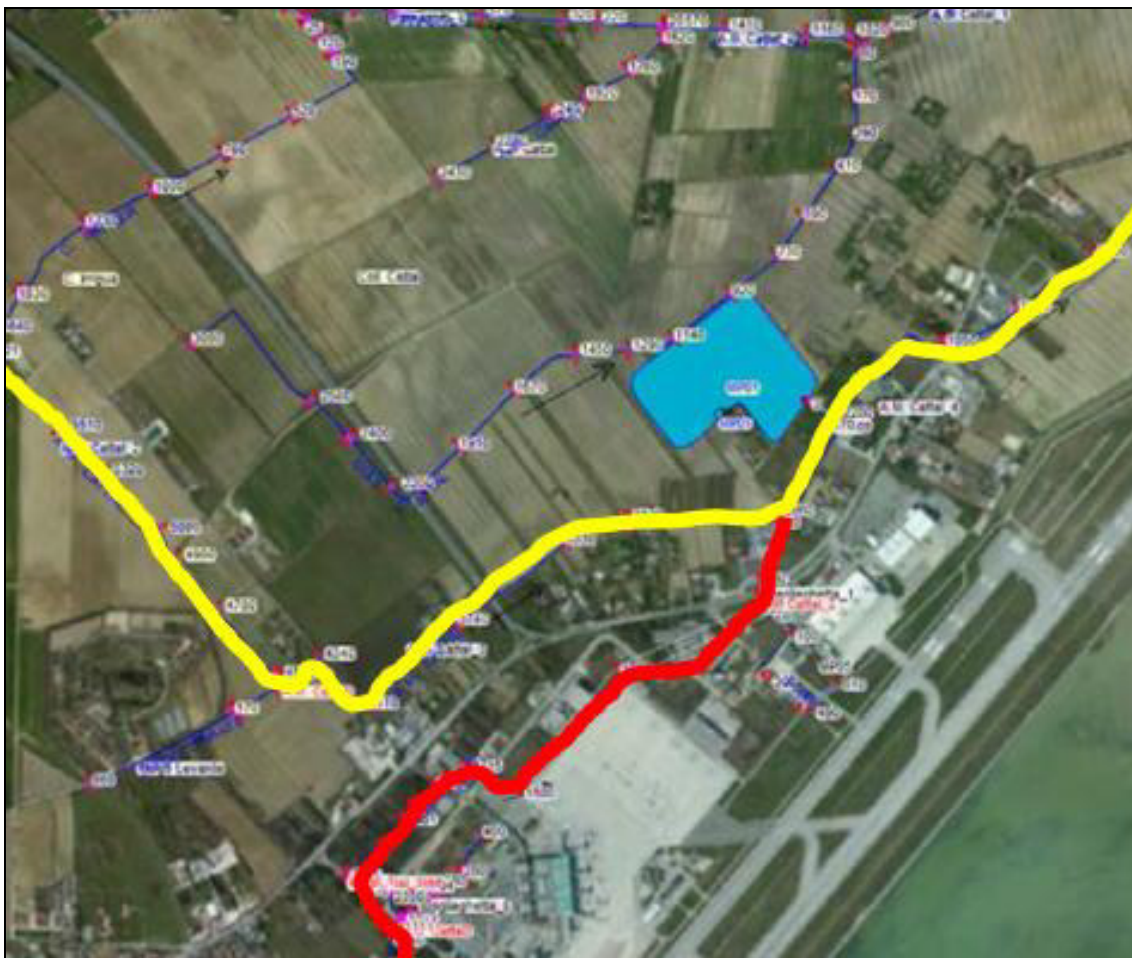
Osservando gli idrogrammi a monte e a valle dell'opera di presa dell'area di espansione in progetto, si nota anche in questo caso una differenza tra la laminazione simulata tenendo conto degli allagamenti a monte e non tenendone conto (*Figura 19*): in entrambi i casi, però, la capacità di abbattimento della piena viene determinata in  $4.5 \div 5.0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Questo risultato è dovuto alla particolare configurazione del bacino Cattal: l'area di espansione MP.01, la cui massima capacità di ricezione si ha quando è vuota, entra in funzione prima che a monte si manifestino gli allagamenti ed, in particolare, nella fase crescente dell'idrogramma di piena del collettore Cattal Acque Medie (cfr *Figura 19*). Nella fase successiva, con la piena in fase calante (cfr. *Figura 18*), i livelli tendono ad aumentare per effetto di un generalizzato rigurgito che produce i fenomeni di allagamento in corrispondenza delle insufficienze di rete, da qui lo sfasamento del grafico.



**Figura 19.** Idrogramma a monte (rosso) e a valle (blu) dell'opera di presa dell' MP.01 sul collettore Acque Medie con riferimento ad un evento meteorico caratterizzato da  $Tr = 20$  anni. Le linee continue si riferiscono alla configurazione simulata tenendo conto degli allagamenti a monte della presa, le linee tratteggiate si riferiscono al modello sviluppato senza considerare gli allagamenti.

Se, da un punto di vista della portata abbattuta dall'area di espansione MP.01, l'influenza degli allagamenti non porta ad un'apprezzabile variazione rispetto alla configurazione priva degli allagamenti, per quanto concerne il calcolo dei volumi di laminazione si è tenuto conto della presenza degli stessi. Il volume di laminazione così calcolato è pari a  $132'000 \text{ m}^3$  nel caso di

allagamenti a monte dell'opera di presa, con un raggiungimento della quota -0.41 m s.m.m. all'interno dell'area di espansione. Non considerando gli allagamenti, il volume calcolato diverrebbe pari a 162'000 m<sup>3</sup>, con una quota massima all'interno dell'area di espansione di -0.20 m s.m.m. . L'effetto benefico della laminazione apportata dall'area di espansione si evince anche andando ad analizzare i profili dei collettori a monte dell'area di espansione stessa. Osservando ad esempio il profilo del collettore Pagliaghetta, si evince chiaramente l'effetto benefico della laminazione nei livelli del canale.



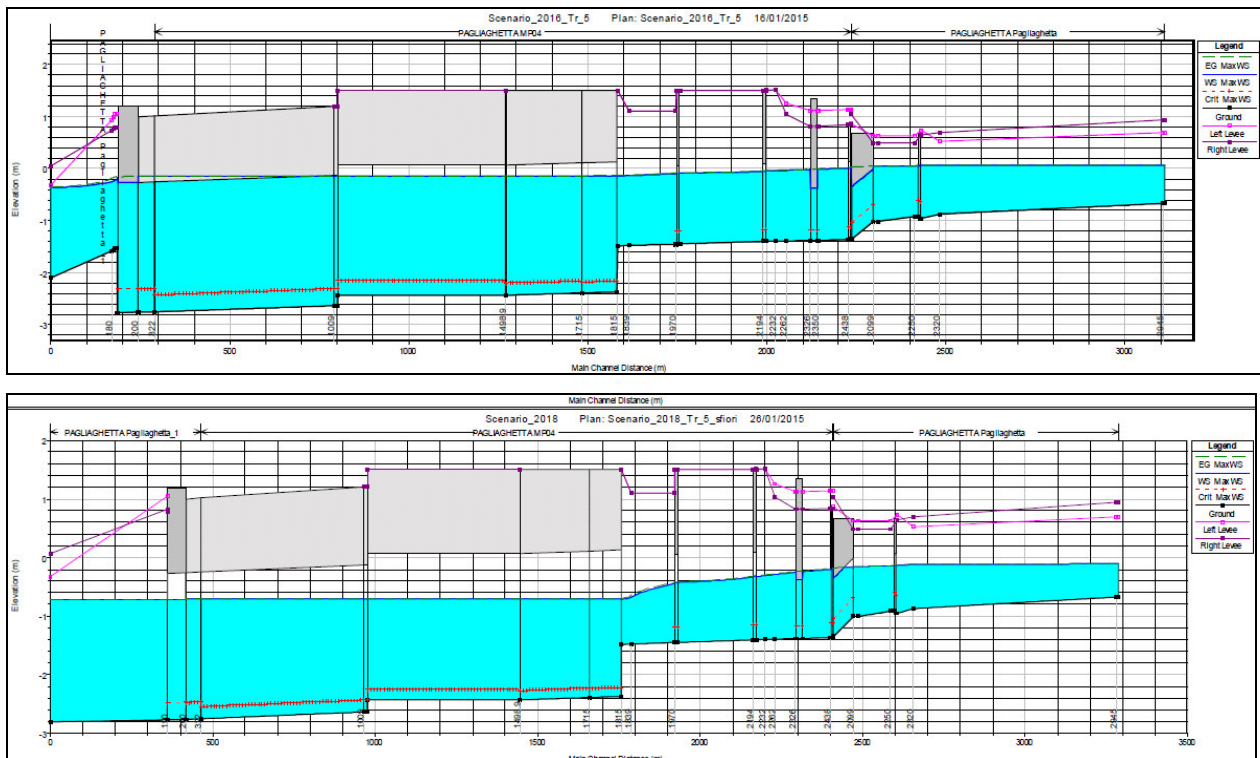


Figura 20. Collettore Pagliaghetta dall' origine all' immissione nel collettore Cattal (Tr = 5 anni) – TRACCIATO ROSSO nella prima figura – Ante operam (scenario 1) e post operam (scenario 2)

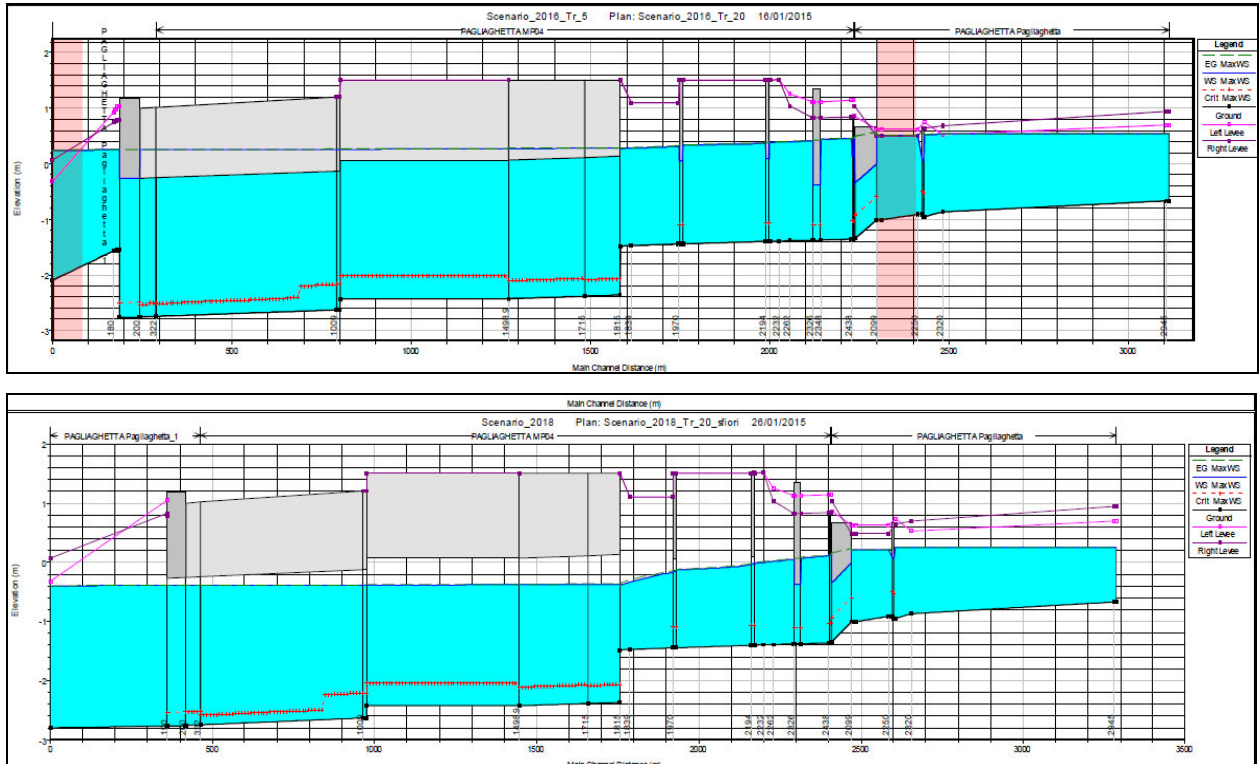
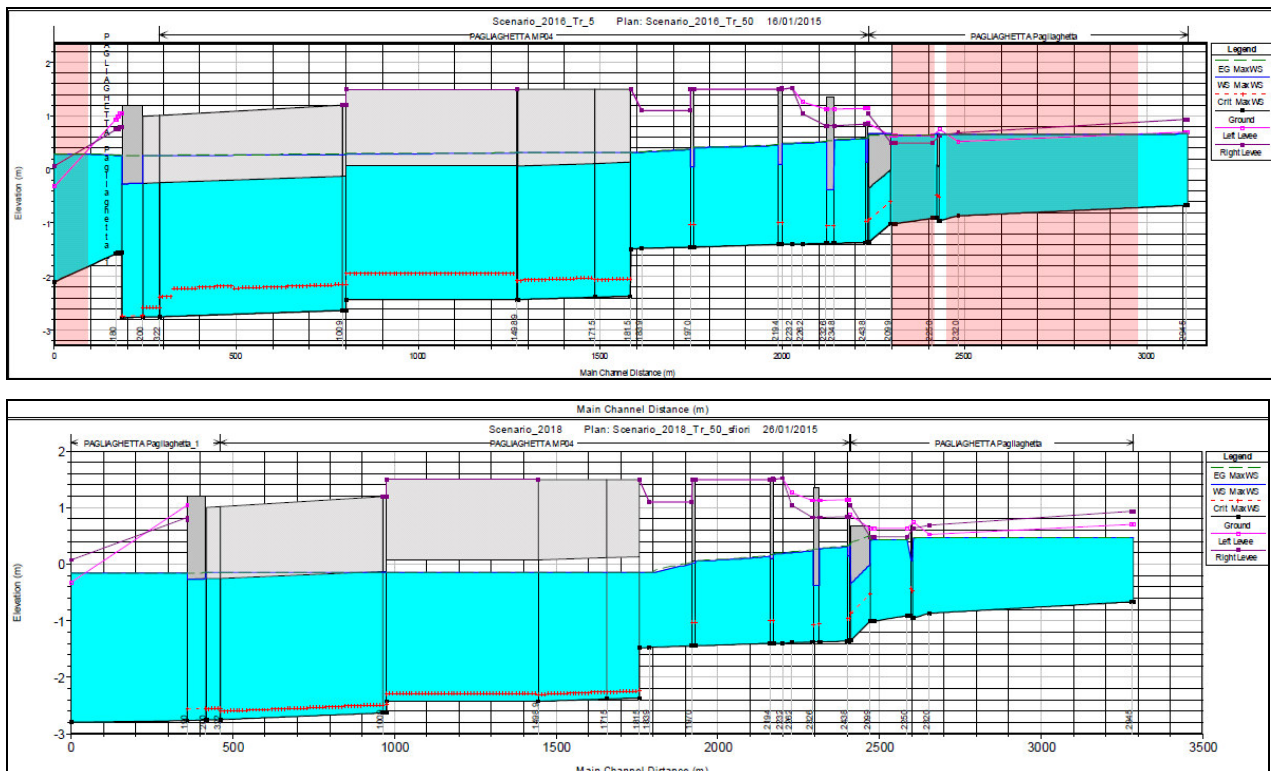
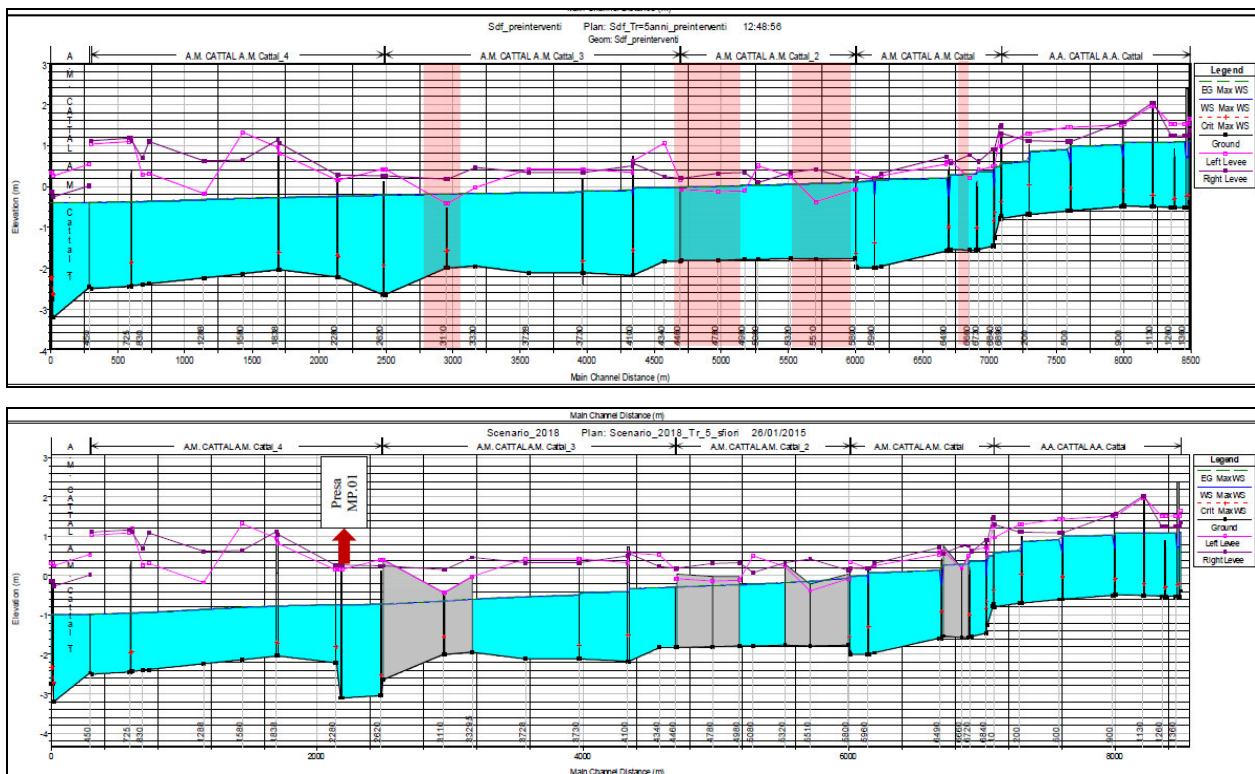


Figura 21. Collettore Pagliaghetta dall' origine all' immissione nel collettore Cattal (Tr = 20 anni) – TRACCIATO ROSSO nella prima figura – Ante operam (scenario 1) e post operam (scenario 2)



**Figura 22. Collettore Pagliaghetta dall' origine all' immissione nel collettore Cattal (Tr = 50 anni) – TRACCIATO ROSSO nella prima figura – Ante operam (scenario 1) e post operam (scenario 2)**



**Figura 23. Collettore Acque Alte e Medie fino all'idrovora (Tr = 5 anni) – TRACCIATO GIALLO nella prima figura – Ante operam (scenario 1) e post operam (scenario 2)**

#### 6.4.5 CONCLUSIONI IN MERITO AI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Come evidenziato dagli idrogrammi di piena e dai profili di corrente raffigurati, che ricordiamo rappresentano il momento di massimo stress idraulico della rete di bonifica e aeroportuale analizzate nei vari tempi di ritorno simulati, **il funzionamento della cassa di espansione da realizzare a ridosso del Collettore Cattal Acque Medie porterà ad un netto miglioramento delle condizioni idrauliche generali di tutto il bacino coinvolto**, in quanto le quote di imbocco dell'opera di presa e della doppia condotta che servirà ad alimentare l'area di espansione stessa sono tali da coinvolgere proprio il picco di piena proveniente da monte, **concentrando quindi il lavoro di calmierazione delle portate nel lasso di tempo in cui si manifesta il massimo contributo dei canali posti a monte, compreso quindi anche il Canale Pagliaghetta e quindi i flussi aeroportuali**.

**Ciò significa che la geometria dell'opera di presa e della cassa di espansione sono stati progettati garantendo la massima efficienza dell'opera senza la necessità di utilizzare impianti di sollevamento**.

#### 7 VERIFICA GRIGLIA SULL'OPERA DI PRESA

In corrispondenza dell'opera di presa, a monte dell'imbocco della doppia condotta scatolare, sarà posizionata una griglia che permetta di bloccare e quindi sollevare mediante sgrigliatore automatico eventuali materiali portati dalla corrente quali ramaglie e simili.

L'intera griglia sarà composta da pannelli affiancati di peso tale da risultare facilmente removibili, costituiti da barre in acciaio inox di spessore pari a 8mm con luce netta pari a 50mm.

Poiché una griglia può introdurre una perdita di carico, è stato verificato che il deflusso attraverso la griglia non ne venisse ostacolato. Per fare ciò è stata considerata la nota formula empirica di Kirschmer, disponibile in letteratura tecnica, riportata di seguito:

$$\Delta h = k \cdot \text{sen} \alpha \cdot \left( \frac{b}{s} \right)^{4/3} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Dove:

$\Delta h$  = differenza tra livello di monte e di valle;



$k$  = coefficiente di Kirschmer, funzione della forma della barra, come indicato nella seguente tabella.

COEFFICIENTE DI KIRSCHMER	
<b>Barre rettangolari</b>	<b>2,42</b>
Barre semicircolari	1,83
Barre circolari	1,79

$\alpha$  = angolo della griglia rispetto all'orizzontale;

$b$  = larghezza delle barre;

$s$  = spaziatura tra le barre;

$g$  = accelerazione di gravità;

$v$  = velocità (calcolata come rapporto tra la massima portata scaricabile verso l'area di espansione, considerata come indicato nelle simulazioni a Tr 20 anni pari a  $4,5\text{m}^3/\text{s}$ , e il valore della massima sezione utile in corrispondenza della griglia medesima e pari a  $5,1\text{m}^2$ , valore determinato considerando il totale delle spaziature tra le barre rispetto alla sezione effettiva della doppia condotta posta a valle della griglia).

Sulla base di tali ipotesi geometriche ed idrauliche, è stato valutato il valore del dislivello monte-valle. Tale valore risulta pari a:

$$\Delta h = 0,78\text{cm}.$$

Tale valore, risultante da condizioni idrauliche che implicano il massimo esercizio dell'opera di presa, risulta compatibile con lo stato idraulico della condotta ipotizzato, non determinando perdite di carico significative.

## 8 REGOLARIZZAZIONE DELLO SCARICO SUL COLLETTORE ACQUE BASSE

La condizione idraulica dell'area di espansione considerata per simulare il riempimento della stessa prevede che le portate possano ritornare nel corso del Collettore Acque Medie, per garantire che i flussi relativi al Collettore Acque Basse non fossero "appesantiti" dai volumi accumulati.

Ciò nonostante, per garantire più opzioni di gestione delle portate meteoriche, anche conoscendo l'attuale gestione dei flussi destinati all'idrovora consortile (in casi estremi la porzione di idrovora Cattal destinata al sollevamento delle portate dell'Acque Basse può essere integrata con la porzione di idrovora destinata al sollevamento delle Acque Medie), si è previsto un canale di magra all'interno dell'area di espansione, a ridosso dell'argine "nord-est", di pendenza pari alla livelletta generale della cassa, e un manufatto di scarico verso il Collettore Acque Basse, composto da una doppia condotta circolare in c.a. di diametro interno pari a 50cm e da presidiare mediante paratoie verticali.

Con la seguente analisi, basata sulle note formule di foronomia, si è voluto verificare quale fosse l'apertura più adeguata di tali paratoie affinché un eventuale scarico nel Collettore Acque Basse fosse il più possibile compatibile con i reali apporti meteorici che caratterizzano l'area agricola su cui verrà realizzata l'area di espansione verso lo stesso Collettore Acque Basse, ovvero pari ad una portata massima pari a **10 l/s·ha** (quindi  $5 \times 13\text{ha} = 130 \text{ l/s}$ , pari quindi a 65l/s per ognuno degli scarichi).

Nello specifico, conoscendo il massimo carico agente sull'apertura da realizzare sul fondo del manufatto di scarico (da quota -0,20m ssm a quota -1,90m ssm = 1,70m) e conoscendo la geometria delle condotte, si è stimato quanto segue.

L'equazione d'efflusso è la seguente:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

in cui:

Q è la portata uscente [l/s].

$\mu$  è il coefficiente d'efflusso.

A è l'area della bocca d'efflusso (altezza x base) [mq].

h è il carico idraulico sulla bocca d'efflusso, pari alla differenza di quota tra il massimo livello ed il baricentro della luce di fondo (doppia condotta DN500 → per comodità di calcolo e per cautela si è considerata una sezione netta quadrata equivalente a quella del DN500 e di lato pari a 44cm).

Nel caso in esame le grandezze sopra descritte sono pari a:

Q	h	$\mu$	Apertura della paratoia
65 l/s	1,675m	0,61	0,05m

Dunque per garantire la medesima portata allo scarico che attualmente caratterizza lo scolo delle aree agricole oggetto di intervento verso il Collettore Acque Basse, le paratoie dovrebbero lasciare una luce libera sul fondo di altezza pari a 5cm: logicamente la regolazione di tali manufatti dovrà seguire precise indicazioni da parte del Consorzio di Bonifica Acque Risorgive, che avrà la completa gestione dei manufatti previsti nel presente progetto.