



*Autorità di Bacino
dei Fiumi Liri - Garigliano e Volturno*

PROGETTAZIONE PRELIMINARE DELLE OPERE PRIORITARIE DA REALIZZARE PER LA RISOLUZIONE DELLE CRITICITÀ LEGATE ALL'USO E ALLA DISPONIBILITÀ DELLA RISORSA IDRICA NELLA PIANA DEL FUCINO – REGIONE ABRUZZO

CIG 4469094D06

CUP F84I10000170002



2.1

Studio idraulico di dettaglio

Relazione di sintesi delle attività condotte e dei risultati ottenuti

Scala

Raggruppamento Temporaneo di Imprese

Il progettista

Il responsabile del progetto

Capogruppo Mandataria

Mandanti



WATER AND NATURAL
RESOURCES
CONSULTANTS



HR Wallingford Ltd
Ing. Alessandro GALLINA

BETA Studio srl
Ing. Massimo COCCATO

BETA Studio srl
Dott.ssa Marilena SEGATO



Via Guido Rossa, 29/A
35020 Ponte S. Nicolò
Padova - Italia
info@betastudio.it
www.betastudio.it
tel +390498961120
fax +390498961090

rev.	motivo	data	redatto	verificato	approvato
0	Prima emissione	17.12.2013	ing. L. COSTA - dott.ssa M. SEGATO	dott.ssa M. SEGATO	ing. M. COCCATO

cod. el. 0760ST0201

file 0760ST0201_00.docm

Indice

	Pag.
Indice	I
Introduzione	III
1. Area oggetto d'indagine	1
1.1 Inquadramento generale	1
1.2 Aspetti idrologici e idraulici	2
1.3 Aspetti geologici ed idrogeologici	3
1.4 Obiettivi dello studio idraulico di dettaglio	4
2. Raccolta dati	5
3. Rilievi topografici	7
3.1 Rilievo con tecnica LiDAR	7
3.2 Rilievo topografico con tecnica tradizionale	9
4. Modellazione idrologica ed idraulica	11
4.1 Risultati restituiti da una simulazione	11
4.2 Calibrazione del modello	11
4.3 Validazione del modello	12
4.4 Analisi stato di fatto	13
5. Mappatura delle aree a rischio	15
6. Fase propositiva	19
6.1 RI01: Casse in linea sul fiume Giovenco e derivazione del Rio delle Rose	20
6.2 RI02- Ripristino delle funzionalità del Bacinetto	23
6.3 RI03:Casse di espansione ubicate in prossimità dei canali allacciati	25
Riferimenti bibliografici	29

Figure

	Pag.
Figura 1.1 – Inquadramento dell'area d'indagine	1
Figura 1.2 – Inquadramento della Piana del Fucino e del reticolo di canali drenanti.	3
Figura 2.1 - Posizione dei pluviometri della banca dati meteorologica serie storica (piogge giornaliere).	5
Figura 2.2 - Pluviometri della Banca Dati Meteorologica Corrente ricadenti all'interno del bacino del Fucino	6
Figura 3.1 - Bacino del Fucino, aree coperte dal rilievo LiDAR	7
Figura 3.2 - Area di rilievo in corrispondenza del fiume Giovenco a Pescara: a) ortofoto da Google Earth, b) dati LiDAR completi, c) dati LiDAR solo punti terreno	8
Figura 3.3 – Sezione del ponte sul Giovenco. Nell'immagine di destra in rosso sono evidenziati i punti "terreno" in nero si nota l'implacato del ponte e la vegetazione.	9
Figura 3.4 – Inquadramento del tratto di fiume Giovenco oggetto di indagine (ellisse rossa)	9
Figura 3.5 – Ubicazione della sezione all'Incile ove è ubicato l'idrometro gestito dalla Regione Abruzzo	10
Figura 4.1 – Grafico di calibrazione: in rosso la serie storica dei dati misurati dall'idrometro Case Incile in corrispondenza dell'evento pluviometrico iniziato il 16 marzo 2011, in blu i livelli calcolati dal modello.	12
Figura 4.2 – Grafico di verifica: in rosso la serie storica dei dati misurati dall'idrometro Case Incile in corrispondenza dell'evento pluviometrico iniziato il 29 novembre 2010, in blu i livelli calcolati dal modello.	13
Figura 4.3 – Inviluppo dei massimi allagamenti stimati sulla piana nello stato di fatto, in seguito ad un evento sintetico di tempo di ritorno 30 anni.	14
Figura 5.1 – Definizione delle categorie di beni esposti a rischio e la relativa classe di danno.	16
Figura 5.2 – Matrice di valutazione del rischio idraulico.	17
Figura 6.1 – Pericolosità stato di fatto. Legenda: Rosso = Pericolosità elevata (P3); Viola = Pericolosità media (P2); Verde = Pericolosità bassa (P1)	20
Figura 6.2 - Planimetria delle opere necessarie alla realizzazione dell'intervento RI01.	21
Figura 6.3 – Pericolosità idraulica residua - Intervento RI01. Legenda: Rosso = Pericolosità elevata (P3); Viola = Pericolosità media (P2); Verde = Pericolosità bassa (P1)	22
Figura 6.4 – Andamento del volume allagato nello stato di fatto (in verde) e di progetto RI01 (in blu)	23
Figura 6.5 – Planimetria delle opere necessarie per la realizzazione dell'intervento RI02.	24

Figura 6.6 – Pericolosità idraulica residua - Intervento RI02. Legenda: Rosso = Pericolosità elevata (P3); Viola = Pericolosità media (P2); Verde = Pericolosità bassa (P1).	24
Figura 6.7 – Planimetria delle opere necessarie alla realizzazione dell'intervento RI03.	26
Figura 6.8 – Pericolosità idraulica residua - Intervento RI03. Legenda: Rosso = Pericolosità elevata (P3); Viola = Pericolosità media (P2); Verde = Pericolosità bassa (P1)	26
Figura 6.10 – Andamento del volume allagato nello stato di fatto (in verde) e di progetto RI03 (in blu)	27

Tabelle

	Pag.
Tabella 5.I – Criteri di definizione delle fasce per la Piana del Fucino.	16
Tabella 5.II – Equiparazione delle fasce fluviali alle classi di pericolosità.	16
Tabella 6.I - Volumi esondati calcolati per diversi tempi di ritorno.....	19
Tabella 6.II - Sintesi superfici, volumi e portate intercettate.....	22
Tabella 6.III - Volumi allagati all'interno della parte nord del Bacinetto in seguito a eventi di diverso tempo di ritorno nello stato di fatto	25

Introduzione

Premesso che con Nota prot./int. N. 450 in data 12.06.2013 il Responsabile del Procedimento ha autorizzato a procedere all'esecuzione anticipata del contratto, in data 19.06.2013 l'Autorità di Bacino Liri-Garigliano Volturno ha consegnato formalmente al Raggruppamento Temporaneo di Imprese BETA Studio s.r.l. – HR Wallingford Ltd le attività di servizi relative alla *“Progettazione preliminare delle opere prioritarie da realizzare per la risoluzione delle criticità legate all'uso e alla disponibilità della risorsa idrica nella piana del Fucino – Regione Abruzzo”*.

In data 1.10.2013 l'Autorità sopraccitata ha stipulato in forma pubblico/amministrativa il contratto rep.1033 con il Raggruppamento Temporaneo di Imprese BETA Studio s.r.l. – HR Wallingford Ltd per l'espletamento delle attività di servizio sopraccitate.

In particolare le attività che compongono il progetto sono suddivise nelle seguenti fasi principali:

- progettazione e implementazione di un percorso partecipato;
- studio idraulico di dettaglio della Piana del Fucino, che prevede la raccolta, l'analisi e l'elaborazione dei dati esistenti nonché l'acquisizione di nuovi dati anche per mezzo di rilievi in campo al fine di ricostruire le caratteristiche plano-altimetriche dei corsi d'acqua e dei manufatti presenti e l'implementazione di un modello di simulazione idraulica;
- aggiornamento dello Studio *“Piana del Fucino, Regione Abruzzo - programma di azioni strutturali e non strutturali connesse alla salvaguardia, uso e governo della risorsa idrica superficiale e sotterranea”*, realizzato nel 2007 dall'Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno, relativamente alle componenti *“irrigazione”*, *“depurazione e collettamento”* e *“captazione e distribuzione idropotabile”*;
- progettazione preliminare degli interventi prioritari nel settore irriguo, nel settore della depurazione ed collettamento e nel settore della captazione e distribuzione potabile.

La presente relazione costituisce una sintesi delle attività e dei risultati ottenuti nell'ambito della realizzazione dello studio idraulico di dettaglio. Per gli approfondimenti del caso si rimanda agli elaborati descrittivi delle singole attività.

1. Area oggetto d'indagine

1.1 Inquadramento generale

Il territorio oggetto dello studio è quello della Piana endoreica del Fucino e dei rilievi montuosi che le fanno da coronamento. Il bacino idrografico del Fucino appartiene al bacino del Liri-Garigliano, mentre da un punto di vista amministrativo il territorio ricade interamente nella provincia dell'Aquila. Il bacino si presenta suddiviso in un'area pianeggiante compresa fra le quote 648 e i 700 m s.m.m. per una superficie che copre il 30% del totale del bacino ed in una zona montuosa perimetrale con picchi fino ai 2 500 m s.m.m. (Figura 1.1).

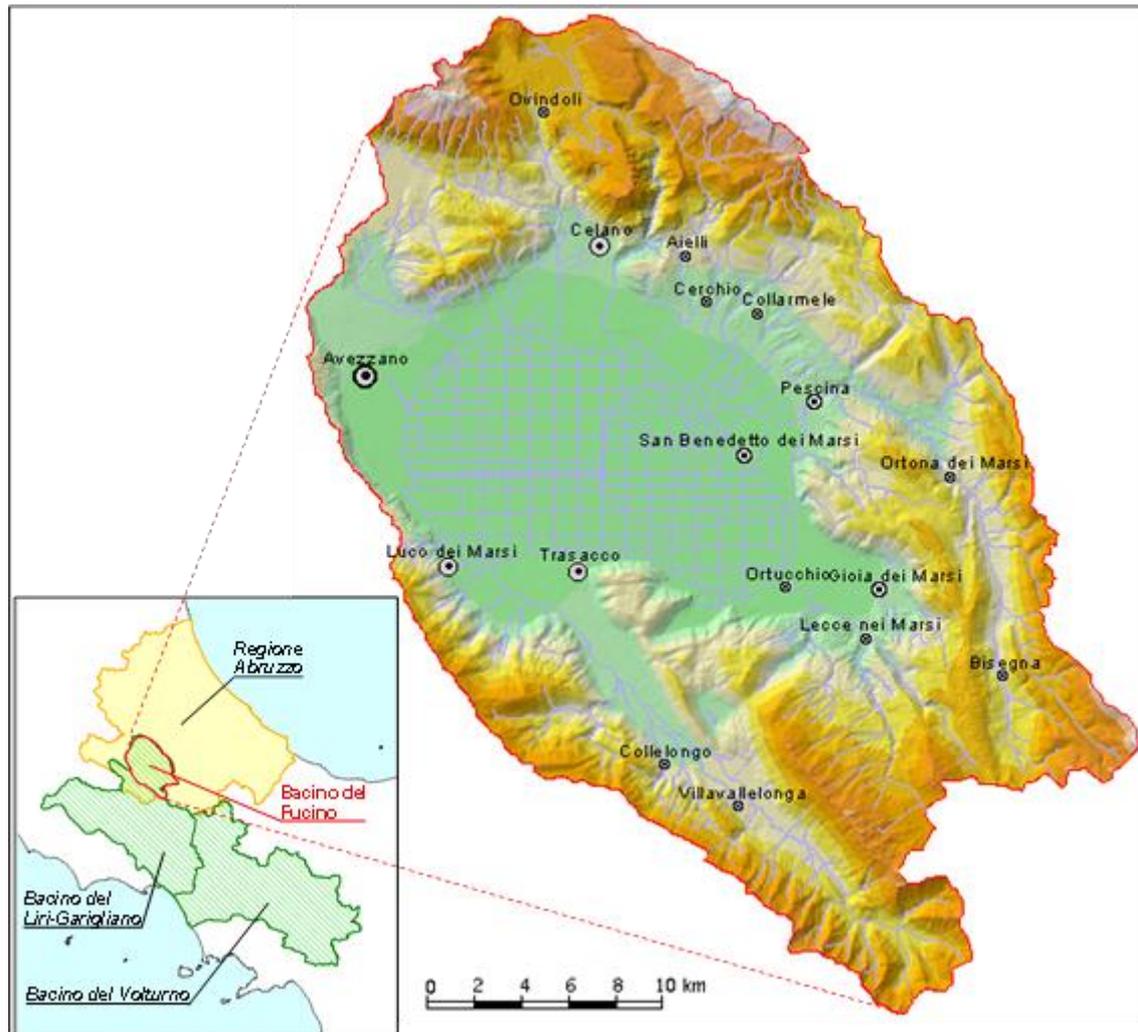


Figura 1.1 – Inquadramento dell'area d'indagine.

La Piana del Fucino è un'ampia depressione tettonica, che si apre all'interno dell'area abruzzese, tra il gruppo del Velino-Sirente a nord-ovest ed i monti del Parco Nazionale d'Abruzzo a sud-est, determinata da un complesso sistema di faglie, seguenti direttrici diverse, probabilmente non contemporanee l'una all'altra.

La Conca, nella quale affluiscono il Fiume Giovenco ed altri corsi d'acqua minori con caratteristiche torrentizie, è priva di emissari naturali, ed in passato era sede di un lago con superficie di circa 160 km². Negli anni compresi tra il 41 ed il 52 d.C. l'imperatore Claudio, al fine di recuperare i terreni del bacino lacustre all'agricoltura, fece realizzare una galleria lunga 5 647 m per scaricare le acque del lago nel limitrofo bacino del Fiume Liri. Dopo alcuni

secoli, almeno sino al VI sec. d.C., il funzionamento della galleria decrebbe progressivamente tanto che a poco a poco si ripristinò l'antica superficie lacustre.

Soltanto nella metà del XIX sec., per opera di Alessandro Torlonia, venne realizzato un nuovo collettore artificiale lungo circa 6 300 m e posto ad una quota più bassa del precedente; tale collettore, in grado di far evacuare portate di circa 40 m³/s, rese possibile la bonifica integrale del lago Fucino. Nel 1942 fu realizzato un terzo emissario, avente percorso diverso dai primi due, con lunghezza pari a 6 250 m e portata di circa 20 m³/s.

Gli impianti colturali della Piana, inizialmente diretti essenzialmente verso mais, grano e barbabietole, videro progressivamente ridurre, soprattutto dopo la riforma ed il riordino fondiario del 1954, le quote di superficie loro destinate a vantaggio di altri impianti decisamente più redditizi, di tipo orticolo. Questa nuova tendenza, notevolmente accentuata negli ultimi anni, comporta un notevole fabbisogno idrico, visto l'idroesigenza di tali colture soprattutto se si considera che, in virtù del clima favorevole presente nella piana, è possibile ottenere due/tre raccolti annui. Per garantire le disponibilità idriche necessarie sono stati realizzati, essenzialmente dall'allora ARSSA (Agenzia Regionale per lo Sviluppo dei Servizi Agricoli, Ente soppresso con L.R. n. 29 del 11.08.2011), numerosi pozzi, generalmente perforati nelle strutture carbonatiche circostanti la Piana, ricche di acque sotterranee. I pozzi più importanti vengono attualmente utilizzati direttamente dal Consorzio di Bonifica Ovest, che è subentrato all'ARSSA nella gestione (L.R. n. 42 del 10.08.2012), con lo scopo di mantenere attivo il deflusso idrico nei canali dai quali attingono direttamente gli agricoltori per le esigenze irrigue.

Oltre al prelievo idrico per attività agricole, (circa 14 milioni di m³, periodo da maggio a settembre) vengono prelevati dagli acquiferi che coronano la Piana cospicui volumi d'acqua anche a scopo idropotabile (11 milioni di m³/anno) e industriale (6 milioni di m³/anno).

1.2 Aspetti idrologici e idraulici

Il bacino del Fucino è situato in un'area dell'Appennino Centrale, equidistante dal Tirreno e dall'Adriatico, e viene interessato da un clima che si può classificare come sublitoraneo-appenninico. Tale clima è caratterizzato da una piovosità intensa durante tutto l'inverno, con massimi di precipitazione nei mesi di novembre e dicembre a carattere nevoso in genere sopra i 1500 m; durante l'estate si ha una quasi completa mancanza di precipitazioni in pianura e rari e brevi fenomeni temporaleschi sulle pendici montane. La piovosità maggiore si registra nelle zone montane ed in prevalenza su quelle a Sud del bacino stesso. I valori minimi si registrano nella Piana (50% del valore medio). Tale distribuzione delle precipitazioni è la conseguenza di una circolazione delle perturbazioni che è prevalentemente in senso orario: in generale la propagazione della perturbazione segue il bacino del Liri fin sopra Avezzano, devia verso Est incontrando i massicci dei monti Velino, Magnola e Sirente, si espande successivamente sulla Piana per raddensarsi sui monti a sud del bacino, ove definitivamente si estingue con la massima intensità.

La temperatura media annua nel bacino si aggira sui 12°C; le temperature minime sono mediamente intorno ai -3°C, le massime intorno ai 27°C.

I corsi d'acqua drenanti i rilievi posti a corona della Piana del Fucino confluiscono nei due Canali Allacciati (settentrionale e meridionale) e costituiscono le "Acque Alte". Queste a loro volta si immettono nel Canale Collettore (Canale Torlonia). A tale collettore giungono anche le "acque medie", ossia quelle circolanti nei fossi della Piana, all'interno della cintura costituita dai Canali Allacciati. Le "acque basse" si raccolgono nel Bacinetto, da cui vengono sollevate tramite un impianto idrovoro e convogliate nel Canale Collettore. Il Canale Collettore, che convoglia tutte le acque all'Incile dove hanno origine i due emissari in galleria, è formato da tre canali paralleli, di cui i due estremi raccolgono le acque provenienti da nord e da sud (Figura 1.2).

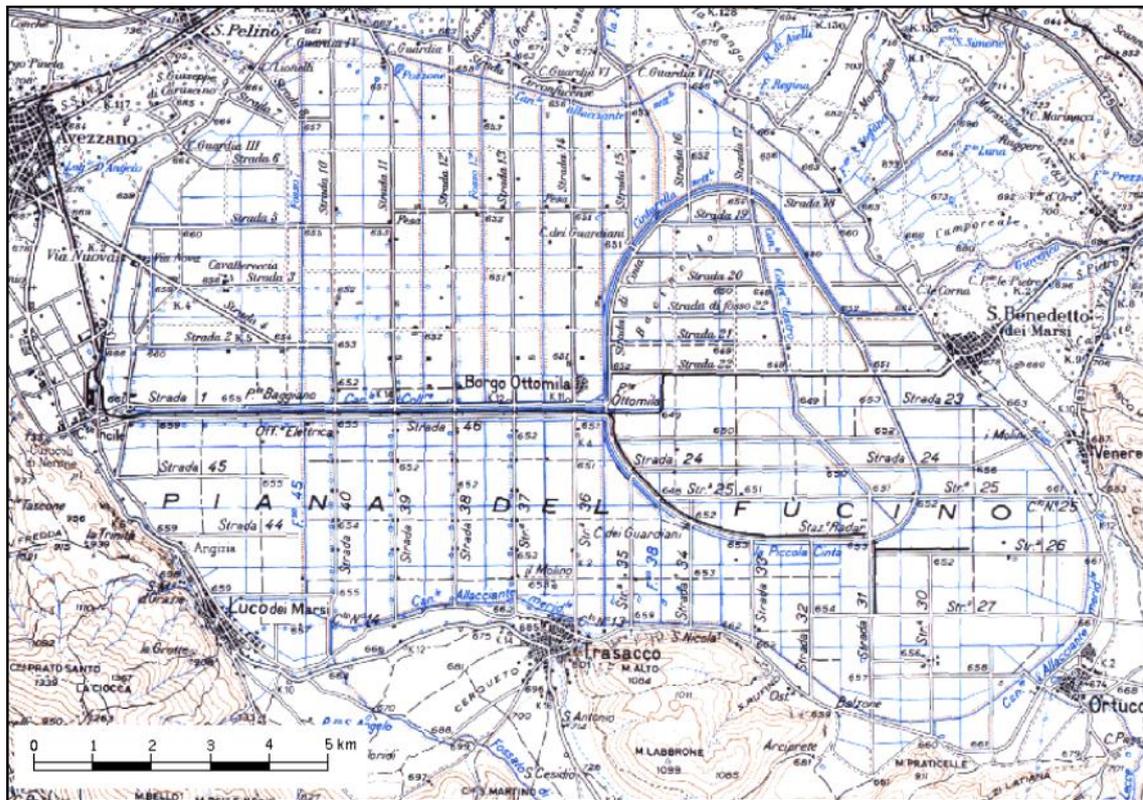


Figura 1.2 – Inquadramento della Piana del Fucino e del reticolo di canali drenanti.

Dei corsi d'acqua naturali che si immettono nella Piana del Fucino solamente il fiume Giovenco risulta avere portate estive non nulle. Tali corsi d'acqua sono (in senso orario, a partire da nord): il Rio S. Potito, il Torrente La Foce, il Rio di Aielli, il fiume Giovenco, il Rio di Lecce, il Fossato di Rosa.

Come già accennato al paragrafo precedente la portata dei canali della Piana Fucino è fornita non solo dai contributi dei corsi d'acqua immissari ma dai copiosi apporti di acque sorgentizie erogate dalle emergenze poste in diversi settori della Piana e al bordo della stessa, nonché dalle portate prelevate dai pozzi ad uso irriguo e sversate nei canali stessi.

1.3 Aspetti geologici ed idrogeologici

Il bacino del Fucino si estende per circa 900 km² nell'Appennino laziale-abruzzese ed è morfologicamente dominato dalla omonima vasta Piana alluvionale, ampia oltre 200 km². Questa depressione, la cui origine è connessa agli intensi fenomeni tettonici sin- e post-orogenetici, è circondata da rilievi carbonatici meso-cenozoici, fratturati e carsificati anche molto intensamente, delimitati da linee tettoniche compressive e disgiuntive, che determinano il ribassamento dei carbonati circostanti sotto i depositi recenti della Piana (Burri et al., 2002).

La Piana nei corso dei millenni ha subito un rapido riempimento da parte di sedimenti alluvionali detritici e lacustri, il cui spessore risulta attualmente di diverse centinaia di metri e tale da superare in alcuni settori i 1000 m (Giraudi, 1994). Ai margini della Piana, il contatto tra i depositi carbonatici e quelli alluvionali recenti è reso complesso dall'interdigitazione dei sedimenti detritici di versante con i depositi fluvio-lacustri.

La situazione idrogeologica è altrettanto complessa: gli acquiferi regionali carbonatici vengono drenati alla loro base da sorgenti di portata elevata, ma interagiscono anche con le falde alluvionali e con il sistema idrografico superficiale (Boni et al., 1986; Celico, 1983).

Come conseguenza, la portata dei canali artificiali è costituita non solo da acque superficiali, ma anche e soprattutto dai copiosi apporti di acque sorgive erogate da emergenze poste in prevalenza sul bordo della Piana,

con portate abbastanza regolari anche in periodo arido. Le principali sorgenti sono alimentate dalle dorsali carbonatiche circostanti e sono ubicate in prevalenza sul bordo sud-orientale del Fucino (gruppo Trasacco, gruppo Ortucchio; gruppo Venere, di portata media complessiva indicata in letteratura pari a $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ circa) e nel settore settentrionale (paludi di Celano, zona Tre Monti, ciascuna con portate variabili da 0.1 a $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$).

Parte delle acque sotterranee ricevute dalla Piana vengono drenate direttamente nell'alveo dei diversi canali artificiali (sorgenti lineari), con portate stimate in passato nell'ordine di qualche m^3/s . La disponibilità idrica totale relativa alle acque sorgive negli anni '70 corrispondeva a circa $6 \text{ m}^3/\text{s}$. La Piana costituirebbe, dunque, un'unità idrogeologica a se stante, caratterizzata da alternanze di sedimenti detritico-alluvionali (ghiaie, sabbie, ed argille, la cui permeabilità risulta estremamente variabile in funzione della granulometria).

Infine, le acque effettivamente affluite sul territorio della Piana vanno ad alimentare in prevalenza il reticolo idrografico e solo in minima parte penetrano nel suolo, con possibilità di raggiungere la falda idrica alluvionale, a causa della limitata permeabilità dei sedimenti presenti sulla superficie. È ipotizzabile quindi che la falda idrica della Piana venga alimentata prevalentemente da travasi sotterranei provenienti dagli acquiferi carsici circostanti

1.4 Obiettivi dello studio idraulico di dettaglio

Gli obiettivi dell'analisi idraulica di dettaglio sono stati:

- la verifica del funzionamento attuale del sistema di drenaggio compreso all'interno dell'intera Piana del Fucino;
- l'individuazione delle criticità idrauliche con conseguente mappatura delle aree a rischio di esondazione ;
- la simulazione di diversi scenari di intervento volti alla mitigazione del rischio idraulico presente nel territorio in occasione di eventi pluviometrici di dato tempo di ritorno.

Lo studio si è sviluppato attraverso la realizzazione di una serie di attività descritte in sintesi nei capitoli successivi; per i dettagli si rimanda agli elaborati che compongono l'intero studio.

2. Raccolta dati

L'attività di raccolta dati è risultata funzionale all'implementazione del modello idrologico e idraulico: essa si è basata innanzitutto su quanto elaborato nello studio del 2007 (Autorità di Bacino, 2007) integrato con i dati idrologici reperiti presso vari Enti competenti. In particolare sono stati reperiti i dati di seguito elencati.

Dati pluviometrici e termometrici

Sono stati forniti dalla Regione Abruzzo in particolare dal Centro Agrometeorologico Regionale (CAR). Le stazioni di riferimenti della Serie storica sono riportate in Figura 2.1, mentre quelle della Serie Corrente sono riportate in Figura 2.2.

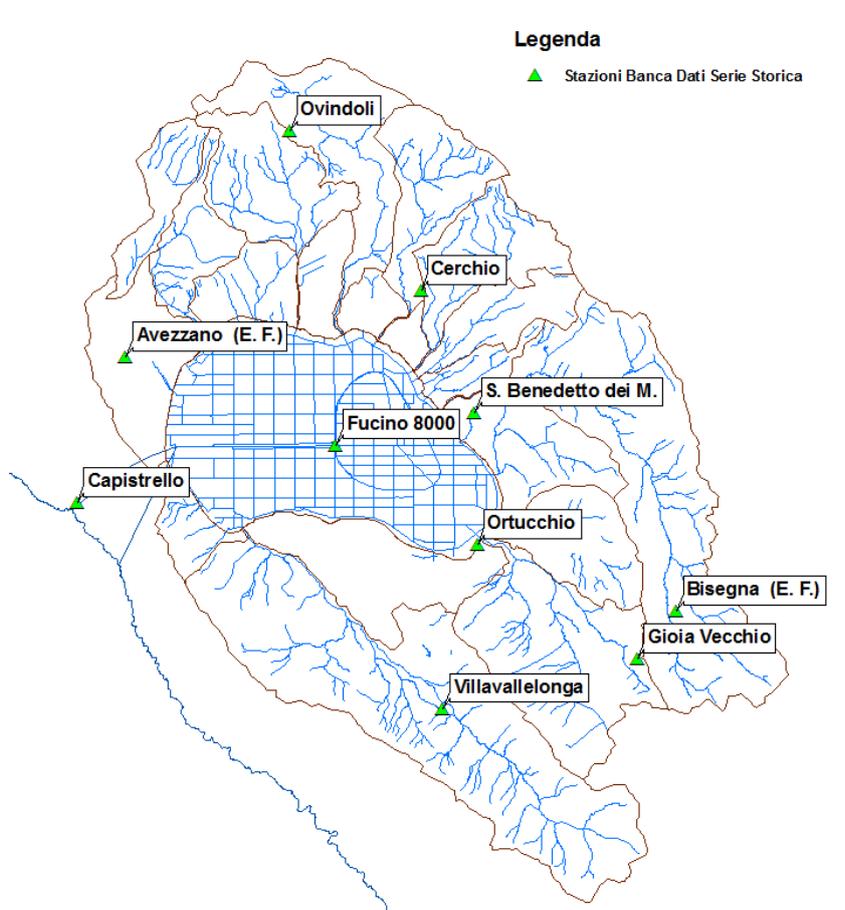


Figura 2.1 - Posizione dei pluviometri della banca dati meteorologica serie storica (piogge giornaliere).

Tali informazioni sono state integrate con il reperimento dei dati relativi ai pluviometri di Ovindoli - Campo Porcaro, Collelongo - Le Caserine e Roccavivi che hanno fornito i dati di pioggia che vanno dal periodo aprile 2009 a novembre 2013.

Dati idrometrici

I dati idrometrici sono stati forniti dalla Regione Abruzzo –Direzione LL.PP. Ciclo Idrico Integrato e Difesa del Suolo e della Costa , Protezione Civile - Servizio Prevenzione dei Rischi di Protezione Civile - Ufficio Idrografico e Mareografico. In particolare sono stati reperiti i dati a scansione 15' delle altezze idrometriche rilevate dalla Stazione di "Case Incile" nel Comune di Avezzano e riguardano il periodo dal 25-05-2009 al 31-08-2013.

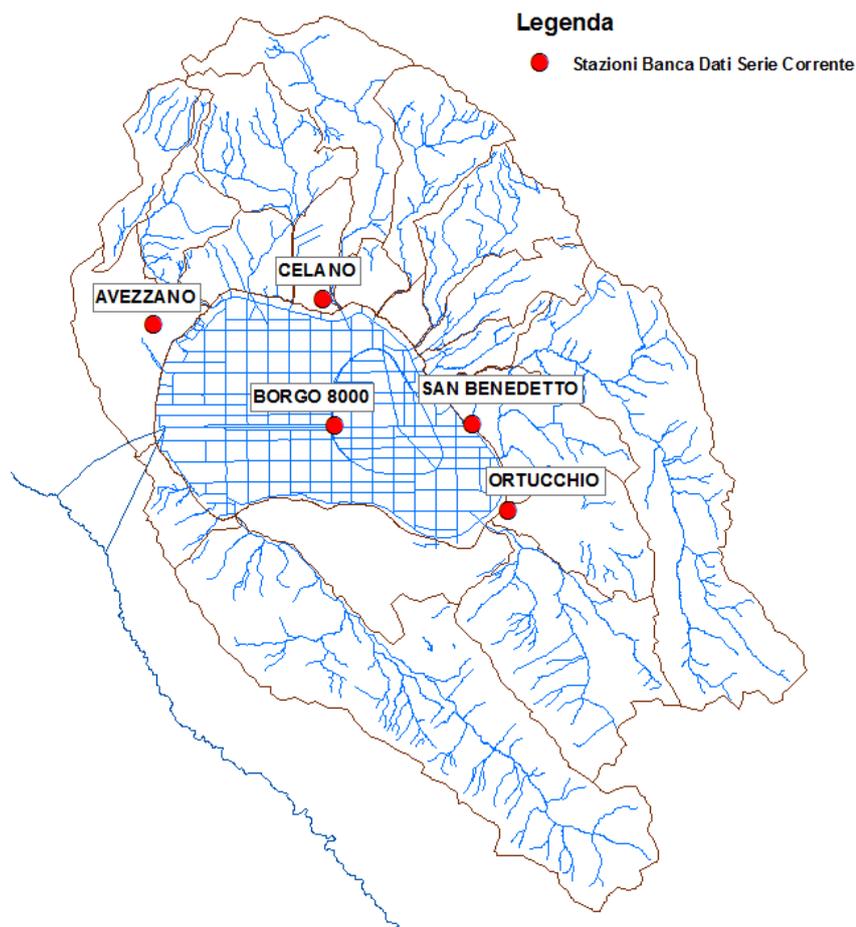


Figura 2.2 - Pluviometri della Banca Dati Meteorologica Corrente ricadenti all'interno del bacino del Fucino

Rapporti di eventi alluvionali

Sono stati, inoltre, reperiti i rapporti redatti dal Centro Funzionale d'Abruzzo e della Regione Lazio relativi all'evento alluvionale che ha colpito l'area fucense nel marzo 2011, oltre che alcune immagini satellitari (fonte: Telespazio) che hanno consentito di effettuare una buona taratura del modello idraulico applicato.

Infine, come base cartografica si è utilizzata la cartografia IGM 1:100.000, la carta tecnica regionale 1:25.000 e la foto aerea derivante dal Volo Italia 2000. Il sistema di riferimento utilizzato è WGS84, UTM fuso 33 N.

3. Rilievi topografici

3.1 Rilievo con tecnica LiDAR

Nell'ambito del presente studio è stato appositamente effettuato un volo LiDAR (*Light Detection And Ranging*) finalizzato alla costruzione del Modello Digitale del Terreno (DTM), poi utilizzato per ricavare le quote dei canali rappresentati nel modello idraulico ed inoltre utile per la visualizzazione tridimensionale del territorio.

In sintesi la tecnica di rilievo LiDAR prevede l'utilizzo di un laser distanziometrico a scansione aviotrasportato per poter effettuare rilievi di dettaglio delle elevazioni, tale tecnica consente di misurare una notevole densità di punti a terra caratterizzati da elevate precisioni altimetriche.

Nel caso specifico il rilievo topografico, con tecnica LiDAR, dell'area del Fucino è stato realizzato in un'area di 365 km². In particolare, oltre alla Piana e alle aree circostanti lo stesso è stato realizzato per il rilievo del corso del fiume Gioenco (Figura 3.1).

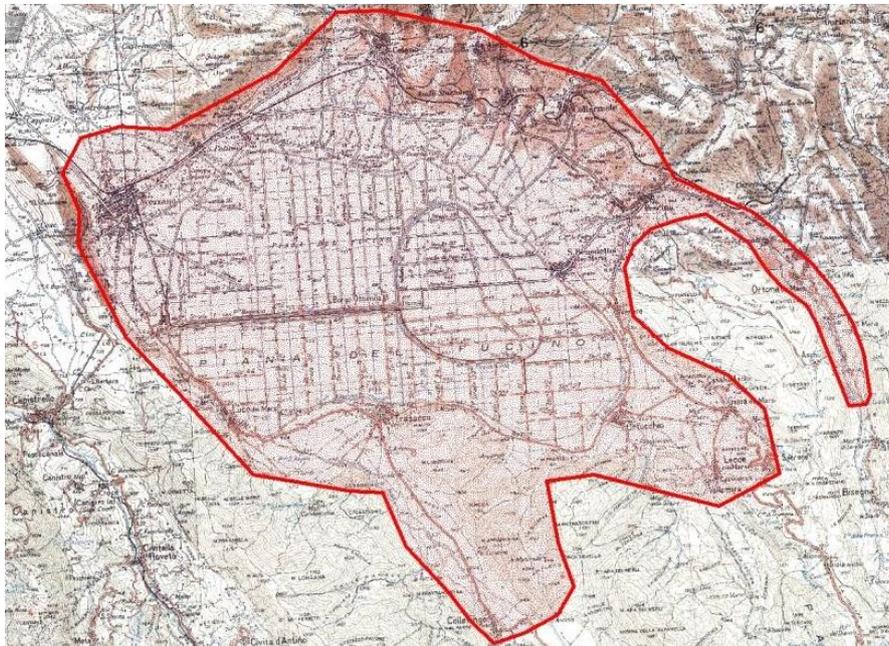


Figura 3.1 - Bacino del Fucino, aree coperte dal rilievo LiDAR.

I piani di volo sono stati progettati per ottenere le seguenti specifiche:

- densità delle misure LiDAR pari a 4 punti/m²;
- accuratezza altimetrica dati LiDAR 15 cm (1 sigma).

Il rilievo è stato eseguito nei giorni compresi tra il 24/06/2013 e il 05/07/2013.

Un esempio del risultato ottenuto per l'area in corrispondenza del ponte sul Fiume Gioenco a Pescina è riportato in Figura 3.2: oltre all'ortofoto sono riportati i dati del rilievo LiDAR completo (terreno, edifici, vegetazione) e i dati LiDAR del solo terreno. Si noti che tra i punti classificati come "solo terreno" sono comprese le strutture antropiche in terra (arginature, rilevati ferroviari) mentre sono esclusi i manufatti quali gli impalcati e le pile dei ponti.

Si nota che in corrispondenza all'alveo bagnato non sono presenti punti, questo in quanto l'acqua assorbe il segnale LiDAR che quindi non è in grado di ricostruire la batimetria della sezione fluviale al di sotto del pelo libero.

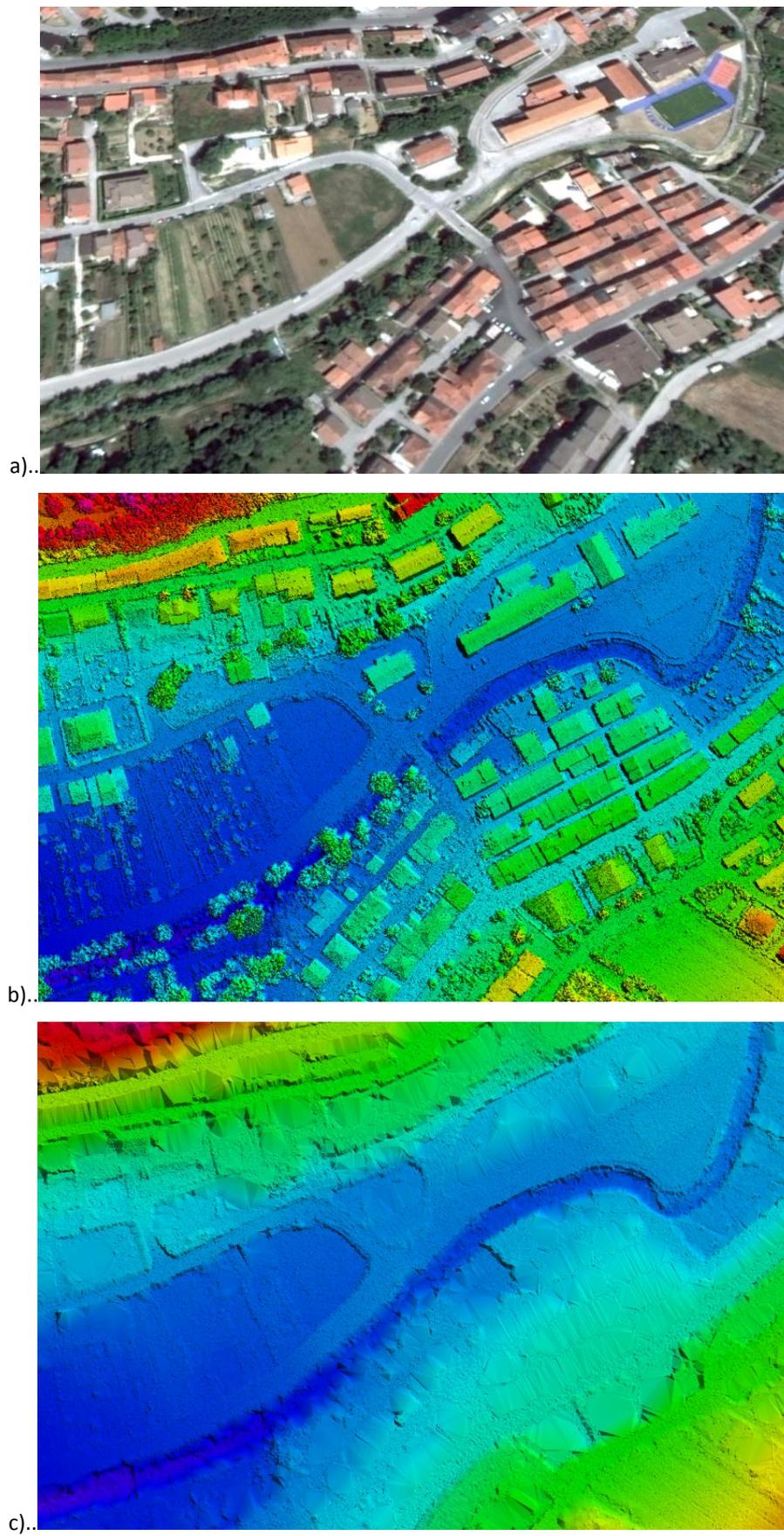


Figura 3.2 - Area di rilievo in corrispondenza del fiume Giovenco a Pescina: a) ortofoto da Google Earth, b) dati LiDAR completi, c) dati LiDAR solo punti terreno

Infine, il dato topografico LiDAR è stato utilizzato per ricavare delle sezioni topografiche d'alveo (Figura 3.3) successivamente utilizzate per l'implementazione del modello idraulico.

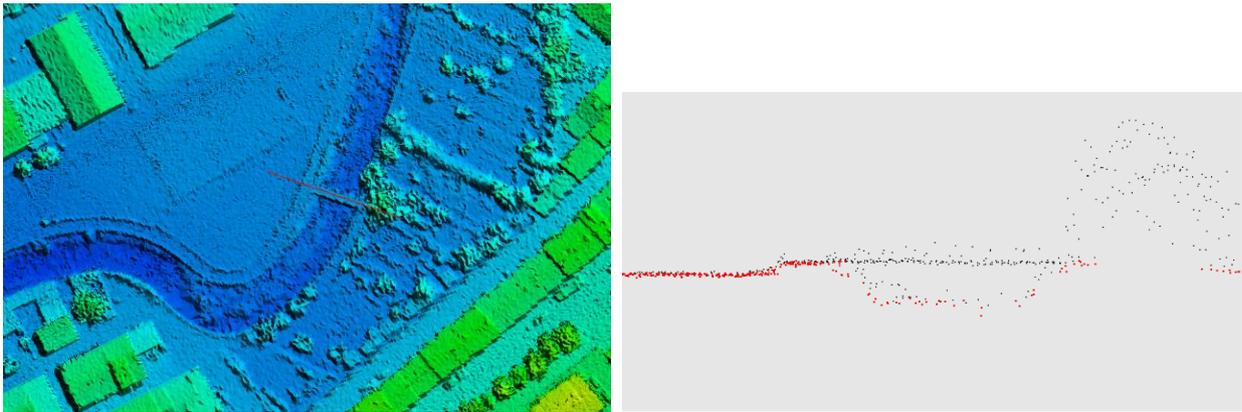


Figura 3.3 – Sezione del ponte sul Giovenco. Nell'immagine di destra in rosso sono evidenziati i punti "terreno" in nero si nota l'implacato del ponte e la vegetazione.

3.2 Rilievo topografico con tecnica tradizionale

Il tratto fluviale del fiume Giovenco oggetto di indagine è collocato subito a monte della Piana del Fucino, tra il territorio comunale di Pescara e San Benedetto dei Marsi in provincia dell'Aquila (Figura 3.4). Oggetto di rilievo topografico sono state tutte le opere di attraversamento del tratto considerato (lungo circa 6 km) e alcune sezioni integrative ubicate in corrispondenza delle briglie presenti nel medesimo tratto.

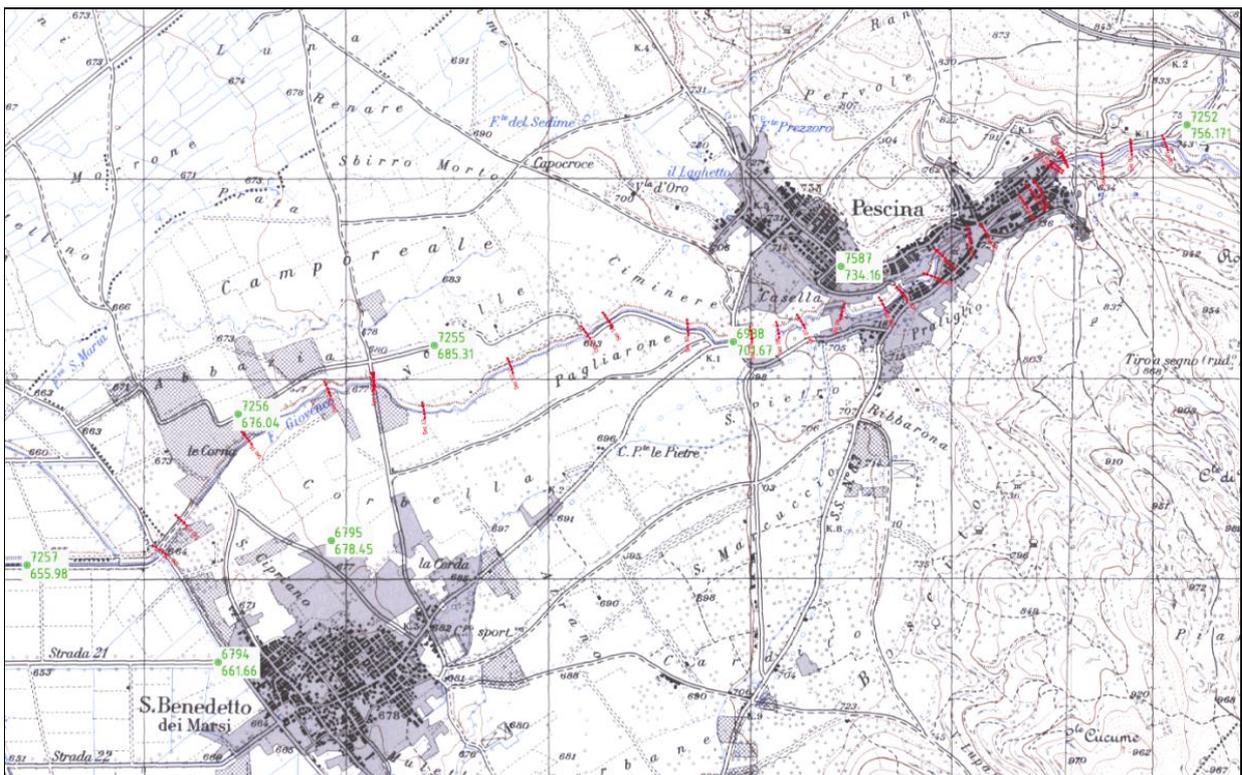


Figura 3.4 – Inquadramento del tratto di fiume Giovenco oggetto di indagine (ellisse rossa).

Inoltre è stato eseguito il rilievo della sezione (Figura 3.5) del Collettore principale ubicata appena a monte dell'Incile (località Borgo Incile). Il rilievo di questa ultima sezione è stato contestuale alla misura del livello del Collettore principale in corrispondenza del punto dove è installato l'idrometro gestito dalla Regione Abruzzo, al fine di verificare la bontà dei dati idrometrici registrati dallo strumento in continuo.

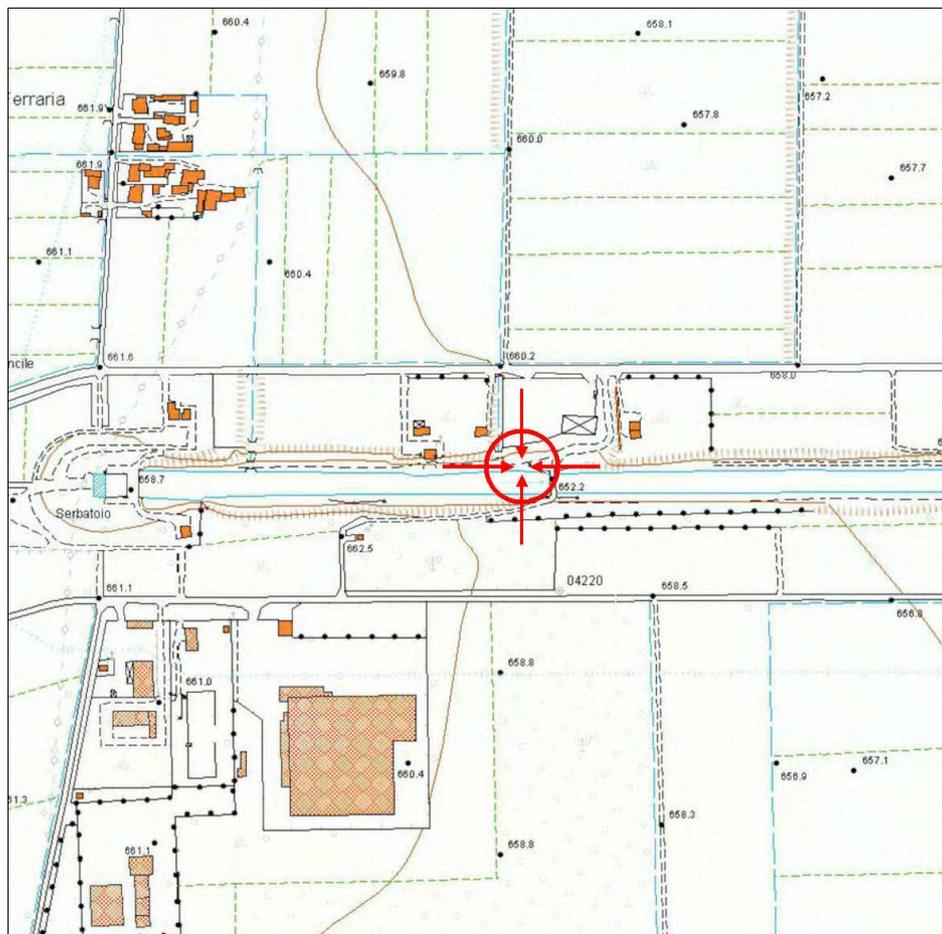


Figura 3.5 – Ubicazione della sezione all'Incile ove è ubicato l'idrometro gestito dalla Regione Abruzzo.

In totale i rilievi eseguiti comprendono:

- n° 14 opere di attraversamento sul Fiume Giovenco;
- n° 17 sezioni su briglie (profilo eseguito monte/valle) e dimensionamento planimetrico sul fiume Giovenco;
- n° 1 sezione libera sul fiume Giovenco;
- n° 1 sezione per verifica bontà idrometro (Borgo Incile).

I rilievi sono stati eseguiti nei giorni compresi tra il 14 e il 18 ottobre 2013.

4. Modellazione idrologica ed idraulica

Lo strumento matematico utilizzato per la modellazione idrologica ed idraulica mono e bi-dimensionale della Piana del Fucino è il modello di simulazione InfoWorks ICM.

Per quanto riguarda l'implementazione della geometria dell'area oggetto di studio, il reticolo dei corsi d'acqua (aste montane e canali di bonifica) è stato rappresentato tramite elementi monodimensionali ed è stato ricostruito sfruttando tutte le informazioni disponibili: planimetrie e abachi delle sezioni reperite presso gli enti interessati (Autorità di Bacino, Regione Abruzzo), foto, documentazione tecnica, specifici rilievi sul campo, oltre all'aggiornato modello del terreno derivato dal volo LiDAR (vedi Paragrafo 3.1), che ha consentito la descrizione di dettaglio delle linee spondali e delle arginature.

Sono stati utilizzati, inoltre, appositi elementi del modello per rappresentare nel dettaglio le principali opere idrauliche presenti lungo il reticolo: paratoie, stazioni di sollevamento, soglie, sifoni, vasche. Particolare attenzione è stata posta nella descrizione geometrica e funzionale di questi elementi, sfruttando gli schemi disponibili e specifici rilievi effettuati sul territorio.

La piana è stata, invece, rappresentata nel modello idraulico attraverso un poligono a magliatura triangolare irregolare, che rappresentano rispettivamente il dominio e gli elementi di calcolo bidimensionale. L'andamento altimetrico del dominio bidimensionale deriva dal modello del terreno costruito sulla base dell'apposito volo LiDAR appena sopra citato.

La definizione delle condizioni al contorno necessarie all'implementazione del modello si è basata sulla rappresentazione dei bacini imbriferi che afferiscono alla piana, attraverso la delimitazione di poligoni, denominati sottobacini; questi elementi costituiscono la base del calcolo idrologico, i parametri caratteristici dei sottobacini determinano cioè la trasformazione afflussi-deflussi, fornendo le portate in ingresso al reticolo in funzione delle piogge che insistono sulle singole aree.

Gli eventi pluviometrici utilizzati per la sollecitazione del modello di calcolo possono essere suddivisi in due categorie:

- due eventi reali utilizzati per la calibrazione e la validazione del modello;
- eventi di progetto utilizzati per l'analisi delle soluzioni progettuali ipotizzate.

4.1 Risultati restituiti da una simulazione

Le simulazioni idrauliche realizzate con InfoWorks ICM consentono la restituzione dettagliata di tutti i parametri idraulici (portate, livelli, velocità...) calcolati dinamicamente a timestep prefissati per tutti gli elementi mono e bidimensionali del modello risolvendo le equazioni del moto vario.

Tali risultati sono fruibili in una molteplicità di formati, statici o dinamici per la migliore comprensione dell'evoluzione dei fenomeni idraulici, tabulari o grafici, aggregati o disaggregati.

4.2 Calibrazione del modello

La calibrazione di un modello di simulazione consiste nell'affinamento di tutti i parametri idrologici, idraulici e geometrici degli elementi che lo costituiscono con lo scopo di rendere il modello quanto più possibile rappresentativo della realtà del sistema idraulico, tale operazione viene effettuata raffrontando i risultati restituiti dal calcolo con evidenze riscontrate sul territorio: misure, foto, altri dati e informazioni. Una volta che il modello risulta calibrato e validato può essere ritenuto affidabile per tutte le successive analisi progettuali.

Per la calibrazione è stato utilizzato un evento pluviometrico reale registrato a partire dal 16 marzo 2011, tale evento ha causato importanti allagamenti sulla piana ed è stato selezionato a causa della sua entità e della presenza contestuale di riscontri reali, in particolare la misura del livello presso “Case Incile”, un’immagine aerea raccolta da segnale radar, oltre a testimonianze, foto e filmati delle zone allagate.

Le attività di calibrazione hanno portato ad individuare il modello idrologico maggiormente rispondente alle caratteristiche del territorio, si è utilizzato il metodo “Fixed”, che consente la definizione, per ogni superficie, della percentuale di pioggia che concorre alla formazione del deflusso.

Sono state inoltre tarate le scabrezze dei canali e degli emissari, tenendo conto dello stato manutentivo riscontrato e del raffronto con le misure di campo.

Non essendo un’informazione nota a priori, è stata ricavata e riproposta l’evoluzione della posizione delle paratoie poste all’ingresso dei due emissari durante il fenomeno, applicando anche al modello tali gradi di apertura.

Anche il comportamento della stazione di sollevamento posta all’interno del Bacinetto è stato riproposto, con l’attivazione delle singole pompe in funzione del livello d’acqua nella vasca di aspirazione.

Il risultato del processo di calibrazione è riportato in Figura 4.1; il grafico evidenzia una corrispondenza molto buona tra i dati misurati dall’idrometro dell’Incile durante l’evento iniziato il 16 marzo 2011, utilizzato per la taratura, e i livelli calcolati dal modello idraulico applicato.

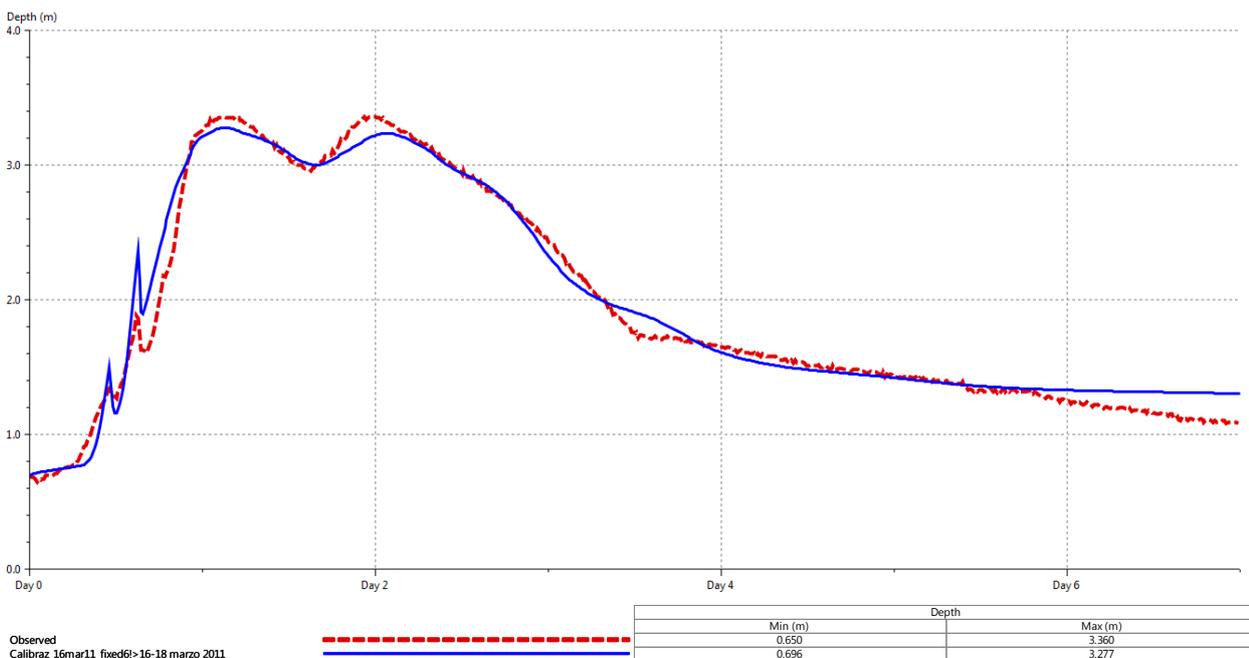


Figura 4.1 – Grafico di calibrazione: in rosso la serie storica dei dati misurati dall’idrometro Case Incile in corrispondenza dell’evento pluviometrico iniziato il 16 marzo 2011, in blu i livelli calcolati dal modello.

4.3 Validazione del modello

Validare un modello consente di rafforzare la sua affidabilità, attraverso la sollecitazione del modello con un ulteriore evento reale ed il confronto dei risultati del calcolo con una serie contestuale di riscontri misurati sul campo.

Per la validazione si è scelto l’evento pluviometrico iniziato il 29 novembre 2010, come riscontro misurato si è scelto il livello idrometrico rilevato presso “Case Incile”. Il risultato del processo di validazione è riportato in Figura 4.2; tale confronto ha restituito un buon riscontro.

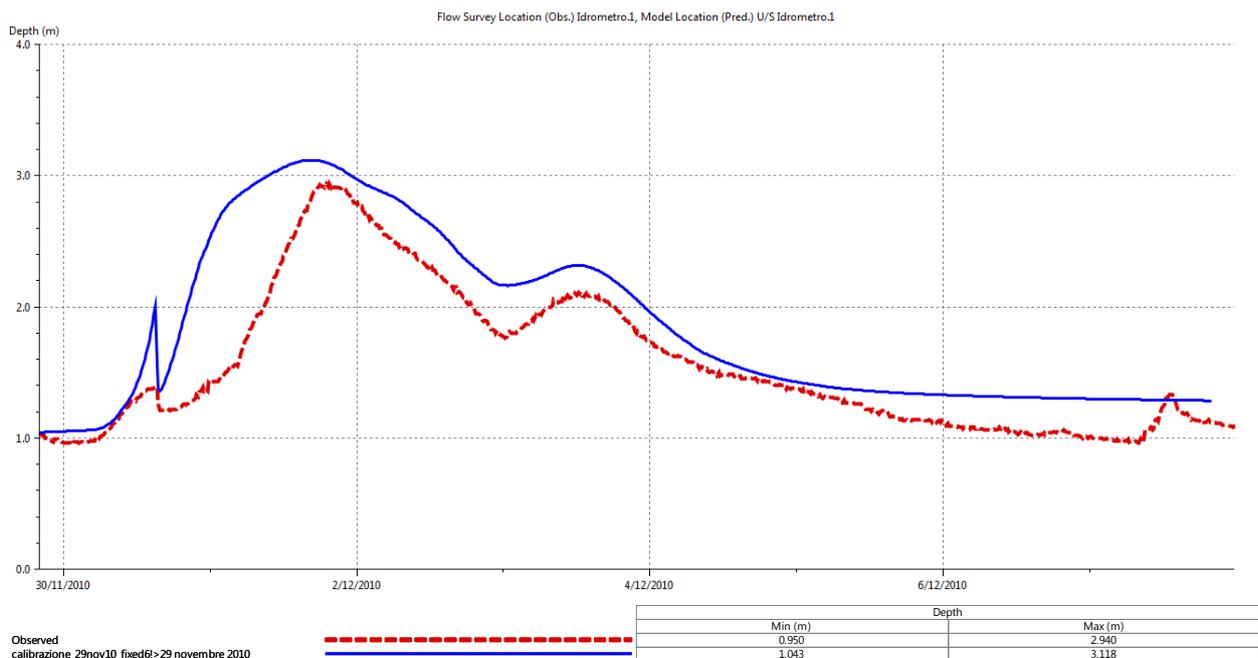


Figura 4.2 – Grafico di verifica: in rosso la serie storica dei dati misurati dall'idrometro Case Incile in corrispondenza dell'evento pluviometrico iniziato il 29 novembre 2010, in blu i livelli calcolati dal modello.

4.4 Analisi stato di fatto

Una volta disponibile, il modello calibrato – ossia effettivamente ben rappresentativo del bacino reale in oggetto – è stato utilizzato per analizzare lo stato di fatto ed individuare le criticità presenti.

A questo proposito sono state individuate le durate critiche del bacino ed effettuate le simulazioni con eventi pluviometrici con diverso tempo di ritorno, tra i 2 e i 500 anni.

L'aspetto principale da porre in evidenza è che il principale collo di bottiglia, che determina in maniera significativa il fenomeno di esondazione di acqua nella piana durante gli eventi ad elevato tempo di ritorno, è costituito dalle gallerie presenti all'incile. Infatti questi manufatti hanno un limite di portata in uscita che varia pochissimo in funzione dell'innalzamento del livello dei canali, quindi, quando l'insieme complessivo dei contributi di deflusso dei bacini limitrofi alla piana e della piana stessa superano la portata in uscita dai due emissari, il volume in esubero determina l'aumento del livello nei canali e allaga la piana che si comporta come una cassa di espansione naturale.

Il reticolo di bonifica, a meno di particolari situazioni locali, appare adeguato allo smaltimento delle acque per eventi pluviometrici di bassa entità, mentre sussistono fenomeni di esondazione in corrispondenza di eventi significativi.

Essendo il bacino del Fucino, di fatto, un sistema chiuso e regolato dalla limitazione della massima portata in uscita dagli emissari, l'acqua in eccesso nel sistema, una volta convogliata nel punto più basso della rete, non può fare altro che invasare in attesa di essere poi smaltita attraverso la sezione di chiusura. La chiusura di questi emissari, imposta talvolta per motivi di protezione idraulica a valle, non può fare altro che causare un immediato innalzamento dei profili di rigurgito e una esondazione nelle zone più depresse della Piana, ossia in prossimità dell'abitato di Borgo Ottomila ed all'interno del Bacinetto (Figura 4.3).

L'unico possibile rimedio a questa criticità è lo studio della possibilità di immagazzinare l'eccesso d'acqua in opportuni bacini di accumulo, che consentano una laminazione ed attenuazione delle curve di piena, le possibili soluzioni a questa criticità vengono approfondite nelle successive fase descrittive di questo studio.



Figura 4.3 – Inviluppo dei massimi allagamenti stimati sulla piana nello stato di fatto, in seguito ad un evento sintetico di tempo di ritorno 30 anni.

5. Mappatura delle aree a rischio

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), in collaborazione con Autorità di Bacino Nazionali, Dipartimento di Protezione Civile ed ISPRA, ha redatto un documento *"Indirizzi Operativi per l'attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni"* volto alla definizione di criteri omogenei, a scala nazionale, per la redazione delle mappe di pericolosità e rischio alluvioni.

Parallelamente, nell'ambito del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, l'Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno e le Regioni tramite le Autorità di Bacino interregionali e regionali ricadenti nel Distretto hanno avviato, fin dal mese di luglio 2011, un percorso simile, mediante l'attivazione di un Tavolo Tecnico Istituzionale e Operativo (Decreto Segretariale n°103 del 23.04.2012) finalizzato ad un confronto e valutazioni sullo stato della pianificazione in materia di alluvioni ed al coordinamento delle attività da porre in essere da parte di ciascuna delle Autorità di Bacino operanti nel Distretto e delle Regioni per la redazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto dell'Appennino Meridionale (DAM).

Il tutto ha portato alla stesura di un documento condiviso denominato *"Relazione programma di lavoro per la redazione delle mappe di pericolosità e rischio del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto dell'Appennino meridionale"* che, assieme alla Relazione Generale del Piano stesso, rappresenta lo strumento metodologico a cui si è fatto riferimento per la predisposizione delle mappe di pericolosità, danno e rischio del presente studio.

In particolare, la metodologia adottata per la valutazione del rischio idraulico si basa sulla valutazione e combinazione degli elementi di pericolosità, entità degli elementi a rischio e vulnerabilità degli stessi.

La **pericolosità (P)** è una caratteristica intrinseca del territorio in relazione alla possibilità che accada un fenomeno di dissesto quale una alluvione. In termini statistici è definibile come la frequenza attesa di accadimento dell'evento calamitoso, ma è anche determinata da altri parametri quali la Velocità della corrente (v) e l'entità del Tirante idrico (h).

La mappatura delle aree a pericolosità della Piana del Fucino è stata realizzata a partire dai risultati del modello mono-bidimensionale descritto nel Capitolo 4. I dati di *output* del modello idraulico sono costituiti da file grafici che contengono tra l'altro, le informazioni relative ai massimi tiranti idrici (h) raggiunti da ogni cella di calcolo nell'evento considerato. Considerata la particolarità delle dinamiche di allagamento che interessano la Piana del Fucino, le quali possono essere difficilmente paragonate alle dinamiche fluviali in senso stretto, si è convenuto di adattare la zonizzazione delle aree allagabili secondo i criteri evidenziati in Tabella 5.I.

Successivamente si è proceduto con l'equiparazione delle fasce fluviali alle classi di pericolosità idraulica secondo i criteri definiti in Tabella 5.II.

Il **Danno potenziale (Dp)** viene determinato a partire dalla valutazione dell'elemento esposto ovvero quell'elemento antropico e/o naturale del sistema territoriale presente all'interno dell'area esposta al pericolo che può subire danni a seguito dell'evento alluvionale. Le mappe del Bene esposto (E) esprimono il valore di tale bene in termini monetari o in termini numerici. Il Danno potenziale è dato quindi dal prodotto del Bene Esposto (E) per la Vulnerabilità del bene (V), secondo la seguente equazione.

$$Dp = E \times V$$

Tabella 5.I – Criteri di definizione delle fasce per la Piana del Fucino.

Fascia	Tempo di Ritorno dell'area allagabile	Criterio di definizione della fascia
A	100 anni	Tirante idraulico > 1 m
B1	100 anni 30 anni	Tirante idraulico compreso tra 0.90 e 1 m Tirante idraulico > 0.30 m
B2	100 anni	Tirante idraulico compreso tra 0.30 e 0.90 m
B3	100 anni	Tirante idraulico compreso tra 0.10 e 0.30 m
C	300 anni	Tirante idraulico > 0.1 m

Tabella 5.II – Equiparazione delle fasce fluviali alle classi di pericolosità.

Fascia	Pericolosità	Descrizione
A	P3	Pericolosità elevata
B1 – B2 – B3	P2	Pericolosità media
C	P1	Pericolosità bassa

A livello di Distretto delle Alpi Meridionali viene ammessa l'uguaglianza tra valore del Bene esposto e Danno potenziale avendo assunto unitario il valore della vulnerabilità (V) e quindi viene ammessa l'uguaglianza delle quattro classi di valore crescente di Bene esposto E1, E2, E3 e E4, alle quattro classi di danno D1, D2, D3, D4, secondo le definizioni riportate in Figura 5.1.

CLASSE ELEMENTI ESPOSTI	MACRO CATEGORIE con assunzione Vulnerabilità = 1		CLASSI DI DANNO
E4 valore esposto molto elevato	1	Aree urbanizzate	D4 danno molto elevato
	2	Strutture Strategiche ¹	
	3	Infrastrutture Strategiche di trasporto e a rete ²	
	4	Beni ambientali, paesaggistici, storici, culturali, archeologici, aree protette di rilevante interesse	
	5	Aree interessate da attività economiche, industriali o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi ³ ; SIN e SIR	
E3 valore esposto elevato	1	Infrastrutture di trasporto e a rete principali	D3 danno elevato
	2	Aree estrattive, discariche, depuratori, inceneritori, cimiteri	
E2 valore esposto medio	1	Infrastrutture di trasporto secondarie	D2 danno medio
	2	Aree agricole specializzate	
	3	Verde Attrezzato, Parchi Urbani, Attrezzature Sportive all'aperto	
E1 valore esposto basso	1	Aree agricole non specializzate	D1 danno basso
	2	Aree naturali non protette	

Figura 5.1 – Definizione delle categorie di beni esposti a rischio e la relativa classe di danno.

La carta del danno è stata prodotta a partire dai dati ricavati dai Piani Regolatori Generali (PRG) dei singoli Comuni il cui territorio insiste direttamente sulla Piana del Fucino. I PRG reperiti sono stati innanzitutto georiferiti e uniformati nelle legende in modo tale da procedere con coerenza all'assegnazione delle diverse classi di danno così come definite nella figura appena sopraccitata.

Il **Rischio (R)** è la grandezza che mette in relazione la pericolosità (P), l'entità degli elementi a rischio (E) e la vulnerabilità degli stessi (V) secondo l'equazione generale:

$$R = P \times E \times V = P \times Dp$$

In particolare, nell'ambito del presente studio si è utilizzata la matrice del rischio proposta dell'Autorità di Bacino Nazionale Liri-Garigliano e Volturno aggiornata secondo le indicazioni riportate nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. La matrice è riportata in Figura 5.2.

CLASSI RISCHIO		PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
DANNO POTENZIALE	D4	R4	R3	R2
	D3	R3	R3	R2
	D2	R2	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

Figura 5.2 – Matrice di valutazione del rischio idraulico.

In particolare, si definisce:

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche;
- R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale;
- R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Sulla base di questi criteri è stata prodotta la relativa cartografia di seguito elencata:

- Elaborato 2.5.2 "Carta della pericolosità idraulica"
- Elaborato 2.5.3.1 "Carta di dettaglio della pericolosità idraulica - Borgo Ottomila"
- Elaborato 2.5.3.2 "Carta di dettaglio della pericolosità idraulica – Telespazio"
- Elaborato 2.5.4 "Carta della vulnerabilità"
- Elaborato 2.5.5 "Carta del rischio idraulico"
- Elaborato 2.5.6.1 "Carta di dettaglio del rischio idraulico - Borgo Ottomila"
- Elaborato 2.5.6.2 "Carta di dettaglio del rischio idraulico – Telespazio"

6. Fase propositiva

Sono stati studiati diversi scenari progettuali per valutare tramite il modello idraulico le opere che più efficacemente minimizzano il rischio idraulico legato ad eventi meteorici ad elevato tempo di ritorno, contenendo in zone precisamente identificate e circoscritte i volumi in eccesso.

La conformazione della Piana determina un rapido deflusso delle portate generate dagli eventi meteorici dai versanti circostanti verso la piana stessa, che viene intercettato dal reticolo di bonifica e convogliato verso gli emissari, che costituiscono una condizione al contorno che limita la portata massima in uscita.

Si valuta l'efficacia degli interventi proposti sulla base del volume residuo di allagamento della piana. La Tabella 6.1 mostra i volumi allagati nella piana derivanti dalla sollecitazione del modello idraulico con eventi pluviometrici costanti con diversi tempi di ritorno.

Tabella 6.1 - Volumi esondati calcolati per diversi tempi di ritorno.

TR	Volume allagato (m ³)
2	1.962.000
5	4.712.851
10	6.986.000
20	9.358.000
30	10.856.000
50	12.702.000
100	15.536.000
300	20.254.000
500	22.505.000

È evidente che per evitare il manifestarsi di queste esondazione occorrerebbe poter immagazzinare il volume di esondazione in luogo geografico controllato (cassa di espansione) in modo da evitare il libero deflusso, garantendo anche un maggior volume come margine di sicurezza.

La posizione geografica della cassa deve essere appropriata, così come le sue strutture di controllo, devono infatti essere garantiti i corretti invaso e svaso.

Sono stati utilizzati ietogrammi di progetto rettangolari, caratterizzati da intensità costante per ogni durata (vedi Elaborato 2.4.1 "Relazione idrologica-idraulica" al paragrafo 4.3).

Il tempo di ritorno di riferimento per l'analisi degli interventi progettuali è di 30 anni, la durata critica individuata per il TR 30 è 84 ore.

La ricerca del miglior posizionamento di tutte le opere analizzate si è basato sull'analisi di foto aeree, planimetrie, altro materiale fotografico e specifici sopralluoghi in campo per le opere trasversali secondo i seguenti criteri:

- minimizzare la dimensione delle opere (costo/impatto);
- massimizzare l'invaso (efficacia);
- minimizzare l'incidenza su altre infrastrutture umane significative come abitazioni o altri edifici (disagio/costo).

Tutti i risultati prodotti sono frutto di elaborazioni modellistiche effettuate con il software INFOWORKS ICM già utilizzato per la definizione degli allagamenti allo stato di fatto.

Il risultati ottenuti sono stati, infine, utilizzati per la mappatura della pericolosità e del rischio stato di progetto secondo le medesime modalità utilizzate per la definizione della pericolosità allo stato di fatto descritte al Capitolo 5.

Per un rapido ed utile confronto tra la pericolosità stato di fatto e la pericolosità residua si riporta in Figura 6.1 lo stralcio della carta della pericolosità idraulica (Elaborato 2.5.2). Nei paragrafi successivi verrà riportato lo stralcio delle tavole di pericolosità residua relative a ciascuno intervento proposto.

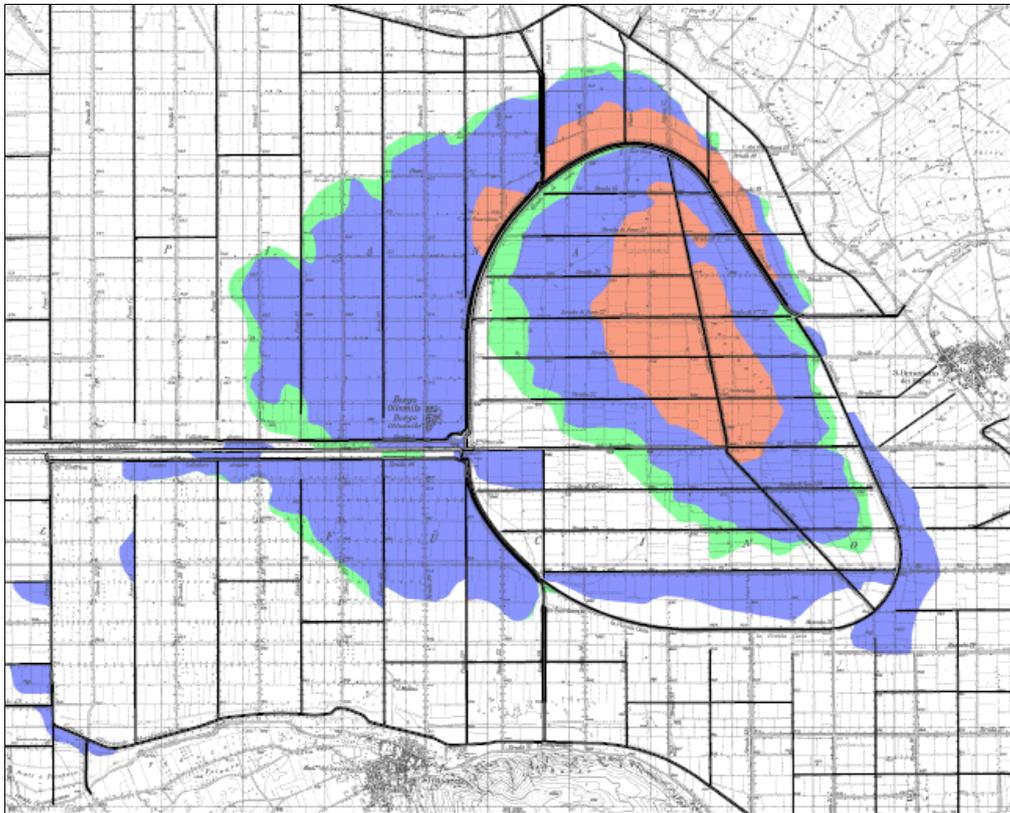


Figura 6.1 – Pericolosità stato di fatto. Legenda: Rosso = Pericolosità elevata (P3); Viola = Pericolosità media (P2); Verde = Pericolosità bassa (P1).

6.1 RI01: Casse in linea sul fiume Giovenco e derivazione del Rio delle Rose

Questo intervento prevede di derivare e laminare le portate dei due principali affluenti della piana: il fiume Giovenco ed il Rio delle Rose, attraverso la realizzazione di invasi in grado di contenere i picchi di piena conseguenti a eventi pluviometrici di progetto. Il Giovenco contribuisce con il maggior apporto d'acqua alla piana ed è anche l'unico corso d'acqua che ha una portata di fondo consistente provenendo da un massiccio montuoso di alta quota. Il Rio delle Rose è invece, dopo il Giovenco, il secondo affluente della piana in termini di area totale del bacino drenato. Questo corso d'acqua è notoriamente di tipo torrentizio e si attiva solo durante eventi meteorici lunghi e persistenti. La possibilità di intervenire su questo Rio è dovuta alla prossimità del loro corso d'acqua di una zona di espansione naturale, la conca di Amplero, sfruttabile attraverso la costruzione di opere ed infrastrutture relativamente poco complesse.

La Figura 6.2 mostra lo stralcio della planimetria delle opere necessarie alla realizzazione di questo intervento.

Per quanto riguarda il fiume Giovenco, l'intervento prevede la realizzazione di uno (o due) sbarramenti che determinano una (o due) casse di espansione in linea con funzione di laminazione dell'onda di piena. Questo consente una regolazione della portata in transito lungo il fiume Giovenco sia attraverso l'abitato di Pescina che in ingresso alla Piana del Fucino.

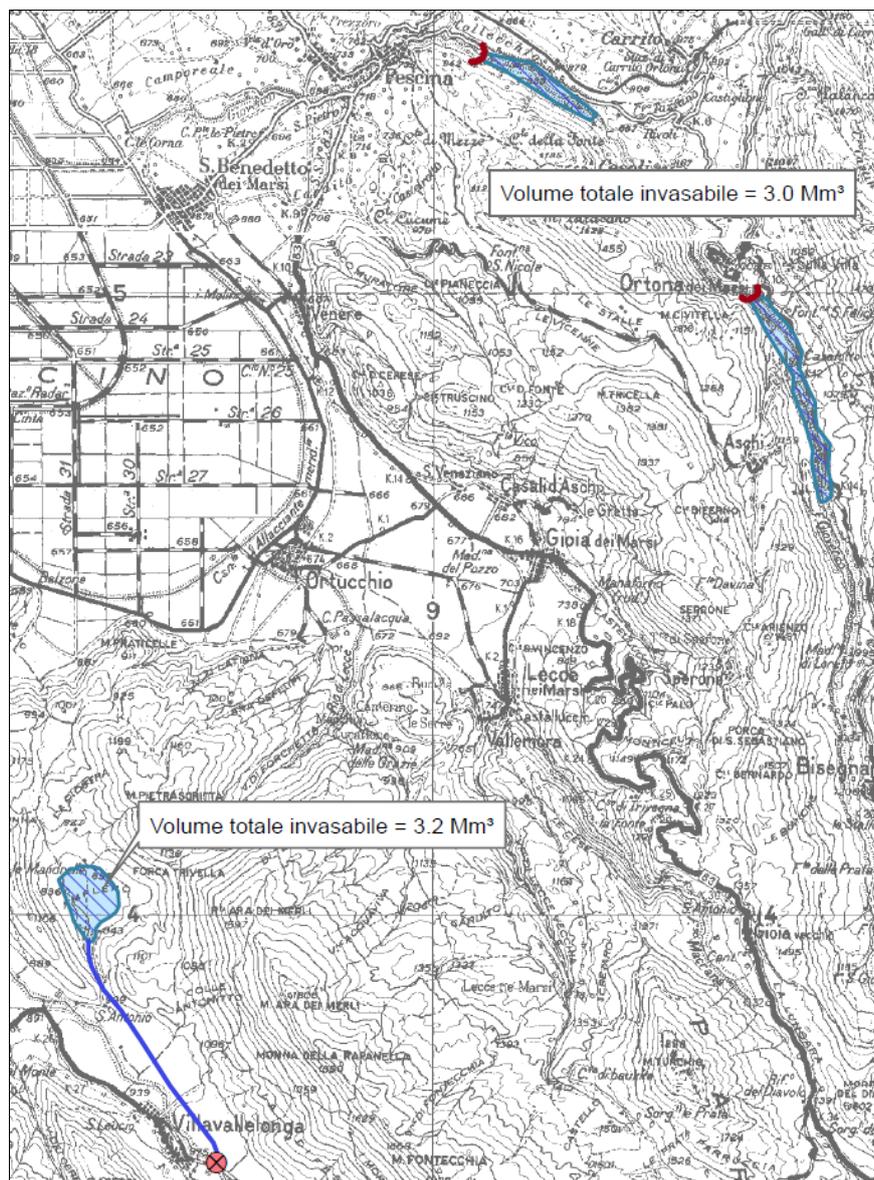


Figura 6.2 - Planimetria delle opere necessarie alla realizzazione dell'intervento RI01.

L'intervento prevede il mantenimento del minimo deflusso vitale del fiume di 300 l/s. Tale sbarramento consente di limitare l'apporto verso la piana per complessivi 3 milioni di metri cubi di acqua, derivanti da un'area di contribuzione di circa 10.000 ha.

Il Rio delle Rose ha abitualmente portate nulle, ma l'importante bacino di contribuzione di monte fa sì che durante gli eventi intensi la portata del rio fornisca un apporto significativo di portata alla piana. Questa superficie risulta di circa 7650 ha e l'apporto d'acqua durante l'evento di progetto risulta di circa 3.2 milioni di metri cubi. Si ipotizza di immagazzinare tale volume nella conca naturale di Ampero attraverso la realizzazione di apposite condotte in galleria o a cielo aperto.

La Tabella 6.II fornisce una sintesi delle aree, volumi e portate intercettate grazie alle opere di sbarramento proposte sul fiume Giovenco e sul Rio delle Rose.

L'impatto di questo intervento sull'allagamento della piana è chiaramente visibile in Figura 6.3, dove viene mostrata l'estensione della pericolosità residua ricavata secondo i criteri di mappatura utilizzati per ricavare la pericolosità allo stato di fatto (vedi Capitolo 5).

Tabella 6.II - Sintesi superfici, volumi e portate intercettate

	Area contribuzione (ha)	Volume totale (m ³)	Portata massima (m ³ /s)
Gioenco (monte Ortona)	6.390	1.962.000	7
Gioenco (monte Pescina)	3.620	1.111.000	4
Rio delle Rose	7.650	3.203.000	11

Questo risultato può essere rapidamente confrontato con la planimetria (Figura 6.1) che rappresenta la pericolosità allo stato di fatto (senza interventi).

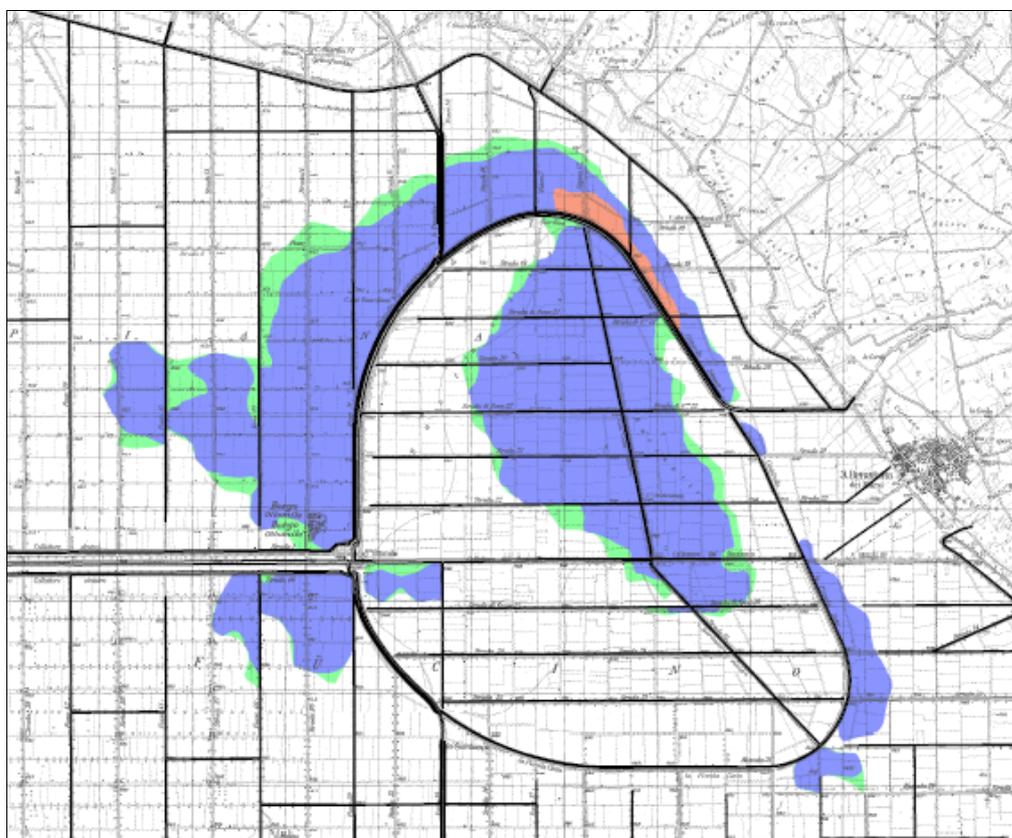


Figura 6.3 – Pericolosità idraulica residua - Intervento RIO1. Legenda: Rosso = Pericolosità elevata (P3); Viola = Pericolosità media (P2); Verde = Pericolosità bassa (P1).

Il grafico di Figura 6.4 mostra l'andamento dei volumi esondati sulla piana durante l'evento meteorico di progetto, mettendo a confronto lo stato di fatto (linea verde) con lo stato di progetto RIO1 (linea blu). L'allagamento massimo residuo nella piana risulta di circa 3.6 milioni di metri cubi.

Si può dunque concludere che l'intervento di sbarramento del fiume Gioenco con la creazione di una (o due) casse di espansione in linea, abbinato alla derivazione delle portate affluenti dal Rio delle Rose, pur mitigando significativamente l'effetto di allagamento nella Piana, non risulta completamente risolutivo nell'eliminazione della problematica per tempi di ritorno di 30 anni.

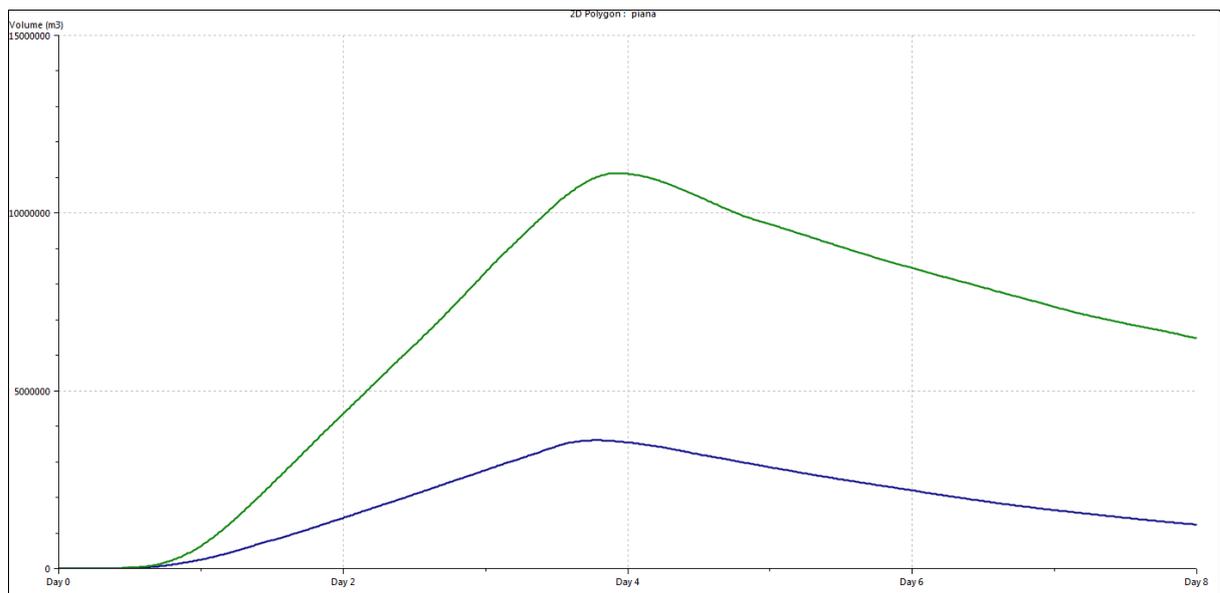


Figura 6.4 – Andamento del volume allagato nello stato di fatto (in verde) e di progetto RI01 (in blu)

6.2 RI02- Ripristino delle funzionalità del Bacinetto

Questo intervento prevede l'utilizzo dell'area del cosiddetto "Bacinetto" come cassa di espansione per tutti gli apporti durante gli eventi di piena, ripristinando in qualche modo l'idea originaria del progettista dell'intero sistema di bonifica. Il Bacinetto infatti costituisce notoriamente la zona più depressa di tutta la piana e quindi la zona di accumulo naturale per le acque libere.

L'invaso dei volumi in eccesso verso la zona del Bacinetto dello scenario di progetto viene effettuata attraverso la realizzazione di semplici opere di derivazione dal basso impatto: l'apertura controllata di alcune paratoie poste alle estremità est, ovest e nord del Bacinetto, si prevede inoltre l'apertura di una paratoia esistente posta presso le idrovore che favorisca ulteriormente il deflusso verso il Bacinetto. È stato calcolato che per realizzare un invaso sufficiente a contenere i volumi derivanti da un evento di tempo di ritorno 30 anni, risulta sufficiente l'occupazione della parte nord del Bacinetto; in questo caso occorre realizzare lungo il canale mediano del Bacinetto un argine di protezione con quota alla cresta di 651 m slm (Figura 6.5).

Per quanto riguarda le logiche che determinano l'apertura delle nuove paratoie, si utilizza come riferimento il livello misurato all'idrometro Incile, essendo un buon riferimento del livello generale dei canali, nonché l'unica variabile idraulica misurata attualmente disponibile. Si prevede l'apertura di tutte le paratoie al raggiungimento del livello di 649 m slm e la loro successiva chiusura quando il livello si ristabilisce al di sotto dei 648 m slm. Questi parametri potranno essere ulteriormente affinati in modo da gestire i volumi convogliati verso il Bacinetto e le portate in uscita da ogni emissario.

L'impatto di questo intervento sull'allagamento della piana è chiaramente visibile in Figura 6.6, dove viene mostrata l'estensione della pericolosità residua ricavata secondo i criteri di mappatura utilizzati per ricavare la pericolosità allo stato di fatto (vedi Capitolo 5). Questo risultato può essere rapidamente confrontato con la planimetria (Figura 6.1) che rappresenta la pericolosità allo stato di fatto (senza interventi).

L'allagamento residuo nella piana (escluso il Bacinetto) risulta di circa 0.5 milioni di metri cubi.

Si precisa che in alcune zone esterne al Bacinetto il modello segnala modesti e locali allagamenti, che possono essere risolti indagando localmente lo stato di manutenzione e la conformazione geometrica dei canali, in maniera da ottimizzare il trasporto dell'acqua da queste zone verso i canali principali.

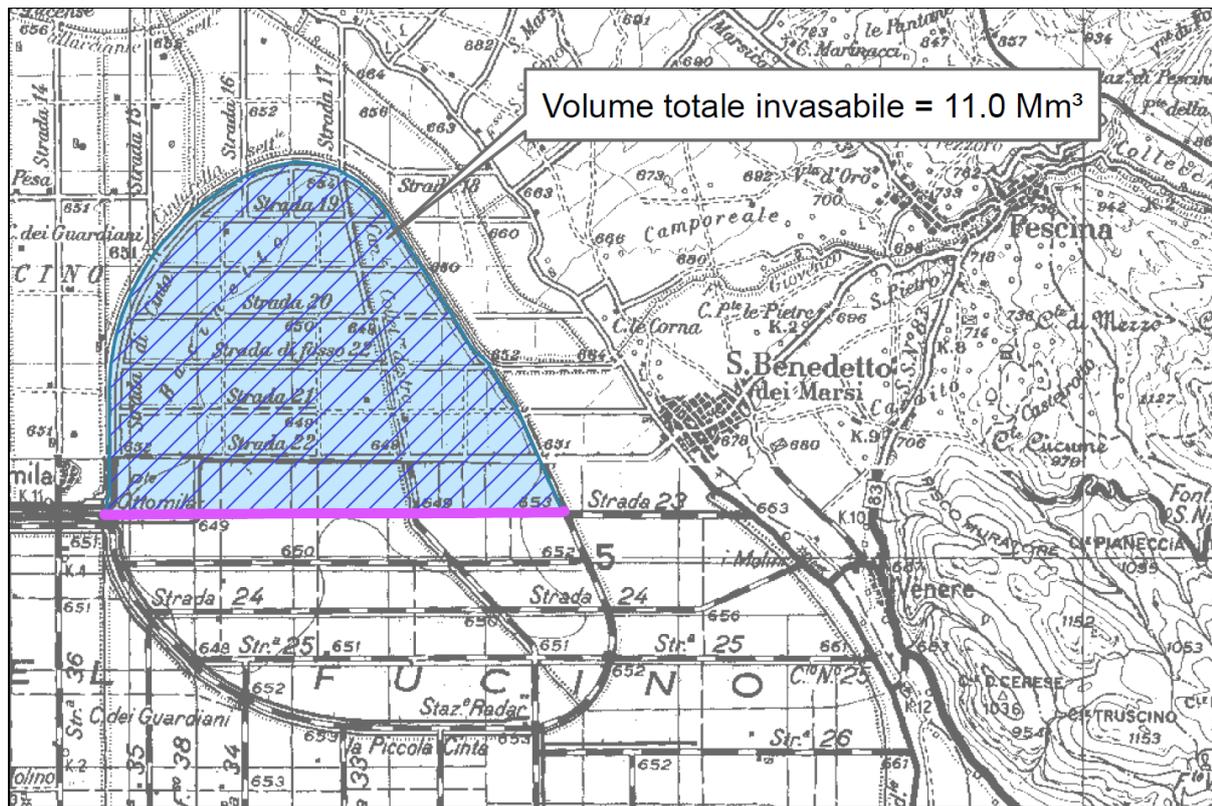


Figura 6.5 – Planimetria delle opere necessarie per la realizzazione dell'intervento RI02.

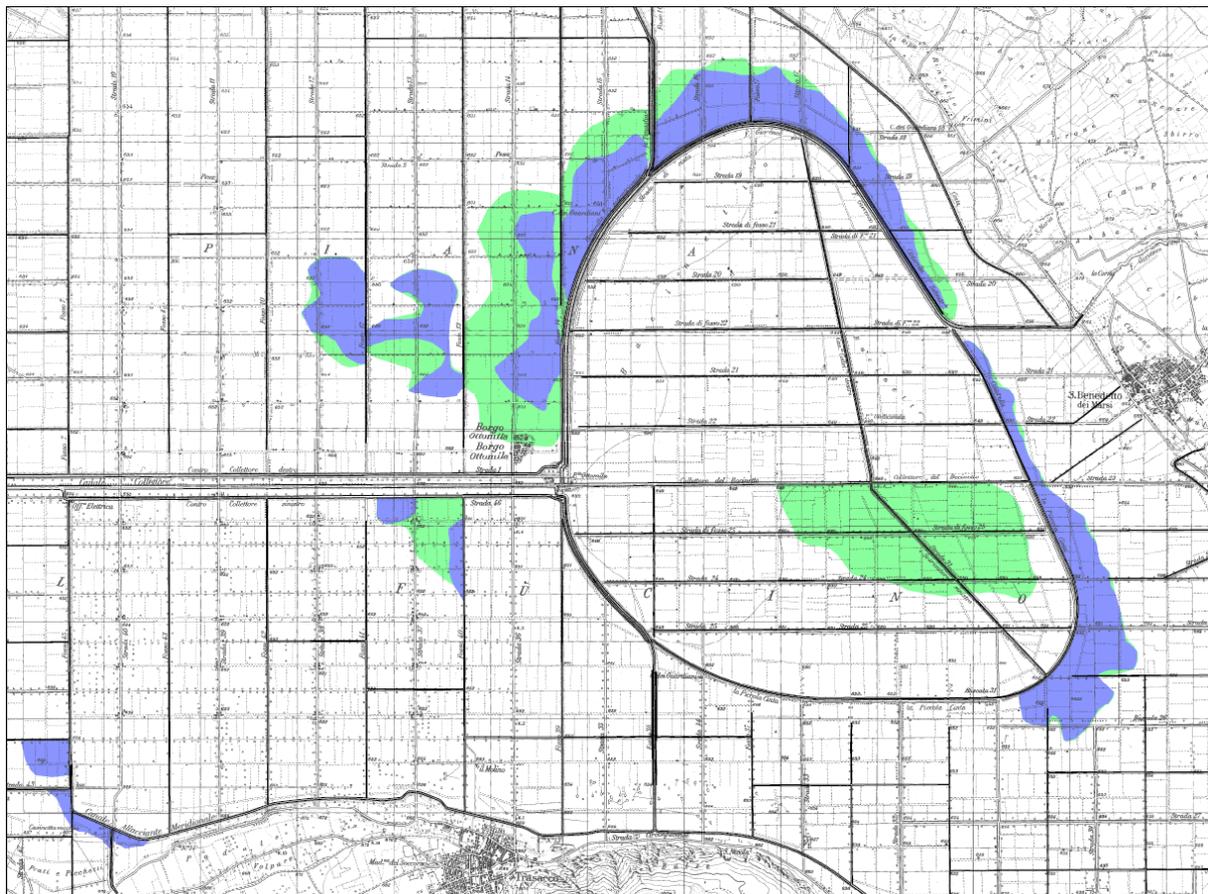


Figura 6.6 – Pericolosità idraulica residua - Intervento RI02. Legenda: Rosso = Pericolosità elevata (P3); Viola = Pericolosità media (P2); Verde = Pericolosità bassa (P1).

La Tabella 6.III riporta il massimo volume di allagamento della zona nord del Bacinetto a fronte di eventi pluviometrici di diverso tempo di ritorno in assenza di interventi (stato di fatto); questo dimostra che quest'area è comunque soggetta a frequenti allagamenti, data la conformazione della piana e la geometria del reticolo di bonifica.

Tabella 6.III - Volumi allagati all'interno della parte nord del Bacinetto in seguito a eventi di diverso tempo di ritorno nello stato di fatto

TR	Volume allagamento (mc)
2	561
5	2.039.000
10	3.207.000
20	4.370.000
30	5.086.000
50	5.845.000
100	7.282.000
300	9.673.000
500	10.457.000

In conclusione, si può ritenere questo intervento risolutivo per quanto riguarda il rischio idraulico, in quanto il volume di allagamento viene interamente (a meno di lievi residui locali) convogliato all'interno dell'area designata a tale scopo. Si noti che il volume accumulatosi all'interno del Bacinetto risulta superiore al volume calcolato come eccesso, infatti occorre tenere in considerazione che al momento l'apertura delle paratoie sul Bacinetto determinerà una minore portata in uscita attraverso gli Emissari. Attraverso la taratura fine dei livelli di apertura e chiusura delle paratoie sarà possibile ottimizzare nella maniera desiderata la gestione di questo volume.

6.3 RI03:Casse di espansione ubicate in prossimità dei canali allaccianti

Questo intervento ha l'obiettivo di intercettare tutti gli affluenti della piana, impedendo quindi l'immissione nel reticolo interno delle portate. Si rappresenta questo intervento nel modello di simulazione attraverso la costruzione di canali allaccianti estremamente sovradimensionati e di forma regolare, affinché possano ospitare i volumi degli affluenti esterni. Si elimina inoltre qualsiasi interconnessione esistente tra i canali allaccianti ed i canali interni. Si prevede infine il corretto isolamento del Bacinetto rispetto alla Cintarella, in maniera del tutto simile a quanto previsto (per la parte sud) dall'intervento RI02.

Tale soluzione risulta di difficile realizzazione nella realtà e potrebbe essere paragonata alla creazione di una serie di casse di espansione di dimensione limitata lungo il perimetro definito dagli allaccianti (Figura 6.7).

L'impatto di questo intervento sull'allagamento della piana è chiaramente visibile in Figura 6.8, dove viene mostrata l'estensione della pericolosità residua ricavata secondo i criteri di mappatura utilizzati per ricavare la pericolosità allo stato di fatto (vedi Capitolo 5). Questo risultato può essere rapidamente confrontato con la planimetria (Figura 6.1) che rappresenta la pericolosità allo stato di fatto (senza interventi).

Questo intervento risulta in una riduzione degli apporti alla piana grazie alla laminazione esercitata dai maggiori volumi che possono essere invasati lungo i canali allaccianti; tuttavia essi non risultano sufficienti alla mitigazione del rischio idraulico per un tempo di ritorno di 30 anni, si nota infatti un allagamento residuo soprattutto nella zona del Bacinetto. Fondamentalmente l'allagamento residuo deriva dall'incapacità del sistema idroforo del Bacinetto a allontanare le acque che, generatesi all'interno della piana stessa per questo Tempo di Ritorno. Occorrerebbe quindi associare a questo intervento anche delle opere accessorie per evitare l'esondazione di questa zona.

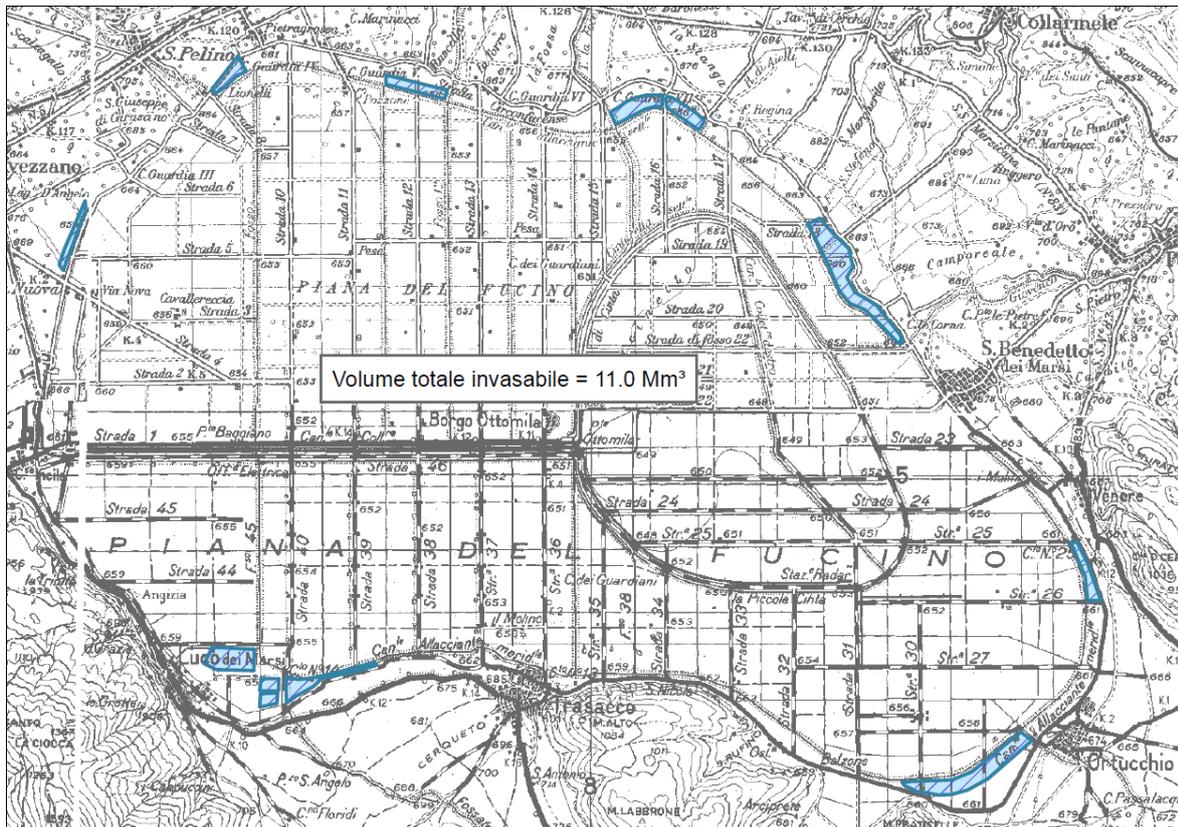


Figura 6.7 – Planimetria delle opere necessarie alla realizzazione dell'intervento RI03.

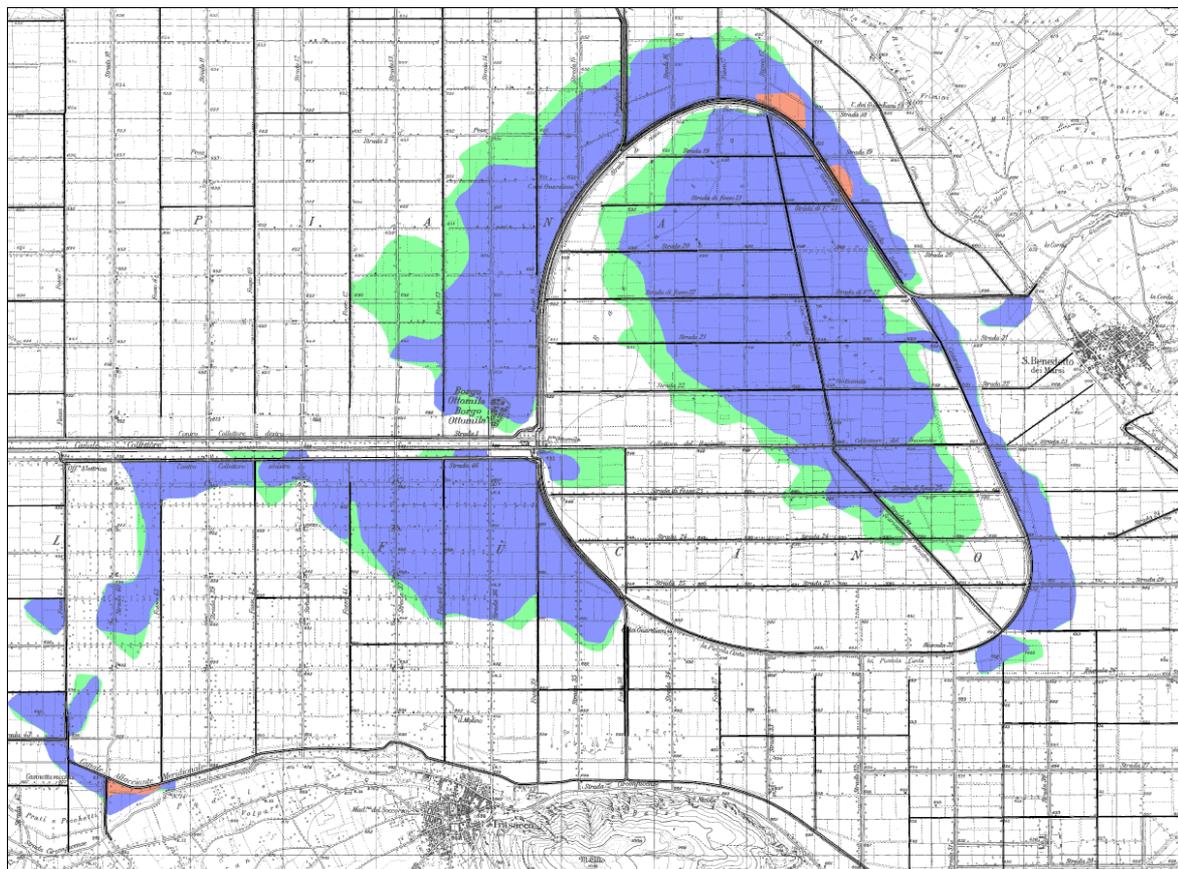


Figura 6.8 – Pericolosità idraulica residua - Intervento RI03. Legenda: Rosso = Pericolosità elevata (P3); Viola = Pericolosità media (P2); Verde = Pericolosità bassa (P1)

Il grafico di Figura 6.9 mostra l'andamento dei volumi esondati sulla piana durante l'evento meteorico di progetto, mettendo a confronto lo stato di fatto (linea verde) con lo stato di progetto RI03 (linea blu). L'allagamento massimo residuo nella piana risulta di circa 3.5 milioni di metri cubi.

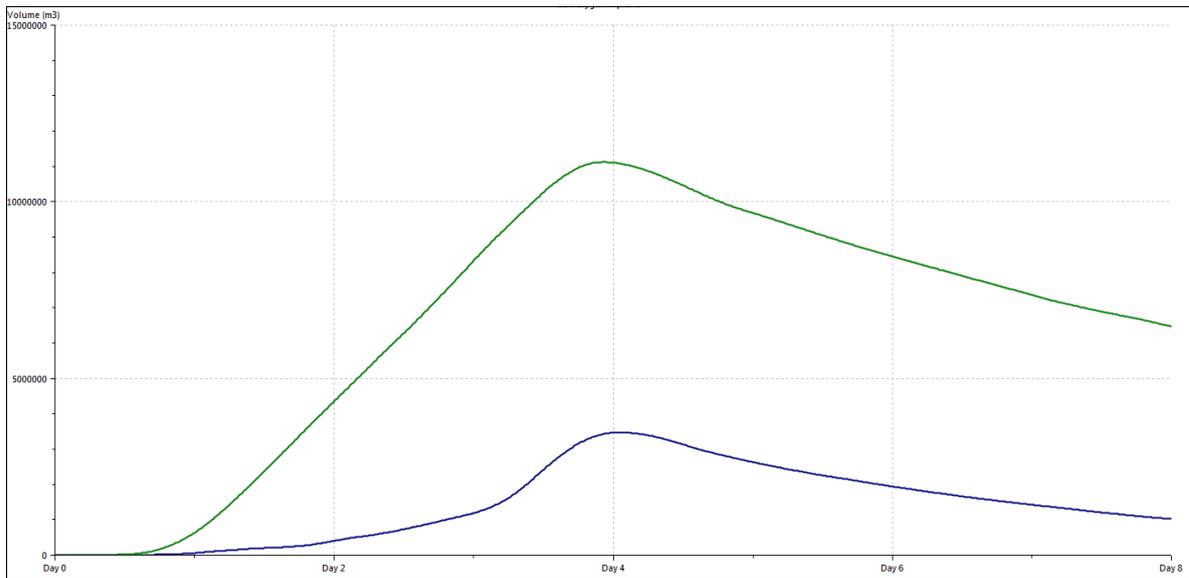


Figura 6.9 – Andamento del volume allagato nello stato di fatto (in verde) e di progetto RI03 (in blu)

In conclusione, questo intervento (oltre a suggerire diverse difficoltà in fase realizzativa) non risulta completamente sufficientemente nel ridurre il rischio idraulico derivante da un evento meteorico di progetto con tempo di ritorno 30 anni, pur mitigandone gli effetti in modo notevole.

Riferimenti bibliografici

AUTORITÀ DI BACINO DEI FIUMI LIRI-GARIGLIANO E VOLTURNO (2007): *Piana del Fucino, Regione Abruzzo - programma di azioni strutturali e non strutturali connesse alla salvaguardia, uso e governo della risorsa idrica superficiale e sotterranea*".