



## GIUNTA REGIONALE

Seduta in data 29.11.2019 Deliberazione N. 757

Negli uffici della Regione Abruzzo, si è riunita la Giunta Regionale presieduta dal Sig. Presidente EMANUELE IMPRUDENTE

con l'intervento dei componenti:

|                         | P                                   | A                                   |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. IMPRUDENTE Emanuele  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 2. CAMPITELLI Nicola    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 3. FEBBO Mauro          | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4. FIORETTI Piero       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 5. LIRIS Guido Quintino | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 6. VERI' Nicoletta      | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |

Svolge le funzioni di Segretario AUV DANIELA VALENZA

### OGGETTO

Decreto Legislativo 03.04.2006 n. 152 "Norme in materia ambientale" e s.m.i..

Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni. Aggiornamento Carte della Pericolosità idraulica riferite ad aree localizzate lungo i tratti terminali del Fiume Pescara.

Disposizioni inerenti l'aggiornamento

### LA GIUNTA REGIONALE

VISTO il Decreto Legislativo 03.04.2006 n. 152 recante "Norme in materia ambientale" ed, in particolare, l'art.63, comma 1, che dispone l'istituzione in ciascun distretto idrografico dell'Autorità di Bacino distrettuale;

VISTA la Legge della Regione Abruzzo 16.09. 1998 n. 81 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" e s.m.i.;

VISTO il verbale consiliare n. 94/5 del 29.01.2008 (pubblicato sul BURA n. 12 Speciale del 01.02.2008) con il quale è stato approvato il Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni riferito ai Bacini di rilievo regionale abruzzesi;

VISTA la L.R. n. 5 del 10.03.2015 recante "Soppressione dell'Autorità dei bacini di rilievo regionale abruzzesi ed interregionale del Fiume Sangro, modifiche alle leggi regionali 9/2011, 39/2014, 2/2013, 77/1999, 9/2000, 5/2008 e disposizioni urgenti per il funzionamento dell'Agenzia Sanitaria Nazionale" pubblicata sul BURA Speciale n. 25 del 11.03.2015;

VISTA la L. 28 dicembre 2015, n. 221 recante "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali" ed in particolare l'art. 51 "Norme in materia di Autorità di Bacino" che ha apportato modifiche ed integrazioni alle previgenti disposizioni in materia del D.Lgs. n. 152/2006, in particolare nei termini di seguito riportati:

- l'art. 63 comma 3 del D. Lgs. 152/2006, come da ultimo modificato dall'art. 51 della L. n. 221/2015, in cui si dispone che con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, di concerto con il Ministro dell'economia e delle finanze e con il Ministro per la semplificazione e la pubblica amministrazione, sono disciplinati l'attribuzione e il trasferimento alle Autorità di bacino distrettuale del personale e delle risorse strumentali, ivi comprese le sedi, e finanziarie delle Autorità di bacino di cui alla legge 18 maggio 1989 n. 183;
- l'art. 63, comma 4 del D. Lgs. 152/2006, come da ultimo modificato dall'art. 51 della L. n. 221/2015, in cui si dispone che entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore del decreto di cui al comma 3, con uno o più decreti del Presidente del



Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, d'intesa con le Regioni e le province autonome il cui territorio è interessato dal distretto idrografico, sono individuate le unità di personale trasferite alle Autorità di bacino e sono determinate le dotazioni organiche delle medesime Autorità. Con il decreto di cui al primo periodo sono, altresì, individuate e trasferite le inerenti risorse strumentali e finanziarie;

- l'art. 64 del D.Lgs. n. 152/2006, come da ultimo modificato dall'art. 51 della L. n. 221/2015, nel quale è stabilito che il territorio della Regione Abruzzo afferisce sia al Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale, per la parte ricadente nel Bacino Nazionale del Tevere, nei Bacini di rilievo regionale dell'Abruzzo, nel Bacino interregionale del Sangro e Tronto, sia al Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale per la parte ricadente nel Bacino Nazionale dei Fiumi Liri Garigliano e nel Bacino Interregionale del Trigno;
- l'art. 170, comma 2 bis del D.Lgs. n. 152/2006 sopra citato, come da ultimo modificato dall'art. 51 della L. n. 221/2015, in cui è stabilito che nelle more della costituzione dei distretti idrografici di cui al titolo II della parte terza del medesimo D.Lgs. n. 152/2006 e della eventuale revisione della relativa disciplina legislativa, le Autorità di Bacino di cui alla L. n. 183/89 sono prorogate, senza nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica, fino alla data di entrata in vigore del decreto del Ministro dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare di cui al comma 3 dell'art. 63 dello stesso decreto Legislativo n. 152/2006 e s.m.i.;

CONSIDERATO che l'art. 51 della L. 28 dicembre 2015 n. 221, comma 4, dispone che:

- il decreto ministeriale, di cui al comma 3 dell'art. 63 del D.Lgs. n. 152/2006 sopra citato, è adottato entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore della stessa legge;
- dalla data di cui al precedente punto sono soppresse le Autorità di bacino di cui alla legge 18 maggio 1989 n. 183 e in fase di prima attuazione, dalla stessa data di entrata in vigore della legge 221/2015, le funzioni di Autorità di bacino distrettuale sono esercitate dalle Autorità di bacino di rilievo nazionale di cui all'articolo 4 del decreto legislativo 10 dicembre 2010 n. 219, che a tal fine si avvalgono delle strutture, del personale, dei beni e delle risorse strumentali delle Autorità di bacino regionali e interregionali comprese nel proprio distretto;

VISTO il Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 25 Ottobre 2016 n. 294, adottato ai sensi dell'art. 63, comma 3, del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 27-Serie Generale del 02.02.2017, ed in particolare l'art. 12 recante "Modalità di attuazione delle disposizioni del decreto ai sensi dell'art. 51 comma 4 della legge 28 dicembre 2015 n. 221";

CONSIDERATO, per quanto sopra, che, ai sensi dell'art. 12 sopra citato del D.M 25 ottobre 2016, nelle more dell'emanazione del DPCM costitutivo dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Centrale ex art. 63, comma 1 del D.Lgs. n. 152/2006, è stata stipulato in data 26.04.2017, in attuazione della DGR n. 168 del 06.04.2017, apposito Protocollo di Intesa tra il Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale ed il Direttore regionale del Dipartimento competente in materia per lo svolgimento delle funzioni Distrettuali nell'ambito dei Bacini regionali ed interregionali di competenza della Regione Abruzzo, attraverso l'avvalimento della struttura regionale competente in materia e l'individuazione del Commissario Liquidatore della medesima Autorità di Bacino regionale, Ing. Luciano Di Biase, quale Delegato di firma per lo svolgimento delle medesime funzioni in avvalimento dell'Autorità di Bacino del Distretto dell'Appennino Centrale;

VISTO il D.P.C.M. 4 aprile 2018, pubblicato sulla G.U. n. 135 del 13.06.2018, che:

- ha individuato e trasferito le unità di personale nonché le risorse strumentali e finanziarie della soppressa Autorità di bacino di rilievo nazionale del Fiume Tevere nei ruoli dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale;
- ha determinato la dotazione organica dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale

VISTA la delibera di Giunta regionale n. 437 del 29.07.2019 con la quale, a seguito di apposita richiesta del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, è stato approvato lo schema di Accordo di Collaborazione tra Regione Abruzzo ed Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale ai sensi e per gli effetti dell'art. 15 comma 1 della L. n. 241/1990, quale trasmesso dalla medesima Autorità di Bacino Distrettuale, per lo svolgimento, operato non più attraverso l'istituto della delega ma attraverso l'avvalimento, delle funzioni del Distretto dell'Appennino Centrale per la parte del territorio della Regione Abruzzo riferito ai Bacini di rilievo regionale abruzzesi ed interregionale del Fiume Sangro e del Fiume Tronto, che disciplina:

- l'ambito operativo dell'avvalimento, esercitato da parte del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Centrale nei confronti della Struttura Regionale competente individuata ratione materiae nel Dipartimento Infrastrutture, Trasporti, Mobilità, Reti e Logistica- Servizio Difesa Idraulica, Idrogeologica e della Costa;
- le modalità e termini di svolgimento in avvalimento;
- le procedure oggetto di avvalimento e le relative modalità attuative ed operative, anche in termini di utilizzo delle risorse finanziarie e strumentali, nonché in termini di efficacia degli atti costituenti oggetto del medesimo Accordo, adottati dalla Struttura Regionale nelle more della stipulazione dello stesso Accordo;

EVIDENZIATO che la stessa deliberazione di Giunta Regionale n. 437/2019 sopra citata dispone, altresì, la proposizione all'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale di valutare la costituzione di un sub-distretto operativo a livello territoriale della Regione Abruzzo per lo svolgimento in via ordinaria delle funzioni del Distretto dell'Appennino Centrale per la parte del territorio della Regione Abruzzo riferito ai Bacini di rilievo regionale abruzzesi, al Bacino interregionale del Fiume Sangro ed al Bacino interregionale del Fiume Tronto;

DATO ATTO che l'Accordo di Collaborazione, sottoscritto in data 28.08.2019 tra Autorità di Bacino Distrettuale e Regione Abruzzo, stabilisce, all'articolo 4, l'avvalimento della Struttura Regionale competente da parte del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino distrettuale per quanto concerne l'attività istruttoria volta all'aggiornamento degli strumenti di pianificazione;



VISTO il Decreto n. 136/2019 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale con il quale è stato istituito il "Settore sub-distrettuale per la Regione Abruzzo -dirigenziale" definendone funzioni e competenze e prevedendo che "nelle more delle procedure di reclutamento del personale da destinare alla struttura in questione i procedimenti di competenza saranno gestiti secondo le modalità previste nell'Accordo di collaborazione ... stipulato fra la regione Abruzzo e questa Autorità il 28 agosto 2019;

VISTA la precedente deliberazione di Giunta Regionale n. 408 del 29.06.2016 con la quale:

- sono state adottate le modifiche delle perimetrazioni delle aree di pericolosità idraulica del Piano Stralcio "Difesa dalle Alluvioni" di cui alla Deliberazione di Giunta Regionale n. 1050/C del 05.11.2007 ed al verbale consiliare n. 94/5 del 29.01.2008, relative ai tratti terminali del Fiume Pescara, siccome individuate nello specifico Elaborato cartografico n. 7.2.07.pe.01\_var allegato alla medesima deliberazione;
- sono state adottate, in analogia ai contenuti prescrittivi stabiliti in fase di prima adozione del Progetto di Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni, avvenuta con deliberazione di G.R. n. 1386 del 29.11.2004, le misure di salvaguardia di cui alle Norme Tecniche di Attuazione del Piano, nelle aree a pericolosità idraulica elevata (P3) e molto elevata (P4), sospendendo in via cautelare a fini di tutela della pubblica incolumità e ai fini di una corretta pianificazione di bacino, le attività di trasformazione urbanistica in contrasto con le vigenti norme del PSDA relative alle aree classificate P4 e P3 come evidenziate nello stesso Elaborato cartografico sopra citato n. 7.2.07.pe.01-var allegato alla medesima deliberazione;

EVIDENZIATO che:

- in attuazione dell'art. 4 dell'Accordo di Collaborazione sopra citato, il Servizio Difesa Idraulica, Idrogeologica e della Costa ha predisposto e trasmesso, con nota Prot. 0238160 del 22.08.2019, all'Autorità di Distretto dell'Appennino Centrale la documentazione istruttoria inerente le modifiche delle perimetrazioni delle aree di pericolosità idraulica del Piano Stralcio "Difesa dalle Alluvioni" relative ai tratti terminali del Fiume Pescara precedentemente adottate con la DGR n. 408 del 29.06.2016 sopra citata;
- le modifiche delle perimetrazioni delle aree di pericolosità idraulica del Piano Stralcio "Difesa dalle Alluvioni" relative ai tratti terminali del Fiume Pescara di cui alla nota Prot. 0238160 del 22.08.2019 sopra citata sono ricomprese nelle fattispecie applicative dell'art. 25, commi 4 e 7, delle Norme tecniche di Attuazione del Piano Difesa dalle Alluvioni, configurandosi quali correzioni di errori materiali e modifiche delle classi di pericolosità a seguito dell'avvenuta realizzazione nelle aree de qua di interventi di riduzione dei pericoli idraulici;

EVIDENZIATO, tuttavia, che:

- la Città di Pescara, con nota Prot. 175233 del 27.09.2019 e Prot. 175680 del 30.09.2019 ha fatto richiesta alla Regione Abruzzo-Dipartimento Infrastrutture e Trasporti di sospendere temporaneamente la procedura di approvazione, da parte dei competenti Organi dell'Autorità di Bacino Distrettuale, degli aggiornamenti di pericolosità idraulica relativi ai tratti terminali del Fiume Pescara di cui alla nota Prot. 0238160 del 22.08.2019, in ragione di verifiche tecniche ed approfondimenti che si rendono necessari ed urgenti ai fini della corretta pianificazione territoriale;
- la documentazione istruttoria inerente le modifiche delle perimetrazioni delle aree di pericolosità idraulica del Piano Stralcio "Difesa dalle Alluvioni" relative ai tratti terminali del Fiume Pescara predisposta e trasmessa, con nota Prot. 0238160 del 22.08.2019, all'Autorità di Distretto dell'Appennino Centrale non risultava aggiornata rispetto ai mutati dati dimensionali delle opere esistenti quali la barriera soffolta molo guardiano nord e l'apertura della diga foranea ed opere di protezione del Porto di Pescara, siccome individuate, tra l'altro, nella comunicazione del Servizio Porti, Aeroporti e Dighe della Regione Abruzzo Prot. 0270652 del 27.09.2019 parte integrante e sostanziale della medesima deliberazione;

VISTA, per quanto sopra, la precedente deliberazione di Giunta Regionale n. 580 del 30.09.2019 con la quale è stato deliberato di:

1. PRENDERE ATTO della richiesta formulata dalla Città di Pescara, con note Prot. 175233 del 27.09.2019 e Prot. 175680 del 30.09.2019, costituenti parte integrante e sostanziale della medesima deliberazione, concernente la sospensione temporanea, da parte dei competenti Organi dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, della procedura di approvazione degli aggiornamenti di pericolosità idraulica relativi ai tratti terminali del Fiume Pescara, di cui alla nota Prot. 0238160 del 22.08.2019, per il tempo strettamente necessario all'acquisizione degli esiti delle verifiche tecniche urgenti ed approfondimenti necessari a seguito degli ulteriori elementi conoscitivi acquisiti, nonché delle osservazioni pervenute da parte della medesima Città di Pescara;
2. PRENDERE ATTO che la documentazione istruttoria inerente le modifiche delle perimetrazioni delle aree di pericolosità idraulica del Piano Stralcio "Difesa dalle Alluvioni" relative ai tratti terminali del Fiume Pescara precedentemente adottate con la DGR n. 408 del 29.06.2016 sopra citata, predisposta e trasmessa, con nota Prot. 0238160 del 22.08.2019, all'Autorità di Distretto dell'Appennino Centrale, non risulta aggiornata rispetto ai mutati dati dimensionali delle opere esistenti quali la barriera soffolta molo guardiano nord e l'apertura della diga foranea ed opere di protezione del Porto di Pescara, siccome individuate, tra l'altro, nella comunicazione del Servizio Porti, Aeroporti e Dighe della Regione Abruzzo Prot. 0270652 del 27.09.2019, parte integrante e sostanziale della stessa deliberazione;
3. RICHIEDERE all'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale la sospensione della procedura di approvazione degli aggiornamenti di pericolosità idraulica di cui alla nota Prot. 0238160 del 22.08.2019 per il tempo strettamente necessario all'acquisizione degli esiti delle verifiche tecniche urgenti attivate dal Servizio Difesa Idraulica Idrogeologica e della Costa, necessarie in ragione delle opere portuali realizzate nonché delle osservazioni pervenute da parte della Città di Pescara;



4. RITENERE urgente ed indifferibile la reiterazione con decorrenza immediata delle misure di salvaguardia di cui alle Norme Tecniche di attuazione del Piano, nelle aree a pericolosità idraulica elevata (P3) e molto elevata (P4), al fine di sospendere in via cautelare, da parte degli EE.LL. interessati, le attività di trasformazione urbanistica in contrasto con le vigenti norme del PSDA relative alle aree classificate P4 e P3 siccome individuate nello specifico Elaborato cartografico n. 7.2.07.pe.01\_var di cui alla deliberazione n. 408/2016, nelle more della realizzazione delle verifiche tecniche di cui al precedente punto 1) dello stesso deliberato;
5. TRASMETTERE, per il seguito di competenza, la deliberazione all'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale;
6. DARE MANDATO al Servizio Difesa Idraulica, Idrogeologica e della Costa di procedere agli adempimenti connessi e conseguenti.

DATO ATTO che, a seguito di procedura mediante affidamento diretto su MEPA (art. 36 comma 2 lettera a) del D.Lgs. n. 50/2016 e s.m.i. i servizi di aggiornamento delle Carte della Pericolosità idraulica riferite ad aree localizzate lungo i tratti terminali del Fiume Pescara sono stati aggiudicati all'operatore economico BETA Studio S.r.l. con sede legale in Via Guido Rossi n. 29/A Ponte San Nicolò Padova per l'importo di € 18.315,00 oltre Cnpaia ed Iva;

VISTO lo studio trasmesso al Servizio Difesa idraulica Idrogeologica e della Costa dall'operatore economico BETA Studio S.r.l. con nota prot. n. 679/19 del 25.11.2019, costituente parte integrante e sostanziale della presente deliberazione, completo di relazione illustrativa (ALL. 1) e cartografia tematica (ALL. 2);

DOPO istruttoria favorevole (ALL. 3) da parte della Struttura regionale proponente;

DATO ATTO che:

- a) il Dirigente del Servizio Difesa Idraulica, Idrogeologica e della Costa ha espresso il proprio parere favorevole di regolarità tecnico-amministrativa sulla base dell'istruttoria effettuata;
- b) il Direttore del Dipartimento Infrastrutture, Trasporti, Mobilità, Reti e Logistica, sulla base dell'istruttoria e del parere favorevole di cui al punto a) che precede, ha espresso il proprio parere favorevole ritenendo la proposta conforme agli indirizzi, competenze e funzioni assegnati allo stesso Dipartimento;

Ad unanimità di voti espressi nelle forme di legge

## DELIBERA

Per le finalità di cui alle premesse, quali parti integranti e sostanziali del presente deliberato, di:

1. PRENDERE ATTO degli esiti delle verifiche tecniche urgenti ed approfondimenti di cui allo studio "aggiornamento carte della pericolosità idraulica riferite ad aree localizzate lungo i tratti terminali del Fiume Pescara" trasmesso con nota prot. n. 679/19 del 25.11.2019, costituente parte integrante e sostanziale della presente deliberazione, completo di relazione illustrativa (ALL. 1) e cartografia tematica (ALL. 2), avente ad oggetto l'aggiornamento delle Carte della Pericolosità idraulica riferite ad aree localizzate lungo i tratti terminali del Fiume Pescara;
2. DARE ATTO che la presente deliberazione non presenta ulteriori oneri finanziari a carico del bilancio regionale;
3. TRASMETTERE, per il seguito di competenza, con carattere di urgenza a causa del decadimento delle norme di salvaguardia apposte a seguito della Deliberazione di Giunta regionale n. 408 del 29.06.2016, la presente deliberazione all'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, unitamente agli esiti delle verifiche tecniche urgenti ed approfondimenti di cui al precedente punto 1 del presente deliberato;
4. DARE MANDATO al Servizio Difesa Idraulica, Idrogeologica e della Costa di procedere agli adempimenti connessi e conseguenti al presente deliberato.

ED/LDS/rc  
(Delibera PSDA Pescara)



DIPARTIMENTO: INFRASTRUTTURE E TRASPORTI

SERVIZIO: Difesa Idraulica, Idrogeologica e della Costa

UFFICIO:

L'Estensore

Dott. Luciano Del Sordo

(firma)

Il Responsabile dell'Ufficio

Dott. Luciano Del Sordo

(firma)

Il Dirigente del Servizio

Ing. Carlo Giovanni

(firma)

Il Direttore Regionale

Ing. Emidio Primavera

(firma)

Il Presidente della Giunta

Dott. Marco Marsilio

(firma)

Approvato e sottoscritto:

Il Presidente della Giunta

(firma)

Il Segretario della Giunta

(firma)



ALL. 1

REGIONE ABRUZZO



GIUNTA REGIONALE D'ABRUZZO  
SERVIZIO DIFESA IDRAULICA IDROGEOLOGICA E DELLA COSTA

**PIANO STRALCIO DI DIFESA DALLE ALLUVIONI  
AGGIORNAMENTO CARTE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA  
RIFERITE AD AREE LOCALIZZATE LUNGO I TRATTI  
TERMINALI DEL FIUME PESCARA**

ELABORATO N.

**ra.01**

TITOLO

**Relazione illustrativa**

SCALA

CODICE DOCUMENTO

1052Stra01

FILE

1052STRA01\_00.DOCM

Giunta Regionale d'Abruzzo

PROGETTAZIONE:



BETA Studio s.r.l. – via Guido Rossa 29/A  
35020 Ponte S.Nicolò (Padova) ITALIA  
Tel. + 39 049 8961120 – Fax +39 049 8961090  
info@betastudio.it – www.betastudio.it

|      |               |                 |                 |                 |                 |
|------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|      |               |                 |                 |                 |                 |
|      |               |                 |                 |                 |                 |
|      |               |                 |                 |                 |                 |
| 0    | Novembre 2019 | PRIMA EMISSIONE | Ing. M. Coccato | Ing. M. Coccato | Ing. M. Coccato |
| REV. | DATA          | MOTIVO          | REDATTO         | VERIFICATO      | APPROVATO       |



# Indice

|  | Pag. |
|--|------|
| Introduzione .....   | V    |
| 1. Considerazioni generali e obiettivo dello studio .....  | 1    |
| 1.1 Inquadramento territoriale .....   | 1    |
| 1.2 Obiettivo dello studio .....   | 2    |
| 2. Il PSDA .....   | 3    |
| 2.1 Studio idrologico .....  | 3    |
| 2.2 Studio idraulico .....   | 4    |
| 2.3 Criteri adottati nella determinazione della pericolosità idraulica .....                           | 5    |
| 3. Aggiornamento dati geometrici .....   | 7    |
| 3.1 Traverse sul fiume Pescara .....   | 7    |
| 3.2 Difese longitudinali .....   | 8    |
| 3.2.1 Opere longitudinali a protezione del centro commerciale a Chieti Scalo .....                     | 8    |
| 3.2.2 Difese longitudinali a Pescara .....   | 8    |
| 3.3 Attraversamenti .....  | 11   |
| 3.3.1 Attraversamenti a monte della zona delle casse di espansione .....                               | 11   |
| 3.3.2 Ponte Ferrara a Cepagatti .....  | 11   |
| 3.3.3 Ponte Nuovo .....  | 11   |
| 3.3.4 Ponte Villa Fabio .....  | 13   |
| 3.4 Interventi realizzati al Porto di Pescara .....  | 14   |
| 3.5 Rilievi puntuali eseguiti a seguito di specifiche osservazioni .....                               | 15   |
| 3.6 Rilievi topo-batimetrici .....   | 19   |
| 4. Studio idrologico .....   | 22   |
| 4.1 Idrogrammi di piena alla sezione di Chieti Casello .....   | 22   |
| 4.1.1 Valutazione della portata indice .....   | 23   |
| 4.1.2 Considerazioni circa la metodologia e i risultati ottenuti .....                                 | 25   |
| 4.1.3 Fattore di crescita .....  | 27   |
| 4.1.4 Portata al colmo e ricostruzione dell'idrogramma di piena .....                                  | 27   |
| 4.1.5 Confronto tra gli idrogrammi ricavati dalla regionalizzazione statistica e quelli storici .....  | 31   |
| 4.2 Idrogrammi di piena che si immettono nel Pescara a monte delle casse .....                         | 32   |
| 4.3 Idrogrammi di piena che si immettono nel Pescara a valle delle casse .....                         | 34   |
| 5. Studio idraulico .....  | 36   |
| 5.1 Descrizione del modello idraulico utilizzato .....   | 36   |
| 5.2 Geometria di calcolo e condizioni al contorno .....  | 36   |
| 5.2.1 Dati geometrici .....  | 36   |
| 5.2.1.A LIDAR .....  | 36   |
| 5.2.1.B Procedimento per la creazione di un DTM da usare per la magliatura del modello idraulico ..... | 38   |
| 5.2.1.C Inserimento di elementi puntuali e locali .....  | 39   |
| 5.2.2 Schematizzazione nel modello .....   | 39   |
| 5.2.3 Scabrezze .....  | 43   |
| 5.2.4 Condizioni al contorno .....   | 43   |
| 5.3 Taratura del modello .....   | 44   |
| 5.3.1 Dinamica dell'evento di piena del 2013 .....   | 44   |
| 5.3.2 Ricostruzione dell'evento del 2013 .....   | 46   |
| 5.4 Risultati ottenuti .....   | 53   |
| 6. Mappe di pericolosità idraulica .....   | 55   |
| Riferimenti bibliografici .....  | 57   |
| App. A Idrogrammi di piena determinati nell'ambito del PSDA .....                                      | A.1  |
| App. B Il modello InfoWorks ICM .....  | B.1  |
| B.1 Punti di forza dell'applicativo software .....   | B.1  |
| B.2 Modelli idrologici disponibili .....   | B.1  |
| B.3 Approccio numerico alla componente 1D .....  | B.1  |
| B.4 Approccio numerico alla componente 2D .....  | B.2  |



|     |   |     |
|-----|---|-----|
| B.5 | Produzione della magliatura 2D .....            | B.3 |
| B.6 | Collegamento 1D-2D .....                        | B.3 |
| B.7 | Tempi di calcolo e dimensione del modello ..... | B.3 |

## Figure

|  | Pag. |
|--|------|
| Figura 1.1 – Inquadramento del bacino dell’Aterno-Pescara. In rosso è evidenziato il tratto di fiume Pescara oggetto di studio. ....   | 1    |
| Figura 1.2 – Planimetria su ortofoto con indicazione del tratto del fiume Pescara oggetto di studio. ....  | 1    |
| Figura 2.1 – Stralcio dell’Elaborato 6.11 del PSDA “Studio idrologico per la valutazione delle piene. Ubicazione nel territorio di indagine delle sezioni idrometrografiche per le quali si è provveduto al calcolo delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena con tempo di ritorno T=20, 50, 100, 200 e 500”. Sono evidenziate tramite rettangoli tratteggiati le sezioni di interesse per il presente studio. .... | 4    |
| Figura 3.1 – Posizione della traversa di Alanno. ....  | 7    |
| Figura 3.2 – Posizione delle centrali di Villanova e Santa Maria di Spoltore. ....   | 8    |
| Figura 3.3 – Posizione planimetrica dell’argine già esistente nel 2008 (in verde) e del palancolato di recente realizzazione (in rosso). ....  | 9    |
| Figura 3.4 – Palancolato a completamento degli interventi realizzati per la messa in sicurezza idraulica del centro commerciale a Chieti Scalo. ....   | 9    |
| Figura 3.5 – Cancelli di accesso al centro commerciale a Chieti Scalo. ....  | 10   |
| Figura 3.6 – Planimetria con individuazione dei rilievi effettuati su sponde e muri nel tratto cittadino a Pescara (in rosso). ....  | 10   |
| Figura 3.7 – Planimetria con individuazione degli interventi realizzati in prossimità del Ponte Nuovo. ....  | 10   |
| Figura 3.8 – Planimetria con individuazione dei varchi e immagini degli stessi. ....   | 11   |
| Figura 3.9 – Area interessata dalla campagna di rilievi topografici eseguita tra aprile e maggio 2018, con indicazione delle sezioni d’alveo rilevate (in rosso). ....   | 12   |
| Figura 3.10 – Planimetria della nuova viabilità in località Buccieri. ....   | 12   |
| Figura 3.11 – Posizione planimetrica del Ponte Nuovo a Pescara. ....   | 13   |
| Figura 3.12 – Planimetria di progetto del Ponte Nuovo a Pescara. ....  | 13   |
| Figura 3.13 – Posizione planimetrica del Ponte Villa Fabio a Pescara. ....   | 14   |
| Figura 3.14 – Estratto planimetrico del Progetto Esecutivo “Completamento dei lavori raddoppio Ponte Villa Fabio e rotatoria di connessione alla strada Pendolo”. ....   | 14   |
| Figura 3.15 – Rilievi planimetrici porto di Pescara (2017). ....   | 15   |
| Figura 3.16 – Rilievo di dettaglio di un’area oggetto di approfondimento. ....   | 15   |
| Figura 3.17 – Rilievo di dettaglio di un’area oggetto di approfondimento. ....   | 16   |
| Figura 3.18 – Area urbana soggetta a modificazioni urbanistiche. Stato iniziale. ....  | 17   |
| Figura 3.19 – Area urbana soggetta a modificazioni urbanistiche. Stato finale. ....  | 17   |
| Figura 3.20 – Area urbana soggetta a modificazioni urbanistiche. Stato iniziale. ....  | 18   |
| Figura 3.21 – Area urbana soggetta a modificazioni urbanistiche. Stato finale. ....  | 18   |
| Figura 3.22 – Rilievi topografici eseguita tra aprile e maggio 2018, con indicazione delle sezioni d’alveo rilevate (in rosso). ....   | 19   |
| Figura 3.23 – Area interessata dalle campagne di rilievi topografici eseguite nell’ambito dei progetti delle “Opere di laminazione delle piene del fiume Pescara” con indicazione delle sezioni d’alveo rilevate per la redazione del Progetto Definitivo (2015 – in rosso) ed Esecutivo (2017 – in verde). ....   | 20   |
| Figura 3.24 – Sezioni d’alveo rilevate tra Villarèia e la strada S.S. n. 16 Adriatica (maggio 2016), all’interno degli “Approfondimenti e implementazioni degli studi idraulici e di morfodinamica fluviale e costiera a corredo del P.R.P. di Pescara”. ....  | 20   |
| Figura 3.25 – Sezioni d’alveo rilevate nel tratto cittadino del Comune di Pescara (maggio 2016) all’interno degli “Approfondimenti e implementazioni degli studi idraulici e di morfodinamica fluviale e costiera a corredo del P.R.P. di Pescara”. ....   | 21   |
| Figura 4.1 – Il bacino idrografico del fiume Aterno Pescara e ubicazione delle sezioni di riferimento per la modellazione nell’area delle casse di espansione. ....  | 23   |
| Figura 4.2 – Rappresentazione dei valori massimi di portata annuale misurati e dei valori calcolati mediante l’applicazione del metodo VAPI (portata indice) per la stazione di Santa Teresa. ....   | 26   |
| Figura 4.3 – Rappresentazione dei valori massimi di portata annuale misurati (fino all’anno 2015) e dei valori calcolati mediante l’applicazione del metodo VAPI (portata indice) per la stazione di Santa Teresa. ....  | 26   |
| Figura 4.4 - Idrogrammi di piena per la sezione di Chieti (casello autostradale) ottenuti con le direttive del PSDA.31   |      |
| Figura 4.5 – Rappresentazione del confronto tra l’idrogramma con tempo di ritorno ventennale calcolato per la sezione PE02 (Santa Teresa) e gli idrogrammi misurati di alcuni eventi recenti. ....   | 32   |



|  |    |
|--|----|
| Figura 4.6 – Planimetria con evidenziata l'area di confluenza dell'affluente Cigno nel fiume Pescara con indicazione delle sezioni di chiusura dei bacini PE01 e Chieti Casello. ....    | 32 |
| Figura 4.7 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico della zona a monte delle casce per TR 50 anni. ....  | 33 |
| Figura 4.8 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico della zona a monte delle casce per TR 100 anni. ....   | 33 |
| Figura 4.9 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico della zona a monte delle casce per TR 200 anni. ....   | 34 |
| Figura 4.10 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico degli effetti delle opere di laminazione a valle delle casce per TR 50 anni. ....                                   | 35 |
| Figura 4.11 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico degli effetti delle opere di laminazione a valle delle casce per TR 100 anni. ....                                  | 35 |
| Figura 4.12 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico degli effetti delle opere di laminazione a valle delle casce per TR 200 anni. ....                                  | 35 |
| Figura 5.1 - Schermata del software di simulazione idraulica InfoWorks ICM. ....   | 36 |
| Figura 5.2 - Immagine fotografica ortogonalizzata della zona dell'attraversamento autostradale. ....   | 38 |
| Figura 5.3 - Rilievo LiDAR (DTM + hillshade) della zona dell'attraversamento autostradale. ....  | 38 |
| Figura 5.6 – Estensione dei quattro modelli idraulici implementati. ....   | 40 |
| Figura 5.7 – Rappresentazione planimetrica dell'estensione del dominio di calcolo nella zona di monte. ....  | 41 |
| Figura 5.8 - Rappresentazione planimetrica dell'estensione del dominio di calcolo nella zona delle casce di espansione. ....   | 41 |
| Figura 5.9 – Rappresentazione planimetrica dell'estensione del dominio di calcolo nella zona centrale. ....  | 42 |
| Figura 5.10 – Rappresentazione planimetrica dell'estensione del dominio di calcolo nella zona di valle. ....   | 42 |
| Figura 5.11 – Particolare con evidenza della mesh di calcolo con "sensitivity mesh" ed elementi strutturali di dettaglio, tratto dal modello della zona di valle. ....                   | 43 |
| Figura 5.12 – Livello del mare registrato alla boa di Ortona dal 2010 al 25.05.2016. ....  | 44 |
| Figura 5.13 – Immagini della piena del dicembre 2013 presso Pescara. ....  | 45 |
| Figura 5.14 – Livello idrometrico e idrogramma di piena per l'evento di dicembre 2013 presso Villareia. ....   | 45 |
| Figura 5.15 – Livello idrometrico e idrogramma di piena per l'evento di dicembre 2013 presso Santa Teresa. ....  | 46 |
| Figura 5.16 – Area interessata dagli allagamenti dell'evento 2013 con ubicazione dei con ottici delle foto e immagini dell'evento 2013 nell'area a monte delle casce. ....               | 47 |
| Figura 5.17 – Simulazione idraulica dell'evento 2013 nell'area del complesso di edifici a monte dell'interporto. ....  | 47 |
| Figura 5.18 – Area a valle dell'A25- destra idraulica. ....  | 48 |
| Figura 5.19 – Confronto tra ortofoto dell'area a valle dell'A25- sinistra idraulica. ....  | 48 |
| Figura 5.20 – Simulazione idraulica dell'evento 2013 nell'area a valle dell'A25. ....  | 49 |
| Figura 5.21 – Sezione, nei pressi del centro commerciale Megalò, presso la quale si hanno informazioni idrometriche sull'evento 2013. ....   | 49 |
| Figura 5.22 – Livello idrometrico presso il centro commerciale Megalò – evento 2013. ....  | 49 |
| Figura 5.23 – Area nei pressi della centrale idroelettrica di Villanova interessata dagli allagamenti dell'evento 2013. ....   | 50 |
| Figura 5.24 – Aree allagate presso la centrale idroelettrica di Villanova – simulazione idraulica dell'evento del 2013. ....   | 50 |
| Figura 5.25 – Allagamenti a monte e a valle del ponte di via Aterno – evento 2013. ....  | 51 |
| Figura 5.26 – Aree allagate presso la centrale idroelettrica di Santa Teresa – evento 2013. ....   | 51 |
| Figura 5.27 – Quartiere residenziale a Santa Teresa. Con la linea rossa si indica il livello raggiunto dall'acqua durante la piena del 2013. ....  | 52 |
| Figura 5.28 – Livello misurato nel modello 2D presso il quartiere residenziale in località Santa Teresa. ....  | 52 |
| Figura 5.29 – Livello idrometrico registrato (linea continua) e simulato (linea tratteggiata) presso la stazione di Santa Teresa – evento 2013. ....                                     | 52 |
| Figura 5.30 – Evento 2013; massime altezze d'acqua simulate nel tratto finale. ....  | 53 |
| Figura 6.1 – Confronto tra le aree a pericolosità idraulica delimitate nel PSDA (a destra) e nel presente studio (a sinistra) nella zona a nord del casello autostradale di Chieti. .... | 55 |

## Tabelle

|   | Pag. |
|---|------|
| Tabella 2.1 – PSDA: portate al colmo nelle sezioni di interesse per il fiume Pescara. ....          | 5    |
| Tabella 2.II - Classi di pericolosità idraulica adottate nel PSDA. ....                             | 6    |
| Tabella 4.I - Superficie impermeabile e permeabile del bacino del Pescara. ....                     | 23   |
| Tabella 4.II – Caratteristiche dei bacini chiusi alle diverse sezioni idrologiche considerate. .... | 24   |



|   |    |
|---|----|
| Tabella 4.III – Stazioni idrometrografiche impiegate nell'analisi statistica con indicazione del n° di anni disponibili e della media relativa alle portate massime giornaliere. .... | 25 |
| Tabella 4.IV – Valori delle portate associate a diversi $T_r$ in funzione della serie storica considerata nell'analisi statistica per la stazione di Santa Teresa. ....               | 27 |
| Tabella 4.V - Fattore di crescita (zona appenninica) e portate di massima piena del Pescara a Chieti .....  | 27 |
| Tabella 4.VI - Curva di riduzione delle portate medie e corrispondenti valori della portata $Q_{0,T}$ .....   | 30 |
| Tabella 4.VII – Portate al colmo per gli eventi considerati alle diverse sezioni di interesse utilizzate nel presente studio. ....  | 33 |
| Tabella 4.VIII – Portate al colmo per tempo di ritorno pari a 50 anni alle diverse sezioni di interesse riportate nel PSDA e utilizzate nel presente studio. ....                     | 35 |

## Introduzione

La Regione Abruzzo ha da tempo avviato una serie di interventi volti alla mitigazione della pericolosità idraulica del fiume Pescara, attualmente classificata nell'ambito del vigente Piano Stralcio Difesa Alluvioni (PSDA) approvato dagli Enti competenti nel gennaio del 2008 ma basato su dati ed informazioni precedentemente acquisiti.

Il lungo tempo trascorso dalle elaborazioni effettuate che ha determinato certamente una modificazione di luoghi e condizioni unito alla realizzazione di parte degli interventi previsti nel PSDA rende necessario un aggiornamento delle perimetrazioni di pericolosità idraulica al fine del loro adeguamento alle modificazioni nel frattempo intervenute.

La scrivente BETA Studio ha, nel recente passato, realizzato degli studi idraulici di dettaglio del fiume Pescara, a supporto di progetti e studi che interessavano porzioni di tale corso d'acqua<sup>1,2,3</sup>. Tali studi sono stati condotti utilizzando informazioni topografiche non solo sono aggiornate ma anche hanno una risoluzione spaziale molto maggiore di quella delle informazioni utilizzate nell'ambito del PSDA (1 m<sup>2</sup> anziché 40 m<sup>2</sup>). Ciò, unito alla disponibilità di software di modellazione idraulica più sofisticati rispetto a quelli utilizzati 10 anni fa, ha permesso di ricostruire le mappe di allagamento aggiornate e dettagliate sul fiume Pescara.

In considerazione di quanto sopra, in data 10.10.2019, la Regione Abruzzo - Servizio Difesa Idraulica, Idrogeologica e della Costa, a seguito di trattativa diretta su MEPA, ha incaricato la Scrivente BETA Studio srl dell'esecuzione del "Servizio di Aggiornamento Carte della Pericolosità idraulica riferite ad aree localizzate lungo i tratti terminali del Fiume Pescara".

La presente Relazione descrive le elaborazioni condotte ed i risultati ottenuti, in particolare.

- Il Capitolo 1 riporta l'inquadramento territoriale e l'obiettivo dello studio.
- Il Capitolo 2 riassume le informazioni principali del PSDA, relative all'idrologia, all'idraulica e ai criteri per la determinazione della pericolosità idraulica adottati dal Piano.
- Il Capitolo 3 sintetizza l'aggiornamento del quadro conoscitivo rispetto alle informazioni presenti nel PSDA con particolare riferimento alle opere idrauliche presenti sul corso d'acqua.
- Il Capitolo 4 riporta le valutazioni di carattere idrologico per la determinazione degli idrogrammi di piena utilizzati nello studio.
- Il Capitolo 5 descrive l'implementazione del modello idraulico bidimensionale (geometria di calcolo, schematizzazione del modello, condizioni al contorno e taratura) ed i risultati ottenuti lungo il tratto di fiume Pescara oggetto di studio.
- Il Capitolo 6 riassume i risultati ottenuti in termini di pericolosità idraulica.

L'Appendice A riporta gli idrogrammi di piena determinati nell'ambito del PSDA mentre l'Appendice B riporta una descrizione del modello di calcolo utilizzato.

<sup>1</sup> Progetto Definitivo delle "Opere di laminazione delle piene del fiume Pescara" per conto della Regione Abruzzo – Commissario di Governo contro il dissesto idrogeologico, 2016-2017 (approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in data 28.02.2017).

<sup>2</sup> "Approfondimenti e implementazioni degli studi Idraulici e di morfodinamica fluviale e costiera a corredo del P.R.P. di Pescara" per conto del Comune di Pescara, 2016 (approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nel 2016).

<sup>3</sup> "Studio della pericolosità idraulica del fiume Pescara" per conto di Walter Tosto S.p.A., 2018





# 1. Considerazioni generali e obiettivo dello studio

## 1.1 Inquadramento territoriale

L'area oggetto di studio consiste nell'intero tratto del fiume Pescara già analizzato nell'ambito del vigente Piano Stralcio Difesa Alluvioni (PSDA). Nella Figura 1.1, che riporta l'estensione dell'intero bacino idrografico dell'Aterno-Pescara, è indicato in rosso il tratto del fiume Pescara oggetto del presente studio.

In particolare, il tratto analizzato ha un'estensione totale di circa 45.5 km, a partire dalla diga di Alanno, fino alla foce nel mar Adriatico (Figura 1.2).

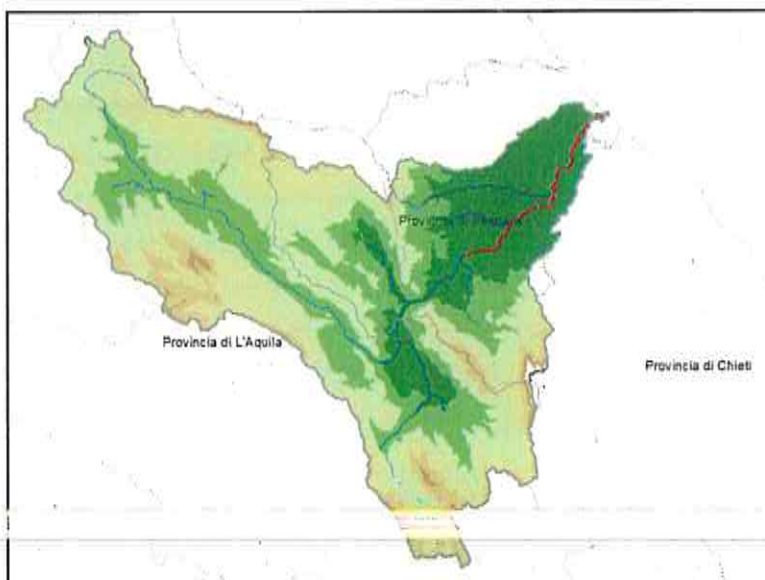


Figura 1.1 – Inquadramento del bacino dell'Aterno-Pescara. In rosso è evidenziato il tratto di fiume Pescara oggetto di studio.

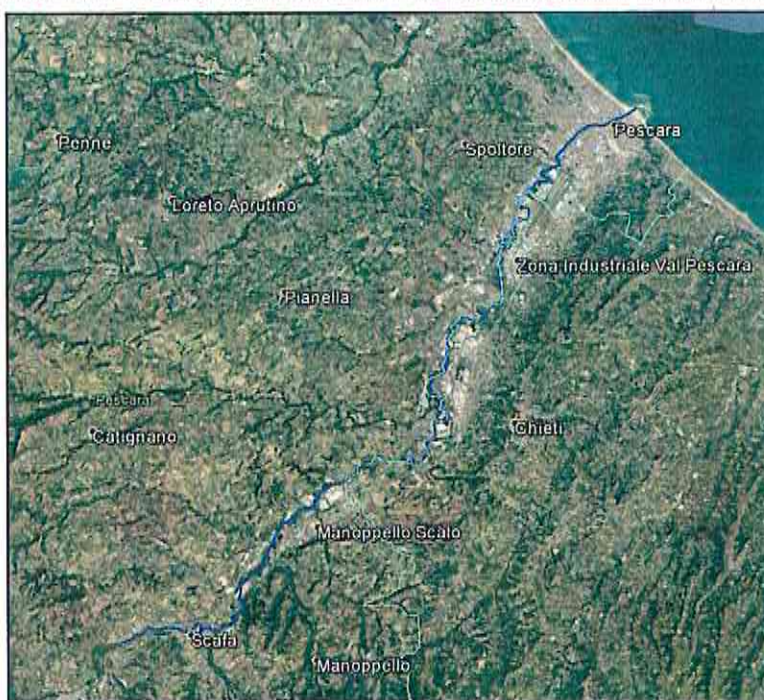


Figura 1.2 – Planimetria su ortofoto con indicazione del tratto del fiume Pescara oggetto di studio.



## 1.2 Obiettivo dello studio

L'obiettivo dello studio consiste nella perimetrazione della pericolosità idraulica del tratto del fiume Pescara dalla diga di Alanno alla foce, al fine di aggiornare i risultati riportati nel vigente Piano Stralcio Difesa Alluvioni (PSDA).

La perimetrazione della pericolosità idraulica nell'ambito del presente studio è stata ottenuta mediante dell'elaborazione dei risultati delle aree allagabili per diversi tempi di ritorno ottenuti a seguito di nuove simulazioni appositamente condotte basate su **informazioni topografiche aggiornate e di maggior dettaglio** rispetto a quelle utilizzate nell'ambito del PSDA.

In particolare, come previsto dalla lettera di invito, al fine di predisporre una completa base di conoscenze in grado di restituire l'inquadramento generale del territorio oggetto d'indagine, sono stati contattati i seguenti Enti:

- Regione Abruzzo - Servizio Difesa Idraulica, Idrogeologica e della Costa;
- Regione Abruzzo – Genio Civile di Pescara;
- Autorità di Distretto bacini di rilievo regionale dell'Abruzzo e del bacino interregionale del fiume Sangro.

Le informazioni da raccogliere si riferiscono:

- rilievi topografici di dettaglio e profili delle sezioni del Fiume Pescara nel suo tratto terminale;
- documentazione progettuale AS-BUILT degli interventi realizzati alla foce del Fiume Pescara;
- informazioni su eventi alluvionali che hanno interessato il territorio limitrofo nel passato (estensione delle aree allagate, direzioni del flusso, tempi di permanenza dell'acqua, ...).

Oltre a tali informazioni sono stati acquisiti i dati del rilievo laser altimetrico (LiDAR) realizzato dal Ministero dell'Ambiente.

Tutte le informazioni topografiche disponibili sono state inserite in un modello **idraulico bidimensionale** nel quale **il dominio di studio è stato discretizzato in celle triangolari di dimensioni minime di 4 m<sup>2</sup>**. In tal modo è stato possibile aumentare notevolmente il dettaglio dei risultati prodotti rispetto a quanto fatto nell'ambito del PSDA ove il modello utilizzava celle quadrate di lato pari a 40 m ovvero di superficie pari a **1600 m<sup>2</sup>**.

Le simulazioni idrauliche condotte hanno preso in esame la condizione di **assenza** delle "Casse di espansione sul fiume Pescara" attualmente in fase di realizzazione.

## 2. II PSDA

Nel presente capitolo sono descritte le metodologie di studio e i risultati ottenuti nel PSDA (Piano Stralcio Difesa Alluvioni) con specifico riferimento all'individuazione delle aree a pericolosità idraulica del fiume Pescara.

### 2.1 Studio idrologico

Nell'ambito del PSDA sono stati valutati i valori delle portate al colmo e gli idrogrammi di piena di assegnato Tr (20, 50, 100, 200 e 500 anni) nelle sezioni di interesse. La metodologia utilizzata è quella della grandezza indice, così come formulato nell'ambito del Progetto VAPI (VALutazione Piene). Tale progetto, promosso dal C.N.R. – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.), ha avuto l'obiettivo di definire una metodologia di analisi degli eventi idrometeorologici intensi omogenea per l'intero territorio nazionale, così da rendere possibile una più oggettiva comparazione del rischio idrologico relativo a zone diverse [Brath e Franchini, 1998; C.N.R.-G.N.D.C.I., anni vari].

Nella definizione degli idrogrammi di piena di assegnato tempo di ritorno si è fatto riferimento ai risultati proposti in letteratura, in particolare a quanto presentato in Franchini e Galeati [1998, 2000], pubblicazioni che raccolgono i risultati dell'attività sviluppata nel contesto del Progetto VAPI dalle Unità Operative 1.31 e 1.49 relativamente all'analisi delle curve di riduzione delle portate di piena nelle sezioni idrometrografiche ubicate nel territorio della Regione Marche. I risultati precedenti sono stati inoltre integrati con quanto pubblicato da Bacchi et al. [1999a, 2000] a conclusione di uno studio sulla variabilità statistica delle portate medie in assegnata durata esteso ad un ampio campione sperimentale che abbraccia tutta l'area appenninica dall'Emilia alle Marche, e con gli studi condotti da Ballarin et al. [2001] e da Tomirotti [2001] su un significativo numero di sezioni idrometrografiche dell'Italia centro-settentrionale.

A conclusione dello studio si è provveduto ad una ulteriore verifica della validità dei valori di portata di assegnato tempo di ritorno prodotti nel contesto della indagine condotta. Tale verifica è stata condotta mediante un riscontro della consistenza tra i risultati ottenuti tramite l'analisi regionale delle portate di piena e quelli ricavati dall'analisi regionale delle precipitazioni intense. L'analisi è stata effettuata sia mediante l'applicazione del classico modello razionale, secondo una procedura già applicata in altri ambiti regionali [D'Asaro et al., 1992; Cannarozzo et al., 1993; Iannelli et al., 1998; Bacchi et al., 1999b], sia mediante un confronto tra i coefficienti udometrici risultanti dalle elaborazioni e quelli rilevati sperimentalmente in occasione di eventi di piena particolarmente significativi e di cui esiste traccia negli Annali Idrologici.

Per i dettagli delle elaborazioni effettuate si rimanda all'Elaborato del PSDA 6.1: *"Studio idrologico per la valutazione delle piene"*.

Con riferimento al fiume Pescara, nell'ambito del PSDA è stato ricostruito l'idrogramma di piena per i diversi tempi di ritorno nelle seguenti 5 sezioni (si veda Figura 2.1):

- **PE01:** sezione del fiume Pescara di monte del tratto di studio, al confine tra i comuni di Scafa, Alanno e Manoppello (area del bacino pari a 2674 km<sup>2</sup>);
- **PE01-NO01:** interbacino compreso tra la sezione PE01 e la sezione d'alveo sul Pescara posta subito a monte confluenza con il Nora;
- **NO01:** bacino imbrifero del torrente Nora a monte della confluenza con il Pescara (area sottesa pari a 137 km<sup>2</sup>);



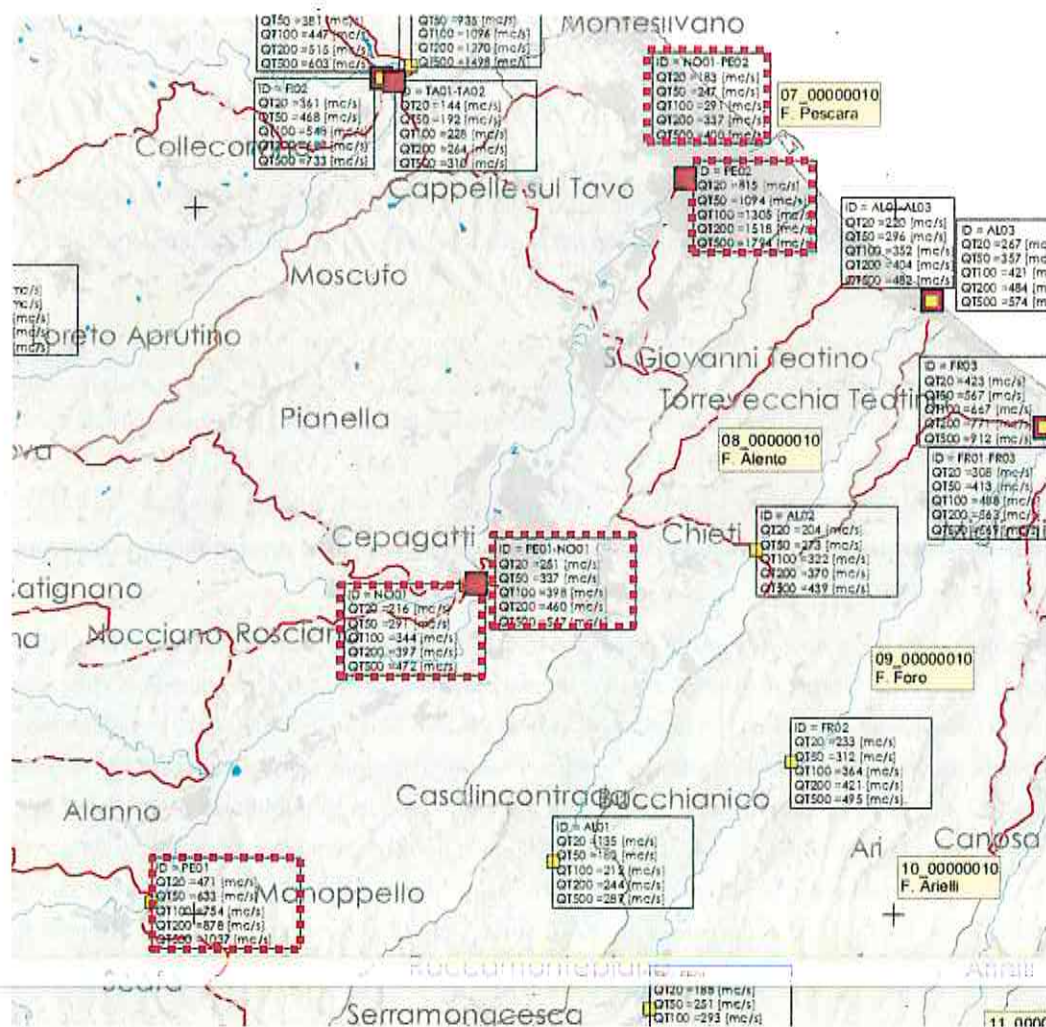


Figura 2.1 – Stralcio dell'Elaborato 6.11 del PSDA "Studio idrologico per la valutazione delle piene. Ubicazione nel territorio di indagine delle sezioni idrometrografiche per le quali si è provveduto al calcolo delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena con tempo di ritorno T=20, 50, 100, 200 e 500". Sono evidenziate tramite rettangoli tratteggiati le sezioni di interesse per il presente studio.

- **NO01-PE02:** interbacino compreso tra la sezione d'alveo a valle della confluenza con il Nora e la sezione PE02.
- **PE02:** fiume Pescara in ingresso a Pescara (area bacino 3132 km<sup>2</sup>).

In Tabella 2.1 sono riportate le portate al colmo nelle sezioni di interesse, mentre in Appendice A sono riportati gli idrogrammi di piena.

## 2.2 Studio idraulico

Nell'ambito del PSDA lo studio idraulico del Fiume Pescara è stato condotto dalla diga di Alanno fino alla foce.

Il modello idraulico utilizzato è il modello SOBEK, implementato secondo uno schema 1D-2D.

La geometria delle sezioni del modello monodimensionale (corso d'acqua) è stata estratta da documenti forniti dalla Regione Abruzzo ("Diga di Alanno - Rappresentazione indicativa dell'area interessata dal deflusso della piena conseguente all'apertura dei soli scarichi profondi, secondo le disposizioni della circolare del Ministero dei LL.PP. N. 1125 del 28.8.86" e "Interporto di Chieti - Pescara - Studio di Impatto Ambientale"). È stato assunto un valore di scabrezza pari a 33 m<sup>1/3</sup>/s di Gauckler-Strickler (0.03 s/m<sup>1/3</sup> di Manning).

L'ambito di studio bidimensionale (aree allagabili all'esterno del corso d'acqua) è stato descritto mediante una griglia a celle quadrate di lato 40 m, con valori di scabrezza di 16 m<sup>1/3</sup>/s.

Tabella 2.1 – PSDA: portate al colmo nelle sezioni di interesse per il fiume Pescara.

| Sezione   | Descrizione   | Portate al colmo al variare del tempo di ritorno [m³/s] |      |       |       |       |
|-----------|---|---|------|-------|-------|-------|
|           |   | Tr20  | Tr50 | Tr100 | Tr200 | Tr500 |
| PE01      | Bacino sotteso alla diga di Alanno  | 471   | 633  | 754   | 878   | 1037  |
| NO01      | Bacino dell'affluente Nora, a monte della sua confluenza con il Pescara             | 216   | 291  | 344   | 397   | 472   |
| PE01-NO01 | Interbacino a valle della sez PE01, chiuso subito a monte della confluenza col Nora | 251   | 337  | 398   | 460   | 547   |
| PE02      | Bacino sotteso 3 km a monte della foce  | 815   | 1094 | 1305  | 1518  | 1794  |
| NO01-PE02 | Interbacino a valle della confluenza col Nora e a monte della sez. PE02             | 247   | 291  | 337   | 400   | 247   |

### 2.3 Criteri adottati nella determinazione della pericolosità idraulica

Nell'ambito del PSDA, la valutazione della pericolosità idraulica è stata effettuata stimando la capacità dell'alveo di contenere la piena di riferimento e, in caso di inadeguatezza della sezione d'alveo, determinando le caratteristiche dell'onda di sommersione che invade il territorio circostante (livelli e velocità dell'acqua, tempi di permanenza, ecc.).

Per la definizione delle fasce a differente grado di pericolosità idraulica il PSDA ha individuato 4 classi di pericolosità idraulica (molto elevata, elevata, media, moderata):

- la classe di pericolosità **molto elevata** fa riferimento ad un evento caratterizzato da una probabilità di accadimento  $Tr = 50$  anni e/o all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna superiore ad 1 m o ad una velocità massima di trasferimento, sempre sul piano campagna, superiore ad 1 m/s;
- la classe di pericolosità **elevata** fa riferimento ad un evento caratterizzato da una probabilità di accadimento pari alla precedente ( $Tr = 50$  anni) e all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna compresa tra 50 cm ed 1 m; oppure a condizioni come quelle stabilite per la pericolosità molto elevata (lama d'acqua massima maggiore di 1m oppure velocità maggiore di 1 m/s) ma per un evento di piena più raro ( $Tr = 100$  anni);
- la classe di pericolosità **media** fa riferimento ad un evento caratterizzato da un tempo di ritorno  $Tr$  pari a 100 anni e all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna compresa tra 0 cm ed 1 m;
- la classe di pericolosità **bassa** fa riferimento ad un evento di piena raro, caratterizzato da un tempo di ritorno  $Tr$  pari a 200 anni in qualunque condizione di lama d'acqua e di velocità sul piano campagna.

Ovviamente le porzioni del piano campagna che soddisfano le condizioni di appartenenza a più classi di pericolosità idraulica vengono collocate nella classe a pericolosità maggiore.

*I concetti espressi vengono schematizzati nella tabella seguente (*

Tabella 2.II) .

I risultati ottenuti a seguito delle simulazioni idrauliche condotte e dalle elaborazioni per determinare le aree di pericolosità sono stati rappresentati, per l'area oggetto del presente studio, nelle seguenti tavole del PSDA:



- Tavola 7.2.07.PE.01 in scala 1:10000;

Tabella 2.II - Classi di pericolosità idraulica adottate nel PSDA.

| Pericolosità Idraulica | Condizioni Idrauliche   |
|------------------------|---|
| Molto elevata          | Riferimento: evento di piena con $Tr = 50$ anni<br>$h_{50} > 1$ m oppure $v_{50} > 1$ m/s   |
| Elevata                | Riferimento: eventi di piena con $Tr = 50$ anni e con $Tr = 100$ anni<br>$1m > h_{50} > 0.5m$ oppure $h_{100} > 1m$ oppure $v_{100} > 1m/s$ |
| Media                  | Riferimento: evento di piena con $Tr = 100$ anni<br>$h_{100} > 0m$  |
| Moderata               | Riferimento: evento di piena con $Tr = 200$ anni<br>$h_{200} > 0m$  |

- Tavola 7.2.07.PE.02 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.PE.03 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.PE.04 in scala 1:10000;
- Tavola 7.2.07.PE.05 in scala 1:10000.

### 3. Aggiornamento dati geometrici

Nel presente capitolo sono descritti i dati, le informazioni sui dati acquisiti e sulle opere idrauliche presenti nell'area di indagine che possono avere influenza nell'aggiornamento delle aree di pericolosità idraulica in quanto realizzate successivamente alla redazione del vigente PSDA oppure in quanto, anche se realizzate precedentemente al PSDA, sono state ritenute essere di importanza tale da necessitare approfondimenti conoscitivi.

Per ogni opera sono state reperite informazioni (rilievi topografici, progetti ecc.) utili all'implementazione del modello matematico per la definizione del regime idraulico del corso d'acqua e per la perimetrazione delle aree soggette ad allagamento durante gli eventi di piena considerati.

#### 3.1 Traverse sul fiume Pescara

A monte dell'area di Manoppello Scalo, è presente la traversa di Alanno in gestione ad ENEL (Figura 3.1). La traversa è stata dettagliatamente rilevata nell'ambito delle attività conoscitive eseguite nella redazione degli studi precedentemente citati. Lo sbarramento ha una lunghezza complessiva di circa 150 m, con quota di sfioro di 67.50 m s.m.m.

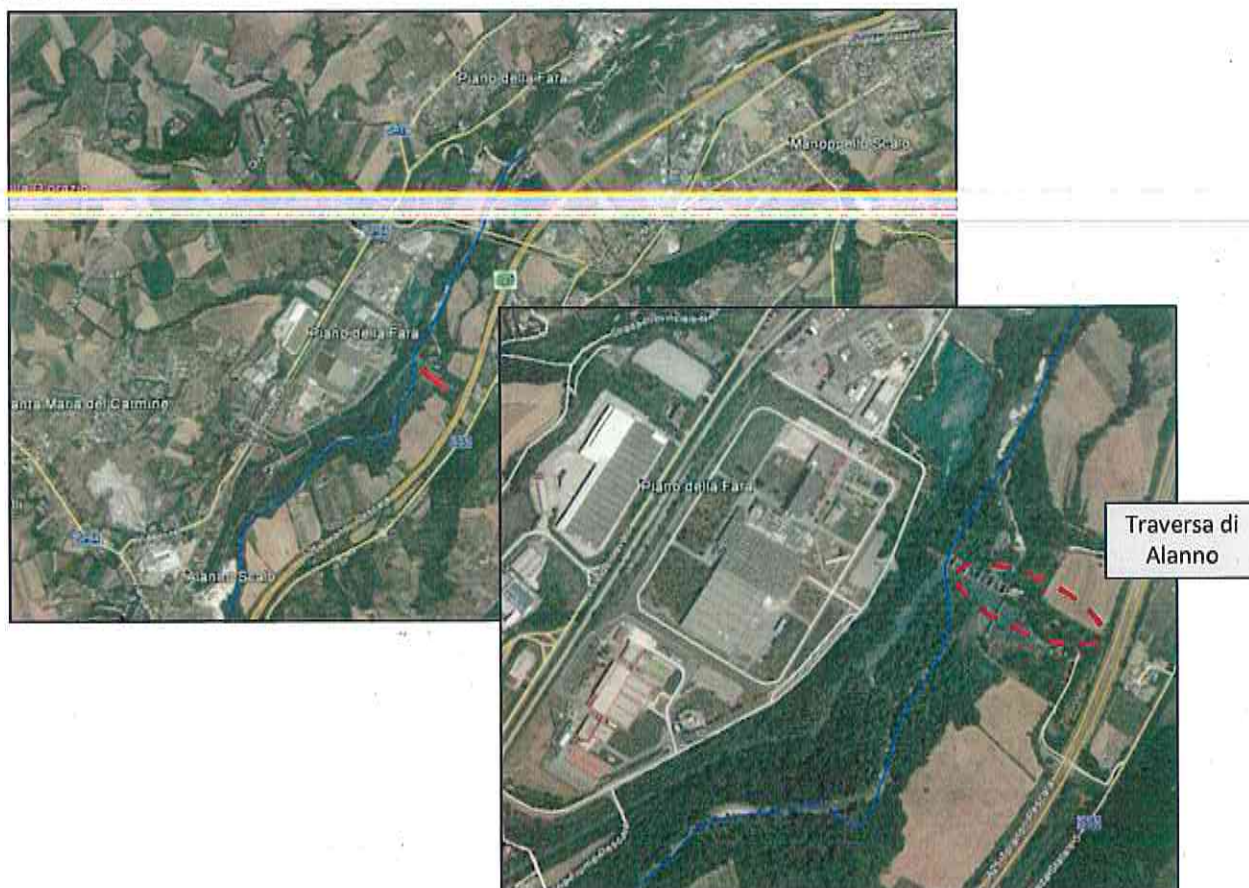


Figura 3.1 – Posizione della traversa di Alanno.

Sono stati acquisiti i progetti delle due centrali idroelettriche sul fiume Pescara (Figura 3.2), realizzate in località Villanova di Cepagatti e di Santa Teresa di Spoltore.





Figura 3.2 – Posizione delle centrali di Villanova e Santa Maria di Spoltore.

In concomitanza con la realizzazione delle centrali sono state realizzate delle arginature, lungo entrambe le sponde del fiume, per il contenimento del livello idrometrico di normale regolazione in fase di esercizio delle centrali. Tali arginature presentano una serie di aperture aventi il compito di rendere idraulicamente trasparenti i rilevati stessi consentendo infatti il deflusso delle acque durante la fase di risalita dell'onda di piena.

## 3.2 Difese longitudinali

### 3.2.1 Opere longitudinali a protezione del centro commerciale a Chieti Scalo

In fase di acquisizione delle informazioni disponibili, sono state rilevate le opere di protezione passiva dalle alluvioni dell'area del centro commerciale a Chieti Scalo (Megalò), realizzate a completamento di quelle ubicate a monte ed esistenti alla data del rilievo LIDAR da parte del Ministero dell'Ambiente (2008).

Tali interventi di protezione consistono in un palancolato (Figura 3.3 e Figura 3.4) che collega il pre-esistente argine in terra alla strada di accesso al centro commerciale, in corrispondenza della quale sono stati installati due cancelli a protezione idraulica (Figura 3.5).

### 3.2.2 Difese longitudinali a Pescara

Nell'ambito degli studi specialistici condotti dal Comune di Pescara e denominati *"Approfondimenti e implementazioni degli studi idraulici e di morfodinamica fluviale e costiera a corredo del P.R.P. di Pescara"* (2016); sono stati eseguiti dei rilievi topografici finalizzati all'acquisizione delle quote di sommità delle sponde in alcuni punti critici e di alcuni muri a valle del ponte ferroviario nel tratto cittadino di Pescara (Figura 3.6). I dati rilevati durante questa campagna topografica sono stati reperiti ed utilizzati nell'implementazione del modello idraulico aggiornato del fiume Pescara.

Analogamente, è stato reperito il Progetto Esecutivo relativo agli *"Interventi per la messa in sicurezza degli argini golenali del Fiume Pescara in prossimità del costruendo Ponte Nuovo"*. Gli interventi, già realizzati, hanno previsto l'adeguamento in quota o la realizzazione di nuovi interventi al fine di mettere in sicurezza idraulica le aree in prossimità del Ponte Nuovo, a Pescara (Figura 3.7).





Figura 3.3 – Posizione planimetrica dell'argine già esistente nel 2008 (in verde) e del palancolato di recente realizzazione (in rosso).



Figura 3.4 – Palancolato a completamento degli interventi realizzati per la messa in sicurezza idraulica del centro commerciale a Chieti Scalo.





Figura 3.5 – Cancelli di accesso al centro commerciale a Chieti Scalo.



Figura 3.6 – Planimetria con individuazione dei rilievi effettuati su sponde e muri nel tratto cittadino a Pescara (in rosso).



Figura 3.7 – Planimetria con individuazione degli interventi realizzati in prossimità del Ponte Nuovo.



Infine, sempre con specifico riguardo agli interventi realizzati in ambito cittadino, sono state reperite informazioni relative alla realizzazione della chiusura a tenuta idraulica dei varchi presenti nell'argine destro a Pescara. Tali varchi sono posizionati in corrispondenza di via Aterno (punto 1 - Figura 3.8), di via Orazio (punto 2 - Figura 3.8), presso il Museo delle Genti (punto 3 - Figura 3.8) e presso ponte Villa Fabio (punto 4 - Figura 3.8).



Figura 3.8 – Planimetria con individuazione dei varchi e immagini degli stessi.

### 3.3 Attraversamenti

#### 3.3.1 Attraversamenti a monte della zona delle casse di espansione

Le informazioni relative alla conformazione geometrica degli attraversamenti sul Fiume Pescara posti a monte della zona delle casse di espansione (8 ponti e 4 viadotti) sono state ottenute acquisendo, presso il Genio Civile di Pescara, l'aggiornamento del progetto definitivo ed il progetto esecutivo delle "Opere di laminazione delle piene del fiume Pescara" che ha reso disponibili, oltre ad una serie di sezioni topo-batimetriche aggiornate, i dati appositamente acquisiti a seguito della realizzazione della campagna di rilievi topografici realizzati a supporto della progettazione di detti interventi nell'ambito degli studi citati (si veda anche successiva Figura 3.9).

#### 3.3.2 Ponte Ferrara a Cepagatti

Tra il 2012 e il 2013 è stata realizzata una nuova infrastruttura viaria con attraversamento sul fiume Pescara (ponte Ferrara), in località Buccieri, nel comune di Cepagatti (PE) e nel limitrofo comune di San Giovanni Teatino (CH). La strada collega la S.S. 602 ad una nuova rotatoria realizzata per l'accesso all'Asse Attrezzato Industriale. Le informazioni planoaltimetriche dell'opera sono state ottenute da rilievo ortofotogrammetrico (Figura 3.10).

#### 3.3.3 Ponte Nuovo

È stato reperito il Progetto Esecutivo relativo alla "Costruzione del Nuovo Ponte sul fiume Pescara – Svincolo Camuzzi – Asse Attrezzato (Figura 3.11 e Figura 3.12).



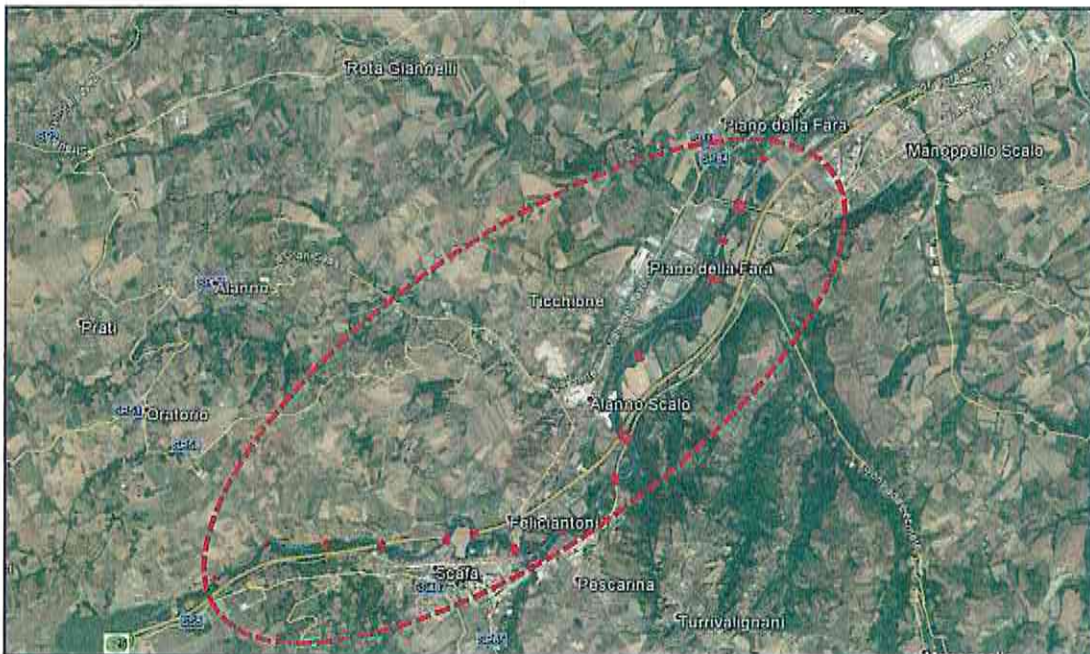


Figura 3.9 – Area interessata dalla campagna di rilievi topografici eseguita tra aprile e maggio 2018, con indicazione delle sezioni d'alveo rilevate (in rosso).

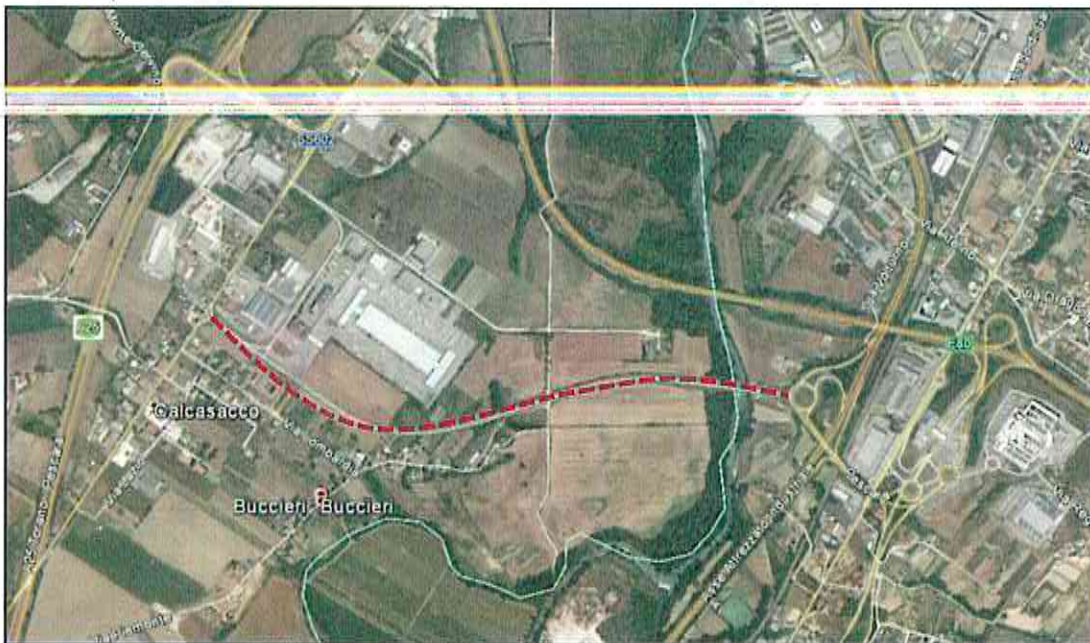


Figura 3.10 – Planimetria della nuova viabilità in località Buccieri.





Figura 3.11 – Posizione planimetrica del Ponte Nuovo a Pescara.

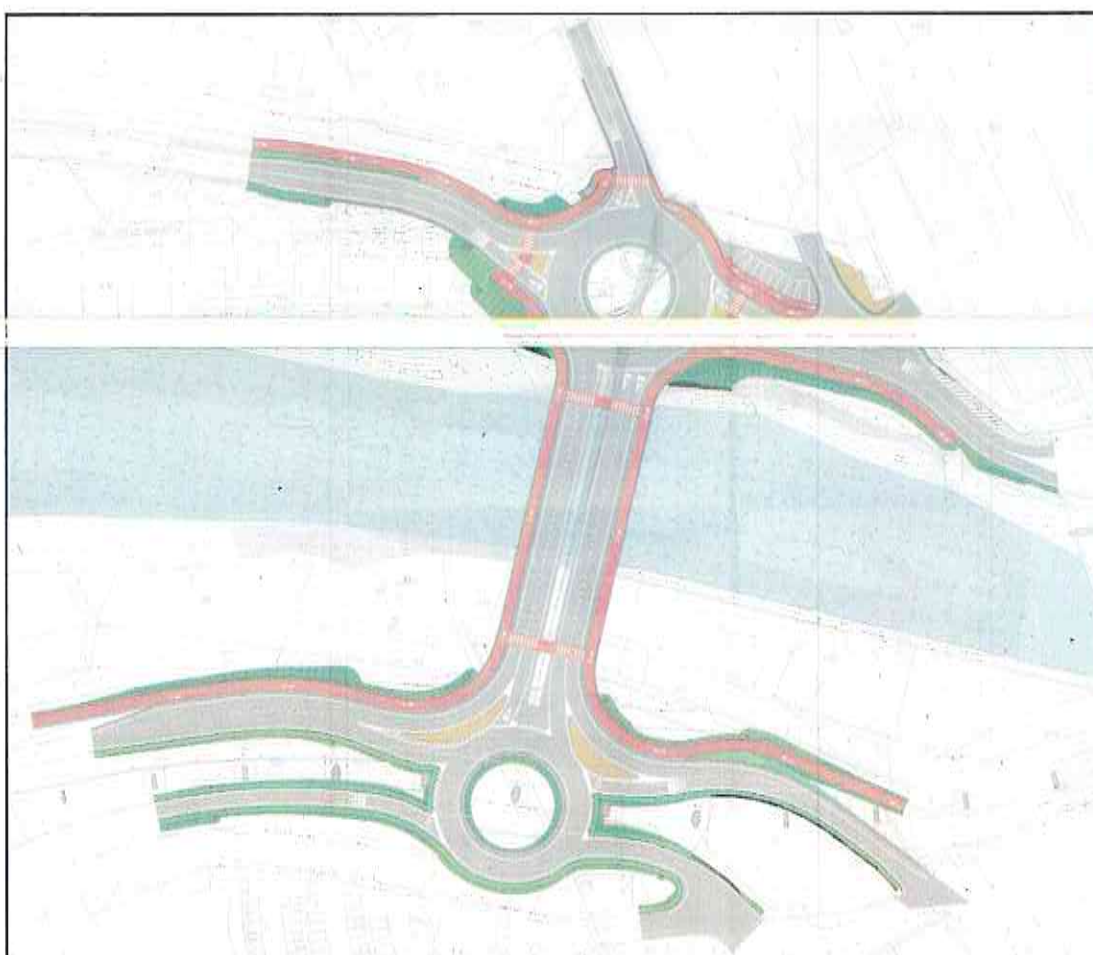


Figura 3.12 – Planimetra di progetto del Ponte Nuovo a Pescara.

### 3.3.4 Ponte Villa Fabio

È stato reperito il Progetto Esecutivo di "Completamento dei lavori raddoppio Ponte Villa Fabio e rotonda di connessione alla strada Pendolo". La posizione del Ponte Villa Fabio è indicata in Figura 3.13, mentre in Figura 3.14 si riporta un estratto planimetrico del progetto.





Figura 3.13 – Posizione planimetrica del Ponte Villa Fabio a Pescara.

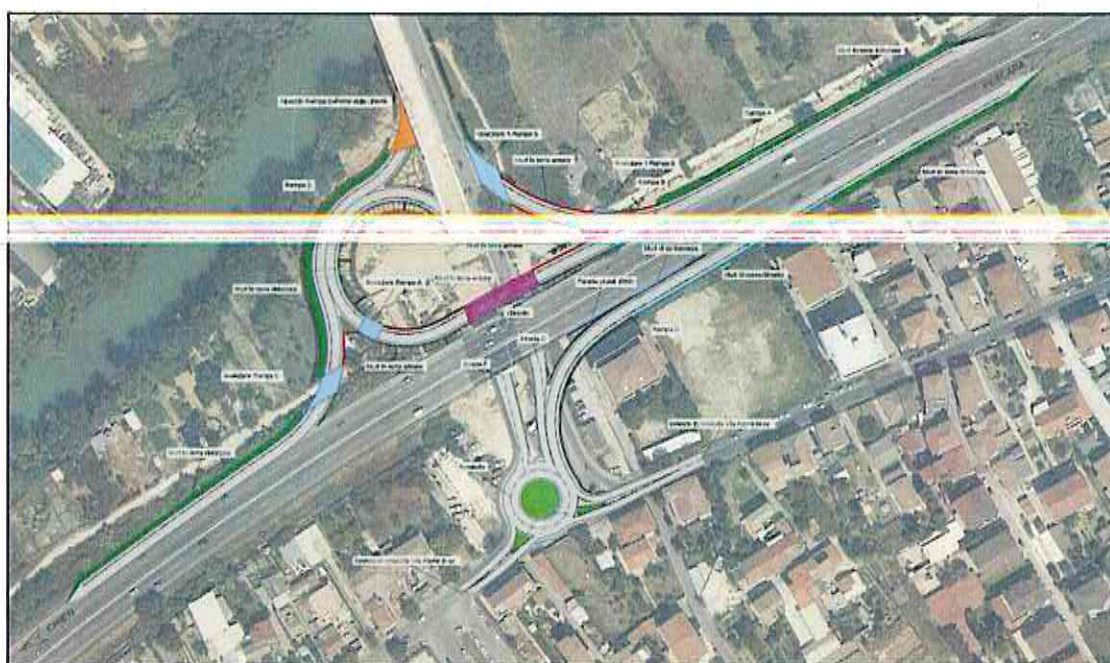


Figura 3.14 – Estratto planimetrico del Progetto Esecutivo "Completamento dei lavori raddoppio Ponte Villa Fabio e rotatoria di connessione alla strada Pendolo".

### 3.4 Interventi realizzati al Porto di Pescara

Il Servizio Porti della Regione Abruzzo ha reso disponibili i dati e le informazioni relative agli interventi finora realizzati nell'ambito del "Masterplan PSRA/07: Porto Pescara" consistenti in:

- realizzazione di un primo tratto, in sinistra idraulica, del prolungamento della foce del Fiume Pescara (Figura 3.15);
- apertura parziale della diga foranea posta a protezione del porto di Pescara per consentire il nuovo assetto idraulico della foce del fiume Pescara.



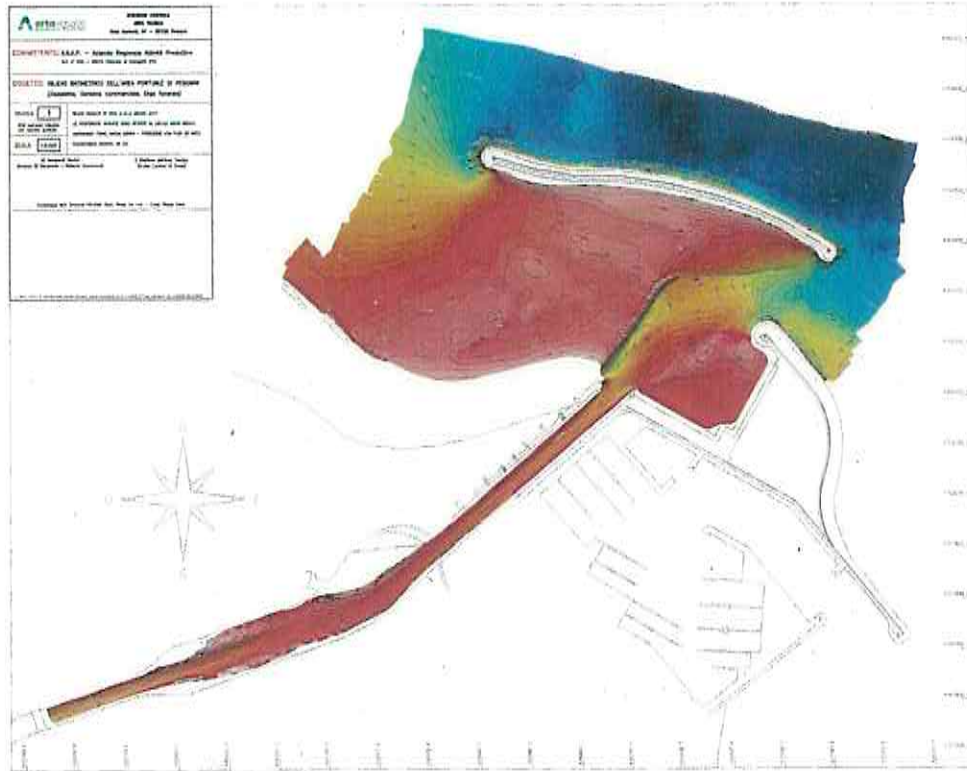


Figura 3.15 – Rilievi planimetrici porto di Pescara (2017)

3.5. Rilievi puntuali, osservazioni e risultati di specifiche osservazioni

Il Servizio Difesa Idraulica Idrogeologica e della Costa ha trasmesso alla Scrivente una serie di informazioni puntuali, acquisite a seguito di specifiche osservazioni loro pervenute, che hanno consentito di verificare e, se del caso, modificare ed integrare le informazioni disponibili al fine di meglio dettagliare alcune singolarità non rilevabili dalle informazioni già acquisite (vedi ad esempio Figura 3.16 e Figura 3.17).

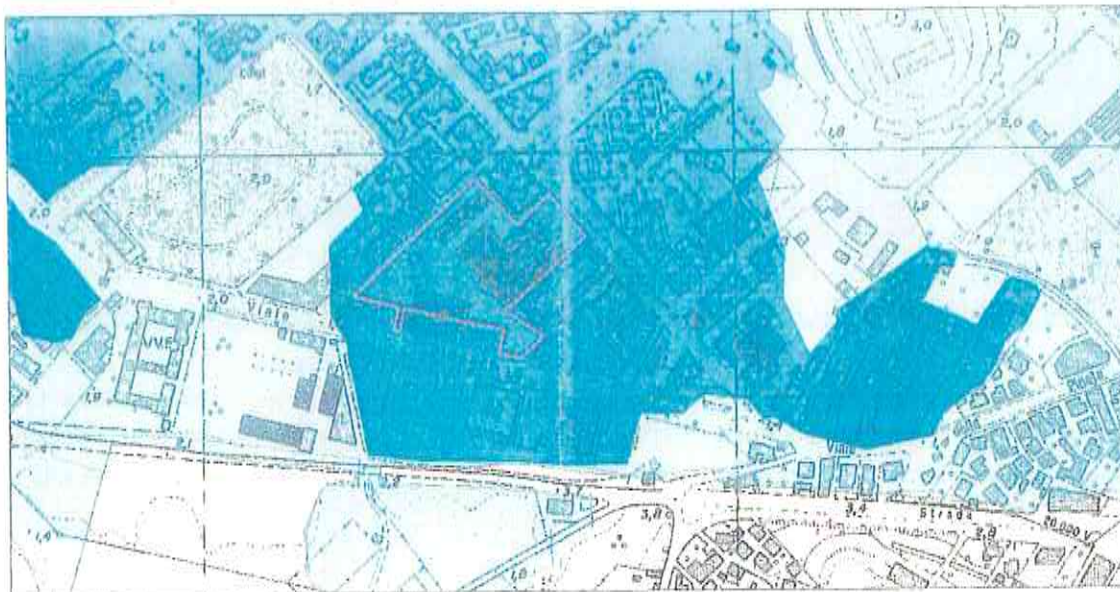


Figura 3.16 – Rilievo di dettaglio di un'area oggetto di approfondimento





Figura 3.17 – Rilievo di dettaglio di un'area oggetto di approfondimento

Ulteriori verifiche sono poi state effettuate in relazione a particolari ambiti che a seguito di verifiche puntuali hanno evidenziato una modificazione dello stato dei luoghi rispetto a quanto rappresentato dalle informazioni topografiche acquisite.





Figura 3.18 – Area urbana soggetta a modificazioni urbanistiche. Stato iniziale

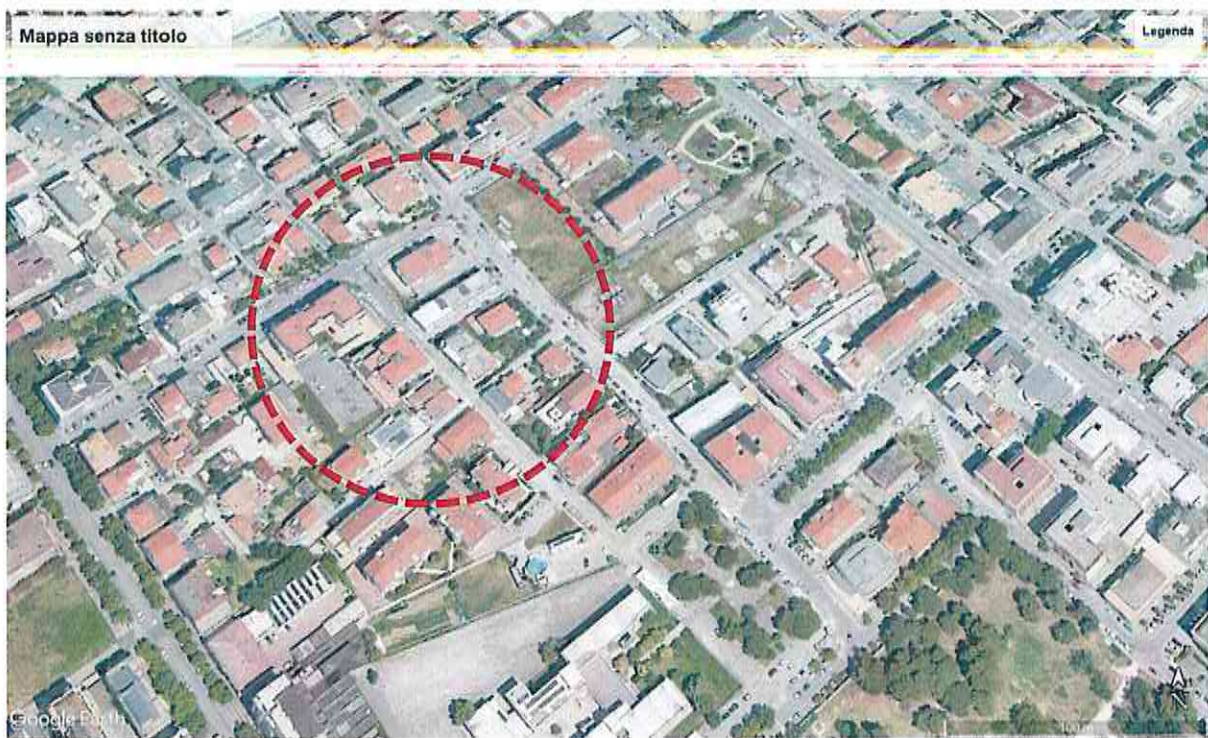


Figura 3.19 – Area urbana soggetta a modificazioni urbanistiche. Stato finale





Figura 3.20 – Area urbana soggetta a modificazioni urbanistiche. Stato iniziale

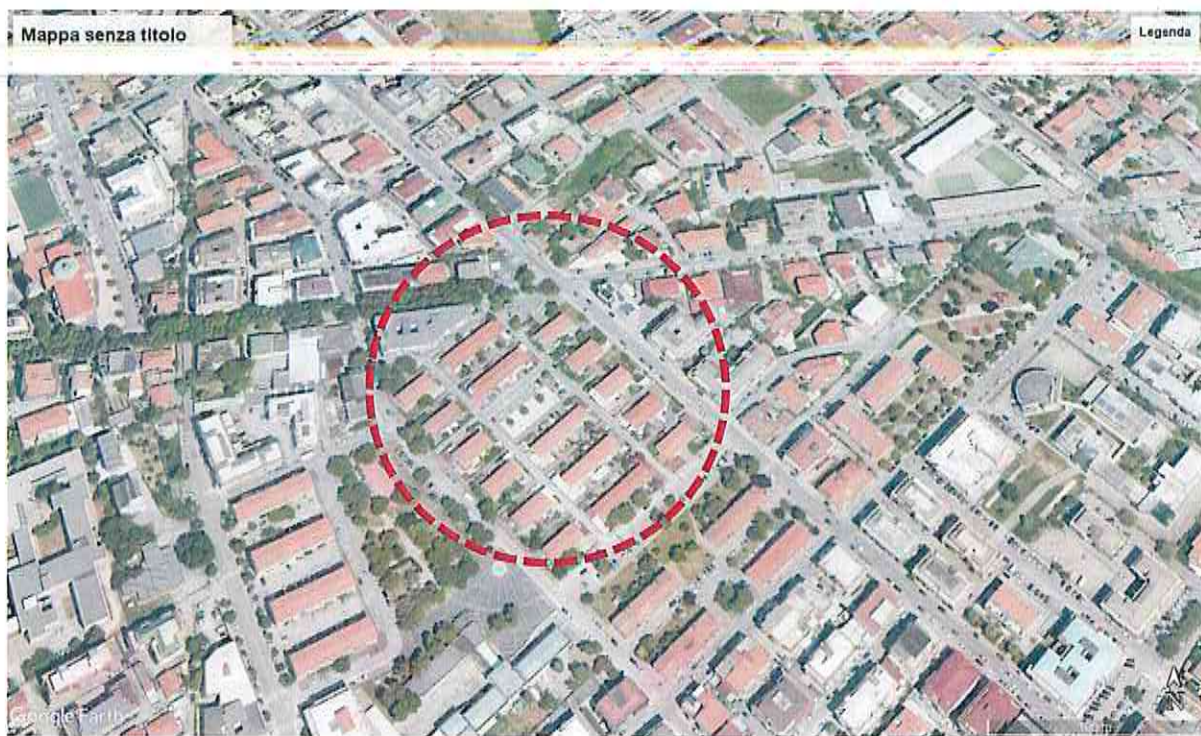


Figura 3.21 – Area urbana soggetta a modificazioni urbanistiche. Stato finale

Giunta Regionale  
Abruzzo



### 3.6 Rilievi topo-batimetrici

I rilievi topo-batimetrici si distinguono principalmente in tre tipologie:

- rilievi topografici delle sezioni trasversali d'alveo;
- rilievi topografici di manufatti interferenti col corso d'acqua;
- rilievi topografici di altre opere.

I rilievi topografici delle sezioni d'alveo risultano fondamentali per la definizione della parte batimetrica del fiume, la quale non può essere rilevata mediante rilievo LIDAR se vi è presenza di acqua durante il rilievo stesso. Gli altri dati sono stati utilizzati per la definizione plano-altimetrica degli elementi di calcolo da implementare nel modello (paragrafo 5.2.1.C).

Al fine di definire la **batimetria del fiume Pescara**, sono stati reperiti i seguenti dati:

- esecuzione di una campagna di rilievo topografico, svoltasi tra i mesi di aprile e maggio 2018, realizzata dalla Scrivente a supporto di uno studio idraulico di dettaglio del medesimo tratto di fiume Pescara oggetto del presente approfondimento che ha restituito il rilievo di 20 sezioni trasversali dall'alveo nell'area indicata nella Figura 3.22;

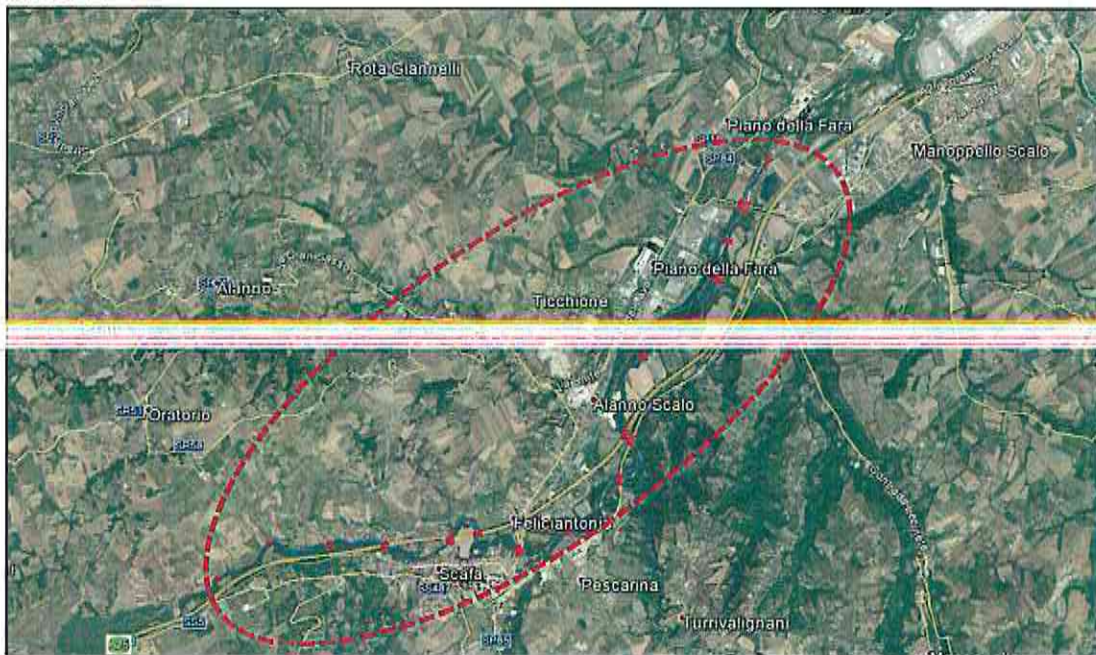


Figura 3.22 – Rilievi topografici eseguita tra aprile e maggio 2018, con indicazione delle sezioni d'alveo rilevate (in rosso).

- rilievi topografici di 23 sezioni d'alveo (Figura 3.23 – in rosso), eseguiti nel 2015, nell'area delle casse di espansione nell'ambito del Progetto Definitivo delle "Opere di laminazione delle piene del fiume Pescara" (2015);
- rilievi topografici di 12 sezioni d'alveo (Figura 3.23 – in verde), eseguiti tra i mesi di aprile e maggio 2016 nell'area delle casse di espansione nell'ambito del Progetto Esecutivo delle "Opere di laminazione delle piene del fiume Pescara" (2017);
- rilievi topografici di sezioni d'alveo eseguiti nel maggio 2016, nel tratto di fiume Pescara compreso tra Villareia e la foce nel Mar Adriatico nell'ambito degli studi specialistici condotti per il Comune di Pescara e denominati "Approfondimenti e implementazioni degli studi idraulici e di morfodinamica fluviale e costiera a corredo del P.R.P. di Pescara", (2016), suddivise in sezioni relative al tratto di corso d'acqua compreso tra Villareia e la S.S. n. 16 Adriatica (Figura 3.24) e relative al tratto cittadino di Pescara (Figura 3.25);





Figura 3.23 – Area interessata dalle campagne di rilievi topografici eseguite nell’ambito dei progetti delle “Opere di laminazione delle piene del fiume Pescara” con indicazione delle sezioni d’alveo rilevate per la redazione del Progetto Definitivo (2015 – in rosso) ed Esecutivo (2017 – in verde).

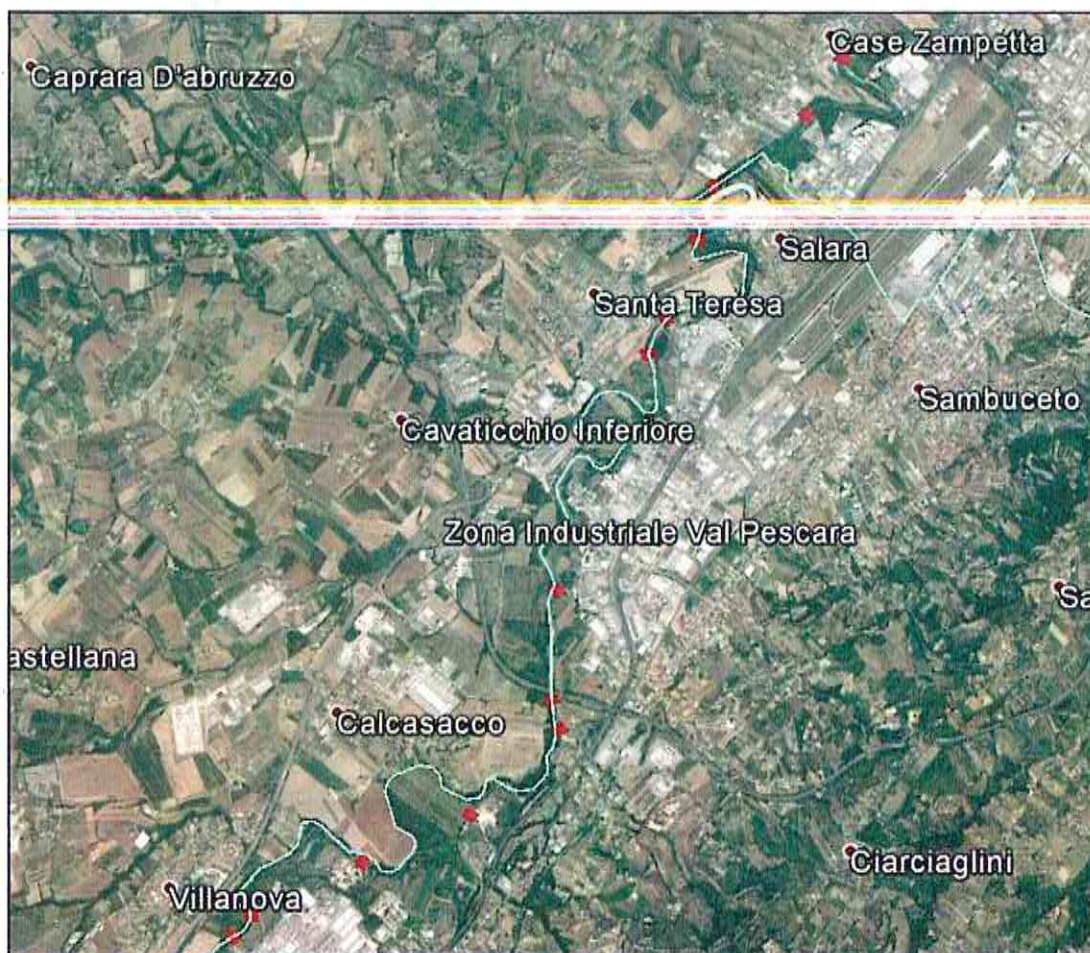


Figura 3.24 – Sezioni d’alveo rilevate tra Villareia e la strada S.S. n. 16 Adriatica (maggio 2016), all’interno degli “Approfondimenti e implementazioni degli studi idraulici e di morfodinamica fluviale e costiera a corredo del P.R.P. di Pescara”.



- batimetrie dell'area portuale e del mare, realizzate nel 2008 e utilizzate nell'ambito degli studi specialistici condotti per il Comune di Pescara e denominati "Approfondimenti e implementazioni degli studi idraulici e di morfodinamica fluviale e costiera a corredo del P.R.P. di Pescara" (Figura 3.25).



*Figura 3.25 – Sezioni d'alveo rilevate nel tratto cittadino del Comune di Pescara (maggio 2016) all'interno degli "Approfondimenti e implementazioni degli studi idraulici e di morfodinamica fluviale e costiera a corredo del P.R.P. di Pescara"*



## 4. Studio idrologico

Per le analisi idrologiche si è fatto riferimento agli elaborati tecnici allegati al PSDA che già contengono i risultati dell'analisi di regionalizzazione statistica delle portate (metodologia VAPI), a sua volta basata sui dati raccolti e pubblicati negli annali del S.I.M.N., per un certo numero di sezioni idrografiche strumentate. Gli scenari di piena di riferimento coincidono con gli idrogrammi di piena sintetici attesi con tempo di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

Ai fini della determinazione degli idrogrammi di piena da utilizzare come input per la modellazione idraulica, si riporta brevemente la dinamica di accrescimento dell'onda di piena che si propaga lungo il fiume Pescara da Alanno alla foce, così come impostata nel presente studio:

- da Alanno alla confluenza con il torrente Cigno il fiume Pescara viene simulato con l'utilizzo dell'idrogramma calcolato alla sezione PE01, posizionata al confine tra i comuni di Scafa, Alanno e Manoppello e che chiude un bacino di area pari a 2674 km<sup>2</sup>;
- dalla confluenza con il torrente Cigno a Chieti Casello il fiume Pescara riceve i contributi prodotti dall'interbacino PE01-NO01 (Nora escluso) andando a formare il bacino sotteso dalle casse di espansione;
- a valle di Chieti Casello si immette il fiume Nora, avente un bacino di 137 km<sup>2</sup> e alla cui sezione di riferimento posta poco a monte della confluenza con il Pescara è stato assegnato ha codice NO01;
- a valle del Nora il fiume Pescara riceve i contributi prodotti dall'interbacino NO01-PE02, raggiungendo la località Santa Teresa di Spoltore;
- da Santa Teresa di Spoltore fino alla foce, il fiume Pescara non riceve altri contributi significativi soprattutto in fase di piena, a causa della difficoltà di ricevere le acque drenate dalla rete minore presente nel territorio circostante.

Per quanto riguarda la città di Pescara, si deve tener conto che l'attuale sistema di collettamento e scarico fognario è causa di allagamenti in vaste zone del territorio urbano. Il sistema fognario, di cui il fiume rappresenta il recettore finale condizionandone la capacità di smaltimento in base ai livelli che vi si instaurano, attualmente è sottoposto ad una serie di interventi di sistemazione relativamente ai sistemi di sollevamento ed alle adduttrici al depuratore.

### 4.1 Idrogrammi di piena alla sezione di Chieti Casello

Nel Progetto Esecutivo delle casse di espansione è stata considerata, come sezione di riferimento ai fini del calcolo idrologico per il dimensionamento delle opere in progetto, la sezione sul ponte di attraversamento dello svincolo per l'accesso al casello autostradale di Chieti, che racchiude un bacino idrografico di 2865 km<sup>2</sup>. La sezione è posta a valle dell'area interessata dal progetto delle casse e permette di considerare i deflussi, peraltro modesti, che si immettono nel Pescara nel tratto interessato dalle opere di laminazione. La sezione di Chieti Casello si trova compresa tra la sezione mappata nel PSDA con il codice PE01 e la sezione di immissione del torrente Nora (Figura 4.1). Nel ambito del progetto delle casse di espansione sono stati calcolati gli idrogrammi in corrispondenza di Chieti Casello, al fin del corretto dimensionamento e verifica delle opere in progetto. La procedura utilizzata, descritta ai paragrafi seguenti, ha seguito la stessa metodologia utilizzata nell'ambito dello stesso PSDA.



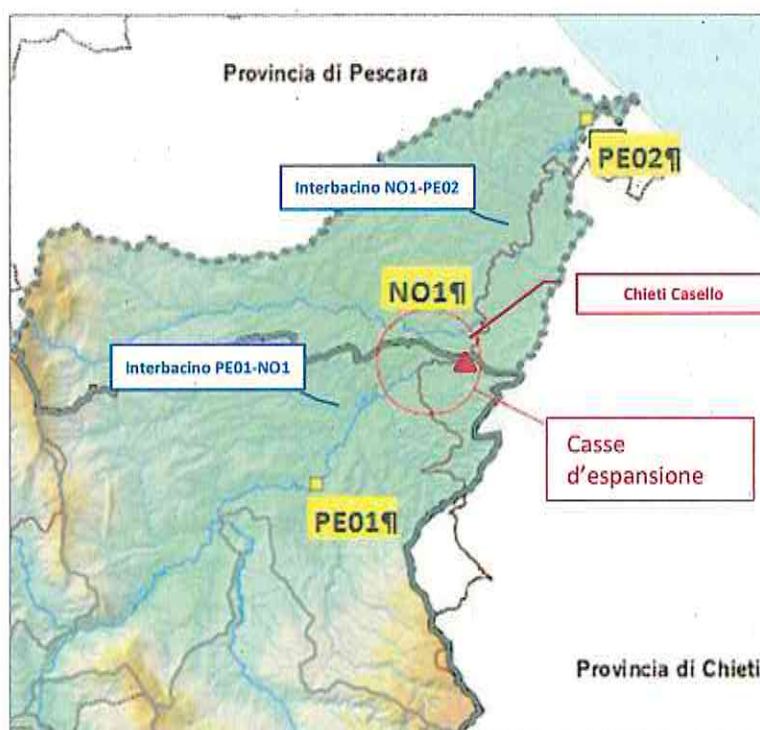


Figura 4.1 – Il bacino idrografico del fiume Aterno Pescara e ubicazione delle sezioni di riferimento per la modellazione nell'area delle casse di espansione.

#### 4.1.1 Valutazione della portata indice

Per quanto riguarda la valutazione dell'area impermeabile del bacino chiuso presso la sezione di riferimento si è fatto riferimento alle due stazioni codificate per le quali risultano noti i principali parametri della regionalizzazione. A valle della sezione PE01, il territorio drenato dal sistema idrografico del Pescara ricopre un ambito considerato quasi interamente "impermeabile"; infatti, come deducibile dai dati riportati in Tabella 4.1, l'aumento dell'area del bacino dalla sezione PE01 alla sezione PE02 corrisponde all'incirca all'aumento della frazione impermeabile mentre, al contrario, la frazione di area permeabile rimane pressoché costante.

Da questi dati è quindi agevole interpolare le caratteristiche di permeabilità del bacino nella sezione di interesse, valutando la frazione permeabile ed impermeabile come riportato in Tabella 4.1.

Tabella 4.1 - Superficie impermeabile e permeabile del bacino del Pescara

| Sezione               | A<br>(km <sup>2</sup> ) | A imp.<br>(km <sup>2</sup> ) | A perm.<br>(km <sup>2</sup> ) | A perm.<br>(%) |
|-----------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------|
| Sez. PE01             | 2674.2                  | 882.5                        | 1791.7                        | 67             |
| Sez. PE02             | 3132.0                  | 1315.4                       | 1816.6                        | 58             |
| Sez. Chieti - casello | 2865.0                  | 1063                         | 1802.0                        | 63             |

Per la sezione idrografica prossima allo svincolo autostradale di Chieti, è stata effettuata la stima della portata indice  $m_Q$  mediante riscalaggio dei valori noti (in termini di area idrografica sottesa). Tale riscalaggio è stato effettuato mediante la relazione:

$$m_{Q2} = m_{Q1} \cdot (A_2 / A_1)^m \quad (\text{Eq. 4.1})$$

dove il pedice 2 indica la sezione di interesse ed il pedice 1 quella nella quale si dispone di misure sperimentali.



L'esponente  $m$  è stato valutato applicando l'espressione alle due sezioni idrografiche citate, per le quali risulta noto il valore della portata indice  $m_Q$ , ottenendo il valore di 3.47.

Riapplicando la medesima espressione tra la sezione PE02 e quella di Chieti si ottiene:

$$m_{Q2} = m_{Q1} \cdot (A_2 / A_1)^m = 328.6 \times 2865/3132^{3.47} = 241.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

In alternativa, volendo utilizzare l'espressione seguente:

$$\hat{m}_Q = 0.00858 \cdot A_{imp}^{0.6506} \cdot m_g^{1.4387} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

nella quale  $A_{imp} = 1063 \text{ km}^2$ , è l'area sottesa classificata come impermeabile secondo le indicazioni del S.I.M.N. e  $m_g$  è la pioggia indice di durata 1 giorno valutata nel baricentro del bacino (mm), che viene letta direttamente dalla Tavola n. 6.5 del PSDA e assume valore pari a 61 mm, si ottiene il valore di:

$$\hat{m}_Q = 295.87 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{Eq. 4.3})$$

Come ulteriore metodologia di calcolo, è stato utilizzato il metodo razionale. A tal fine sono stati letti i valori di  $m_1$  e del coefficiente  $n$  direttamente dalle Tavole n. 6.3 e n. 6.4 allegate al PSDA, che forniscono  $n=0.37$  e  $m_1 = 21.3$  mm, assumendo il baricentro del bacino coincidente con quello di S. Teresa. Il tempo di corrivazione ( $T_c$ ) viene calcolato sulla base dei valori già noti e riportati nel PSDA per le due sezioni idrografiche PE01 e PE02 e calcolando, per la sezione di Chieti Casello, un valore di  $T_c$  proporzionale alla distanza tra le diverse sezioni misurata lungo l'asse fluviale (Tabella 4.II).

Tabella 4.II – Caratteristiche dei bacini chiusi alle diverse sezioni idrologiche considerate

| Sezione                       | Progressiva [km] | Tempo di corrivazione [ore] |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
| PE01                          | 59.9             | 16.3                        |
| Chieti - Casello autostradale | 25.3             | 17.6                        |
| PE02                          | 3.2              | 19.5                        |

Il fattore di riduzione areale della precipitazione  $ARF(d,A)$ , viene valutato assegnando alla durata della precipitazione il valore del tempo di corrivazione. In questo modo si ottiene il valore di:

$$ARF(T_c, A) = 1 - (1 - \exp(-0.01298 \cdot A)) \cdot (\exp(-0.6786 \cdot T_c^{0.332})) = 0.828 \quad (\text{Eq. 4.4})$$

avendo espresso  $A$  in  $\text{km}^2$  e  $T_c$  in ore.

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso  $\psi$ , è possibile utilizzare due diversi approcci. Il primo è quello che fa uso dell'espressione seguente che fornisce:

$$\psi = 0.315 \cdot (A_{imp} / A)^{0.393} = 0.315 \cdot (1063 / 2865)^{0.393} = 0.213 \quad (\text{Eq. 4.5})$$

Si è osservato, tuttavia, che la medesima espressione applicata al bacino del Pescara chiuso a S. Teresa fornisce un valore di  $\psi = 0.22$  contro il valore  $\psi = 0.14$  ottenuto per via diretta a partire dai dati osservati. Si evidenzia uno scostamento sensibile tra il dato osservato e quello della (4.5), ottenuto su una regressione di dati provenienti dall'intera zona omogenea; per quanto riguarda il caso specifico del Pescara e si è pertanto ritenuto preferibile adottare il medesimo coefficiente  $\psi = 0.14$ , accettando la similarità delle caratteristiche dei due bacini, per evitare distorsioni tra due sezioni.

È anche possibile rapportare il valore del coefficiente di deflusso al rapporto del fattore  $(A_{imp} / A)^{0.393}$ , valutato nelle due sezioni di misura. In altre parole, notando che la frazione di area impermeabile passa dal 42.0 % al 37.1 %



anche il coefficiente di deflusso si riduce in conseguenza di un fattore correttivo pari a 0.95. In questo caso si ottiene  $\psi = 0.95 \cdot 0.14 = 0.133$ . L'assunzione  $\psi = 0.14$  appare quindi conservativa.

L'applicazione della formula razionale con i termini così calcolati porta a un valore della portata indice pari a 1161 m<sup>3</sup>/s, valore ritenuto poco plausibile.

Alla luce delle valutazioni sopra riportate, il valore della portata indice è stato assunto pari a 241.2 m<sup>3</sup>/s in quanto ottenuto mediante "riscalaggio" (Eq. 4.1) della portata indice maggiormente attendibile, quella della stazione idrometrica di Santa Teresa, ottenuta direttamente dai dati di portata osservati. Tale valore garantisce inoltre la coerenza dell'inquadramento idrologico del Pescara nel tratto a valle delle casse di espansione.

#### 4.1.2 Considerazioni circa la metodologia e i risultati ottenuti

Rispetto alla metodologia impiegata per la determinazione della portata indice, con riferimento all'impiego dei dati delle due stazioni SIMN, Pescara a Maraone e Pescara a S.Teresa, dal PSDA si evince che per lo sviluppo delle indagini statistiche si è preferito eliminare dall'analisi i valori misurati alla stazione di Maraone in quanto influenzata dagli allagamenti nelle aree a monte.

Tabella 4.III – Stazioni idrometrografiche impiegate nell'analisi statistica con indicazione del n° di anni disponibili e della media relativa alle portate massime giornaliere.

| Stazione             | N.Dati | Media |
|----------------------|--------|-------|
| Tordino a Teramo     | 46     | 86.9  |
| Vomano a F. Adriano  | 20     | 93.5  |
| R.Arno a P.te R.Arno | 60     | 34.6  |
| Tavo a S.Pellegrino  | 36     | 84.6  |
| Aterno a Tre Ponti   | 36     | 23.3  |
| Pescara a S. Teresa  | 60     | 228.5 |
| Sangro a Opi         | 24     | 55.3  |
| Sangro a V.Barrea    | 43     | 57.0  |
| Zittola a Montenero  | 51     | 16.3  |
| Sangro a Ateleta     | 54     | 149.6 |
| Aventino a Vicenne   | 39     | 109.6 |
| Verde a Viscardi     | 44     | 7.9   |

In tale contesto la stazione di Santa Teresa lungo il fiume Pescara presenta una serie statistica di 60 valori (Figura 4.2), tra le più consistenti tra quelle impiegate nella redazione del PSDA: visto il campione disponibile la stima diretta della portata indice ( $m_Q$ ) per la stazione risulta essere preferibile rispetto alle stime ottenibili mediante l'applicazione delle formule statistiche per la determinazione della stessa. Il valore di  $m_Q$  ottenuto dalla stima diretta a partire dai valori di portata al colmo della stazione, identificata nel PSDA con il codice PE02, è stato impiegato per la valutazione della portata indice alla sezione "Chieti-Casello". Il grafico di Figura 4.2 riporta, rispetto al tempo di ritorno, il valore al colmo della portata calcolata mediante l'applicazione del metodo della portata indice per la stazione di Santa Teresa e i punti corrispondenti ai valori massimi delle portate annuali registrate nel periodo di osservazione impiegato nelle elaborazioni. Il periodo di ritorno per la serie degli N eventi disponibili è stato calcolato, una volta ordinati in ordine decrescente e numerati i valori, con la formulazione seguente:  $Tr=(N+1)/i$

dove  $i$  rappresenta l'i-esima posizione dell'evento.

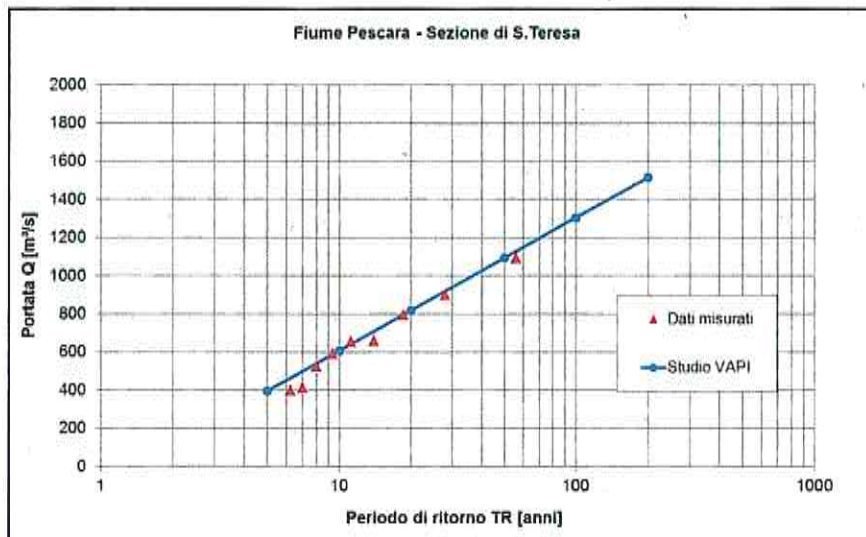


Figura 4.2 – Rappresentazione dei valori massimi di portata annuale misurati e dei valori calcolati mediante l'applicazione del metodo VAPI (portata indice) per la stazione di Santa Teresa.

La rappresentazione è stata quindi fornita sulla carta probabilistica di Gumbel. Dalla rappresentazione si può notare un buon adattamento del metodo a scala regionale rispetto alla tendenza espressa dall'involuppo dei singoli valori al colmo osservati.

Sono inoltre state effettuate alcune verifiche circa la validità del campione statistico utilizzato nell'elaborazione del PSDA. È stata quindi aggiornata la serie storica delle portate disponibili per la stazione di Santa Teresa con le misurazioni relative al periodo 2000+2015.

Con procedura analoga alla precedente i valori sono stati riportati in un grafico probabilistico di Gumbel (Figura 4.3) in cui si riportano anche i valori calcolati con il metodo di regionalizzazione con la serie storica e la serie aggiornata (fino al 2015). La retta interpolatrice dei valori ottenuti dal calcolo aggiornato delle statistiche presenta minore inclinazione in termini assoluti, a significato dell'aumento del tempo di ritorno di riferimento, a parità di portata.

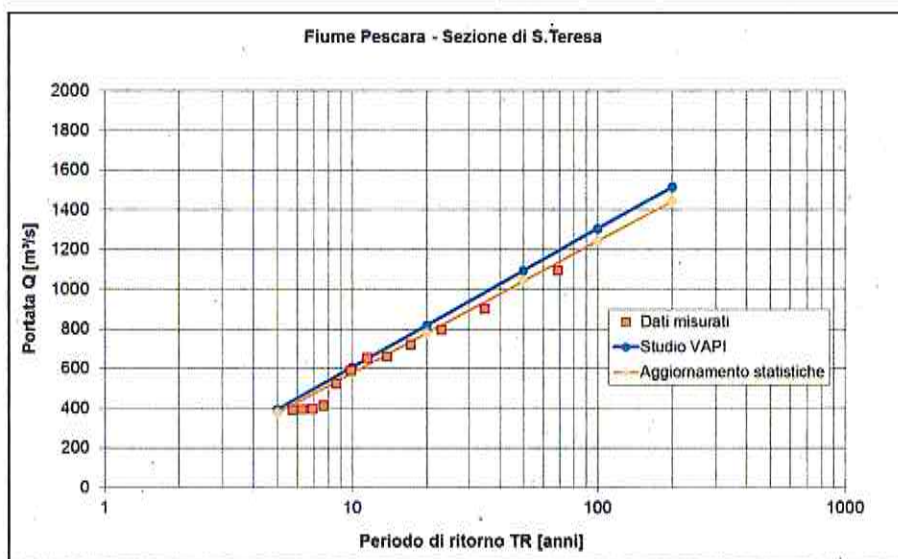


Figura 4.3 – Rappresentazione dei valori massimi di portata annuale misurati (fino all'anno 2015) e dei valori calcolati mediante l'applicazione del metodo VAPI (portata indice) per la stazione di Santa Teresa.

L'analisi dei risultati delle elaborazioni statistiche aggiornate, mostra che, non essendo accaduti negli ultimi 15 anni



eventi idrologici di importanza significativa, le portate prese come riferimento sono caratterizzate da tempi di ritorno leggermente superiori a quelli ufficiali. A titolo di esempio la portata con tempo di ritorno 50 anni calcolata con la serie storica, ora presenta un  $T_r$  di 58 anni mentre la portata che prima presentava  $T_r$  100 anni ora vede associato un  $T_r$  di 117 anni (Tabella 4.IV).

Tabella 4.IV – Valori delle portate associate a diversi  $T_r$  in funzione della serie storica considerata nell'analisi statistica per la stazione di Santa Teresa.

| TR  | Q (Tr) serie fino a 1999<br>[m <sup>3</sup> /s] | Q (Tr) serie fino a 2015<br>[m <sup>3</sup> /s] |
|-----|---|---|
| 20  | 718   | 696   |
| 50  | 878   | 853   |
| 100 | 997   | 970   |
| 200 | 1116  | 1087  |
| 500 | 1273  | 1242  |

#### 4.1.3 Fattore di crescita

Il bacino del fiume Pescara chiuso alla sezione idrografica di Chieti, in prossimità dello svincolo autostradale, rientra per gran parte all'interno della Zona Appenninica e per la stima della curva di crescita regionale rappresentativa del comportamento statistico delle portate al colmo massime annue è possibile fare riferimento alle valutazioni statistiche condotte in questa Zona Omogenea, dotata di una sufficiente base di dati. Tra le stazioni di misura utilizzate rientra quella sul fiume Pescara a S. Teresa. Stando a questo tipo di analisi, il fattore di crescita per la zona appenninica può essere stimato dalla:

$$x'(T) = -0.2781 + 0.9230 \cdot \ln(T) \quad (\text{Eq. 4.6})$$

della quale si riportano, in Tabella 4.V, i valori di  $x'$  per alcuni tempi di ritorno di interesse.

#### 4.1.4 Portata al colmo e ricostruzione dell'idrogramma di piena

La portata di massima piena viene valutata semplicemente dal prodotto:

$$Q_T = \hat{m}_Q x'(T) \quad (\text{Eq. 4.7})$$

ottenendo i valori riportati in Tabella 4.V.

Tabella 4.V - Fattore di crescita (zona appenninica) e portate di massima piena del Pescara a Chieti

| T [anni] | $x'$ [-] | $Q_T$ [m <sup>3</sup> /s] |
|----------|----------|---------------------------|
| 5        | 1.21     | 291                       |
| 10       | 1.85     | 446                       |
| 20       | 2.49     | 600                       |
| 50       | 3.33     | 804                       |
| 100      | 3.97     | 958                       |
| 200      | 4.61     | 1112                      |
| 500      | 5.46     | 1316                      |

Per l'individuazione di aree esondabili, oltre al valore della portata di massima piena, è assolutamente indispensabile disporre dell'informazione relativa al volume che accompagna il fenomeno ovvero la conoscenza

dell'idrogramma di piena. In termini probabilistici, il problema della ricostruzione dell'idrogramma da associare ad un certo tempo di ritorno si riconduce alla caratterizzazione della legge di frequenza della variabile  $V_{D,T}$ , dove  $V$  rappresenta il volume defluente in assegnata durata  $D$  con tempo di ritorno  $T$ . Se oltre alla determinazione del volume di piena, si vuole conoscere la forma dell'idrogramma, il modo più conveniente di affrontare il problema è quello di procedere alla definizione di un'onda di piena sintetica di assegnato tempo di ritorno costruita a partire dall'analisi delle onde di piena storiche. Tale operazione risulta difficilmente attuabile con approccio diretto in quanto può essere sviluppata solo nei casi in cui sia disponibile per la sezione di interesse una serie sufficientemente lunga e completa di registrazioni di onde di piena, situazione operativamente non riscontrabile neppure per le stazioni di misura di competenza del S.I.M.N., per le quali l'informazione pubblicata si riduce ai valori delle portate medie giornaliere ed ai massimi annuali delle portate al colmo. Poiché queste ultime possono essere stimate sia in siti strumentati sia in siti non strumentati attraverso l'applicazione del modello statistico regionale sviluppato nei paragrafi precedenti, dal punto di vista operativo conviene pertanto porre in relazione la variabile  $Q_{D,T}$  con la variabile "portata al colmo" di pari tempo di ritorno  $T$ ,  $Q_T$ , per mezzo della "curva o fattore di riduzione  $r_{D,T}$ " dei colmi di piena definita come:

$$r_{D,T} = \frac{Q_{D,T}}{Q_T} = \frac{K_{D,T} \cdot m_{Q,D}}{K_T \cdot m_Q} \quad (\text{Eq. 4.8})$$

dove  $m_{Q,D}$  e  $m_Q$  rappresentano i valori medi delle due variabili  $Q_{D,T}$  e  $Q_T$  mentre  $K_{D,T}$  e  $K_T$  sono i corrispondenti fattori di crescita.

L'eq. 4.9 è stata esplicitata da Bacchi *et al.* (1999, 2000) i quali hanno evidenziato, sulla base di un'analisi estesa ad un insieme di sezioni idrometrografiche del S.I.M.N. ubicate nella fascia appenninica tra l'Emilia e le Marche, che per un generico bacino imbrifero con superficie sottesa  $A$ , assegnato il tempo di ritorno  $T$  e la durata  $D$  (in ore) di interesse scritta come:

$$r_{D,T} = f(T, D, A) \cdot r_{D,m} \quad (\text{Eq. 4.9})$$

dove  $f(T, D, A)$  è una funzione che esprime il rapporto tra i fattori di crescita  $K_{D,T} / K_T$  mentre  $r_{D,m} = m_{Q,D} / m_Q$  rappresenta la "curva di riduzione delle portate medie in assegnata durata".

In definitiva l'eq. 4.9 può essere sostituita dall'espressione:

$$Q_{D,T} = r_{D,T} \cdot Q_T = f(T, D, A) \cdot r_{D,m} \cdot Q_T \quad (\text{Eq. 4.10})$$

In pratica il problema della ricostruzione dell'idrogramma di piena da associare ad una massima portata al colmo si riconduce alla determinazione delle funzioni  $f(T, D, A)$  e  $r_{D,m}$ .

Bacchi e Ranzi (2000) e Bacchi *et al.* (1999, 2000) hanno evidenziato che la funzione  $f(T, D, A)$  risulta in generale minore o uguale ad 1 e che può essere espressa mediante la relazione:

$$f(T, D, A) = 1 - \exp^{-0.0065 \cdot A} \cdot 0.1336 \cdot T^{0.1077} \cdot (1 - \exp^{-0.0468 \cdot D}) \quad (\text{Eq. 4.11})$$

Si evidenzia come il valore della funzione risulta praticamente pari all'unità, indipendentemente dalla durata  $D$  considerata, per bacini con superficie sottesa  $A$  superiore a 200-300 km<sup>2</sup>. Pertanto, nel caso del bacino del fiume Pescara, tale coefficiente può essere trascurato.

Per quanto attiene la valutazione della curva di riduzione delle portate medie  $r_{D,m}$ , numerose sono le espressioni suggerite in letteratura. Alcune di queste sono state sperimentate durante lo studio condotto nel PSDA mettendo a confronto i risultati dove questi erano noti a partire da osservazioni dirette.



Tra tutte, quella ritenuta maggiormente affidabile nel caso del Pescara è risultata essere proposta da Bacchi *et al.* (1992), ottenuta applicando un modello stocastico, ricondotto ad una forma piuttosto semplice e di agevole utilizzo operativo, definita dall'unico parametro  $\vartheta$ :

$$r_{b,m} = \sqrt{\Gamma(D)} = \sqrt{\frac{\vartheta}{2D} \left[ 2 + \exp\left(\frac{4D}{\vartheta}\right) - \frac{3\vartheta}{4D} \left( 1 - \exp\left(\frac{4D}{\vartheta}\right) \right) \right]} \quad (\text{Eq. 4.12})$$

nella quale il termine  $\Gamma(D)$  rappresenta la funzione di varianza, ovvero il rapporto tra la varianza del processo aggregato alla scala  $D$  e quello del processo istantaneo, ed il parametro  $\vartheta$  rappresenta la scala temporale di fluttuazione, cioè l'integrale della funzione di autocorrelazione del processo istantaneo.

Brath *et al.* (1992, 1994) hanno inoltre evidenziato uno stretto legame tra la scala di fluttuazione delle piene  $\vartheta$  e il tempo di ritardo caratteristico della risposta idrologica del bacino.

Bacchi *et al.* (2000), sulla base dei valori di  $\vartheta$  ricavati mediante un processo ai minimi quadrati sulle curve di riduzione sperimentali disponibili in 18 sezioni idrometriche dell'Appennino tra l'Emilia e le Marche, hanno individuato due leggi regionali, la prima valida per bacini idrografici sostanzialmente impermeabili:

$$\vartheta = 13.75 \cdot L^{0.648} / \sqrt{DH} \quad (\text{Eq. 4.13a})$$

e la seconda per bacini idrografici a permeabilità più elevata:

$$\vartheta = 19.42 \cdot L^{0.648} / \sqrt{DH} \quad (\text{Eq. 4.13b})$$

dove  $L$  è la lunghezza dell'asta principale in km e  $DH$  è la differenza di quota in metri tra la quota media del bacino e la quota della sezione di chiusura.

Attraverso questi due soli parametri è quindi possibile la valutazione di  $\vartheta$  anche per sezioni idrografiche per le quali non si dispone di informazioni sperimentali. In particolare nella definizione delle due relazioni (4.13), i bacini sono considerati impermeabili se la percentuale di area classificata dal S.I.M.N. come impermeabile è superiore all'80%.

Nel caso del bacino del fiume Pescara, che rientra senz'altro tra i bacini permeabili, si ottiene un valore di  $\vartheta = 15.75$ , contro un valore di  $\vartheta = 17.10$  ricavato per la sezione idrografica PE02. Di conseguenza la curva di riduzione delle portate medie ed i corrispondenti valori della portata  $Q_{0,T}$  definita dall'eq. (4.10) da associare alle diverse durate, viene riportata in Assumendo che il valore della portata al colmo coincida con quello della portata di progetto di assegnato  $T$ ,  $Q_T$ , ed assegnata la portata di base,  $Q_{base}$ , i due parametri  $k_T$ , *parametro di scala temporale*, e  $\alpha_T$ , *parametro di forma*, che definiscono l'idrogramma  $q_T(t)$  possono essere determinati mediante un processo di minimizzazione ai minimi quadrati, imponendo un tempo al picco pari al tempo di corrivazione  $T_c$  e ricercando la coppia di parametri che assicura il minimo valore dell'errore definito in modo opportuno.

Tabella 4.VI.

Per facilità di espressione, l'idrogramma riportato in tabella può essere riscritto ipotizzando che la forma dell'onda di piena possa essere ricondotta a quella del modello di tipo gamma (incompleto) a due parametri opportunamente riscalato, rappresentato dalla:

$$q_T(t) = Q_{base} + \frac{Q_T - Q_{base}}{\exp[-(\alpha_T - 1)] (\alpha_T - 1)^{\alpha_T - 1}} \cdot \left(\frac{t}{k_T}\right)^{\alpha_T - 1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{k_T}\right) \quad (\text{Eq. 4.14})$$

Assumendo che il valore della portata al colmo coincida con quello della portata di progetto di assegnato  $T$ ,  $Q_T$ , ed assegnata la portata di base,  $Q_{base}$ , i due parametri  $k_T$ , *parametro di scala temporale*, e  $\alpha_T$ , *parametro di forma*, che definiscono l'idrogramma  $q_T(t)$  possono essere determinati mediante un processo di minimizzazione ai minimi quadrati, imponendo un tempo al picco pari al tempo di corrivazione  $T_c$  e ricercando la coppia di parametri che assicura il minimo valore dell'errore definito in modo opportuno.

Tabella 4.VI - Curva di riduzione delle portate medie e corrispondenti valori della portata  $Q_{D,T}$

|         |                              | T [anni] =  |                                    |                                     |                                     |                                     |                                      |                                      |                                      |
|---------|------------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|         |                              | 5      10      20      50      100      200      500        |                                    |                                     |                                     |                                     |                                      |                                      |                                      |
|         |                              | $Q_T$ [m <sup>3</sup> /s] =                                 |                                    |                                     |                                     |                                     |                                      |                                      |                                      |
|         |                              | 291      446      600      804      958      1112      1316 |                                    |                                     |                                     |                                     |                                      |                                      |                                      |
| D [ore] | $f(D,T,A)$<br>(per q.l.s. T) | $r_{D,m}$<br>Bacchi et al. (1992)                           | $Q_{D,T=5}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{D,T=10}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{D,T=20}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{D,T=50}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{D,T=100}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{D,T=200}$<br>[m <sup>3</sup> /s] | $Q_{D,T=500}$<br>[m <sup>3</sup> /s] |
| 1       | 1.000                        | 0.998   | 291                                | 444                                 | 598                                 | 802                                 | 956                                  | 1110                                 | 1313                                 |
| 3       | 1.000                        | 0.982   | 286                                | 437                                 | 589                                 | 789                                 | 941                                  | 1092                                 | 1293                                 |
| 6       | 1.000                        | 0.943   | 275                                | 420                                 | 566                                 | 758                                 | 904                                  | 1050                                 | 1242                                 |
| 9       | 1.000                        | 0.899   | 262                                | 400                                 | 539                                 | 722                                 | 861                                  | 1000                                 | 1183                                 |
| 12      | 1.000                        | 0.853   | 249                                | 380                                 | 512                                 | 686                                 | 818                                  | 949                                  | 1124                                 |
| 15      | 1.000                        | 0.811   | 236                                | 361                                 | 486                                 | 652                                 | 777                                  | 902                                  | 1067                                 |
| 18      | 1.000                        | 0.772   | 225                                | 344                                 | 463                                 | 620                                 | 739                                  | 858                                  | 1016                                 |
| 21      | 1.000                        | 0.736   | 214                                | 328                                 | 442                                 | 592                                 | 705                                  | 819                                  | 969                                  |
| 24      | 1.000                        | 0.704   | 205                                | 314                                 | 422                                 | 566                                 | 675                                  | 783                                  | 927                                  |
| 27      | 1.000                        | 0.675   | 197                                | 301                                 | 405                                 | 543                                 | 647                                  | 751                                  | 889                                  |
| 30      | 1.000                        | 0.649   | 189                                | 289                                 | 390                                 | 522                                 | 622                                  | 723                                  | 855                                  |
| 33      | 1.000                        | 0.626   | 183                                | 279                                 | 376                                 | 503                                 | 606                                  | 696                                  | 824                                  |
| 36      | 1.000                        | 0.605   | 176                                | 269                                 | 363                                 | 486                                 | 579                                  | 673                                  | 796                                  |

Nel caso in esame, il criterio di minimizzazione dell'errore è stato definito con la condizione:

$$ERR = \sum_{i=1}^{ND} (D_i - D_{r,i})^2 = \min \quad (Eq. 4.15)$$

dove  $D_i$  rappresenta la durata di una prestabilita portata  $Q_i$  ottenuta dalla curva di riduzione delle portate medie per un dato tempo di ritorno,  $D_{r,i}$  rappresenta la durata, di quella medesima portata, ottenuta con l'eq. 4.14 e  $ND$  rappresenta il numero di durate/portate considerate nel processo di minimizzazione, pari a 9 ( $D=1, 3, 6, 9$  e  $12$  ore).

La scelta di limitare il campo di ottimizzazione alle durate fino a 12 ore è stato adottato in modo da aumentare l'attendibilità dell'idrogramma nella fase di picco, date le finalità della presente analisi.

La portata  $Q_{base}$  è stata per ogni sezione in esame fissata a priori e ricavata in base ad un esame delle portate medie giornaliere pubblicate dal S.I.M.N. In particolare per sezioni di interesse coincidenti con sezioni di misura S.I.M.N. le portate  $Q_{base}$  sono state assunte pari al valore della portata media giornaliera rilevata nei mesi risultati storicamente più umidi, solitamente novembre e dicembre; appare infatti ragionevole ipotizzare che episodi di piena quali quelli ricostruiti si verifichino nei periodi con la più elevata probabilità di eventi piovosi. Per le altre sezioni le  $Q_{base}$  sono state ricavate in base al rapporto con le aree idrografiche sottese alle sezioni di misura ubicate sullo stesso corso d'acqua o i corsi d'acqua limitrofi.



Questa tecnica è stata utilizzata anche nel caso in esame estrapolando la portata di base nella sezione di Chieti pari a  $43 \text{ m}^3/\text{s}$ , partendo dai valori noti stimati per le sezioni idrometrografiche PE01 e PE02 e assumendo una sua variazione proporzionale alla superficie di bacino sotteso. Con i parametri così ottimizzati sono stati ricostruiti gli idrogrammi riportati in Figura 4.4.

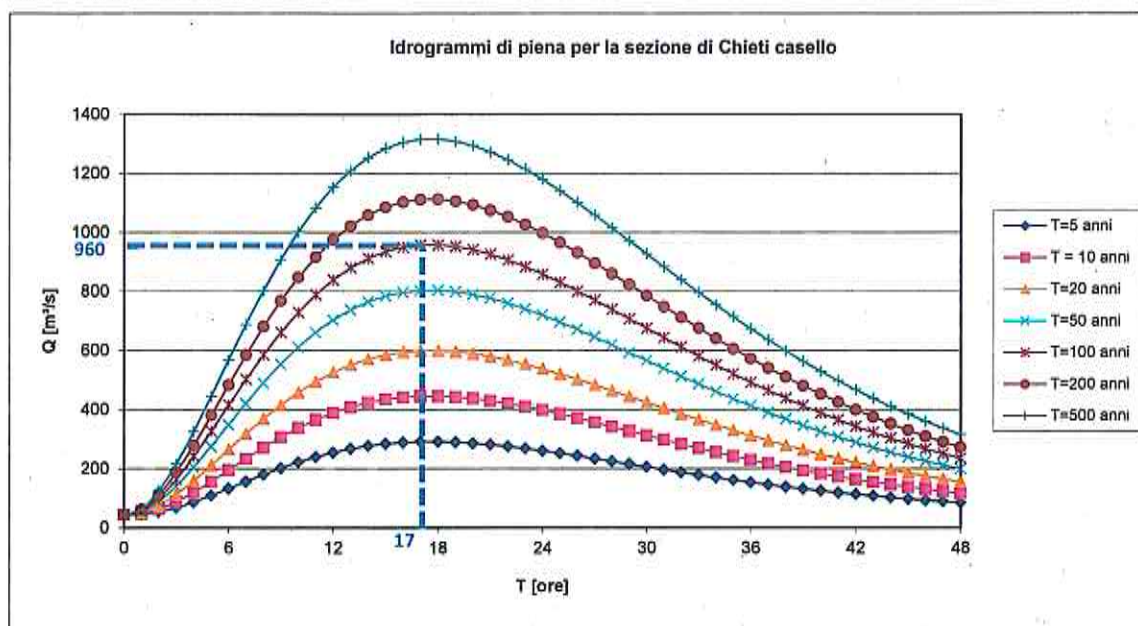


Figura 4.4 - Idrogrammi di piena per la sezione di Chieti (casello autostradale) ottenuti con le direttive del PSDA.

Ponendo l'attenzione sull'idrogramma di piena atteso per un tempo di ritorno di 100 anni, la durata associata alla portata di  $861 \text{ m}^3/\text{s}$  risulta pari a 8.69 ore, contro le 9.00 ore stimate mediante la curva di riduzione delle portate medie.

#### 4.1.5 Confronto tra gli idrogrammi ricavati dalla regionalizzazione statistica e quelli storici

Con riferimento alla stazione di S.Teresa è possibile fornire un confronto tra gli idrogrammi calcolati utilizzando le metodologie di regionalizzazione proposte dallo stesso PSDA e alcuni idrogrammi di eventi storici registrati presso la stessa sezione.

Il grafico che ne risulta è quello riportato in Figura 4.5: il grafico relativo a tre eventi storici "recenti" viene sovrapposto, rispettando la fase di picco, con quello degli idrogrammi per tempo di ritorno 20 e 50 anni per la sezione in esame. Dal grafico si osserva che la forma degli idrogrammi calcolati mediante il metodo della regionalizzazione (PSDA) rispecchia quella degli idrogrammi reali: gli eventi caratterizzati da tempo di ritorno significativo ( $>10$  anni) hanno durate maggiori di 24 ore con ramo crescente e discendente molto simili date le caratteristiche del bacino alla sezione di interesse. L'evento del 1992 che presenta il picco maggiore, ha una fase ascendente molto ripida dovuta, sulla base di alcune testimonianze raccolte, all'effetto delle manovre delle opere di regolazione praticate presso gli sbarramenti per la produzione di energia idroelettrica presenti lungo l'asta del fiume (diga di Alanno).

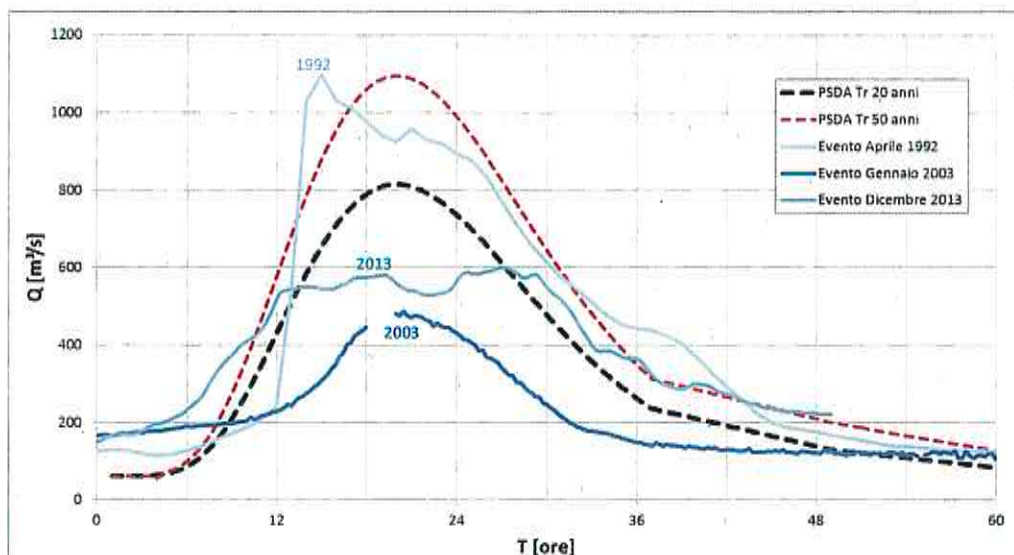


Figura 4.5 – Rappresentazione del confronto tra l'idrogramma con tempo di ritorno ventennale calcolato per la sezione PE02 (Santa Teresa) e gli idrogrammi misurati di alcuni eventi recenti.

#### 4.2 Idrogrammi di piena che si immettono nel Pescara a monte delle casse

Nell'area a monte delle casse il PSDA definisce un idrogramma di piena in corrispondenza della sezione PE01, sezione di monte del tratto modellato, posizionata al confine tra i comuni di Scafa, Alanno e Manoppello. Tale sezione racchiude un bacino pari a 2674 km<sup>2</sup> (Figura 2.1).

Nel tratto compreso tra la sezione PE01 e la sezione di Chieti Casello vi sono dei contributi dati dagli affluenti che nel PSDA erano inclusi nell'interbacino complessivo che raggruppava tutti gli affluenti compresi tra la PE01 e l'immissione del Nora. In questo tratto il contributo idrologico è principalmente fornito dal bacino dell'affluente Cigno che si immette nel fiume Pescara a valle della traversa di Alanno (Figura 4.6).

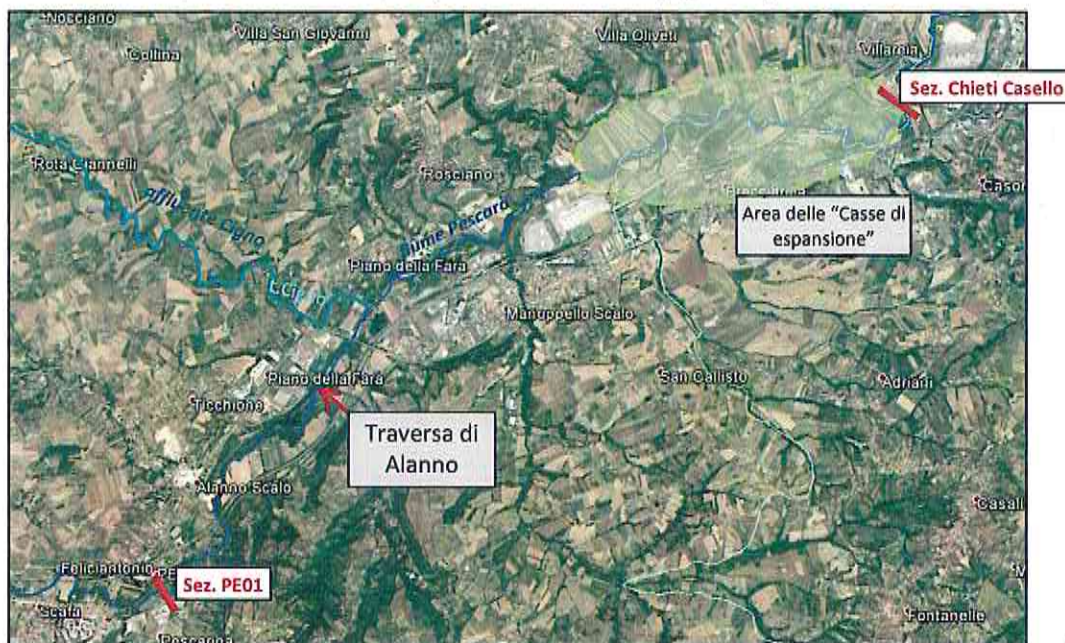


Figura 4.6 – Planimetria con evidenziata l'area di confluenza dell'affluente Cigno nel fiume Pescara con indicazione delle sezioni di chiusura dei bacini PE01 e Chieti Casello.



È quindi stato calcolato l'idrogramma dell'interbacino compreso tra la PE01 e la sezione di Chieti Casello, inserendolo nel modello idraulico nella sezione di immissione del Cigno.

La definizione degli idrogrammi dell'interbacino per i diversi TR considerati è stata fatta applicando un coefficiente di riduzione all'idrogramma del bacino PE01. Tale coefficiente è stato tarato mediante la modellazione idraulica, verificando la coerenza dell'idrogramma ottenuto nella sezione di valle del modello con quello calcolato nell'ambito del Progetto esecutivo delle casse alla sezione di Chieti Casello.

La seguente Tabella 4.VIII riassume i valori di portata al colmo utilizzati nel presente aggiornamento per gli eventi con TR50, TR100 e TR200 anni alle diverse sezioni di interesse.

Tabella 4.VII – Portate al colmo per gli eventi considerati alle diverse sezioni di interesse utilizzate nel presente studio.

| Sezioni di chiusura             | Portate al colmo [m <sup>3</sup> /s ] |            |            |
|---------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|
|                                 | Tr50 anni                             | Tr100 anni | Tr200 anni |
| PE01                            | 633                                   | 754        | 878        |
| Interbacino PE01-Chieti Casello | 176                                   | 213        | 248        |
| Chieti Casello                  | 804                                   | 958        | 1112       |

La Figura 4.7, la Figura 4.8 e la Figura 4.9 riportano gli idrogrammi di piena utilizzati come input nel modello idraulico per valutare le aree allagabili per TR 50, TR 100 e TR 200 anni rispettivamente.

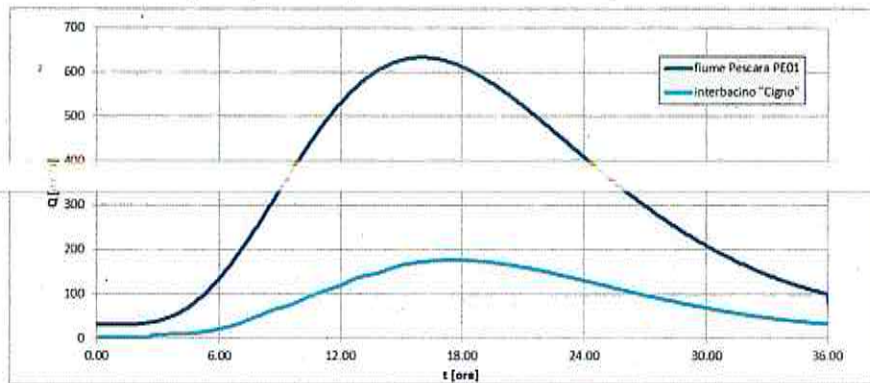


Figura 4.7 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico della zona a monte delle casse per TR 50 anni.

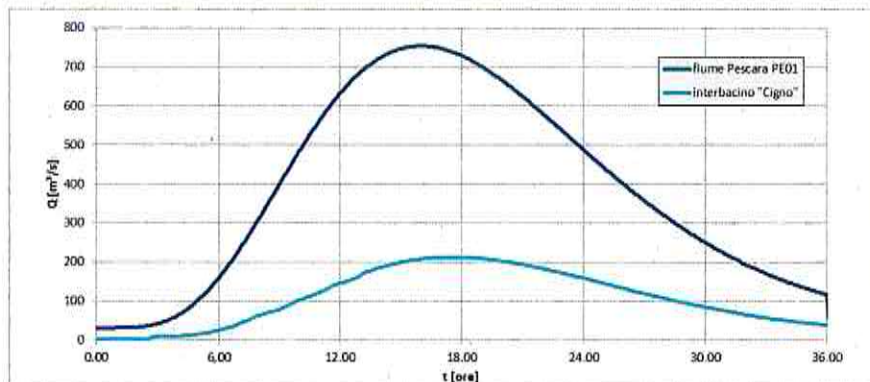


Figura 4.8 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico della zona a monte delle casse per TR 100 anni.

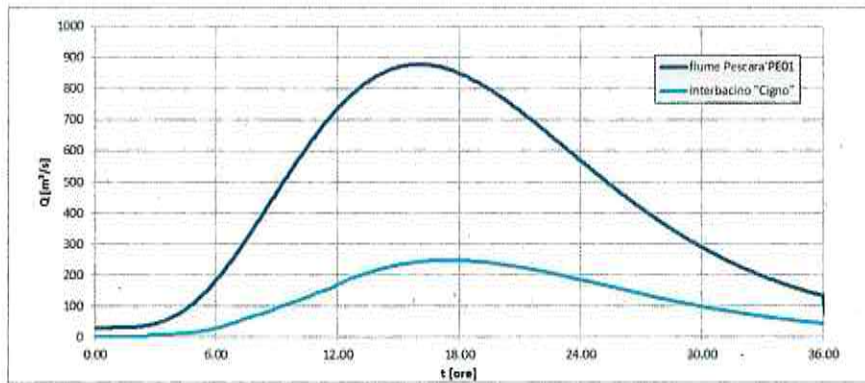


Figura 4.9 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico della zona a monte delle casce per TR 200 anni.

#### 4.3 Idrogrammi di piena che si immettono nel Pescara a valle delle casce

Nel PSDA sono stati definiti gli idrogrammi di massima piena anche per il fiume Nora in relazione ad eventi meteorici critici e specifici per questo bacino. Essendo il tempo di corrivazione del fiume Nora molto diverso da quello del fiume Pescara, i due eventi meteorici risultano poco coerenti tra loro.

Per definire uno scenario realistico con le due onde di piena in arrivo simultaneamente si è deciso di assumere gli idrogrammi del fiume Nora e dell'interbacino compreso tra la sezione di Chieti Casello e la sezione di Santa Teresa aventi andamento simile a quello del fiume Pescara (immaginando infatti l'intero bacino interessato dallo stesso evento di pioggia), ma con portate opportunamente riscalate in rapporto all'estensione del bacino.

L'esatta definizione degli idrogrammi è avvenuta per tentativi simulando la loro propagazione con il modello idraulica 2D e controllando la coerenza con quanto statisticamente osservato alla sezione di chiusura del modello (idrogrammi del PSDA) come descritto nel seguito.

Gli idrogrammi del t. Nora (NO01) e dell'interbacino NO1-PE2 sono stati determinati in modo tale per cui, nello stato attuale per l'evento associato a tempo di ritorno pari a 50 anni, considerando anche l'effetto di propagazione e laminazione nel tratto in esame, alla stazione di Santa Teresa si ottengano gli stessi idrogrammi di piena definiti nel PSDA.

L'effetto di laminazione del picco di piena stimato mediante l'applicazione del modello idraulico bidimensionale nel tratto da Chieti Casello a Santa Teresa è risultato essere di circa il 3%.

Le portate al colmo del t. Nora e dell'interbacino risultano dunque inferiori rispetto a quelle di riferimento specificate nel PSDA, dal momento che tali bacini sono caratterizzati da tempi di corrivazione, e dunque da durate di pioggia critica, minori rispetto al bacino del fiume Pescara chiuso alle casce.

In particolare, per l'evento Tr 50 anni gli idrogrammi degli affluenti risultano essere caratterizzati da:

- durata pari a quella del f. Pescara;
- portate al colmo pari al 60% dei valori riportati nel PSDA.

Tale coefficiente riduttivo (0.6) è stato adottato anche per ricavare gli idrogrammi degli affluenti per eventi associati agli altri tempi di ritorno in esame.

La seguente Tabella 4.VIII riassume i valori di portata al colmo riportati nel PSDA e quelli utilizzati nel presente studio per tempo di ritorno pari a 50 anni alle diverse sezioni di interesse.



Tabella 4.VIII – Portate al colmo per tempo di ritorno pari a 50 anni alle diverse sezioni di interesse riportate nel PSDA e utilizzate nel presente studio.

|                               | PE01 | Chieti Casello | NO01 | PE02-NO01 | PE02 |
|-------------------------------|------|----------------|------|-----------|------|
| Q max PSDA [m³/s]             | 633  | 804            | 291  | 247       | 1094 |
| Q max studio idraulico [m³/s] | 633  | 804            | 175  | 148       | 1099 |

La Figura 4.10, la Figura 4.11 e la Figura 4.12 riportano gli idrogrammi di piena utilizzati come input nel modello idraulico per valutare le aree allagabili tenendo conto degli effetti delle casse d'espansione per TR 50, TR 100 e TR 200 anni rispettivamente.

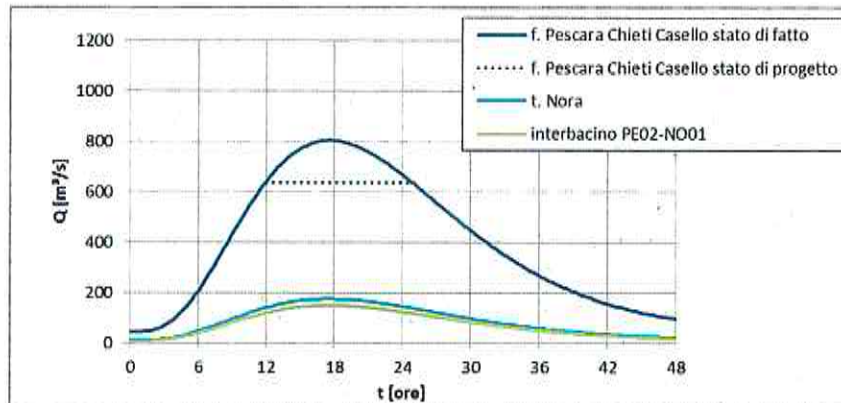


Figura 4.10 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico degli effetti delle opere di laminazione a valle delle casse per TR 50 anni.

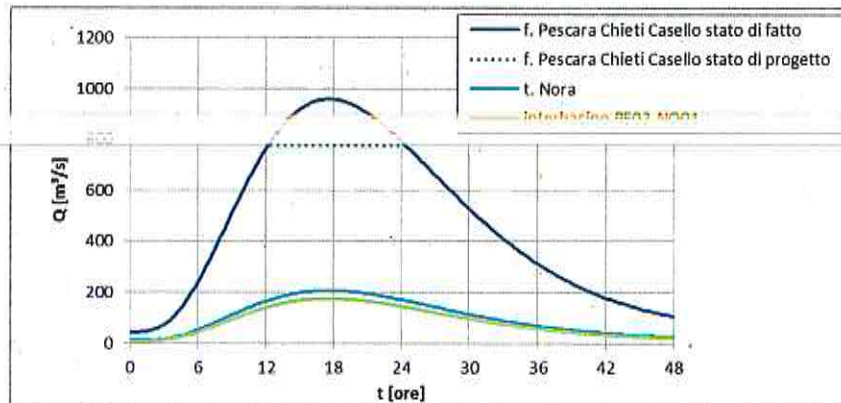


Figura 4.11 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico degli effetti delle opere di laminazione a valle delle casse per TR 100 anni.

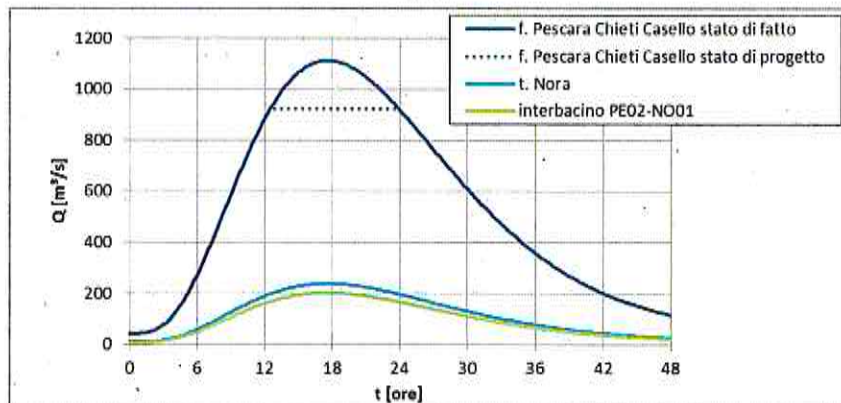


Figura 4.12 - Idrogrammi di piena utilizzati per lo studio idraulico degli effetti delle opere di laminazione a valle delle casse per TR 200 anni.

## 5. Studio idraulico

### 5.1 Descrizione del modello idraulico utilizzato

Per analizzare la modalità di propagazione della piena nel tratto del fiume Pescara oggetto di studio è stato implementato il modello matematico InfoWorks ICM (Figura 5.1) distribuito dall'azienda inglese *Innovyze* (ex HR Wallingford Software): una descrizione del modello è disponibile in Appendice B.

Infoworks ICM è un applicativo software per la verifica e la progettazione di sistemi idraulici complessi costituiti da reti idrauliche e corsi d'acqua di tipo naturale. Il software consente di costruire e risolvere, in regime di moto vario, modelli idraulici di tipo monodimensionale (1D) che consentono di valutare la propagazione dell'onda di piena in alveo, modelli idraulici di tipo puramente bidimensionale (2D) per lo studio della propagazione dell'esonazione in aree su cui è definita una griglia di elementi triangolari sulla base topografica costituita, generalmente, da un modello digitale del terreno (DTM) e modelli idraulici combinati (1D - 2D) con la modellazione ibrida monodimensionale nel canale e bidimensionale nelle aree inondabili.

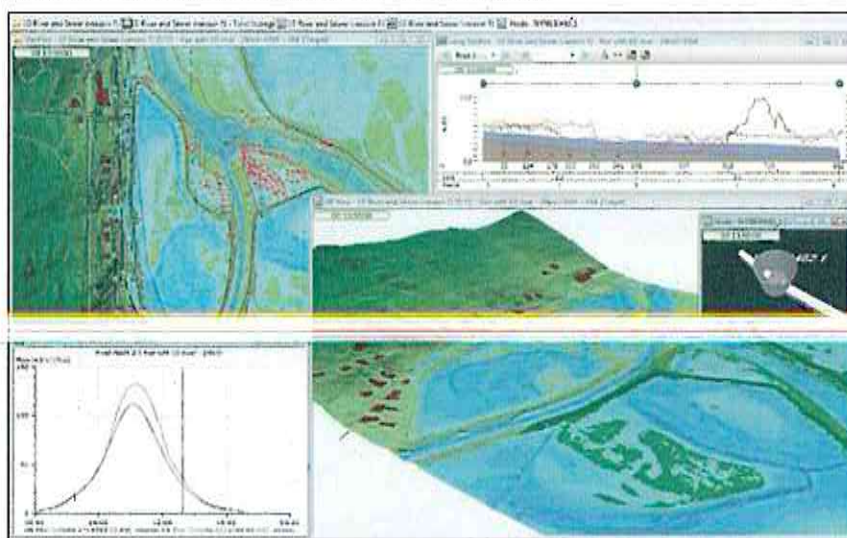


Figura 5.1 - Schermata del software di simulazione idraulica InfoWorks ICM.

Considerate le caratteristiche del fiume Pescara, caratterizzato da un alveo inciso con andamento a tratti meandriforme, e sulla base delle informazioni topografiche disponibili, si è scelto di implementare un modello in configurazione geometrica completamente bidimensionale.

### 5.2 Geometria di calcolo e condizioni al contorno

#### 5.2.1 Dati geometrici

Un modello bidimensionale necessita di dettagliate informazioni plano-altimetriche al fine di rappresentare in maniera corretta il deflusso in alveo che nelle aree golenali, durante i fenomeni di piena.

Per l'implementazione di un dettagliato modello bidimensionale sono stati utilizzati i dati appositamente acquisiti descritti al capitolo 3 Aggiornamento dati geometrici oltre al rilievo LIDAR dell'intera area soggetta ad allagamento.

##### 5.2.1.A LIDAR

La tecnologia LIDAR (Light Detection And Ranging) è una tra le più innovative tecniche per il rilievo topografico introdotte durante gli ultimi. Consiste, in pratica, nell'implementazione di laser scanner su un aeromobile per



rilievi di dettaglio delle elevazioni di punti della superficie la cui posizione rispetto all'origine delle coordinate è calcolata mediante l'uso di GPS. Principale caratteristica di questa tecnologia è la capacità di effettuare rilievi topografici ad elevatissimo grado di dettaglio, con un conseguente incremento di qualità rispetto alle consuete tecniche di rilievo. La risoluzione spaziale delle superfici rilevate offre infatti la possibilità di produrre una nuova generazione di DEM (Digital Elevation Model) con risoluzione inferiore al metro. Inoltre, non solo si è in grado di rilevare il profilo altimetrico della superficie terrestre, ma anche quasi tutte le forme di vegetazione, dai pascoli alle foreste di alto fusto, e costruzioni come strade, ponti, case e agglomerati urbani. La restituzione della superficie in coordinate spaziali a mezzo di tale tecnica è affetta da alcuni errori derivanti dalla precisione degli strumenti (laser scanner, GPS), dall'errata valutazione del moto del velivolo (velocità e altezza) e dalla variabilità delle condizioni meteo.

Per la costruzione del modello digitale del terreno utilizzato per la descrizione plano-altimetrica dell'area di studio sono stati utilizzati i punti quotati provenienti dal rilievo LiDAR, con risoluzione di **1 punto/m<sup>2</sup>** sulle aste fluviali e con risoluzione **2 punti/m<sup>2</sup>** sulla zona costiera, realizzato nell'ambito del *Piano straordinario di Telerilevamento (PST)* del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATM, 2008).

I dati acquisiti da rilievo LiDAR possono essere utilizzati a scopi progettuali o modellistici solo dopo una fase di elaborazione dalla quale l'informazione restituita dallo strumento scanner laser viene depurata, filtrata e ridotta alla sola informazione plano-altimetrica.

Un primo trattamento della nuvola di punti acquisita è consistita nell'individuazione ed eliminazione dei punti definiti come anomali, gli "outliers", quelli cioè che mostrano anomalie di quota non compatibili statisticamente con l'area rilevata. Si tratta di punti che generalmente subiscono un rallentamento nell'attraversare superfici semitrasparenti quali vetri o coperture di plexiglass, oppure uccelli in volo, nubi o polveri sospese al di sotto dell'aeromobile. La nuvola di punti così ottenuta rappresenta un primo modello delle superfici che contiene tutti gli elementi superficiali naturali ed artificiali presenti sul territorio (vegetazione, edifici, manufatti, eccetera).

A partire dalla nuvola dei punti così ricavata sono state applicate opportune procedure di classificazione ed analisi del dato per distinguere i punti in "ground" (terreno) e "over ground" (vegetazione, edifici ecc.). In particolare, alla nuvola dei punti, sono stati applicati opportuni filtri per eliminare gli elementi estranei al terreno e per ottenere come dato finale il terreno nudo. I filtri sono degli algoritmi che operano nel database con finestre scorrevoli: essi cercano i punti con quota più bassa ipotizzando che appartengano al terreno e quindi eliminano tutti i punti più vicini che hanno una sensibile differenza di quota rispetto a questi. La repentina variazione di quota viene attribuita ad elementi estranei al terreno per cui i punti vengono eliminati. La parametrizzazione dei filtri di classificazione è stata adattata al caso specifico tenendo conto soprattutto dei gradienti topografici dell'area e della copertura vegetale presente nella zona di studio del presente progetto. Sia la dimensione della finestra scorrevole che il valore della differenza minima di quota in base alla quale operare applicando questi filtri sono stati specificatamente impostati, e sono stati fatti variare in base alle caratteristiche morfologiche, orografiche e di antropizzazione del territorio in esame (prevalenza di vegetazione, di aree urbanizzate, di aree pianeggianti, di aree montane, ecc.). Infine un controllo diretto da parte dell'operatore ha permesso di eliminare e correggere eventuali elementi non classificati o erroneamente classificati in maniera automatica dai filtri.

L'elevata risoluzione dell'informazione ricavata da questo tipo di rilievo consente non solo di ricavare la quota del terreno ma anche di ottenere una vera e propria fotografia dell'attuale configurazione del territorio dalla quale si possono riconoscere le forme e gli elementi presenti. In Figura 5.2 e in Figura 5.3 è riportato il confronto tra la rappresentazione del territorio fornita da un'immagine fotografica ortogonalizzata con la rappresentazione ottenuta da un rilievo LiDAR ottenuto dai soli punti "ground" (terreno). Viene considerata l'area limitrofa



all'attraversamento da parte dell'A25 del fiume Pescara nella zona del casello autostradale di Chieti. La seconda immagine è stata ottenuta a partire dal Modello Digitale del Terreno (DTM) al quale è stata sovrapposta la carta delle esposizioni (*Hillshade*). Da questa sono riconoscibili il rilevato autostradale, il corso d'acqua, la linea ferroviaria diretta verso l'interporto di Manoppello Scalo, il canale di scolo delle acque meteoriche che costeggia il rilevato autostradale. Sono anche visibili gli attraversamento viari e idraulici del rilevato ferroviario.



Figura 5.2 - Immagine fotografica ortogonizzata della zona dell'attraversamento autostradale



Figura 5.3 – Rilievo LiDAR (DTM + hillshade) della zona dell'attraversamento autostradale

#### 5.2.1.B Procedimento per la creazione di un DTM da usare per la magliatura del modello idraulico

Il procedimento per l'unione delle informazioni altimetriche è consistito nell'individuazione e delimitazione dell'alveo inciso a partire dalle sezioni topografiche. È stato eseguito un buffer del poligono dell'alveo inciso, all'interno del quale sono state eliminate tutte le quote fornite da LiDAR. Questo processo ha fondamentalmente due ragioni: all'interno del poligono dell'alveo inciso le quote da LiDAR non sono attendibili in quanto il laser restituisce il valore della superficie d'acqua e non del fondo dell'alveo, i punti del LiDAR sono quindi stati sostituiti



dalle quote ricavate da un'opportuna interpolazione delle sezioni del rilievo topografico; nell'area compresa tra il poligono dell'alveo inciso ed il suo buffer i punti forniti da LiDAR sono stati eliminati per evitare di creare errate interpolazioni create dall'unione di due fonti di dati altimetrici differenti. Tale procedimento assicura quindi una certa continuità nella costruzione del modello digitale del terreno, senza introdurre sensibili errori nella rappresentazione bidimensionale. Il risultato è un modello digitale del terreno che permette una dettagliata rappresentazione dello stato di fatto.

È stato quindi ottenuto un TIN dettagliato del tratto di fiume Pescara oggetto di studio, compreso tra la diga di Alanno, fino alla foce nel mar Adriatico, per un'estensione totale di circa 45.5 km. Per ragione di maneggevolezza dei dati e a seguito della suddivisione del modello in più tratti, anche il modello digitale del terreno è suddiviso in quattro zone (paragrafo 5.2.2).

#### 5.2.1.C Inserimento di elementi puntuali e locali

Nel dominio di calcolo sono stati definiti, mediante opportuni oggetti a disposizione nel modello (breaklines, strutture lineari bidimensionali, ecc.), i seguenti elementi che influiscono sulla dinamica di propagazione della piena:

- elementi di tipo culvert per la definizione di sottopassi, tombotti ecc.;
- elementi di tipo BLS per la definizione dei ponti e dei viadotti;
- poligoni per definire gli edifici;
- linee quotate per la definizione delle arginature e dei muri;
- linee quotate per la definizione di reti infrastrutturali principali (strade, ferrovie, ecc.).

In particolare, le informazioni delle strutture inserite nel modello sono state ottenute nell'ambito dell'attività di raccolta ed aggiornamento dei dati relativi alle opere idrauliche (Capitolo 3).

### 5.2.2 Schematizzazione nel modello

La modellazione idraulica è estesa a tutto il tratto di fiume Pescara, oggetto di studio, il quale ha una lunghezza di 45.5 km circa. Il tratto è stato suddiviso nelle seguenti quattro zone (Figura 5.4), ciascuna avente peculiarità proprie:

- Zona di monte: si estende dalla diga di Alanno fino a monte dell'area delle casce;
- Zona delle casce di espansione: si estende da 8 km a monte della sezione in corrispondenza del casello di Chieti sull'autostrada A25 presso Villareia fino alla sezione stessa;
- Zona centrale: si estende dal casello autostradale di Chieti fino al tratto cittadino: è caratterizzata dalla presenza di ampie golene vegetate che contengono le piene fluviali;
- Zona di valle: comprende il complesso ambito cittadino, dalla S.S. n. 16 Adriatica fino alla foce.

Si osserva che i quattro modelli, essendo collegati uno all'altro per la lettura complessiva dei risultati e, più in particolare, dovendo i modelli di monte fornire le condizioni a contorno dei modelli di valle, sono stati costruiti in modo che le aree di monte e di valle siano parzialmente sovrapposte.

Come detto l'obiettivo dell'analisi idraulica è quello di valutare l'estensione delle aree soggette ad allagamento nel territorio per gli eventi di progetto considerati, in ragione dell'aggiornamento dei dati topografici e delle strutture presenti nell'ambito fluviale nonché dell'aumento di dettaglio determinato sia dalle nuove tecniche di acquisizione dei dati topografici sia dall'evoluzione dei software di modellazione idraulica.

Le mesh di calcolo dei modelli idraulici hanno le seguenti estensioni:



- 1 008 ha – zona di monte (Figura 5.5);
- 685 ha – zona delle casce di espansione (Figura 5.6);
- 1 670 ha – zona centrale (Figura 5.7);
- 1 080 ha – zona di valle (Figura 5.8).

Inoltre è stato utilizzato uno strumento (*sensitivity mesh*) che permette di adattare la dimensione degli elementi di calcolo in funzione della variazione altimetrica locale. Pertanto in aree dove la variazione altimetrica risulta contenuta entro i limiti stabiliti dall'operatore, i triangoli della griglia assumono ampie dimensioni, velocizzando i tempi di calcolo, mentre nelle aree con variazione di quota maggiori, vengono creati elementi di calcolo di dimensioni inferiori per fornire una descrizione maggiormente dettagliata e precisa dell'area. Le dimensioni minime imposte agli elementi triangolari variano da 4 a 9 m<sup>2</sup>, in funzione della zona.

Tale metodologia ha permesso di limitare i tempi di calcolo garantendo una notevole precisione di calcolo nelle aree di interesse. Un esempio di magliatura con elementi strutturali di dettaglio, implementati nella mesh di calcolo, è riportato in Figura 5.9.

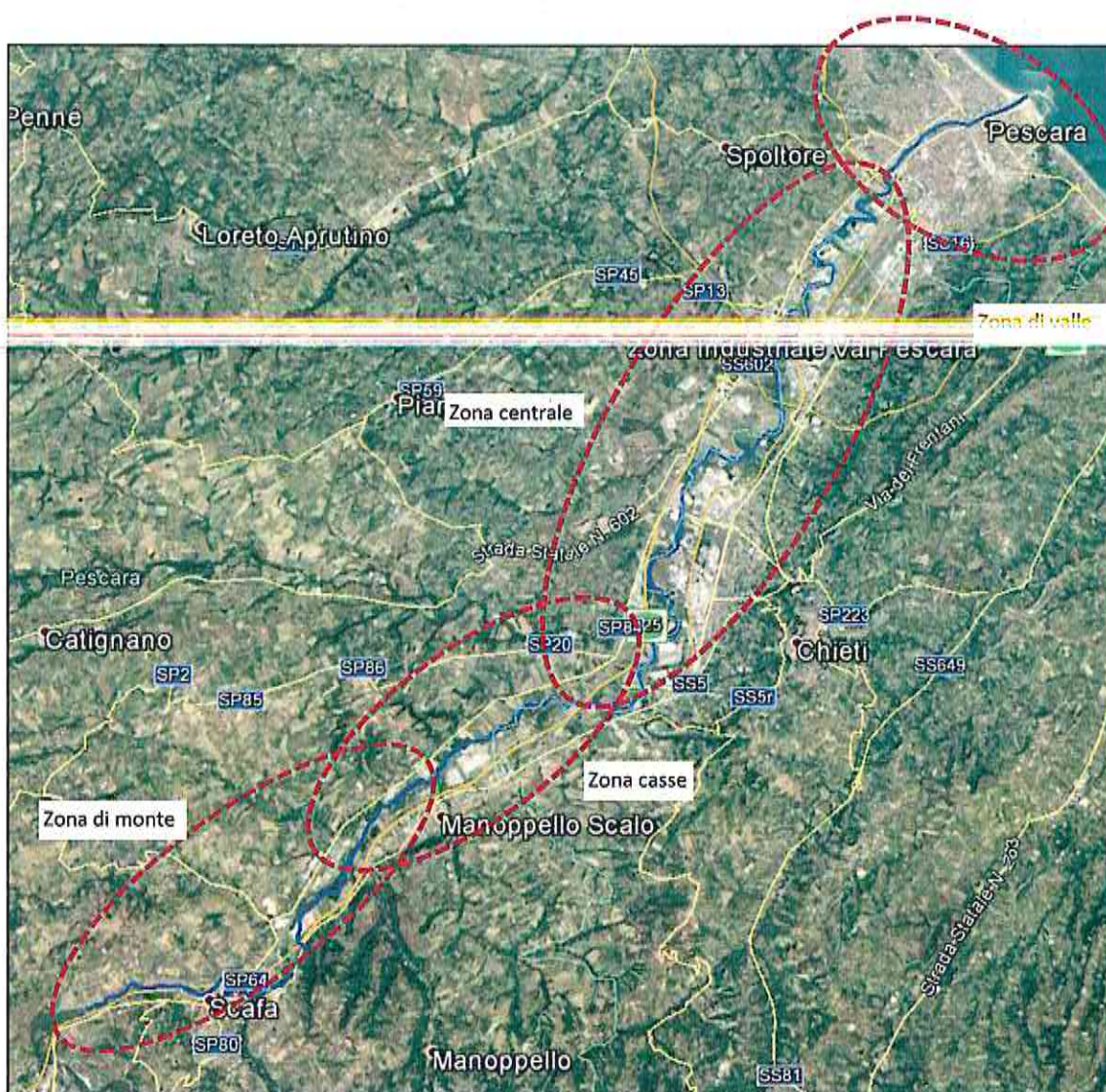


Figura 5.4 – Estensione dei quattro modelli idraulici implementati.



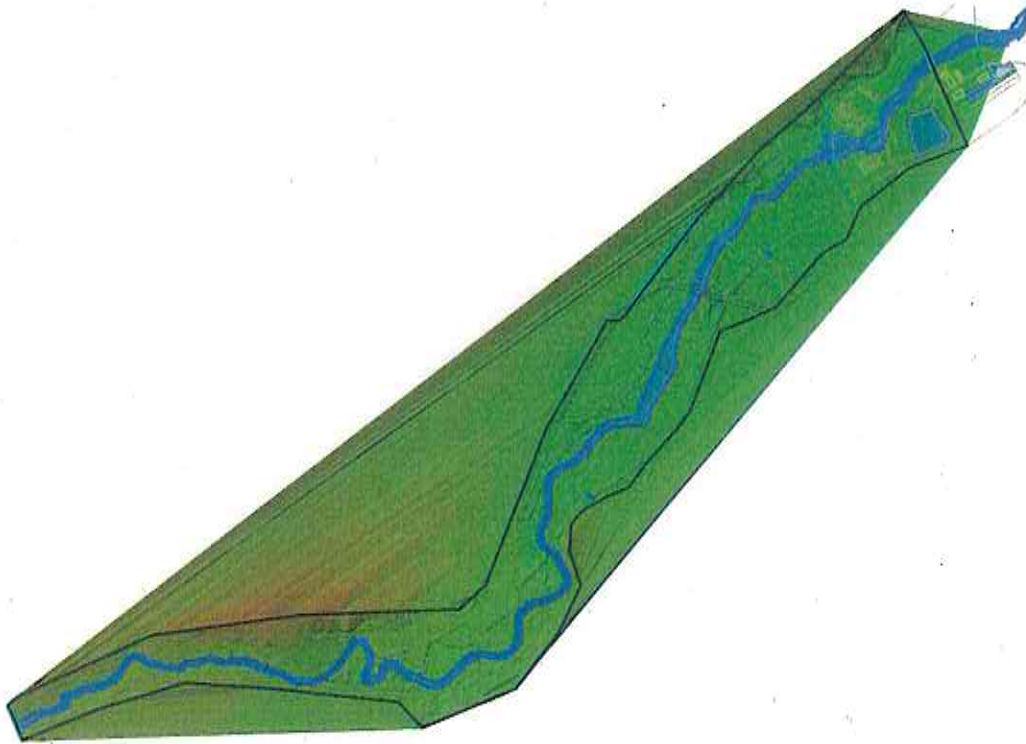


Figura 5.5 – Rappresentazione planimetrica dell'estensione del dominio di calcolo nella zona di monte.

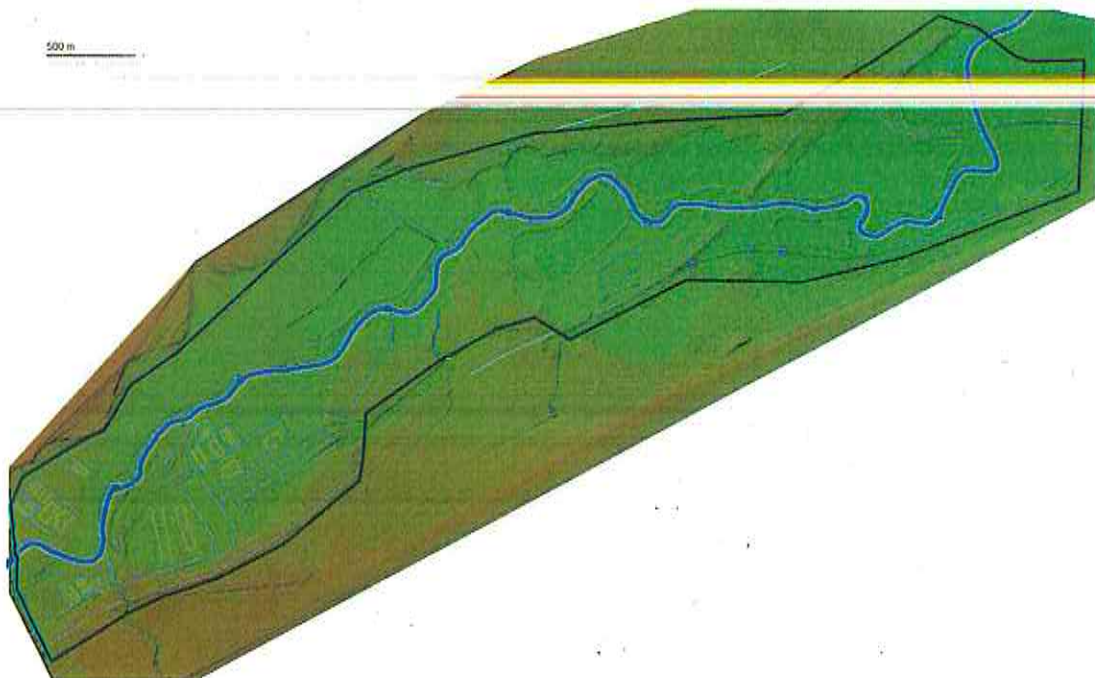


Figura 5.6 - Rappresentazione planimetrica dell'estensione del dominio di calcolo nella zona delle casce di espansione.

Giunta Regionale  
Abruzzo

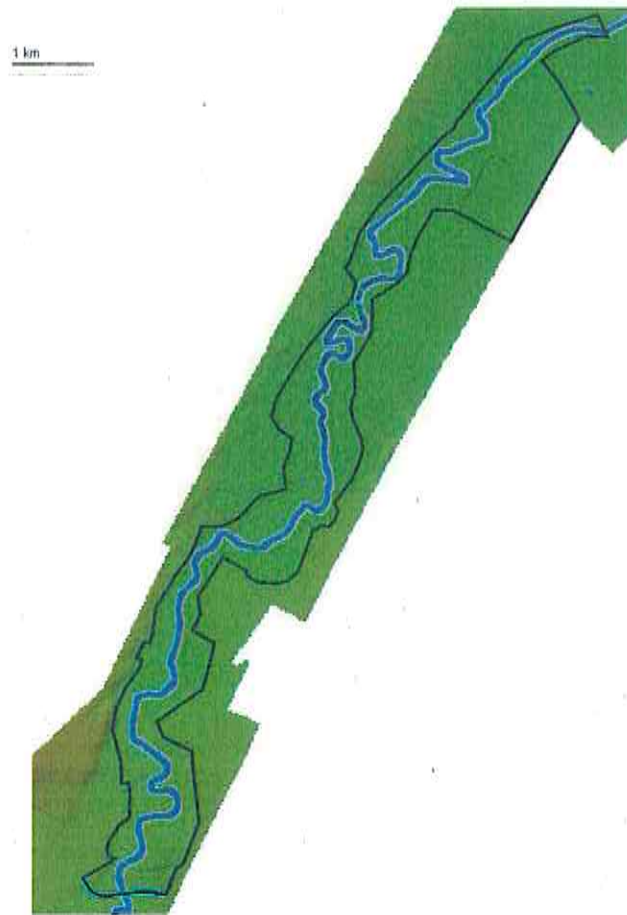


Figura 5.7 – Rappresentazione planimetrica dell'estensione del dominio di calcolo nella zona centrale.



Figura 5.8 – Rappresentazione planimetrica dell'estensione del dominio di calcolo nella zona di valle.



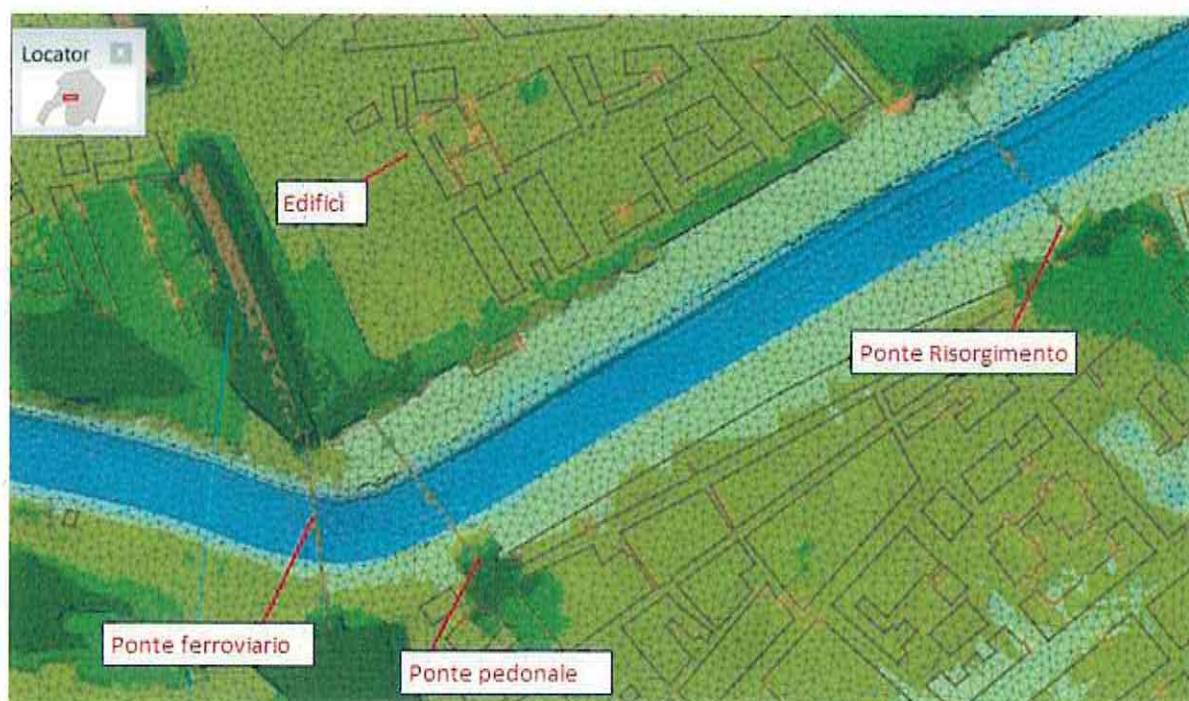


Figura 5.9 – Particolare con evidenza della mesh di calcolo con “sensitivity mesh” ed elementi strutturali di dettaglio, tratto dal modello della zona di valle.

### 5.2.3 Scabrezze

Il modello InfoWorks ICM consente di assegnare i parametri che rappresentano la scabrezza dell'alveo in modo distribuito e variabile, attribuendo un valore di scabrezza differente in funzione della differente costituzione del terreno oppure della presenza o meno della vegetazione.

È quindi stata utilizzata tale potenzialità al fine di descrivere la scabrezza idraulica dell'area di studio in maniera più precisa e coerente con la realtà presente. Sono stati definiti pertanto i seguenti valori di scabrezza, scelti sulla base di valutazioni relative alle condizioni delle diverse aree, sulla base dell'uso del suolo ricavato dalle ortofoto nonché considerando la granulometria dei sedimenti dell'alveo, facendo riferimento agli intervalli di valori generalmente proposti in letteratura. Tali coefficienti sono stati validati mediante la taratura del modello, secondo quanto esposto al paragrafo 5.3, e sono indicativamente i seguenti:

- Zona di monte, zona delle casce e zona centrale:
  - 0.028-0.030  $s/m^{1/3}$  per l'alveo inciso;
  - 0.06  $s/m^{1/3}$  per la zona fortemente vegetata lungo le sponde del fiume;
  - 0.05  $s/m^{1/3}$  per le aree golenali;
- Zona di valle:
  - 0.022-0.025  $s/m^{1/3}$  per l'alveo inciso;
  - 0.015  $s/m^{1/3}$  per le strade adiacenti all'alveo;
  - 0.04  $s/m^{1/3}$  per le aree esterne non vegetate;
  - 0.06  $s/m^{1/3}$  per le aree esterne vegetate.

### 5.2.4 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello sono rappresentate dalle portate in ingresso in corrispondenza della sezione di monte e dei punti di immissione di eventuali contributi (ad es. torrente Nora nel caso del modello della



zona centrale) e dalla condizione di valle.

Gli idrogrammi utilizzati nelle simulazioni come condizione al contorno di monte sono quelli ottenuti secondo quanto descritto al paragrafo 2.1, associati a tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

La condizione di valle per i modelli delle casse e della zona centrale è stata definita mediante impostazione di una condizione in cui l'acqua fuoriesce dal dominio 2D del modello senza perdita di carico in quanto la velocità e il tirante idraulico sono tenuti costanti lungo il contorno (definita "normal condition"); per evitare che i risultati risentano della condizione imposta ci si è comunque cautelati estendendo sufficientemente a valle il dominio di calcolo (fino a Villareia per il modello delle casse e fino al ponte ferroviario di Pescara per il modello della zona centrale).

Al contrario, nel caso del modello di monte, la condizione di valle è stata ricavata sulla base di risultati del modello idraulico della zona delle casse di espansione. In particolare, la condizione di valle per il modello è stata definita mediante l'imposizione del livello idrometrico ottenuto dalle simulazioni idrauliche effettuate nel modello delle casse per i tempi di ritorno di progetto nella sezione alla progressiva 31+400, sezione di chiusura del modello idraulico della zona di monte. La differenza di impostazione metodologica è determinata dal fatto che nel caso del modello di monte non vi era la possibilità di estendere sufficientemente a valle la simulazione, in modo da garantire l'indipendenza del comportamento idraulico nell'area in esame rispetto alle condizioni di valle, a causa della presenza dei manufatti di regolazione idraulica.

La condizione di valle del modello nella zona di valle è definita dal livello del mare, imposto costante nel tempo e pari a 0.5 m s.m.m., analogamente a quanto fatto dall'Autorità di Bacino nelle recenti verifiche idrauliche finalizzate alla perimetrazione della pericolosità idraulica, anche alla luce dell'analisi dei livelli idrici della boa di Ortona registrati dal 2010 al 2016 (Figura 5.10).

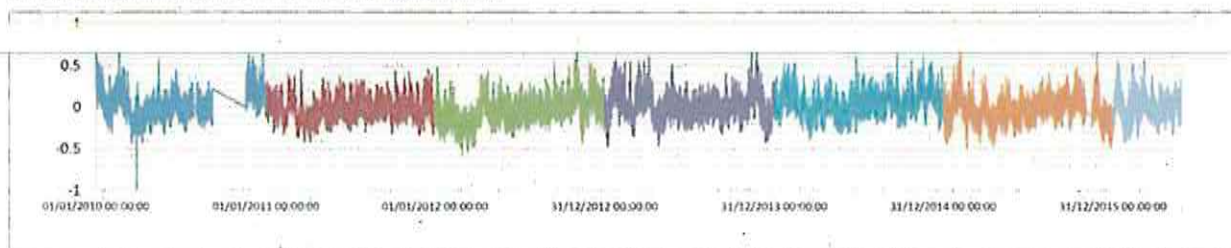


Figura 5.10 – Livello del mare registrato alla boa di Ortona dal 2010 al 25.05.2016.

### 5.3 Taratura del modello.

Al fine di verificare i valori dei parametri idraulici assunti, la modellazione idraulica richiede una fase di validazione che consiste nel confronto tra i dati registrati durante un evento reale e i risultati ottenuti dal modello idraulico nella simulazione dell'evento reale stesso. L'evento del dicembre 2013 è stato utilizzato, data la disponibilità di dati, testimonianze dirette, video ecc., nell'ambito della taratura del modello idraulico del f. Pescara.

#### 5.3.1 Dinamica dell'evento di piena del 2013

L'evento di piena del 2-3 dicembre 2013 è stato, dopo il 1992, l'evento storico più importante accaduto negli ultimi decenni ovvero nel periodo in cui è attiva una rete di monitoraggio moderna. Presso Pescara, la portata in transito ha di poco superato la capacità della sezione d'alveo nel tratto cittadino (Lungofiume dei Poeti) che viene stimata in  $520\div 620 \text{ m}^3/\text{s}$ , senza determinare allagamenti significativi per effetto dell'esondazione (Figura 5.11).



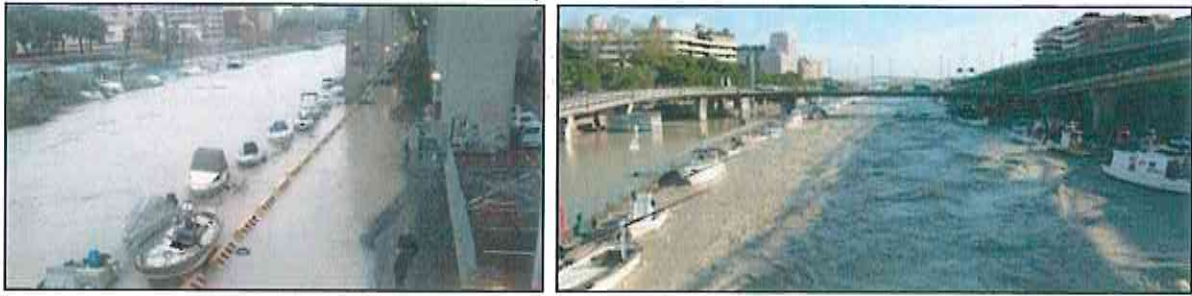


Figura 5.11 – Immagini della piena del dicembre 2013 presso Pescara.

L'idrogramma di piena dell'evento di dicembre 2013 per la stazione di Villareia (Figura 5.12) è stato ottenuto sulla base di:

- dati forniti dall'Autorità di Bacino relativi ai livelli registrati presso la stazione di misura di Villareia, dove non è presente una scala delle portate ufficiale;
- verifiche mediante applicazione di modello idraulico bidimensionale dei livelli simulati con quelli osservati a valle del casello autostradale di Chieti, presso il centro commerciale Megalò;
- applicazione di un modello bidimensionale per ricostruire la relazione livelli portate in corrispondenza dell'idrometro.

L'idrogramma di piena a Santa Teresa è stato ricostruito (Figura 5.12 e Figura 5.13) sulla base di:

- dati forniti dall'Autorità di Bacino relativi ai livelli registrati alla stazione di misura di Santa Teresa;
- applicazione di un modello bidimensionale per trasformare i livelli registrati in portate, poiché la scala delle portate ufficiale di Santa Teresa non risulta aggiornata a seguito della costruzione della centrale idroelettrica e dello spostamento dell'idrometro alcune centinaia di metri a monte rispetto alla posizione storica;
- verifiche dello zero idrometrico, mediante il confronto tra il livello misurato nel corso dei rilievi topografici ed i livelli registrati dal Centro Idrografico regionale.

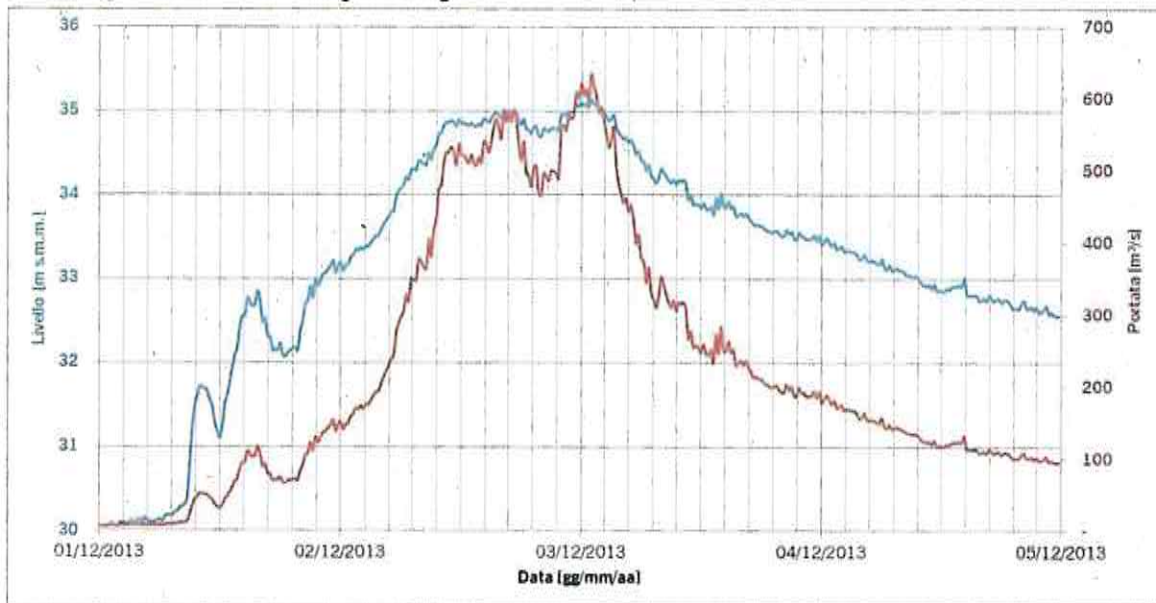


Figura 5.12 – Livello idrometrico e idrogramma di piena per l'evento di dicembre 2013 presso Villareia.

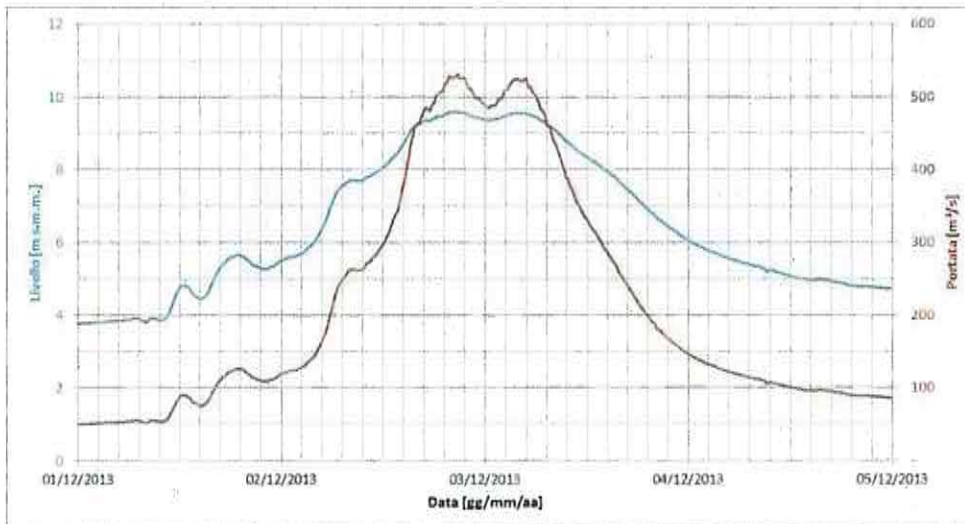


Figura 5.13 – Livello idrometrico e idrogramma di piena per l'evento di dicembre 2013 presso Santa Teresa.

### 5.3.2 Ricostruzione dell'evento del 2013

L'evento del Dicembre 2013 è stato simulato dalla zona delle casse di espansione fino alla foce, per validare i parametri idraulici di calcolo assunti.

Si riportano di seguito i confronti tra il dato reale osservato ed il dato simulato in diverse zone.

Per quanto riguarda il tratto di monte, le aree di cui si dispongono informazioni si trovano in corrispondenza del complesso di edifici a monte dell'interporto di Manoppello Scalo e della zona delle casse di espansione, delle aree a valle dell'attraversamento dell'autostrada A25 e dell'area del centro commerciale Megalò presso Chieti Casello.

In Figura 5.14 si riporta una planimetria dell'area interessata dagli allagamenti a monte della zona delle casse con indicazione dei cono ottici delle fotografie che testimoniano la criticità verificatasi nell'evento 2013: a) visione dall'alto i capannoni b) visione dalla strada S.P. 84 verso il complesso di edifici c) e d) ingresso di un edificio del complesso.







Figura 5.14 – Area interessata dagli allagamenti dell'evento 2013 con ubicazione dei coni ottici delle foto e immagini dell'evento 2013 nell'area a monte delle casse.

Nonostante i dovuti limiti legati alla mancanza di un rilievo ad hoc dell'area urbanizzata, gli allagamenti simulati con il modello idraulico, rappresentati in Figura 5.15, rispecchiano la situazione verificatasi durante il 2013.



Figura 5.15 – Simulazione idraulica dell'evento 2013 nell'area del complesso di edifici a monte dell'interporto.



Nell'area in destra idraulica a valle dell'autostrada A25 sono stati evidenziati allagamenti estesi fino ai piedi delle serre esistenti (Figura 5.16) con formazione di vortici immediatamente a valle delle stesse e rigurgito del canale posto ai piedi del rilevato autostradale. In sinistra idraulica invece si è verificata un'esonazione estesa favorita da una rotta della sponda sinistra, come evidenziano le immagini ottenute da satellite (Figura 5.17) che confrontano la situazione prima (25/09/2013) e dopo il 2013 (22/09/2015).



Figura 5.16 – Area a valle dell'A25- destra idraulica.



Figura 5.17 – Confronto tra ortofoto dell'area a valle dell'A25- sinistra idraulica.

La Figura 5.18 riporta i risultati della simulazione idraulica che confermano l'estensione degli allagamenti. Le frecce in rosso rappresentano l'andamento della velocità nell'istante considerato: la loro direzione evidenzia come il flusso del fiume, in destra idraulica, tenda a compiere moti circolari o semicircolari nell'area in esame. In sinistra idraulica invece il modello idraulico indica estesi allagamenti nell'area ed è evidente il percorso preferenziale dell'acqua attraverso l'area della "rotta" spondale verificatasi.

Per quanto riguarda la zona dove sorge il centro commerciale Megalò, immediatamente a valle dell'attraversamento dove è installato l'idrometro di Villareia, l'evento del 2013 è stato monitorato dalla sommità dell'argine di contenimento limitrofo all'area commerciale sia da parte della popolazione locale che da parte degli Organi Competenti. Il livello idrometrico alla sezione evidenziata in rosso in Figura 5.19 è risultato essere, nella fase di colmo, inferiore di circa 1.50 m rispetto alla sommità arginale, avente una quota di 34.6 m s.m.m., secondo le testimonianze dei presenti: il livello idrometrico massimo raggiunto durante l'evento in tale punto dovrebbe essere dunque di circa 33.10÷33.20 m s.m.m. L'andamento dei livelli simulati sono riportati in Figura 5.20: il livello massimo simulato è superiore rispetto a quello atteso, di circa 20÷30 cm. Tale differenza è accettabile considerando l'origine dell'informazione del dato osservato soggetto ad un grado di errore.



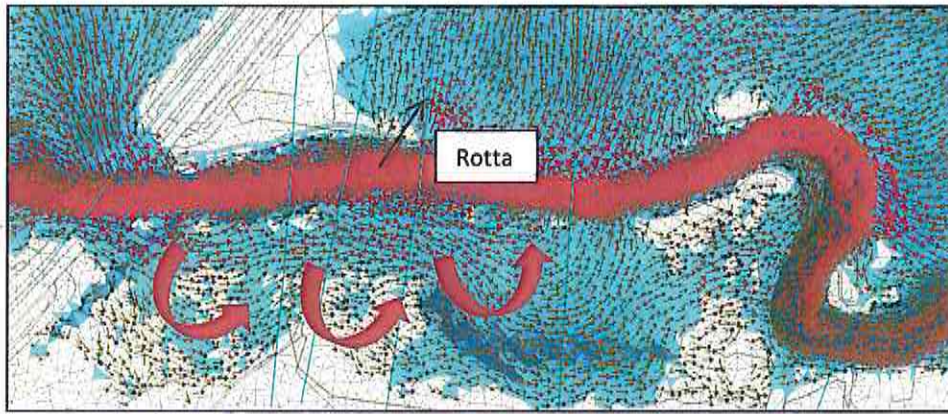


Figura 5.18 – Simulazione idraulica dell'evento 2013 nell'area a valle dell'A25.

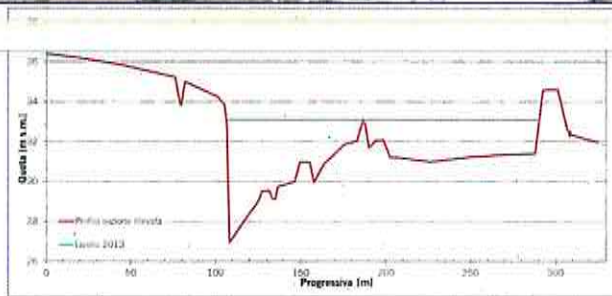


Figura 5.19 – Sezione, nei pressi del centro commerciale Megalò, presso la quale si hanno informazioni idrometriche sull'evento 2013.

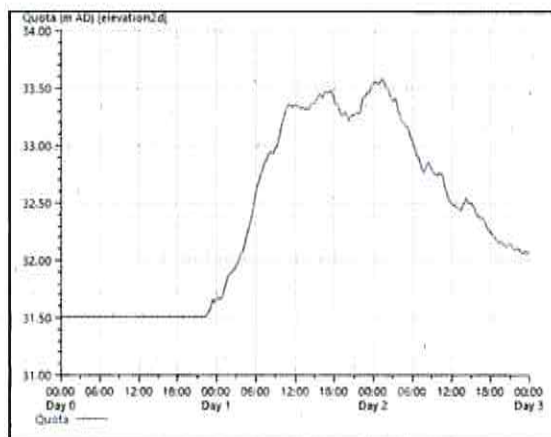


Figura 5.20 – Livello idrometrico presso il centro commerciale Megalò – evento 2013.

Giunte Reatorni  
Adruzzo

La centrale idroelettrica di Villanova è stata circondata dalle acque durante il passaggio della piena (Figura 5.21).



Figura 5.21 – Area nei pressi della centrale idroelettrica di Villanova interessata dagli allagamenti dell'evento 2013.

I risultati ottenuti dal modello indicano che l'evento 2013 è stato simulato in maniera aderente alla realtà sia in termini di aree allagate che in termini di livelli idrometrici raggiunti: la centrale idroelettrica di Villanova viene circondata dalle acque nella simulazione idraulica dell'evento 2013, analogamente a quanto realmente accaduto (Figura 5.22).

In corrispondenza della stazione di Santa Teresa, a monte del ponte di via Aterno gli allagamenti si sono verificati in destra idrografica fino a lambire i rilevati di accesso al ponte mentre in sinistra idrografica è stata allagata la golenale; a valle del ponte di via Aterno, gli allagamenti hanno interessato l'area golenale in sinistra idrografica e gli edifici in essa costruiti (Figura 5.23). Le aree allagate simulate sono anche in questo caso simili con il dato osservato (Figura 5.24).

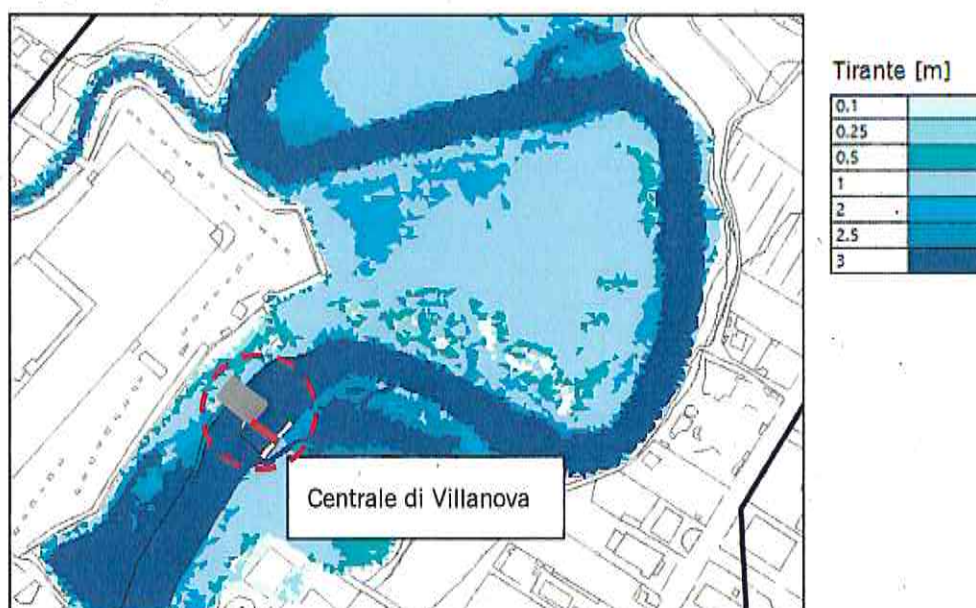


Figura 5.22 – Aree allagate presso la centrale idroelettrica di Villanova – simulazione idraulica dell'evento del 2013.





Figura 5.23 – Allagamenti a monte e a valle del ponte di via Aterno – evento 2013.

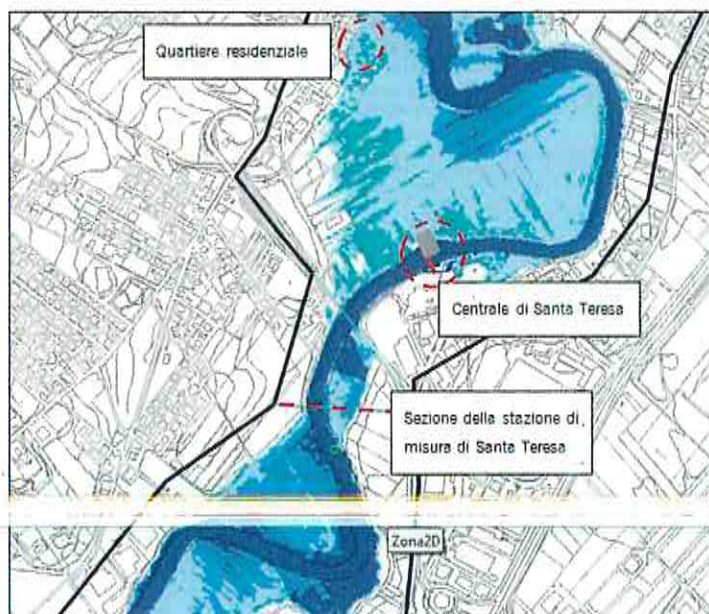


Figura 5.24 – Aree allagate presso la centrale idroelettrica di Santa Teresa – evento 2013.

Con particolare riferimento al quartiere residenziale collocato in area golenale in sinistra idrografica a valle della centrale idroelettrica di Santa Teresa di Spoltore, la Figura 5.25 riporta il segno lasciato dal passaggio della piena dell'evento 2013 sulla parete esterna di uno degli edifici, da cui si desume un'altezza d'acqua di poco superiore al metro. La Figura 5.26 riporta i risultati del modello nella stessa zona, con indicazione delle altezze d'acqua raggiunte nel punto indicato dalla freccia: le altezze simulate raggiungono un massimo di circa 1.2 m e si mantengono ad un livello superiore al metro per 11 ore.

In corrispondenza della stazione di Santa Teresa, oltre al confronto dei risultati relativi alle aree allagate dalla piena con la documentazione fotografica a disposizione, è possibile confrontare l'andamento del livello idrometrico misurato con quello simulato dal modello (Figura 5.27): il confronto conferma la buona corrispondenza tra i livelli. Dalla Figura 5.27 si osserva che il dato misurato presenta, prima del picco, livelli maggiori, che potrebbero esser dovuti agli apporti del t. Nora, caratterizzato da un bacino con tempo di corrivazione inferiore rispetto al f. Pescara, che nel modello non è stato simulato per mancanza di dati.



Figura 5.25 – Quartiere residenziale a Santa Teresa. Con la linea rossa si indica il livello raggiunto dall'acqua durante la piena del 2013.

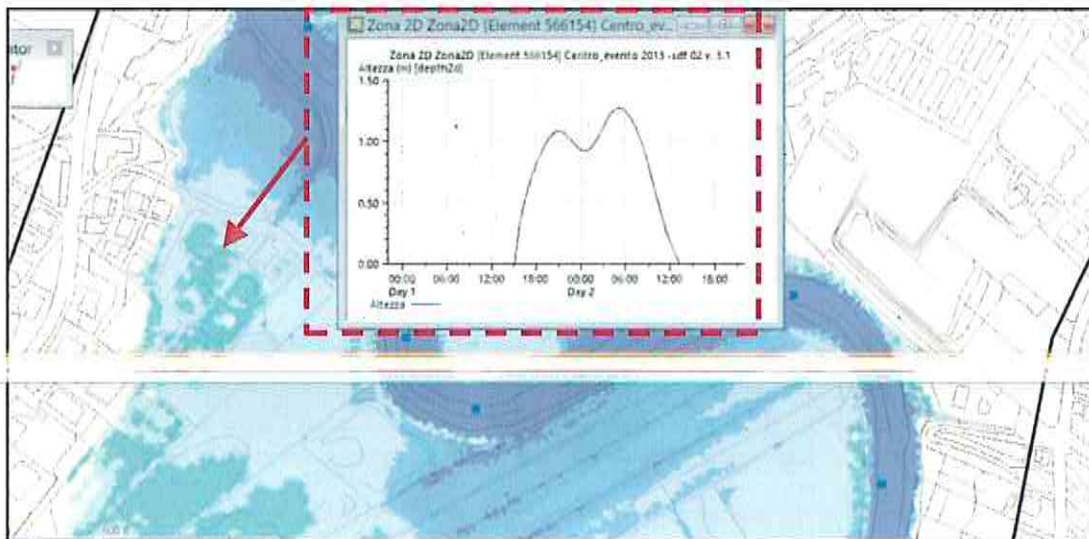


Figura 5.26 – Livello misurato nel modello 2D presso il quartiere residenziale in località Santa Teresa.

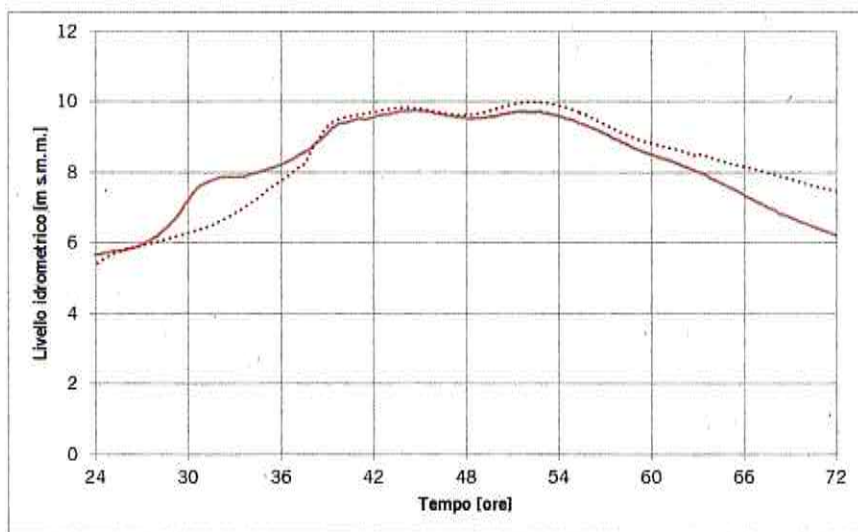


Figura 5.27 – Livello idrometrico registrato (linea continua) e simulato (linea tratteggiata) presso la stazione di Santa Teresa – evento 2013.



Nel tratto cittadino, la piena è rimasta contenuta all'interno dell'alveo e delle golene, interessando via Lungofiume dei Poeti, ma senza arrecare danni estesi per esondazione. Nel modello idraulico, la propagazione dell'idrogramma di piena, che presenta un picco di circa  $565 \text{ m}^3/\text{s}$ , ha evidenziato allagamenti localizzati nel tratto terminale del fiume poco più estesi di quelli osservati (Figura 5.28).

Le differenze riscontrate possono essere causate dal fatto che il modello idraulico utilizzato non considera fenomeni di trasporto solido con alterazione del fondo. Nell'ambito degli studi specialistici condotti dalla Scrivente per il Comune di Pescara ("Approfondimenti e implementazioni degli studi idraulici e di morfodinamica fluviale e costiera a corredo del P.R.P. di Pescara"), è stata effettuata anche una valutazione delle modifiche batimetriche che potenzialmente si verificano durante gli eventi di piena mediante un modello bidimensionale a fondo mobile. Tale valutazione ha evidenziato che, per portate superiori a  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ , si verifica un fenomeno di erosione del fondo dell'alveo che aumenta la capacità di deflusso diminuendo quindi i fenomeni di allagamento in termini di estensione delle aree allagate, con livelli a fiume inferiori di circa  $10\div 20 \text{ cm}$ .

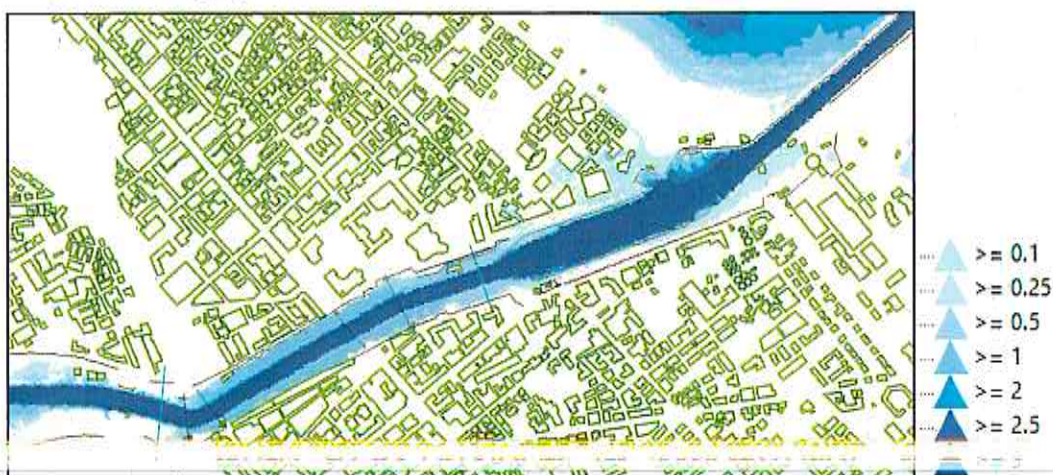


Figura 5.28 – Evento 2013: massime altezze d'acqua simulate nel tratto finale.

Alla luce dei risultati ottenuti, il modello bidimensionale di dettaglio a fondo fisso InfoWorks ICM è stato considerato adeguato per indagare le dinamiche di funzionamento delle opere e di propagazione della piena nelle simulazioni effettuate.

#### 5.4 Risultati ottenuti

Le simulazioni idrauliche hanno fornito informazioni relative al comportamento idraulico nelle aree di indagine, per gli eventi con tempo di ritorno considerato (50, 100 e 200 anni) ed in particolare, forniscono per ogni elemento appartenente alla mesh di calcolo i valori delle seguenti grandezze idrauliche:

- tirante idraulico (m);
- livello idrometrico (m s.m.m.);
- numero di Froude (-);
- velocità (m/s);
- direzione del deflusso (rad);
- unità di portata ( $\text{m}^2/\text{s}$ ).

Per ognuno dei tempi di ritorno indagati sono state condotte simulazioni idrauliche nell'ipotesi di assenza delle "Casse di espansione sul fiume Pescara" a seguito delle quali sono state prodotte le carte di pericolosità idraulica corrispondenti, secondo la classificazione definita al paragrafo 2.3.





## 6. Mappe di pericolosità idraulica

Le mappe di pericolosità idraulica sono riportate negli Elaborati: *“Carta della pericolosità idraulica. Bacino del fiume Pescara. Fiume Pescara - Scenario senza casse di espansione”*.

Gli elaborati sono stati realizzati utilizzando lo stesso quadro d'unione delle cartografie prodotte nell'ambito del PSDA per il fiume Pescara, eccetto che per l'area cittadina di Pescara che ha necessitato di un diverso inquadramento della tavola data la diversa estensione delle aree allagabili.

Il confronto tra i risultati ottenuti e le carte di pericolosità del PSDA vigente rispecchiano il maggior dettaglio dell'informazione topografica, la maggiore risoluzione del modello del modello idraulico utilizzato nonché l'utilizzo di dati topografici aggiornati, che riflettono il mutamento dei luoghi rispetto all'epoca di redazione del PSDA.

Un esempio dei risultati ottenuti sono evidenziati in Figura 6.1 nella zona a nord del casello autostradale di Chieti: a sinistra è riportato uno stralcio della carta di pericolosità del PSDA mentre a destra è riportata la pericolosità con gli aggiornamenti condotti.

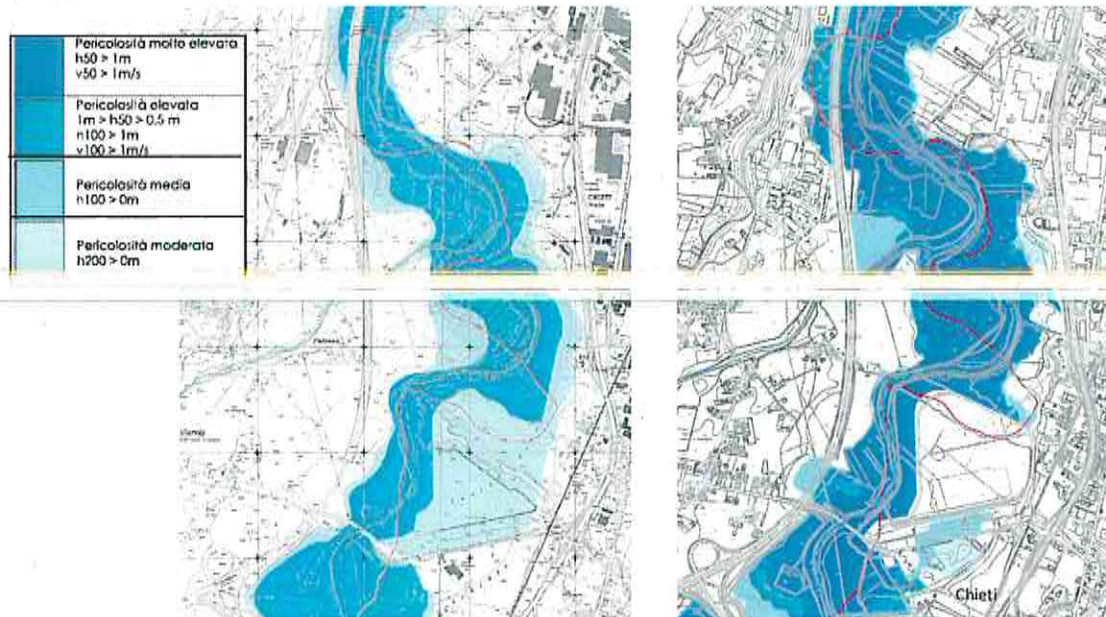


Figura 6.1 – Confronto tra le aree a pericolosità idraulica delimitate nel PSDA (a destra) e nel presente studio (a sinistra) nella zona a nord del casello autostradale di Chieti.

Giunta Regionale  
Abruzzo



## Riferimenti bibliografici

- BACCHI B., ARMANELLI B., ROSSINI E. (1999a): *Valutazione delle portate di piena della provincia di Brescia*, Rapporto tecnico n°11, , Università degli Studi di Brescia, Dipartimento di Ing.Civile, Brescia.
- BACCHI B., FRANCHINI M., GALEATI G., RANZI R. (1999b): *Time scaling of runoff volumes*, Geophys. Res. Abstracts, 1(4),
- BACCHI B., FRANCHINI M., GALEATI G., RANZI R. (2000): *Parametrizzazione e regolarizzazione della curva dei massimi annuali delle portate medie su assegnata durata*, XXVII Convegno di Idraulica e Costr. Idrauliche, Genova.
- BALLARIN C., MAIONE U., MIGNOSA P., TOMIROTTI M. (2001): "Una metodologia di stima indiretta degli idrogrammi sintetici per il progetto di opere di difesa idraulica del territorio", L'Acqua, n° 3
- BRATH A., FRANCHINI M. (1998): *La valutazione regionale del rischio di piena con il metodo della portata indice*, atti del corso di aggiornamento "La difesa idraulica dei territori fortemente antropizzati", Editoriale BIOS.
- CANNAROZZO M., D'ASARO F., FERRO V. (1993): "Valutazione delle piene in Sicilia", C.N.R. – G.N.D.C.I., Palermo.
- C.N.R. – G.N.D.C.I. - *Rapporti annuali dell'attività svolta dalle Unità Operative della Linea 1 "Previsione e prevenzione degli eventi idrologici estremi"*, Roma, 1987,1988, 1989, 1990-1991, 1992.
- D'ASARO F., ERCOLI L., FERRO V. (1992): *Un criterio di valutazione della portata al colmo di piena per i piccoli bacini siciliani. Contributo alla stima della portata indice*, Idrotecnica, 4.
- FRANCHINI M., GALEATI G. (1998): *Analisi delle portate massime annuali su intervalli di assegnata durata nei corsi d'acqua delle regione Romagna-Marche*, L'Energia Elettrica, n° 1.
- FRANCHINI M., GALEATI G. (200): *Comparative analysis of some methods for deriving the expected flood reduction curve in the frequency domain*, Hydrology and Earth System Sciences, 4 (1).
- IANNELLI G., SICCARDI F., UBERTINI L. (1998): *Piano Direttore di Bacino del fiume Tevere*, Roma.
- TOMIROTTI M. (2001): *Un modello di stima regionale delle curve di riduzione dei colmi di piena dei corsi d'acqua italiani*, L'Acqua, n° 5, 2001.



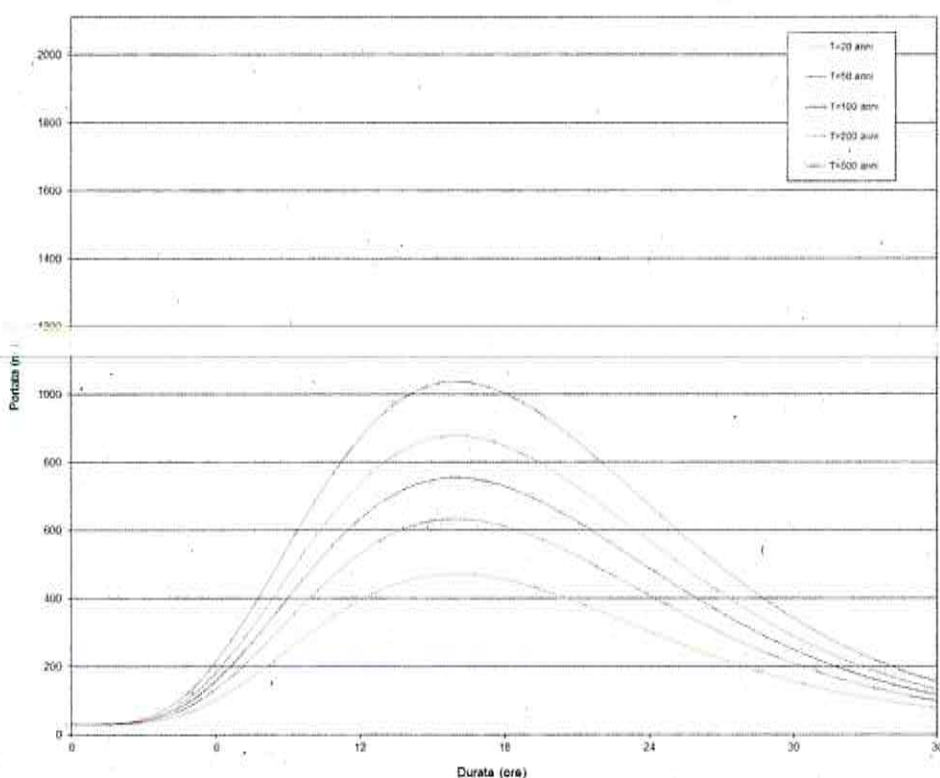


## App. A Idrogrammi di piena determinati nell'ambito del PSDA

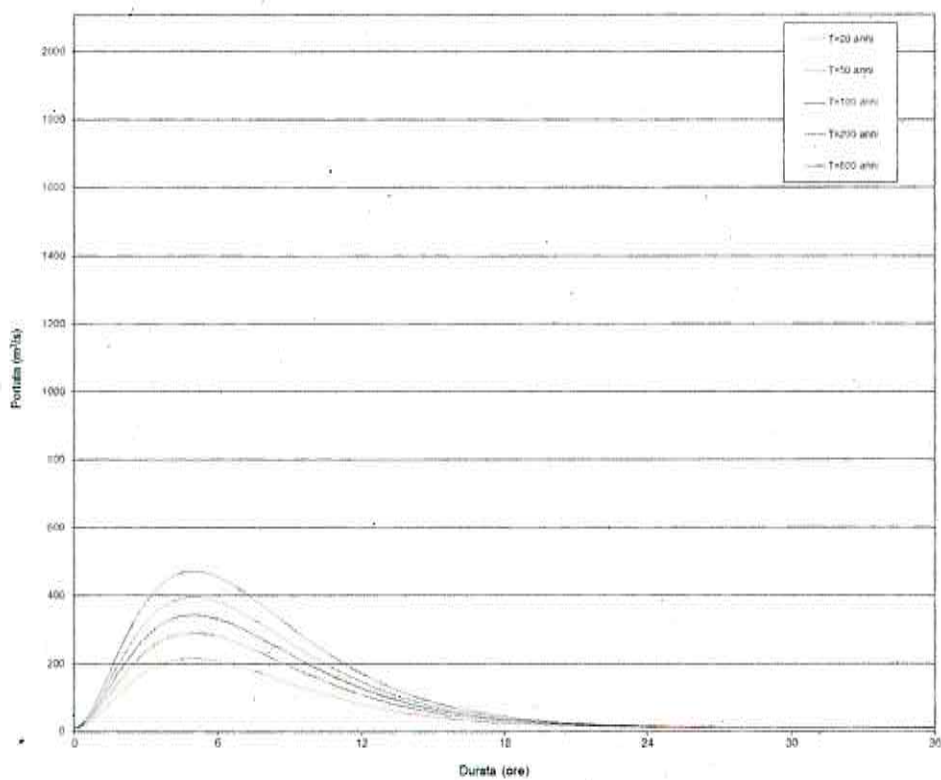
Sono di seguito riportati gli idrogrammi di piena determinati per il Fiume Pescara nell'Ambito del PSDA per le seguenti sezioni:

- PE01: Bacino sotteso alla diga di Alanno;
- NO01: Bacino dell'affluente Nora, prima della sua confluenza con il Pescara;
- PE01-NO01: Interbacino a valle di sez PE01, chiuso subito a monte della confluenza col Nora;
- PE02: Bacino sotteso 3 km a monte della foce;
- NO01-PE02: Interbacino a valle della confluenza col Nora e a monte della sez. PE02.

PE01

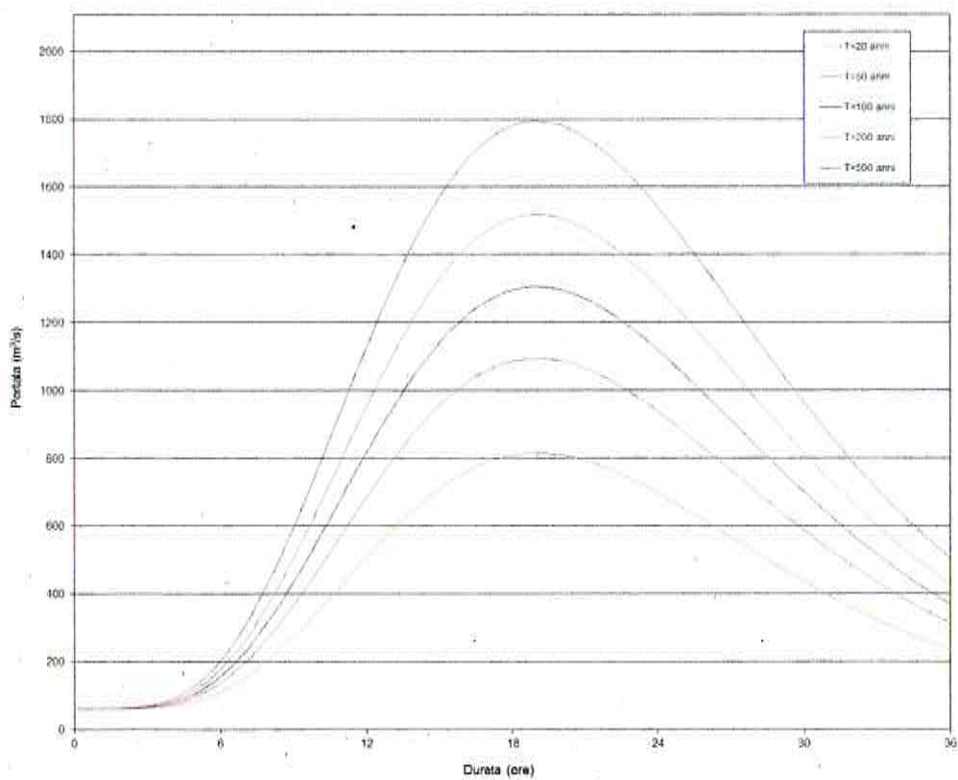


NO01



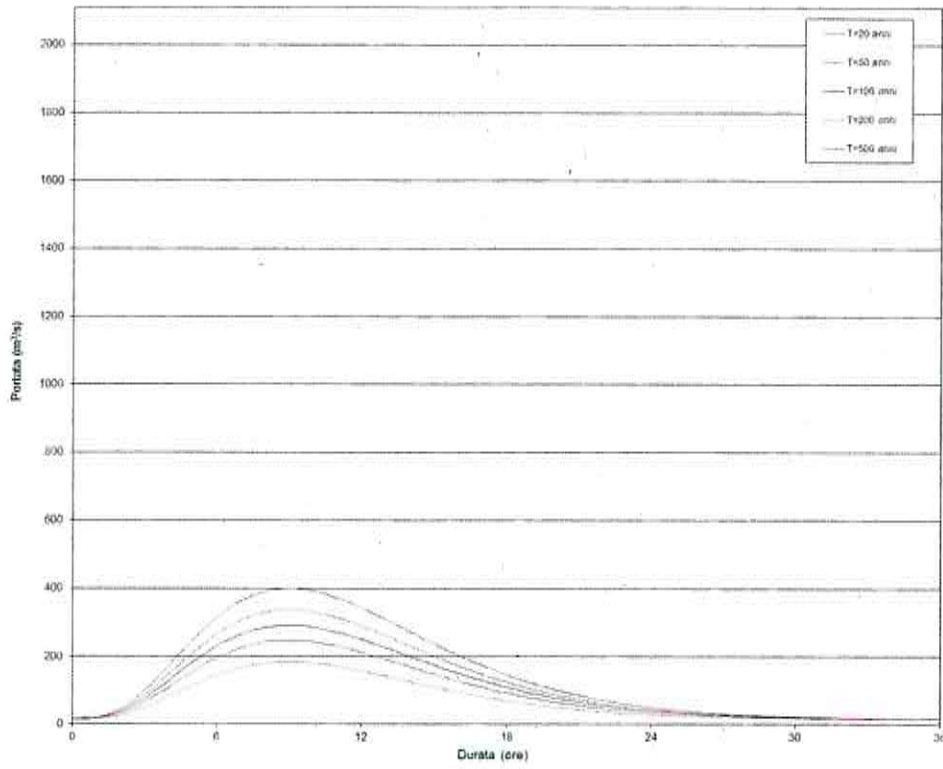
Giunta Regionale  
Abruzzo

PE02

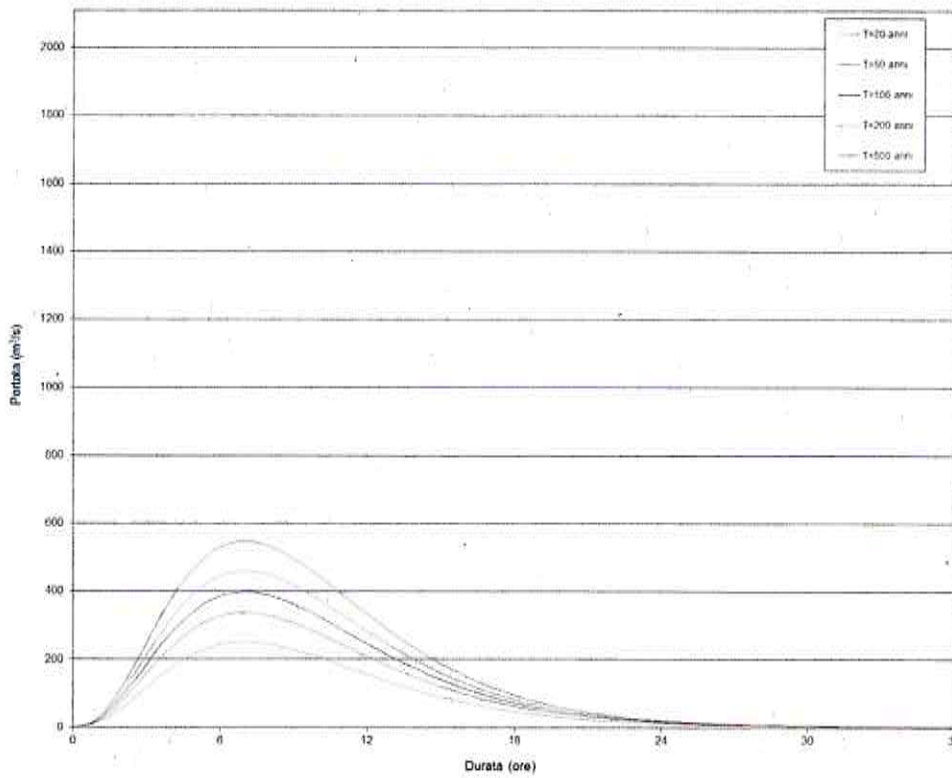




NO01-PE02



PE01-NQ01



Giunta Regionale  
Abruzzo

Giunta Regionale  
Abruzzo

---



## App. B Il modello InfoWorks ICM

### B.1 Punti di forza dell'applicativo software

I punti di forza principali dell'applicativo derivano dalla sua ampissima gamma di applicazione che ne consente l'utilizzo di qualsiasi situazione reale senza bisogno di ricorrere ad artifici o semplificazioni del problema. L'interfaccia utente, semplice e completo, la velocità di calcolo e la robustezza dell'approccio numerico completano il prodotto rendendolo facilmente fruibile ai tecnici che operano nel settore dell'idraulica.

### B.2 Modelli idrologici disponibili

Pur trattandosi di un modello idraulico, InfoWorks ICM dispone di una serie modelli di trasformazione afflusso-deflussi per connettere una sezione di deflusso del reticolo di drenaggio, a un bacino idrografico che produce la portata di alimentazione in risposta ad un evento meteorico. E' quindi possibile sollecitare il modello geometrico con diverse condizioni al contorno tra cui anche degli opportuni istogrammi di pioggia incidenti in diversi sottobacini. A scelta l'utente potrà scegliere tra questi modelli idrologici:

- Formula Razionale
- Modello CN (SCS)
- Modello Green-Ampt
- Modello Horton
- Modello New UK
- Modello dell'Infiltrazione costante

Si possono anche inserire diversi modelli di corrivazione e di computazione delle perdite iniziali.

### B.3 Approccio numerico alla componente 1D

Il moto idraulico all'interno degli elementi monodimensionali che lavorano a pelo libero (sia le tratte fluviali aperte o tubazioni) vengono risolte con l'integrazione delle equazioni di De Saint Venant (conservazione del momento e della massa).

Le equazioni sono le seguenti:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0$$

dove:

- A area bagnata del condotto;
- Q portata;
- x distanza lungo l'asse del condotto;
- t tempo;
- g costante gravitazionale;
- H carico idraulico totale dato da z+h;

- z quota dello scorrimento;
- h livello idrico;
- Sf cadente piezometrica.

In particolare, la prima è l'equazione di continuità in moto vario in assenza di afflussi e deflussi laterali, la seconda è l'equazione del momento della quantità di moto; quest'ultima può essere scritta in più forme, in funzione della scelta delle variabili dipendenti. La cadente piezometrica viene computata con varie possibili metodologie (a scelta dell'utente): in InfoWorks sono infatti disponibili le equazioni di Colebrook-White, Manning e Strickler.

Per poter essere integrate queste equazioni devono essere opportunamente semplificate e linearizzate in modo tale che il sistema di equazioni possa essere risolto con la teoria delle matrici. Lo schema di linearizzazione usato da InfoWorks CS è quello dei 4 punti di Priessmann mentre il risolutore adottato è quello di Newton-Raphson.

Le equazioni di cui sopra sono valide fino a quando il condotto non entra in pressione, per permettere a InfoWorks di simulare anche situazioni di condotte in pressione (senza problemi nella transizione da uno stato all'altro) il motore di calcolo adotta la tecnica dello slot per il quale si ipotizza la presenza di una piccola fessura alla sommità della condotta e fino al piano campagna. Così facendo il motore di calcolo non incontra nessuna discontinuità nella transizione da moto da gravità a quello in pressione (per tubi in cui invece permane costantemente il moto in pressione, come le condotte di mandate presenti nel modello, è possibile utilizzare un sistema di equazioni più appropriato che elimina l'artificio dello slot).

L'applicabilità di questo metodo di soluzione è stato testato in centinaia di studi e applicazioni anche con riscontri di misure idrometriche ottenuti su dei bacini sperimentali.

Ci sono alcune limitazioni sull'utilizzo di questo approccio sono:

- i risultati sono semplificati per elementi molto pendenti e per le quali comunque InfoWorks produce dei risultati comunque vicini alla realtà;
- il risalto idraulico (ovvero quella discontinuità che si nota nei profili di rigurgito dove un tubo molto pendente incontra un tubo a bassa pendenza per cui l'acqua forma un vero e proprio sovrizzo improvviso) non viene rappresentato in modo preciso ma il passaggio da corrente veloce a lenta viene computato su una certa distanza (qualche metro a seconda della geometria della situazione reale).

Si noti che la metodologia di calcolo a moto vario è in grado di tener conto anche dei volumi in gioco e quindi di tener conto delle attenuazioni dell'onda di piena quando questa riempie dei volumi disponibili in alveo o in vere e proprie vasche di espansione opportunamente rappresentate nel modello.

#### B.4 Approccio numerico alla componente 2D

Il modello usato per la rappresentazione matematica del flusso 2D è basato sull'equazione dell'acqua superficiale, relativa cioè all'altezza media che si ricava dalle equazioni di Navier – Stokes:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{in} \quad (1)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (hu^2 + gh^2/2) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{in}u_{in} \quad (2)$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} (hv^2 + gh^2/2) = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{in}v_{in} \quad (3)$$

dove:



- $h$  è l'altezza dell'acqua;
- $u$  e  $v$  sono rispettivamente le velocità nelle direzioni  $x$  e  $y$ ;
- $S_{0,x}$  e  $S_{0,y}$  sono rispettivamente le pendenze dell'alveo nelle direzioni  $x$  e  $y$ ;
- $S_{f,x}$  e  $S_{f,y}$  sono rispettivamente gli attriti nelle direzioni  $x$  e  $y$ ;
- $q_{1D}$  è la portata per unità di area;
- $u_{1D}$  e  $v_{1D}$  sono rispettivamente le componenti di velocità della portata  $q_{1D}$  nelle direzioni  $x$  e  $y$ .

Questa formulazione conservativa dell'equazione dell'acqua superficiale è discretizzata utilizzando un sistema di primo ordine esplicito del volume finito.

La tecnica di frazionamento del flusso assicura la proprietà del buon equilibrio bilanciando la pendenza con la pressione, termini a riposo.

La gestione della cella bagnata ed asciutta è eseguita utilizzando come criterio una profondità di soglia per considerare che una cella è bagnata, e la velocità è impostata a zero se la profondità è sotto il valore di soglia. Questo evita la creazione di elevate velocità artificiali in aree bagnate/asciutte. Il valore di default per questa profondità di soglia è 1 mm.

Questo algoritmo può essere utilizzato teoricamente sia con maglie strutturate (rettangolari) che non strutturate (triangolari) ed è adatto per rappresentare flussi rapidamente variabili, nonché correnti veloci e lente. In InfoWorks si utilizzano le maglie non strutturate perché sono molto più flessibile e di facile utilizzo quando si vogliono rappresentare forme e ostacoli complessi presenti nel dominio.

### B.5 Produzione della magliatura 2D

All'interno del software sono presenti tutti gli strumenti necessari per costruire la magliature dei domini 2D da simulare. Si possono prevedere diversi gradi di dettaglio per varie zone con opportuni raffinamenti del dominio,

Il processo di magliatura tiene conto di questi vincoli e, se lo si desidera, è in grado di produrre una magliatura dipendente dalla conformazione morfologica del terreno. Laddove il terreno risulta più pendente viene infittita la maglia per assicurarsi che i triangoli non abbiano i vertici con differenze di quota superiori ad un termine fissato dall'utente.

### B.6 Collegamento 1D-2D

Il modello di simulazione consente un immediato collegamento di diverse componenti di modello modo e bidimensionale. Si possono utilizzare per esempi:

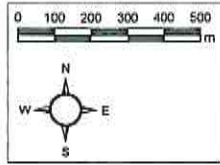
- linee spondali: rappresentano un confine ideale tra l'alveo inciso modellato con elementi 1D e la golena rappresentata da un dominio 2D, le linee spondali vengono rappresentate con delle polilinee per le quali viene definita una quota  $Z$  variabile sul suo percorso. Le linee spondali sono utilizzate essenzialmente come sfiori laterali tra alveo inciso e zona di golena 2D;
- sfiori frontali: si utilizzano quando si desidera interrompere un modello 1D di un fiume e trasferire tutto l'idrogramma di portata sul dominio 2D (o viceversa);
- nodi: sono degli elementi puntiformi dove può avvenire lo scambio di portata tra 1D e 2D, per esempio questa tecnica è appropriata quando di rappresentano le esondazioni provenienti dai pozzetti di fognatura su un dominio bidimensionale.

### B.7 Tempi di calcolo e dimensione del modello

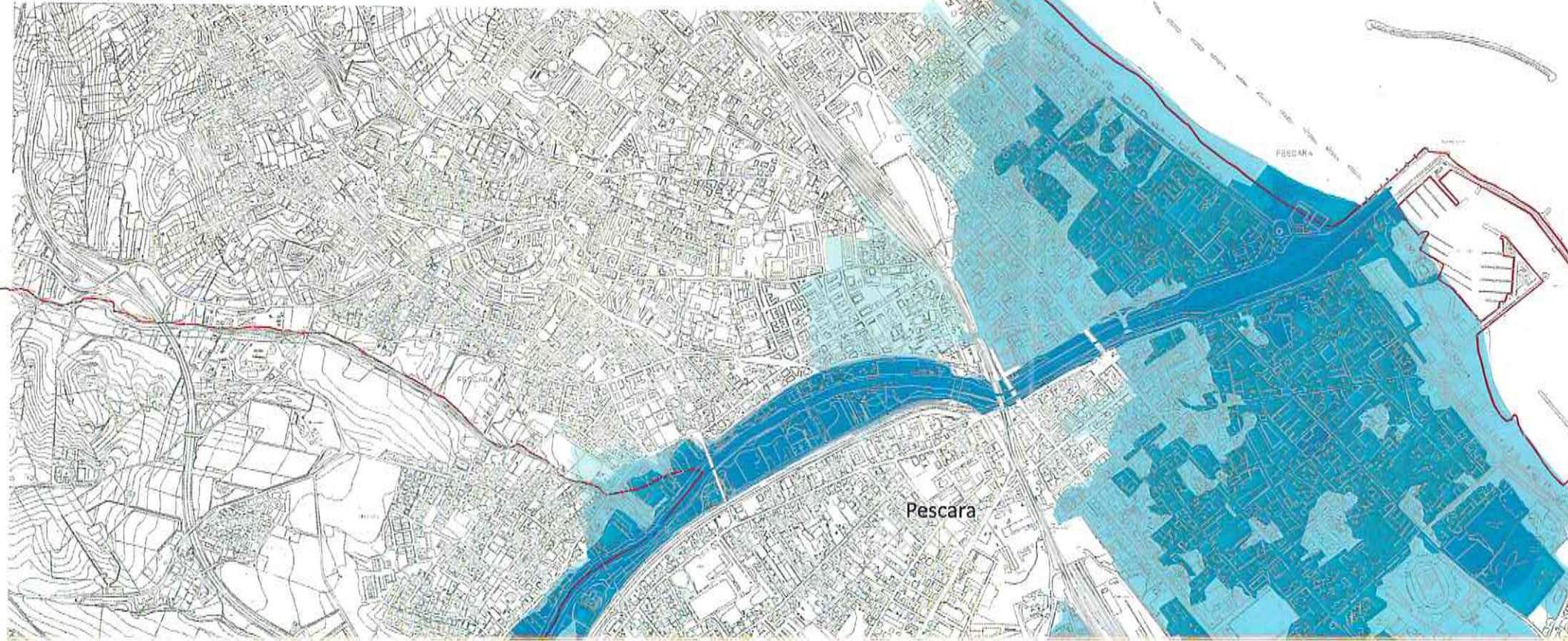
Il software consente di eseguire calcoli e ottenere risultati in tempi rapidi. Mentre la componente 1D sui moderni processori consente dei tempi di simulazione irrisori (pochi secondi per modellare una rete di 1,000 nodi per una

vento di 4 ore di durata) la componente bidimensionale può necessitare di tempi d'attesa più lunghi in funzione del numero di triangoli e dalle condizioni di moto del dominio. Su dei processori Core i7 ci si può attendere che una simulazione di 10,000 triangoli di un evento reale di 60 minuti possa necessitare qualche minuto per essere computata. Il motore di calcolo 2D è stato testato su domini di calcolo con oltre 5 milioni di triangoli ma per queste ampiezze di dominio si consiglia di dotarsi di specifica GPU (hardware non sempre presente in classici Desktop e molto raramente in Laptop) che accelerano i tempi di calcolo di 30-50 volte rispetto ai normali processori consentendo quindi tempi computazionali molto ridotti (ordine di decine di minuti) per domini 2D di centinaia di migliaia di triangoli.





Giunta Regionale d'Abruzzo



Sistema di riferimento  
 Gauss Boaga fuso est  
 Scala 0,0000  
 False Northing 0  
 Long. central meridian 15° 0' 0,00"  
 False Easting 2 520 000

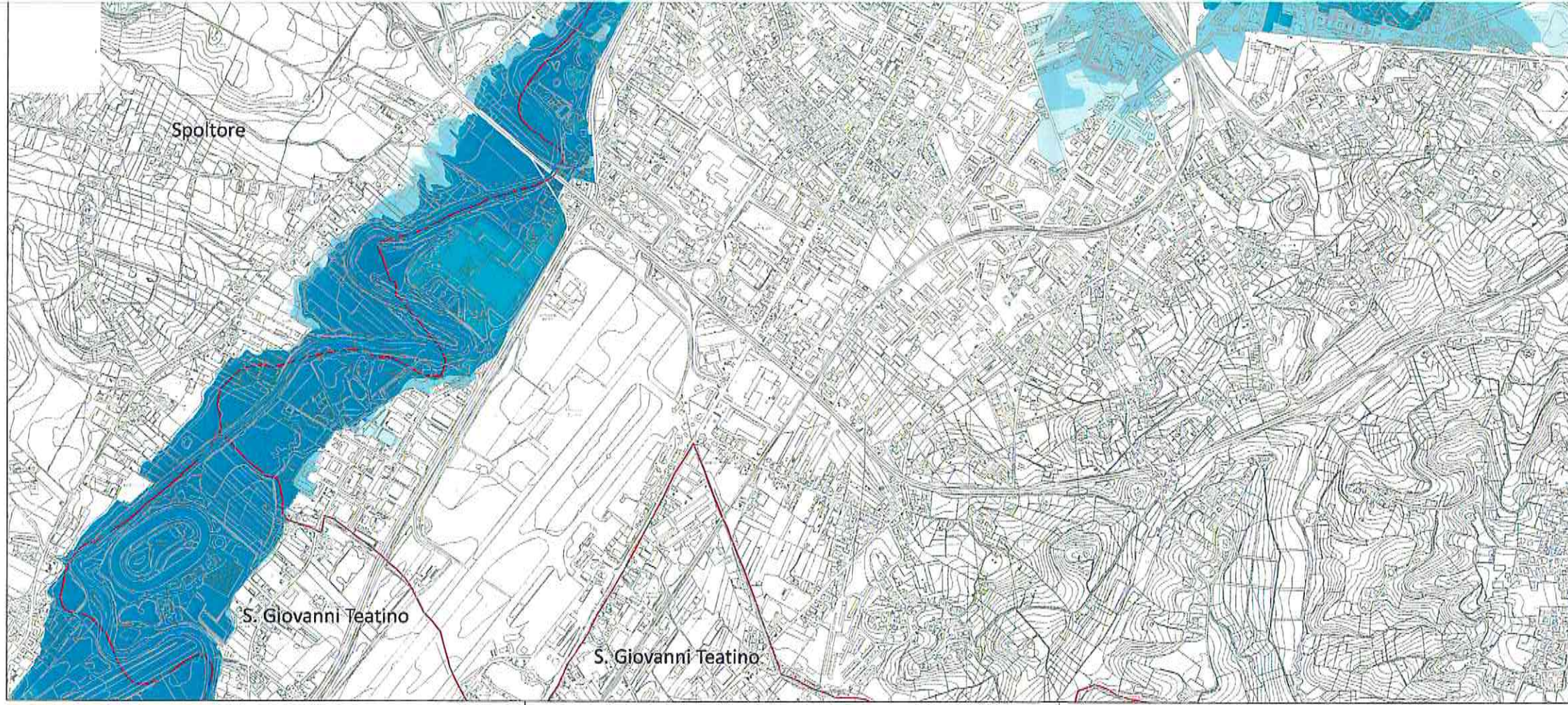
Quadro unione  
**ALL. 2**

LEGENDA

Classi di pericolosità idraulica [Q50 - Q100 - Q200] (\*)

|  |  |                      |
|--|--|----------------------|
| Pericolosità molto elevata<br>h50 > 1m<br>v50 > 1m/s                 |  | Reticolo idrografico |
| Pericolosità elevata<br>1m > h50 > 0,5 m<br>h100 > 1m<br>v100 > 1m/s |  |                      |
| Pericolosità media<br>h100 > 0m                                      |  |                      |
| Pericolosità moderata<br>h200 > 0m                                   |  |                      |

(\*) Pericolosità idraulica. Per ogni sito è verificata di almeno una delle condizioni riportate. In assenza delle condizioni della sigla immediatamente superiore, si applica l'appartenenza alla classe di pericolosità idraulica.



REGIONE ABRUZZO  
 GIUNTA REGIONALE D'ABRUZZO  
 SERVIZIO DIFESA IDRAULICA IDROGEOLOGICA E DELLA COSTA

**RIPERIMETRAZIONE DELLE AREE DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA DEL Fiume Pescara IN ATTUAZIONE DELL'ART. 25, COMMA 3, DELLE NORME DEL PSDA**

ra.02.01  
 1:10.000  
 Carta della pericolosità idraulica. Bacino del fiume Pescara. Fiume Pescara  
 Scenario senza casse di espansione  
 Tavola 1 di 5

BETA studio  
 BETA Studio s.r.l. - via Guido Rossa 29/A  
 33020 Forse S. Nicola (Pordenone) ITALIA  
 Tel. +39 049 8961120 - Fax +39 049 8961090  
 info@betastudio.it - www.betastudio.it