



**UNIONE EUROPEA**

FONDO EUROPEO DI SVILUPPO REGIONALE



**Autorità di Bacino  
della Puglia**



**REGIONE PUGLIA**

Area Politiche per la riqualificazione, la tutela  
e la sicurezza ambientale  
e per l'attuazione delle opere pubbliche  
SERVIZIO RISORSE NATURALI

---

**P.O. FESR 2007 – 2013  
PROGRAMMA PLURIENNALE DI ATTUAZIONE DELL'ASSE II**

**AZIONE 2.3.6.  
“MIGLIORAMENTO DEL SISTEMA DELL'INFORMAZIONE,  
DEL MONITORAGGIO E DEL CONTROLLO  
NEL SETTORE DELLA DIFESA DEL SUOLO”**

---

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE  
NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL  
RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE, CON  
PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL  
GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE  
DELLA REGIONE PUGLIA**

---

**RELAZIONE GENERALE  
BAT**



Segretario Generale dell'AdBP: Prof. Ing. Antonio Rosario Di Santo

Coordinatori: Ing. Lia Romano e Ing. Pamela Milella, funzionari tecnici della Segreteria Tecnica Operativa dell'AdBP

Gruppo di lavoro: Ing. Valeria De Gennaro, Ing. Stefania Geronimo, Ing. Maria Montaruli, Ing. Giuseppe Verdiani

Rilievi topografici: Ing. Vito Caponio, Ing. Alessandro Micchetti, Geom. Stefano Savino, Ing. Francesco Serafino

Ufficio Cartografia e SIT: Ing. Nicola Lopez

Si ringrazia l' Ufficio Rischio Idraulico della Segreteria Tecnica Operativa dell'AdBP.

L'Autorità di Bacino della Puglia e le persone che agiscono per conto dell'ente non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo documento, al di fuori delle finalità per le quali esso è stato redatto.



## **AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA**

L.R. 9 Dicembre 2002 n. 19

C/o INNOVA PUGLIA S.P.A - (EX TECNOPOLIS CSATA)

Str. Prov. per Casamassima Km 3 - 70010 Valenzano - Bari

tel. 080 - 9182238-242-243-269 fax. 080 9182244 - C.F. 93289020724

www.adb.puglia.it e-mail: segreteria@adb.puglia.it - PEC: segreteria@pec.adb.puglia.it

*Ultimo aggiornamento: dicembre 2015*

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle della BAT.*



# INDICE

<b>ELENCO ALLEGATI</b> .....	<b>III</b>
<b>PREMESSA</b> .....	<b>V</b>
<b>ANALISI CONOSCITIVA – I</b> .....	<b>1</b>
1.1    IL DATABASE GEORIFERITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI.....	3
1.2    L'EVENTO ALLUVIONALE DEL 6 NOVEMBRE 2011 .....	4
1.2.1    La precipitazione del 6 novembre 2011 .....	4
1.2.2    Gli effetti al suolo.....	9
1.3    I CORSI D'ACQUA DELLA PROVINCIA DI BARLETTA-ANDRIA-TRANI E IL CIAPPETTA-CAMAGGI.....	15
1.3.1    Analisi qualitativa.....	15
1.3.2    Analisi quantitativa .....	16
1.4    LE STAZIONI PLUVIOMETRICHE.....	22
1.4.1    La rete della SMM-CFR Puglia.....	22
1.4.2    La rete Assocodipuglia.....	23
<b>RILIEVI TOPOGRAFICI – II</b> .....	<b>25</b>
2.1    I CORSI D'ACQUA PRINCIPALI DELLA PROVINCIA BAT .....	27
2.2    I RILIEVI LIDAR.....	28
2.3    IL RILIEVO DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO .....	30
2.3.1    Descrizione della scheda monografica .....	31
2.4    LA RAPPRESENTAZIONE VETTORIALE DEI CORSI D'ACQUA.....	37
<b>CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOIDROLOGICA – III</b> .....	<b>39</b>
3.1    LE MAPPE PER LE ANALISI IDROLOGICHE .....	41
3.1.1    La componente endoreica .....	41
3.1.2    I raster delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti.....	43
3.2    LA SCABREZZA IDRAULICA .....	44
3.2.1    Le componenti della resistenza al flusso.....	46
3.2.2    La resistenza in regime di ruscellamento superficiale .....	47
3.2.3    Attribuzione dell'indice di Manning alle categorie di uso del suolo .....	47
3.3    IL CURVE NUMBER.....	51
3.3.1    Le classi di permeabilità.....	51
3.3.2    Associazione dei valori del <i>Curve Number</i> alle categorie di uso del suolo .....	53
3.3.3    La mappa del Curve Number.....	55
<b>VALUTAZIONI IDROLOGICHE – IV</b> .....	<b>57</b>
4.1    I MODELLI IDROLOGICI PER LA VALUTAZIONE DELLE PORTATE E DEI VOLUMI DI PIENA .....	59
<b>MODELLAZIONE IDRAULICA – V</b> .....	<b>69</b>
5.0    INTRODUZIONE.....	72
5.0.1    Schematismo 1D e 2D .....	73
5.0.2    Il modello di calcolo TUFLOW.....	74
5.0.3    La pericolosità idraulica relativa .....	77
5.1    CIAPPETTA-CAMAGGI.....	82
5.1.1    Descrizione geografica e morfologica.....	82
5.1.2    Scabrezza .....	82
5.1.3    Portate .....	82
5.1.4    Schematismo idraulico.....	87
5.1.5    Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	88
5.1.6    Criticità urbane / produttive.....	90
5.2    LAMA PALUMBARIELLO .....	91
5.3    LAMA PATERNO .....	92
5.3.1    Descrizione geografica e morfologica.....	92

---

5.3.2	Scabrezza.....	92
5.3.3	Portate.....	92
5.3.4	Schematismo idraulico.....	97
5.3.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	98
5.3.6	Criticità urbane / industriali.....	98
5.4	LAMA DI MACINA.....	99
5.4.1	Descrizione geografica e morfologica.....	99
5.4.2	Scabrezza.....	99
5.4.3	Portate.....	99
5.4.4	Schematismo idraulico.....	103
5.4.5	Analisi delle opere di attraversamento idraulico.....	105
5.4.6	Criticità urbane / produttive.....	106
<b>VALUTAZIONE PRELIMINARE DEGLI INTERVENTI – VI.....</b>		<b>109</b>
6.0	DESCRIZIONE GENERALE.....	111
6.1	CANALE CIAPPETTA-CAMAGGI.....	114
6.2	LAMA PATERNO.....	118
6.3	LAMA DI MACINA.....	119
<b>LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE – VII.....</b>		<b>121</b>
7.1	IL QUADRO NORMATIVO.....	123
7.2	CRITERI DI PROGETTAZIONE.....	123
<b>CONCLUSIONI.....</b>		<b>129</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>139</b>

# ELENCO ALLEGATI

- 1.1.1 - Eventi alluvionali. Rappresentazione cartografica
- 1.1.2 - Elenco degli eventi alluvionali
- 1.2.1 - Carta geolitologica
- 1.2.2 - Carta dell'uso del suolo
- 1.3.1 - Zone omogenee e stazioni pluviometriche
- 1.3.2 - Elenco delle stazioni pluviometriche
  
- 2.1 - I corsi d'acqua della BAT con area contribuyente maggiore uguale di 25 km<sup>2</sup>
- 2.2 - Copertura Lidar nell'area della BAT
- 2.3.1 - Rilievo degli attraversamenti idraulici nell'area della BAT
- 2.3.2 - Scheda monografica degli attraversamenti idraulici
- 2.3.3 - Elenco attraversamenti idraulici rilevati
- 2.3.4 - Caratteristiche geometriche degli attraversamenti minori
- 2.4.1 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Ciappetta-Camaggi A TAV.1
- 2.4.1 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Ciappetta-Camaggi B TAV.2
- 2.4.1 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Ciappetta-Camaggi B-C TAV.3
- 2.4.2 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico della Lama Paterno
- 2.4.3 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico della Lama di Macina
  
- 3.1 - I bacini idrografici e la componente endoreica
- 3.2 - L'indice di Manning. Relazione
- 3.3.1 - Il *Curve Number*. Relazione
- 3.3.2 - Classi di permeabilità del SCS-CN. Rappresentazione cartografica
- 3.3.3 - Macrocategorie di copertura del suolo. Rappresentazione cartografica
- 3.3.4 - Rappresentazione cartografica del *Curve Number*
  
- 4.0 - Risultati delle analisi idrologiche per i bacini della BAT
  
- 5.0 - Schedario dei modelli idraulici
- 5.1.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, Ciappetta-Camaggi TAV.1
- 5.1.2 - Risultanze idrauliche 1D, T200, Ciappetta-Camaggi TAV.2
- 5.1.3 - Risultanze idrauliche 1D, T200, Ciappetta-Camaggi TAV.3
- 5.1.4 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_0
- 5.1.5 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_1
- 5.1.6 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_2
- 5.1.7 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_3
- 5.1.8 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_4
- 5.1.9 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_5
- 5.2.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, Paterno TAV.1
- 5.2.2 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Paterno\_0
- 5.3.1 - Risultanze idrauliche 1D, T200, Macina TAV.1
- 5.3.2 - Risultanze idrauliche 2D, T200, Macina\_0
  
- 6.0.1 - Aree critiche relative al reticolo idrografico principale
- 6.0.2 - Aree critiche relative al reticolo idrografico minore
- 6.0.3 - Attraversamenti idraulici a rischio
- 6.0.4 - Elementi esposti a rischio idraulico
- 6.1.0 a - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il Ciappetta-Camaggi. Corografia generale TAV1
- 6.1.0 b - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il Ciappetta-Camaggi. Corografia generale TAV2

- 6.1.0 c- Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il Ciappetta-Camaggi. Corografia generale TAV 3
- 6.1.1- Intervento 001IS01: Messa in sicurezza del tessuto urbano di Andria
- 6.1.2- Intervento 001IS02: Messa in sicurezza del tessuto urbano di Barletta
- 6.2.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per la Lama Paterno. Corografia generale
- 6.3.0 - Interventi di mitigazione del rischio idraulico per la Lama di Macina Corografia generale
- 6.3.1- Intervento 004IS01: Messa in sicurezza della zona artigianale Est di Bisceglie

## PREMESSA

L'Autorità di Bacino della Puglia, nel seguito denominata AdBP, è stata individuata come ente attuatore dell'elaborazione dello *“Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico pugliese, con particolare riferimento alle aree del Gargano, delle coste joniche e salentine della Regione Puglia”*, da parte della Regione Puglia, nell'ambito del PPA dell'Asse II del PO FESR 2007 – 2013, approvato con D.G.R. della Puglia n. 850/2009 e modificato con D.G.R. della Puglia n. 1969/2010, relativamente all'Azione 2.3.6.

L'Autorità di Bacino della Puglia, organo istituzionalmente preposto alla difesa del suolo, ha, dall'atto della sua istituzione, avviato le procedure finalizzate alla individuazione, con grado di dettaglio sempre maggiore, delle criticità idrauliche presenti nel territorio di competenza e alla loro soluzione attraverso la programmazione di interventi di mitigazione del rischio idraulico.

La necessità di definire un quadro conoscitivo delle criticità idrauliche sempre più dettagliato evidenzia, tuttavia, una notevole onerosità dello sforzo richiesto, se si pensa alla estrema varietà del paesaggio del territorio regionale pugliese.

Le attività di cui al presente disciplinare pertanto, intendono restituire un quadro completo, coerente ed aggiornato delle aree a criticità idraulica complessivamente presenti nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia e di individuare le azioni di mitigazione più appropriate per la messa in sicurezza delle aree a rischio. Lo studio presentato integra il progetto *“Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico interessate dagli eventi alluvionali di Ottobre e Novembre 2005 nelle province di Bari e Brindisi”*, finanziato dalla Regione Puglia con fondi di cui alla delibera CIPE 35 del 2005, nonché a supporto delle attività della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.

Il presente lavoro, secondo l'art. 2 del Disciplinare regolante i rapporti tra Regione e AdBP, è di seguito sintetizzato:

- integrazioni di dettaglio del quadro conoscitivo generale delle caratteristiche geomorfologiche, idrologiche ed idrauliche dei bacini idrografici afferenti i corsi delle aree di studio, attraverso l'organizzazione, l'informatizzazione e la strutturazione in database relazionale, di tutte le informazioni di natura territoriale ed ambientale disponibili, ottenute sulla base di studi e ricerche, nonché su quelle relative ad eventi alluvionali passati, interventi effettuati e risultati conseguiti;
- rilevamento topografico di dettaglio e restituzione in formato vettoriale dell'asse dei corsi d'acqua e di un congruo numero di sezioni trasversali, estese fino al limite della fascia di pertinenza fluviale, comprensivo del rilievo di dettaglio di tutti i manufatti interferenti con le predette aree di pertinenza;
- studio delle caratteristiche idrauliche e di permeabilità delle forme carsiche naturali (voragini, inghiottitoi) presenti in corrispondenza dei recapiti finali dei bacini endoreici e stima delle loro potenzialità di smaltimento delle piene in occasione di eventi alluvionali;
- sviluppo di modellazioni di tipo mono e bidimensionale, anche attraverso l'ausilio di opportuni codici di calcolo preventivamente selezionati e sperimentati, della dinamica idrologica ed idraulica dei corsi d'acqua e delle aree endoreiche oggetto dello studio, secondo diverse condizioni di regime di moto, e mediante individuazione delle potenziali aree oggetto di inondazione, in funzione dei diversi tempi di ritorno degli eventi meteo climatici;
- definizione delle opere e/o interventi più efficaci per la salvaguardia e la messa in sicurezza del territorio a diverso grado di pericolosità idraulica e definizione di linee di indirizzo sulle più opportune tecniche di mitigazione dei rischi nelle aree a vario titolo interessate da pericolosità di inondazione.

Obiettivo del presente studio è dunque quello di definire gli interventi urgenti per la messa in sicurezza del territorio per la provincia di Barletta - Andria - Trani, afferente all'unità fisiografica di Bari e Brindisi. Nello specifico, sono individuati gli elementi a rischio, quali infrastrutture viarie e insediamenti urbani e produttivi, operando dapprima un'accurata analisi geomorfologica e idrologica e secondariamente una modellistica di tipo monodimensionale e bidimensionale per la mappatura sistematica della

pericolosità idraulica e per la verifica della funzionalità idraulica delle opere d'arte di attraversamento, avendo come riferimento il sistema di corsi d'acqua aventi bacino contribuente maggiore/uguale di 25 km<sup>2</sup> - limite adottato per l'implementazione delle Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, secondo il D.Lgs. 49/2010.

La presente relazione, resa al fine di illustrare le analisi condotte e i risultati raggiunti, è organizzata in sette capitoli (riportati a seguire), ognuno dei quali affronta con esaustività l'argomento in esame, indipendentemente dai contenuti degli altri. Per ogni capitolo sono presentati specifici allegati, in forma sia di cartografie ed elaborati tecnici di dettaglio, nonché di file digitali (shapefile, raster, modelli idraulici), i quali debbono intendersi parte integrante del presente studio e a cui la relazione puntualmente rimanda attraverso i richiami rappresentati con la seguente simbologia: [\CARTELLA\file.estensione].

<i>Capitolo I:</i>	<i>Analisi conoscitiva</i>
<i>Capitolo II:</i>	<i>Rilievi topografici</i>
<i>Capitolo III:</i>	<i>Caratterizzazione geomorfoidrologica</i>
<i>Capitolo IV:</i>	<i>Valutazioni idrologiche</i>
<i>Capitolo V:</i>	<i>Modellazione idraulica</i>
<i>Capitolo VI:</i>	<i>Valutazione preliminare interventi</i>
<i>Capitolo VII:</i>	<i>Linee guida di progettazione</i>

Lo studio prende avvio da un'analisi conoscitiva (capitolo I) finalizzata a raccogliere ogni elemento utile per la definizione della pericolosità idraulica, attraverso una ricostruzione storico-geografica degli eventi alluvionali e una analisi delle caratteristiche dei bacini idrografici dal punto di vista geologico, geomorfologico e di copertura del suolo, con l'obiettivo ultimo di operare una calibrazione della risposta idrologica del bacino.

Al fine di costruire i modelli geometrici (capitolo II), alla base della modellistica idraulica, sono acquisiti e processati i rilievi topografici di tipo LIDAR, nonché realizzate delle schede monografiche delle opere di attraversamento idraulico.

Si definiscono infine le caratteristiche geomorfologiche, idrologiche ed idrauliche dei bacini idrografici afferenti ai corsi d'acqua oggetto dello studio (capitolo III), mediante l'elaborazione di mappe in formato raster e vettoriale, utili nelle procedure di studio idrologico ed idraulico al processamento in ambiente GIS finalizzato alla stima delle perdite idrologiche e della resistenza al flusso e alla definizione dell'area contribuente, avendo particolare attenzione alla determinazione della componente endoreica.

A partire dai dati analizzati nelle fasi precedentemente descritte, lo studio (capitolo IV) definisce le portate di piena con assegnato tempo di ritorno, lungo le aste indagate.

Sulla base delle analisi idrologiche e dei modelli geometrici realizzati, è dunque operata una mappatura sistematica della pericolosità idraulica (capitolo V) sui corsi d'acqua principali, mediante l'utilizzo di schematismi idraulici monodimensionali e bidimensionali. I modelli consentono la determinazione delle grandezze idrodinamiche, ovvero dei tiranti e delle velocità della corrente, la cui rappresentazione è altresì richiesta dalla Direttiva Alluvioni.

Infine sono individuate le criticità connesse al reticolo idrografico e i provvedimenti di tipo strutturale e non strutturale, a scala di bacino, necessari alla messa in sicurezza del territorio (capitolo VI).

Sulla base dei danni determinati dai recenti eventi alluvionali, si definisce la necessità di individuare linee guida di progettazione per le opere di attraversamento idraulico, punti di particolare criticità in caso di eventi di piena (capitolo VII).

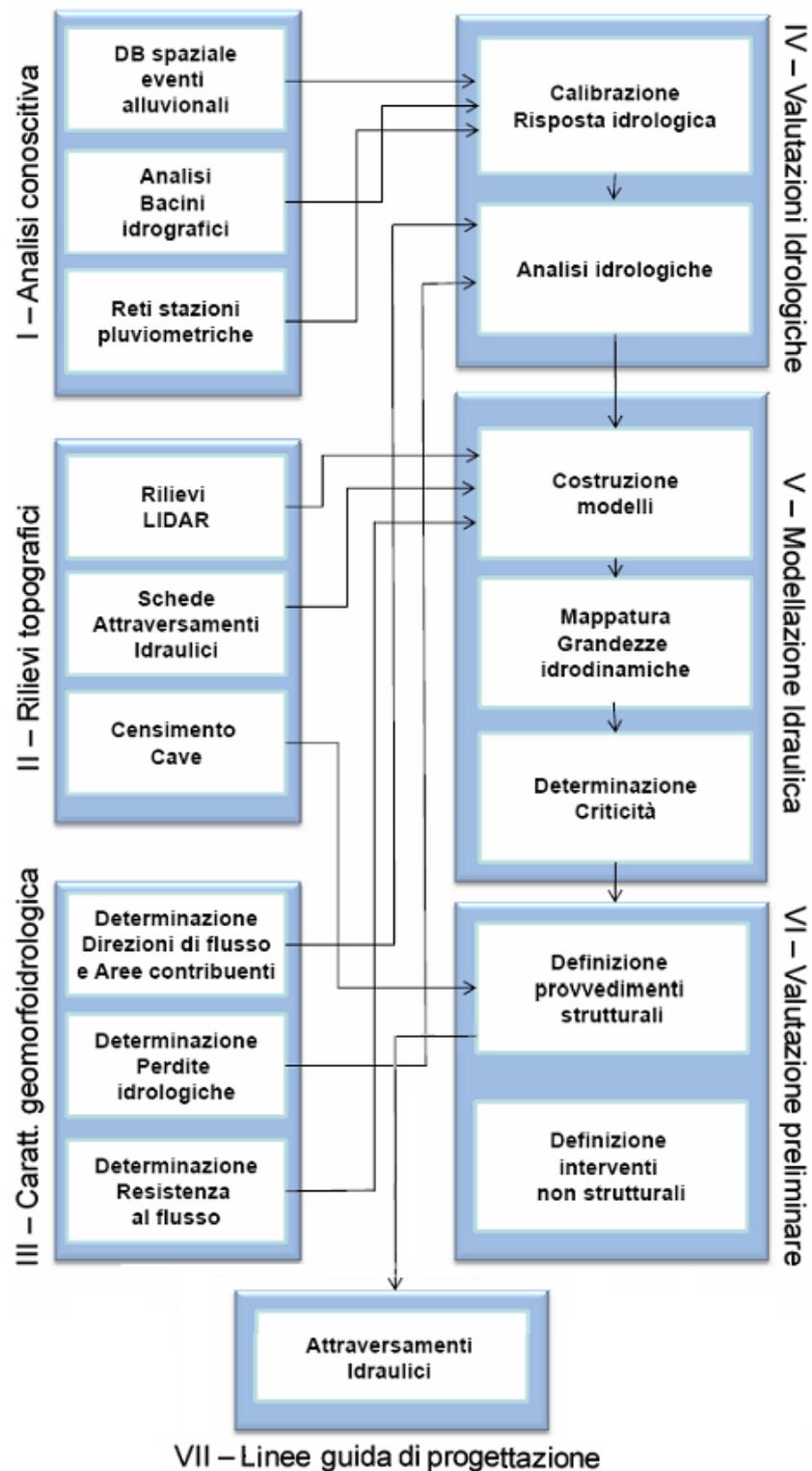


Figura 0 – Workflow del progetto

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle della BAT.*

# Analisi conoscitiva – I

## ALLEGATI



- 1.1.1 - Eventi alluvionali del periodo 2005-2013. Rappresentazione cartografica
- 1.1.2 - Elenco degli eventi alluvionali del periodo 2005-2013
- 1.2.1 - Carta geolitologica
- 1.2.2 - Carta dell'uso del suolo
- 1.3.1 - Zone omogenee e stazioni pluviometriche
- 1.3.2 - Elenco delle stazioni pluviometriche

## ARCHIVIO DIGITALE



- \EVENTI\_ALLUVIONALI
  - Eventi\_alluvionali (shp e kmz)
- \FOTO\
  - \VIDEO\
    - \REGISTRAZIONI\
      - \CARTOGRAFIA\_DI\_BASE
        - Carta geolitologica (shp)
        - Carta dell'uso del suolo (shp)
        - Zone\_omogenee (shp)
      - \RETI\_PLUVIOMETRICHE
        - Stazioni idro-pluviometriche 2014 SMMPuglia e topoieti (shp e kmz)
        - Stazioni pluviometriche ASSOCODIPUGLIA (shp e kmz)
      - \ANALISI
        - \BACINI\_DI\_ANALISI\ (shp)



Obiettivo di questa fase è l'integrazione del quadro conoscitivo generale per la definizione di maggior dettaglio delle caratteristiche geomorfologiche, idrologiche ed idrauliche dei principali bacini idrografici afferenti i corsi d'acqua che gravitano sull'area metropolitana della provincia di Barletta-Andria-Trani.

Dapprima, è realizzato un *database* georiferito, relativo agli eventi alluvionali che hanno colpito i comuni della provincia BAT, al fine di una facile comprensione della pericolosità idraulica dei luoghi e per l'individuazione preliminare degli interventi di messa in sicurezza del territorio. Tale *database* rappresenta inoltre una preziosa fonte di elementi di taratura per la modellistica idrologica utilizzata sul territorio pugliese di esame, dove, a causa della sua natura carsica, è assente una rete di monitoraggio delle portate idriche.

Considerando come bacino sperimentale il bacino del Ciappetta-Camaggi e le corpose informazioni raccolte relativamente all'evento del 6 novembre 2011, attraverso un approccio idrologico di tipo distribuito accoppiato a modellistica idraulica di tipo bidimensionale, è ricostruito l'idrogramma sperimentale di piena alla sezione di chiusura. Tale elemento diviene fondamentale per la calibrazione degli idrogrammi sintetici adoperabili per i bacini non strumentati.

Allo scopo di estendere le risultanze della calibrazione alla restante parte del territorio non strumentato, il territorio di studio è analizzato dal punto di vista geomorfologico, litologico e di uso del suolo, per evidenziarne i caratteri di omogeneità relativamente ai processi di generazione dei deflussi.

Per ultimo, sono raccolte le informazioni relative alle stazioni pluviometriche afferenti ai bacini idrografici delle lame dell'unità fisiografica studiata, al fine di avere una chiara e puntuale rappresentazione delle registrazioni utili ai fini delle calibrazioni e dell'analisi degli eventi alluvionali.

## 1.1 IL DATABASE GEORIFERITO DEGLI EVENTI ALLUVIONALI

Sulla base delle informazioni reperite da fonti giornalistiche (es. Gazzetta del Mezzogiorno) e progetti ministeriali (es. Progetto Speciale AVI del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche GNDICI - CNR, commissionato dal Ministro per il Coordinamento della Protezione Civile) è creato un *database* ricognitivo georeferenziato degli eventi alluvionali che hanno interessato le lame afferenti alla provincia di Barletta-Andria-Trani. Gli allegati 1.1.1 e 1.1.2 riportano rispettivamente la rappresentazione cartografica degli eventi e il contenuto testuale di tale archivio. La tabella seguente descrive i campi in cui è articolato il database, riportante diverse informazioni, quali l'identificativo dell'evento alluvionale riportato nell'allegato 1.1.1, la data di accadimento, l'inquadramento geografico, la descrizione del fenomeno e la fonte storica.

**Tabella 1.1** - Elenco dei campi del database riportato nell'Allegato 1.1.2

<b>Campo</b>	<b>Descrizione</b>
ID	Identificativo record
Data	Data espressa in <i>ggmmaaaa</i> , <i>mmaaaa</i> o <i>aaaa</i>
Provincia (Pr)	Provincia interessata
Comune	Comune coinvolto
Località	Nome della località interessata oppure breve descrizione dell'area interessata
Effetti al suolo	Descrizione dei danni indotti dal processo
Parametri dimensionali	Parametri dimensionali riferiti al processo (es. volume, tirante d'acqua e/o velocità idriche di scorrimento)
Fonte	Elenco delle fonti da cui sono tratte le informazioni

Il database rappresenta un sistema integrato di conoscenze territoriali sugli eventi storici alluvionali e si configura come punto di partenza per l'individuazione delle misure e degli interventi di carattere gestionale e/o strutturale in materia di mitigazione del rischio. Contestualmente è fruibile una mappatura dei punti di ripresa e delle relative immagini scattate a testimonianza degli effetti al suolo.

I file relativi al database sono contenuti nella cartella [\\ALL\_1\_ANALISI\_CONOSCITIVA\EVENTI\_ALLUVIONALI].

Nello specifico, per il Ciappetta-Camaggi è stato studiato l'evento alluvionale del 6 novembre 2011, avendo questo consentito di raccogliere numerosi elementi utili ai fini della calibrazione dei modelli idrologici.

## 1.2 L'EVENTO ALLUVIONALE DEL 6 NOVEMBRE 2011

Particolare attenzione è dedicata all'esame dei dati disponibili relativamente al recente evento alluvionale che ha colpito i comuni di Barletta e Andria il 6 novembre 2011, avendo quale particolare riferimento il bacino idrografico del Ciappetta-Camaggi.

L'evento citato ha determinato l'occorrenza di portate rilevanti, caratterizzate da tempi di ritorno prossimi a 100 anni, che si sono sviluppate in tempi modesti. La pioggia che è cominciata dalle 14 ed ha continuato fino alle 19.00 circa ha portato all'esonazione del canale Ciappetta-Camaggi. Fango e rifiuti hanno invaso la vecchia strada per Andria, il proseguimento di viale Dante Alighieri nel quartiere Patalini. Alcune auto sono rimaste impantanate e per evitare tragedie dovute al maltempo alcune scuole sono state chiuse temporaneamente ed una strada è stata chiusa al traffico. Le conseguenze generate dal transito delle piene sul territorio hanno consentito di raccogliere un'ampia serie di documenti e testimonianze che, se analizzata attentamente e criticamente, permette una attendibile ricostruzione di quanto accaduto, con informazioni di assoluta rilevanza sperimentale.

Si esamina quindi nel dettaglio l'evento del 6 novembre 2011, in relazione all'evolversi del fenomeno precipitativo, nonché degli effetti al suolo prodotti, ricostruiti sulla base delle numerose informazioni raccolte nel bacino idrografico del Ciappetta-Camaggi, con il fine ultimo di ricavare elementi utili alla calibrazione dei modelli di piena per i bacini non strumentati della provincia di Barletta-Andria-Trani.

### 1.2.1 La precipitazione del 6 novembre 2011

L'evento meteorico del 6 novembre 2011 ha colpito con particolare insistenza e con forte intensità i comuni di Barletta e Andria. Le precipitazioni hanno fatto registrare mediamente quantitativi di pioggia al di sopra dei valori medi mensili, a fronte di una precipitazione media annua di circa 575 mm. A dimostrazione di questo, si riporta la tabella seguente in cui le precipitazioni cumulate relative all'evento analizzato sono confrontate con i valori medi mensili ed annui di precipitazione registrati negli anni dal 1921 al 2010. In particolare vengono analizzate le stazioni pluviometriche presenti nelle aree maggiormente interessate dall'alluvione oggetto di calibrazione.

**Tabella 1.2** - Precipitazioni cumulate (mm) relative all'evento del 6 novembre 2011 e valori medi mensili e annui

	6 novembre 2011	Media novembre 1921-2010	Media mensile 1921-2010	Media annua 1921-2010
<b>Andria</b>	103.00	71	47.87	575
<b>Barletta</b>	116.6	63	42.80	512
<b>Castel del Monte</b>	101.2	78	52.89	637

Le forti piogge hanno causato l'esonazione della lama del Ciappetta-Camaggi avente un bacino idrografico di circa 138 km<sup>2</sup>. La figura 1.1 riporta il bacino di analisi con la sovrapposizione delle stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico e Mareografico della Puglia, attive nel periodo di riferimento, ed i relativi topoi.

Dall'analisi dei dati di pioggia orari registrati il 6 novembre 2011, riportati nella cartella [\\ALL\_1\_ANALISI\_CONOSCITIVA\EVENTI\_ALLUVIONALI\REGISTRAZIONI], presso le stazioni pluviometriche di Andria, Barletta e Castel del Monte, si evince che l'evento si è sviluppato dalle 13:40 alle 18:55, con un valore massimo di 44.6 mm/h precipitato dalle ore 15:00 alle ore 16:00 presso la stazione di Barletta, come visibile dalla figura 1.2. in cui sono rappresentate le registrazioni pluviometriche orarie presso le stazioni analizzate.

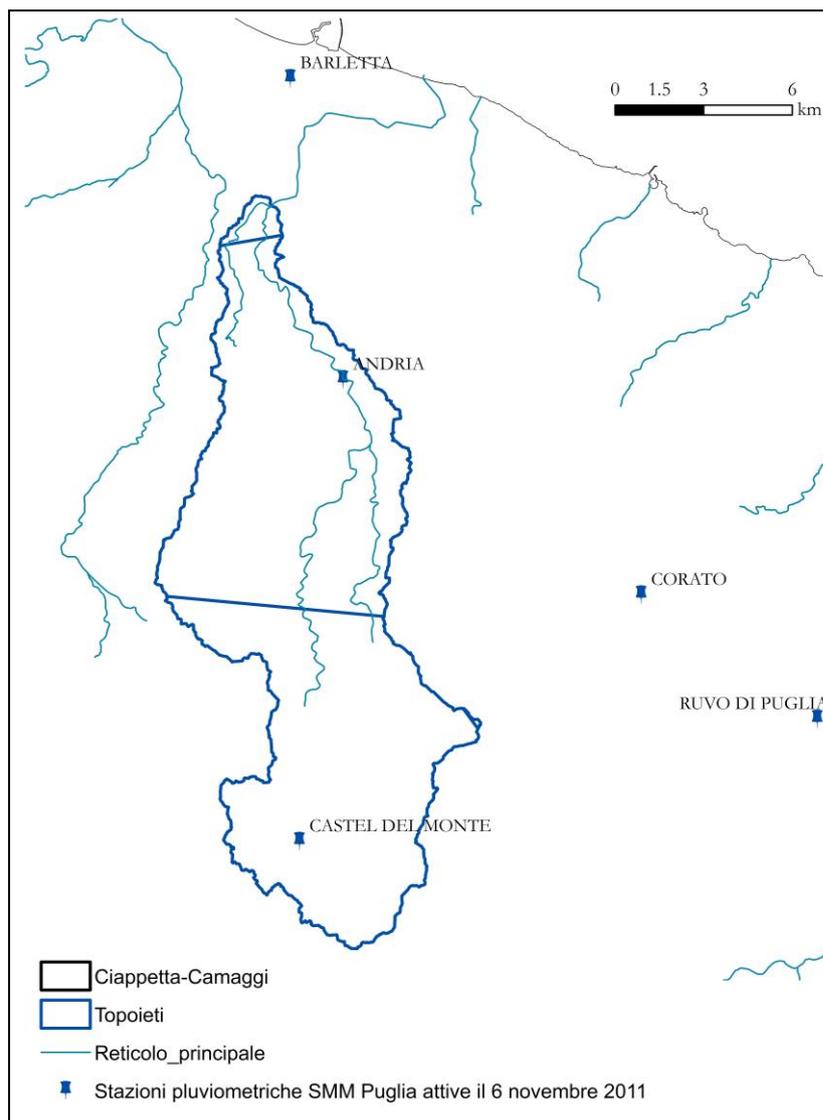


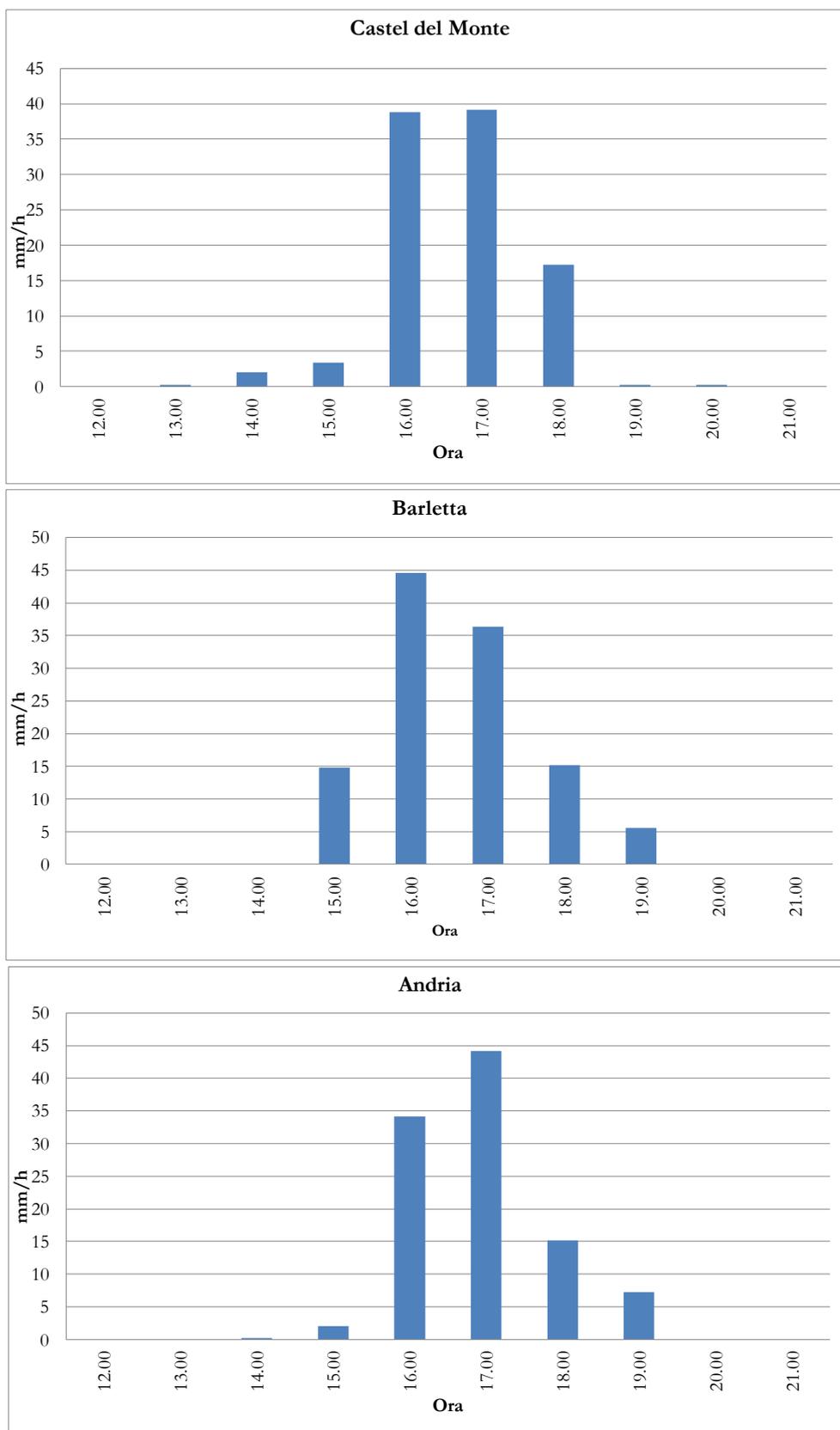
Figura 1.1 – Stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico e Mareografico della Puglia e loro aree di competenza sul bacino del Ciappetta-Camaggi

Al fine di individuare il tempo di ritorno dell'evento alluvionale, sono state ricavate le curve di possibilità pluviometrica in cui ricade il bacino di analisi. In particolare i topoiets delle stazioni di Andria e Barletta ricadono nella zona omogenea 4, mentre Castel del Monte nella zona omogenea 5. Sulla base di quanto riportato nel progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), sono state quindi applicate le seguenti equazioni 1.1 e 1.2, valide rispettivamente per la zona omogenea 4 e 5, per il calcolo del valore medio ( $\bar{x}$ ) dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata  $t$ :

$$x(t) = 24.7 t^{0.256} \quad \text{Equazione 1.1}$$

$$x(t, z) = 28.2 t^{\left[ \frac{0.628 + 0.0002z}{3.178} \right]} \quad \text{Equazione 1.2}$$

in cui  $z$  è la quota sul livello medio del mare, che per il topoiets della stazione pluviometrica di Castel del Monte è di circa 382 m s.l.m. .



**Figura 1.2** – RegISTRAZIONI pluviometriche orarie del 6 novembre 2011 nelle stazioni del Servizio Idrografico e Mareografico della Puglia

I massimi annuali di precipitazione di assegnata durata  $t$  e per fissato tempo di ritorno  $T$  sono stati quindi determinati dal prodotto del valor medio dei massimi annuali di precipitazione media per il fattore probabilistico di crescita  $K_T$  (Equazione 1.3 per la zona omogenea 4, Equazione 1.4 per la zona omogenea 5):

$$K_{t,T} = 0.5648 + 0.415 \ln T \quad \text{Equazione 1.3}$$

$$K_{t,T} = 0.1599 + 0.5166 \ln T \quad \text{Equazione 1.4}$$

Le figure 1.3 e 1.4 riportano, rispettivamente, le curve di possibilità climatica relative alle stazioni di Andria e Barletta (zona omogenea 4) e Castel del Monte (zona omogenea 5), con le rispettive massime intensità di precipitazione registrate durante l'evento del 6 novembre 2011.

Il tempo di ritorno dell'evento alluvionale è stato determinato valutando la durata critica che determina la massima portata, ovvero il tempo di corrivazione del bacino ( $t_c$ ) pari a:

$$t_c = \frac{t_L}{0.6} \quad \text{Equazione 1.5}$$

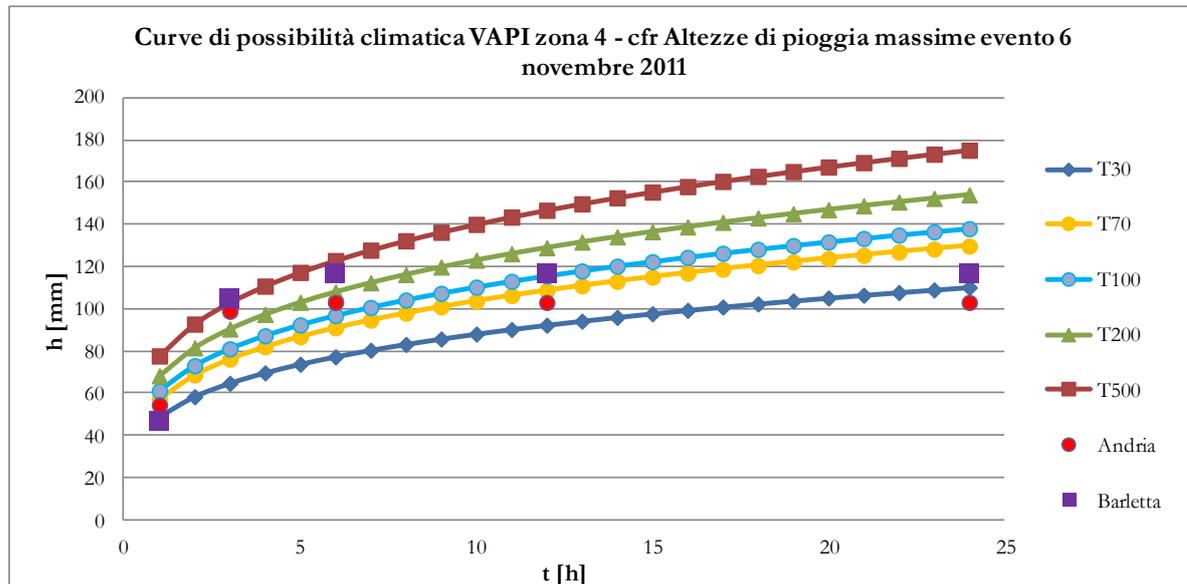
in cui  $t_L$  è il tempo di ritardo del bacino, determinato con la formula del Tulsa District::

$$t_L = C_t \cdot (L \cdot L_{ca} / S^{0.5})^m \quad \text{Equazione 1.6}$$

dove L è la massima lunghezza dalla sezione di chiusura al displuvio [mi],  $L_{ca}$  è la distanza della sezione di chiusura dal centroide del bacino [mi], S è la pendenza del massimo percorso [ft/mi], m è l'esponente di ritardo e  $C_t$  è un coefficiente dipendente dalle caratteristiche del bacino.

Dalla rappresentazione dei poligoni di Thiessen riportati nella figura 1.1 si è ricavato che il 50 % del bacino del Ciappetta-Camaggi afferisce alla stazione pluviometrica di Andria, il 48 % alla stazione di Castel del Monte, poco più dell'1 % alla stazione di Barletta ed una percentuale trascurabile alla stazione di Corato.

E' stata quindi ricostruita la pioggia media pesata e sono state tracciate le curve di possibilità pluviometrica del bacino (Figura 1.5). Sulla base di tale grafico si è visto che, in corrispondenza della durata pari al tempo di corrivazione del bacino ( $t_c$  pari a 8.18 ore) il tempo di ritorno dell'evento del 6 novembre è di 70 anni.



**Figura 1.3** – Curve di possibilità climatiche derivanti dall'applicazione del metodo VAPI (zona omogenea 4) confrontate con le massime intensità di precipitazione registrate presso le stazioni di Andria e Barletta il 6 novembre 2011

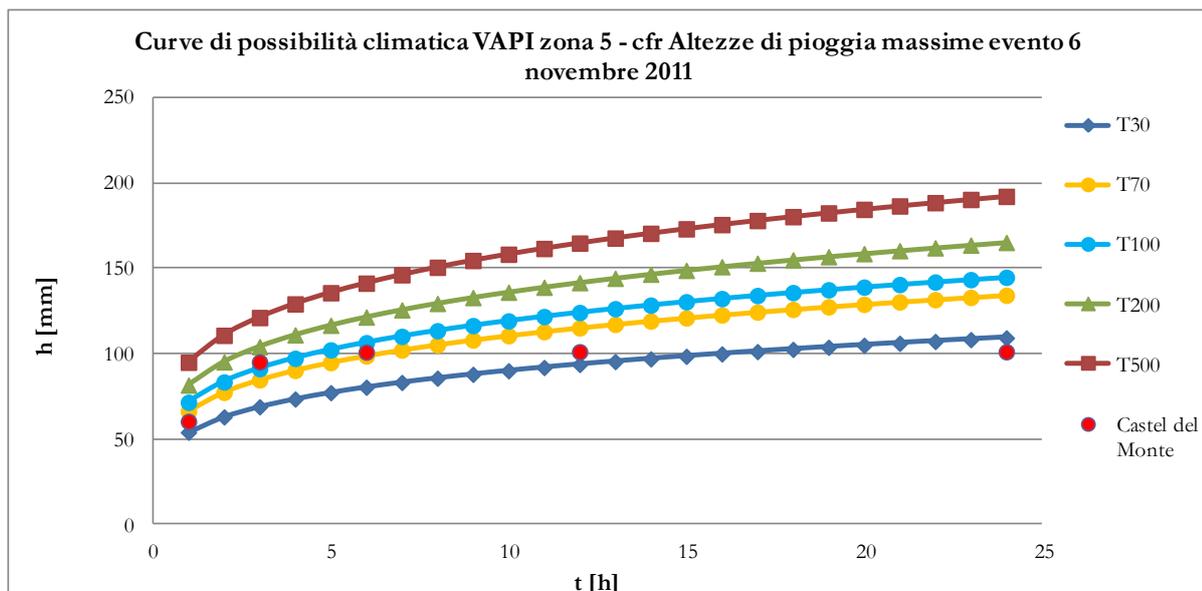


Figura 1.4 – Curve di possibilità climatiche derivanti dall'applicazione del metodo VAPI (zona omogenea 5) confrontate con le massime intensità di precipitazione registrate presso le stazioni di Castel del Monte il 6 novembre 2011

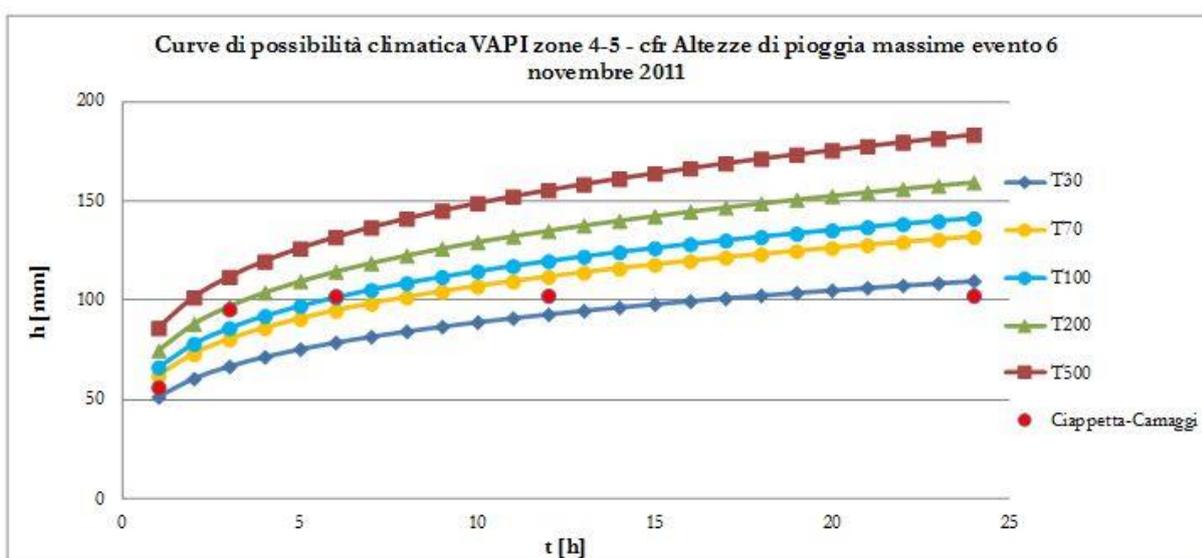


Figura 1.5 – Curve di possibilità climatiche derivanti dall'applicazione del metodo VAPI confrontate con le massime intensità di precipitazione del 6 novembre 2011 interessanti il bacino del Ciappetta-Camaggi

### 1.2.2 Gli effetti al suolo

Le violenti piogge, unite a forti raffiche di vento, verificatesi il 6 novembre 2011 hanno provocato diversi problemi in numerose zone di Barletta e Andria.

Intorno alle 17:00, in pieno temporale, sulla SS170 in direzione Barletta si è creata una fitta coda di auto e diversi guidatori, per la presenza di acqua e fango sulla strada, hanno optato per una retromarcia, percorrendo qualche centinaio di metri in controsenso per ritornare verso Andria, raggiungendo lo svincolo per Montaltino.

La pioggia torrenziale e ininterrotta ha causato l'esonazione del canale di scolo Ciappetta-Camaggi intorno alle ore 19:00 all'altezza del ponte della S.S. 170. L'esonazione del canale ha determinato l'ulteriore innalzamento del livello idrico stradale su via Milite Ignoto, via Vitrani e via Rizzitelli. Il nubifragio ha causato il riversamento di detriti, cumuli di immondizia, rami secchi e fanghiglia nei terreni adiacenti il canale e in via Callano a Barletta, impedendo quindi la percorribilità della strada che collega la città di Andria a quella di Barletta (SS170), che è stata quindi chiusa al traffico. Il livello idrico in via Andria, superato il passaggio a livello in direzione Andria, ha raggiunto l'altezza di circa 1,20 m. L'acqua ha infatti bloccato l'ingresso e l'uscita dalla porta carraia ai mezzi militari della caserma Stella. Diversi gli automobilisti costretti ad abbandonare la propria auto e a chiedere aiuto ai vigili del fuoco e agli agenti di polizia municipale.

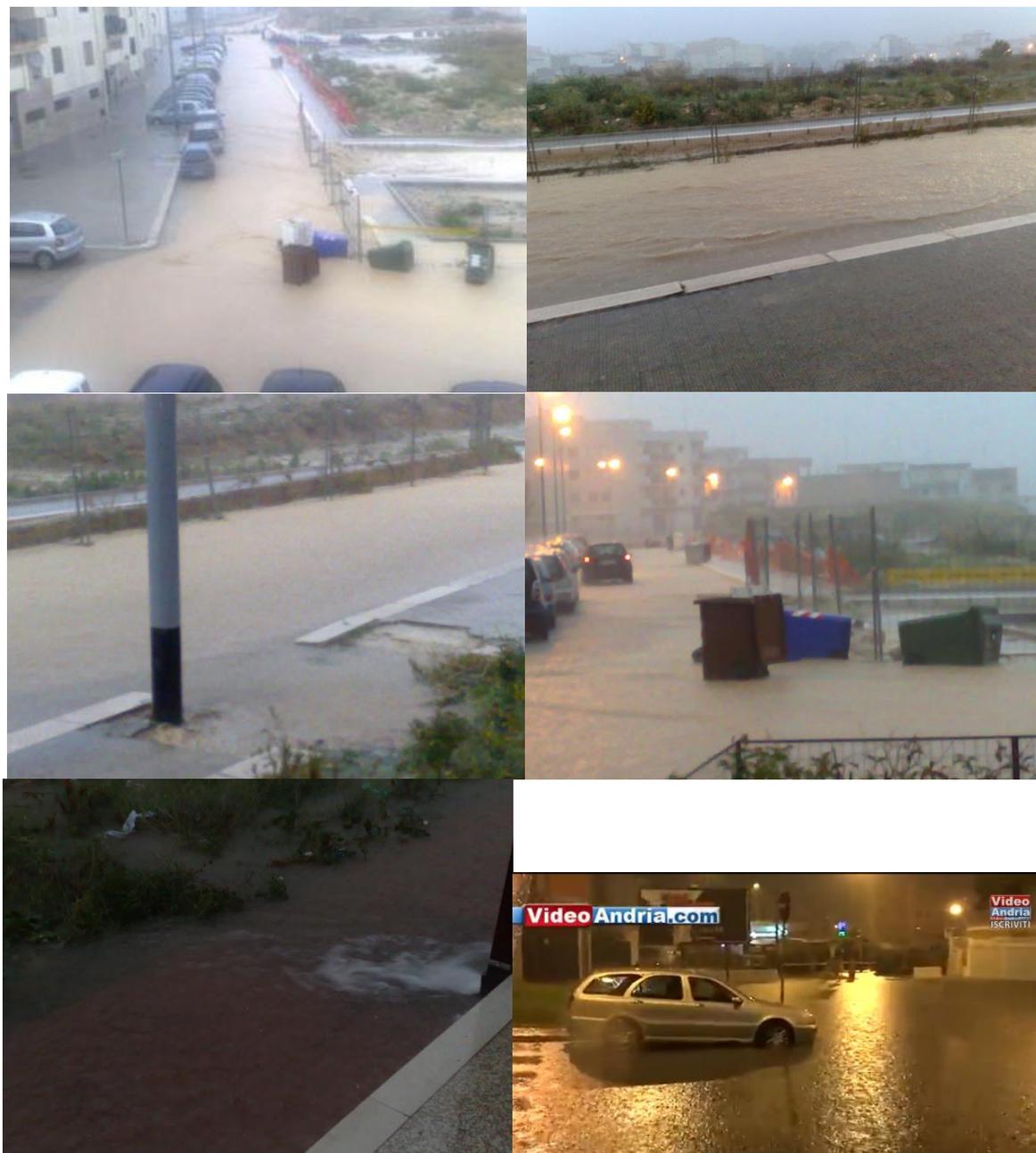
Particolarmente colpito il quartiere Patalini di Barletta. Qui volontari del nucleo di vigilanza ittico-faunistico hanno soccorso e messo in salvo i passeggeri di due auto rimaste impantanate nell'acqua e nel fango. Sempre per quanto riguarda la città di Barletta (Figura 1.6), allagamenti si sono verificati in via Trani, in via Barberini, nella zona 167, presso Parco degli Ulivi, in via Madonna della Croce, a Borgovilla, e nel sottovia pedonale di viale Marconi. Fortunatamente non si sono avuti feriti. Danneggiati anche i tombini nei pressi della rotatoria di Via Vittorio Veneto.

In viale Regina Elena i piani bassi delle ex case Ina sono state invase dall'acqua piovana, tanto che i vigili del fuoco hanno dovuto impiegare le pompe di aspirazione. Analoghi problemi per box e scantinati in varie zone della città. I sottopassi pedonali sono stati liberati dai vigili del fuoco i quali hanno liberato le vie principali, essendo chiusa via Andria, per non paralizzare il traffico. Nella città sono caduti anche alcuni pali della pubblica illuminazione.



Figura 1.6 – Conseguenze dell'evento alluvionale del 6 novembre 2011 presso il comune di Barletta

Per quanto riguarda invece il comune di Andria (Figura 1.7), per evitare problemi per il giorno 7 novembre fu disposta dal sindaco la sospensione temporanea e straordinaria delle attività didattiche di tutte le scuole di ogni ordine e grado presenti sul territorio comunale. Tra le zone più colpite di Andria, si citano il quartiere San Valentino, via Bisceglie, viale Ovidio, via Roma, viale Venezia Giulia, Piazza Bersaglieri d'Italia. la forte piogge ha anche spostato e capovolto bidoni della spazzatura. Sono stati registrati danni alle abitazioni e strade inagibili sia per le auto che per i pedoni. Critica la situazione anche verso Castel del Monte, dove una famiglia era rimasta bloccata al primo piano di un'abitazione a causa dell'acqua che aveva raggiunto il metro di altezza. Anche ad Andria, diverse le autovetture bloccate in panne sulle strade. Sospesa la partita di calcio tra Andria e Bassano.



**Figura 1.7** – Conseguenze dell'evento alluvionale del 6 novembre 2011 presso il comune di Andria

A causa dei numerosi danni registrati riguardanti strade, aziende agricole, artigianali, commerciali e industriali e abitazioni private, la giunta comunale di Barletta ha richiesto lo stato di emergenza e di calamità naturale al consiglio dei ministri.

A seguito dell'evento del 6 novembre, ad Andria sono state avviate le procedure d'urgenza necessarie per la messa in sicurezza del tratto stradale di via F. D'Aragona e la relativa sistemazione del canale a cielo aperto presente sulla stessa strada. In particolare:

- pulizia della tubazione occlusa da materiale di risulta accumulato dall'acqua di scolo;
- pulizia del canale a cielo aperto ove presenti materiali di vario genere misto a terreno precipitato dal area limitrofa costituita da area a verde;demolizione di soletta in c.a. (tratto che ricopre la tubazione interrata presente su Via F. D'Aragona) che unisce la strada al fabbricato ove presente il gommista;
- scavo in sezione ristretta fino al raggiungimento del canale di fogna bianca esistente;
- demolizione del canale in c.a. esistente e trasporto del materiale a discarica autorizzata;
- scavo per la messa in quota della piano di posa ove installare il nuovo canale tombato (con coperchio carrabile) ed il nuovo canale a cielo aperto, entrambi realizzati da blocchi in cemento prefabbricato;
- fornitura e posa in opera delle predette canalizzazioni;
- realizzazione di muro contenimento in cemento adiacente la cunetta a cielo aperto e avente come scopo quello di accogliere una barriera anticaduta fissata per tutta la lunghezza relativa al canale (circa 37 m);
- opere di ripristino e di rifinitura in modo da lasciare l'intera area oggetto di intervento priva di macerie e perfettamente idonea al passaggio degli automezzi e dei pedoni, con rifinitura anche della parte non interessata dai lavori con strato di materiale di cava (stabilizzato), binder e tappeto dell'area non oggetto dell'intervento ma di pertinenza stradale, anch'essa danneggiata dagli allagamenti.

### 1.2.3 Determinazione dell'idrogramma di piena

Partendo dai dati precipitativi descritti nel paragrafo 1.2.1, si vuole ora ricostruire l'idrogramma di piena alla foce della lama Ciappetta-Camaggi, avendo quali elementi utili alla calibrazione le informazioni raccolte e rappresentate nel paragrafo precedente.

Specificatamente si adopera un approccio a parametri concentrati basato sull'applicazione del metodo del Curve Number per la stima della pioggia netta. La portata al colmo di piena è stata ricavata con la seguente relazione:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a} \quad \text{Equazione 1.7}$$

in cui V è il volume di deflusso in mm stimato con il metodo del Curve Number, A è l'area del bacino in km<sup>2</sup> e t<sub>a</sub> è il tempo di accumulo (durata della fase crescente dell'idrogramma). Il tempo di accumulo si determina con:

$$t_a = 0.5 t_p + t_L \quad \text{Equazione 1.8}$$

dove t<sub>p</sub> è tempo di pioggia.

La tabella seguente riporta le caratteristiche morfologiche dei bacini, utili per l'applicazione delle equazioni sopra richiamate.

**Tabella 1.3** – Caratteristiche morfologiche del Ciappetta-Camaggi

Area [km <sup>2</sup> ]	137.64
Lunghezza asta principale [km]	35.73
Pendenza [%]	5
Curve Number [-]	70.09

Dall'analisi dei dati di pioggia registrati nei 5 giorni antecedenti l'evento del 6 novembre 2011 si evince che il suolo era nella condizione secca (AMCI). Nell'applicazione del metodo del Curve Number, se il bacino ha un'estensione maggiore di 30 km<sup>2</sup>, al fine di evitare una sottostima delle portate, è raccomandabile adottare il CNII in condizioni di suolo secco ed il CNIII in condizioni di suolo umido. Per queste motivazioni è stato adottato il CNII.

La metodologia descritta, in riferimento all'evento del 6 novembre 2011, ha prodotto i risultati sintetizzati nella tabella seguente:

**Tabella 1.4** – Risultati derivanti dall'applicazione del metodo del Curve Number in riferimento all'evento del 6 novembre 2011

Precipitazione cumulata [mm]	102.04
Precipitazione netta [mm]	80.36
Volume di deflusso [M m <sup>3</sup> ]	40708
Portata al colmo [m <sup>3</sup> /s]	129.98

Il valore di portata al colmo sopra riportato, ottenuto ipotizzando che la precipitazione sia stata di intensità costante, è stato confrontato con la portata al colmo con tempo di ritorno di 70 anni, che per il bacino di studio è di 138.11 m<sup>3</sup>/s.

La ricostruzione dell'idrogramma di piena, considerando invece l'intensità di pioggia reale (sulla base dei dati di pioggia registrati a intervalli di 5 minuti), è stata fatta considerando l'idrogramma unitario (relativo a un volume di deflusso pari a un millimetro) del bacino, costruito a partire dall'idrogramma adimensionale di Mockus. L'idrogramma unitario di Mockus è espresso in termini di  $Q/Q_p$  e  $t/t_a$ , in cui  $Q_p$  si ottiene dall'equazione 1.7 ponendo  $V=1$ :

$$Q_p = 0.208 \frac{A}{t_a} \quad \text{Equazione 1.9}$$

La durata della pioggia  $t_p$  che produce l'idrogramma unitario è data da:

$$t_p = 0.2 t_a \quad \text{Equazione 1.10}$$

Dalle equazioni 1.8 e 1.10 si ottiene:

$$t_a = \frac{t_L}{0.9} \quad \text{Equazione 1.11}$$

$$t_p = \frac{t_L}{4.5} \quad \text{Equazione 1.12}$$

Sono stati quindi determinati gli incrementi di deflusso relativi agli intervalli di precipitazione di durata  $t_p$  pari alla durata della precipitazione che provoca l'idrogramma unitario (Figura 1.8 a). Amplificando le ordinate dell'idrogramma unitario di Mockus con ciascuno di tali incrementi di deflusso si ottiene una serie di idrogrammi le cui ordinate sommate, per ogni istante  $t$ , forniscono quelle dell'idrogramma di piena (Figura 1.8 b).

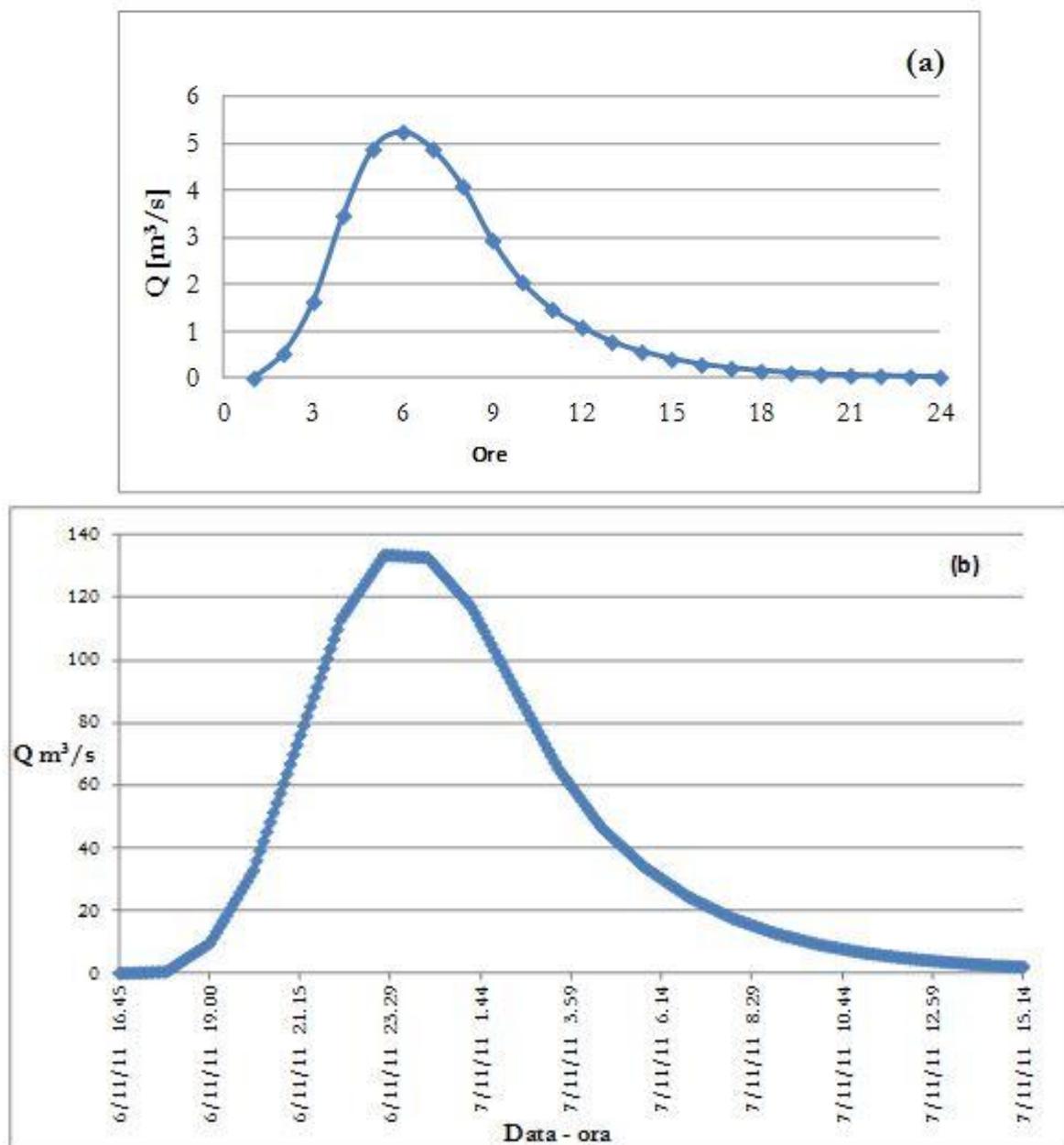
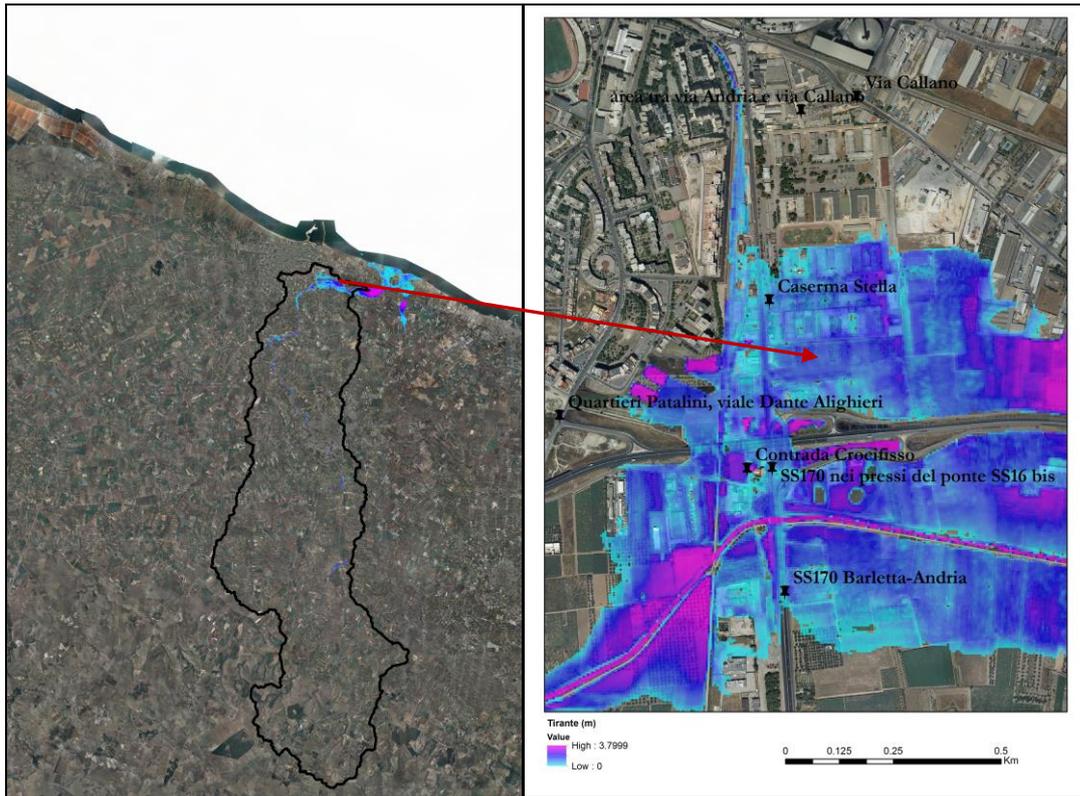


Figura 1.8 - Bacino del Ciappetta-Camaggi: idrogramma unitario (a) e idrogramma di piena (b) relativo all'evento del 6 novembre 2011

L'impronta dell'area allegata è stata infine valutata applicando una modellistica idraulica in condizioni di moto vario, per i cui dettagli si rimanda al capitolo V. Purtroppo non essendo disponibili foto aeree dell'area allagata non è stato possibile confrontarle con l'impronta dell'area allagata ottenuta con la modellazione idraulica (Fig. 1.9). Tuttavia i risultati forniti dalla modellazione sono coerenti con le testimonianze raccolte in riferimento alle aree allagate. Come si evince infatti dalla figura sotto riportata, l'esondazione del Ciappetta-Camaggi ha interessato la Caserma Stella, via Andria (S.S. 170) e Contrada Crocifisso.



**Figura 1.9-** Restituzione dell'impronta dell'area allagata fornita dalla modellazione idraulica (a sinistra: bacino del Ciappetta-Camaggi; a destra: particolare dell'area allagata con la menzione delle località interessate dall'allagamento secondo quanto riportato da fonti giornalistiche

### 1.3 I CORSI D'ACQUA DELLA PROVINCIA DI BARLETTA-ANDRIA-TRANI E IL CIAPPETTA-CAMAGGI

Si vuole ora esaminare la possibilità di assimilare la lama Ciappetta-Camaggi alle restanti lame della provincia di Barletta-Andria-Trani (Macina, Paterno e Palumbariello) attraverso un'analisi di tipo qualitativo e quantitativo al fine di rendere trasferibili a larga scala le informazioni di calibrazione derivanti dalle analisi descritte nel paragrafo precedente ai bacini non strumentati della BAT.

Il territorio di analisi si presenta prevalentemente pianeggiante e collinare e comprende parte della Valle dell'Ofanto a cavallo tra il Basso Tavoliere e la Provincia di Bari. Nell'entroterra presenta un paesaggio costituito da leggere ondulazioni e da avvallamenti, con fenomeni carsici superficiali rappresentati da puli e inghiottitoi. Dal punto di vista idrografico, si hanno incisioni di natura fluvio-carsica (lame) che hanno origine sulle alture dell'altopiano murgiano e che mostrano una configurazione "a pettine", pressoché rettilinee, parallele tra loro e perpendicolari alla linea di costa. I tratti degli alvei di queste lame più vicini al litorali sono spesso interessati dall'occupazione e dallo sfruttamento antropico. Ad esempio il canale a cielo aperto "Lama Macina" è il recapito finale del nuovo depuratore che serve il comune di Bisceglie ("Rapporto Ambientale Intermedio - VAS del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Barletta Andria Trani").

#### 1.3.1 Analisi qualitativa

L'unità fisiografica della provincia di Barletta - Andria - Trani si estende sulla Murgia e sul Tavoliere delle Puglie. L'altopiano murgiano è un rilievo tettonicamente sollevato (Horst), caratterizzato da affioramenti di rocce calcaree e dolomitiche appartenenti alla piattaforma carbonatica apula. Il Tavoliere è, invece, una grande area tettonicamente sprofondata (Graben) colmata da sedimenti clastici poggiati sulla porzione di piattaforma sprofondata.

L'ossatura rocciosa del territorio è costituita da calcari e dolomie derivanti dalla sedimentazione di carbonati di calcio e magnesio presenti nelle acque di mare e di organismi a guscio calcareo.

Nei livelli più alti della serie carbonatica sono presenti i calcari di color bianco-nocciola, a grana fine, ben stratificati e fratturati; mentre dolomie e calcari dolomitici di color grigio scuro, poco stratificati e compatti caratterizzano la parte inferiore e media. Gli strati più antichi affiorano in corrispondenza dell'anticlinale di Monte Acuto.

Seguono stratigraficamente verso l'alto i depositi calcarenitici i cui affioramenti bordano quelli calcarei. Sempre verso l'alto, si hanno argille, argille marnose e siltose grigio azzurre che si inspessiscono verso il Tavoliere.

Su tutti i litotipi descritti, lungo i fianchi vallivi e gli alvei dei corsi d'acqua si hanno sottili coperture di depositi alluvionali, a volte terrazzati; lungo le lame tali depositi sono ciottolosi-terrosi. Infine lungo la costa sono presenti depositi recenti di sabbie sciolte generalmente quarzose.

Verso l'entroterra murgiano, si ha una morfologia tipicamente carsica, dovuta a fenomeni di dissoluzione dei calcari, con assenza di un reticolo idrografico superficiale e presenza di alcune doline.

L'elevata capacità di infiltrazione dei suoli fa sì che, in corrispondenza di eventi meteorologici ordinari, i volumi di pioggia caduti vengano assorbiti dal sottosuolo, mentre in corrispondenza di eventi di particolare intensità, ovvero che si susseguono senza soluzione di continuità, si ha l'attivazione del reticolo idrografico. Quest'ultimo può assumere la caratteristica tipica dei deflussi torrentizi in grado di veicolare elevati volumi di acqua e di fango per percorsi idraulici lunghi decine di chilometri sino a mare.

Il sottosuolo carbonatico, permeabile per fratturazione e carsismo, contiene un'estesa falda profonda di acqua dolce che galleggia sull'intrusione marina sottostante e che viene alimentata dalle acque meteoriche che cadono e abbondantemente si infiltrano sulla superficie carsificata del rilievo murgiano (Quarto R., <http://andriarte.it/Habitat/documenti/Geologia%20del%20territorio.html#pagina>).

I principali corsi d'acqua temporanei della provincia BAT sono: la lama del Ciappetta-Camaggi, Palumbariello, Paterno e Lama di Macina che verranno meglio descritti nel paragrafo a seguire.

### 1.3.2 Analisi quantitativa

Si vuole ora esaminare la possibilità di assimilare la lama Ciappetta - Camaggi alle restanti lame della provincia di Barletta-Andria-Trani: lama di Macina, Palumbariello e Paterno (Figura 1.10), sulla base di affinità riguardanti le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche e di uso del suolo.

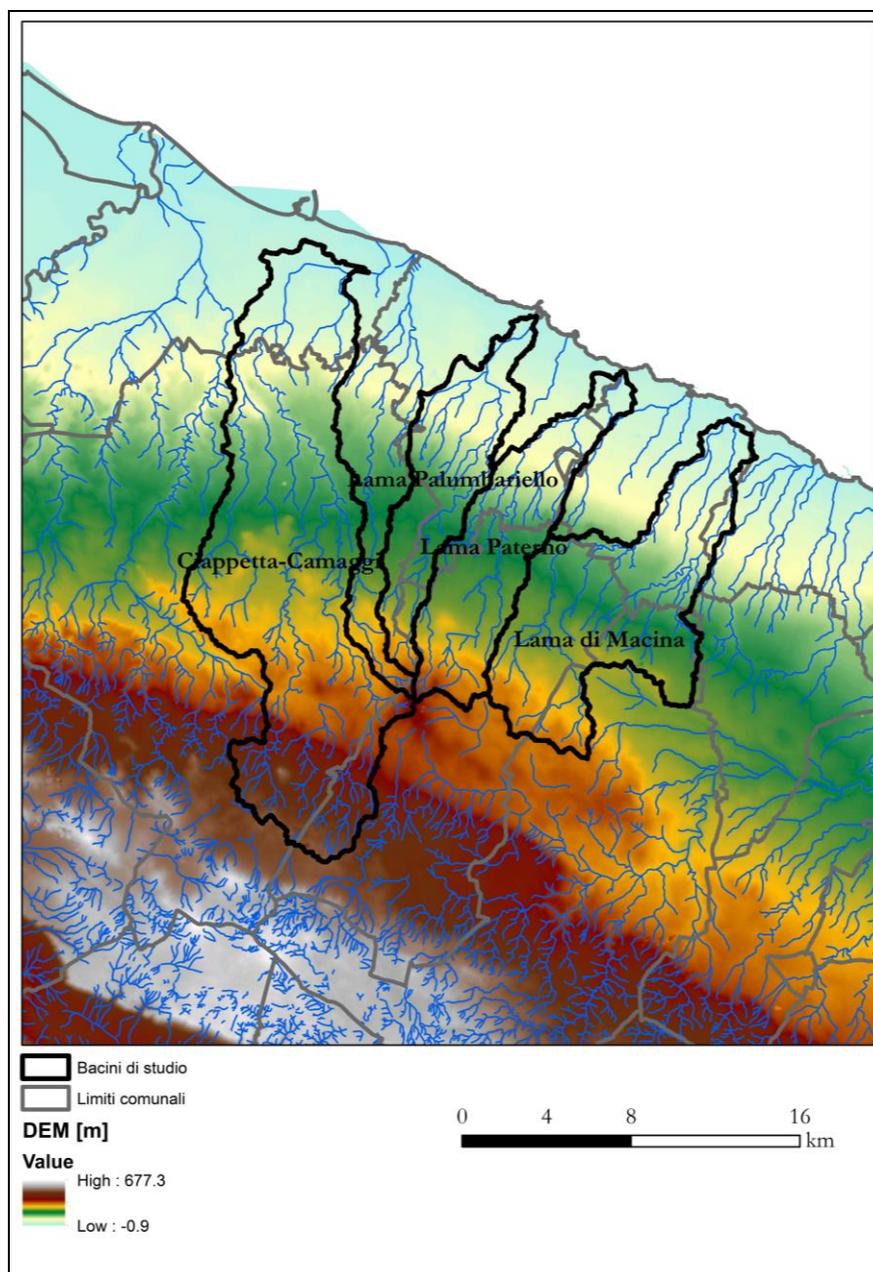


Figura 1.10- Rappresentazione cartografica dei bacini di studio

Dal punto di vista geolitologico, il territorio in esame è caratterizzato dalla presenza di calcari, calcareniti e depositi alluvionali (Tabella 1.5). Per quanto riguarda l'uso del suolo si nota la presenza di uliveti, seminativi, vigneti, e tessuto urbano e industriale (Tabella 1.6).

In particolare, il bacino del Ciappetta-Camaggi è caratterizzato dalla presenza predominante dei calcari detritici, biancastri appartenenti alla Formazione del Calcare di Bari e dalle calcareniti giallastre, costituite da litoclasti calcarei e da bioclasti appartenenti alla Formazione della Calcarenite di Gravina. In percentuale minore si hanno anche i depositi alluvionali sabbiosi, ciottolosi e terrosi.

Analizzando l'uso del suolo, predominano nella lama del Ciappetta-Camaggi le colture agricole, in particolare uliveti (47 %), seminativi (18 %) e vigneti (9 %), la percentuale di suolo impermeabile per la presenza del tessuto urbano e industriale è invece circa del 5 %.

**Tabella 1.5** – Analisi quantitativa relativa alle Formazioni geologiche prevalenti (valori percentuali)

	<b>Calcarea di Bari</b>	<b>Calcarenite di Gravina</b>	<b>Depositi alluvionali terrosi e ciottolosi</b>
<b>Ciappetta - Camaggi</b>	62.86	19.02	11.56
<b>Lama di Macina</b>	85.95	7.26	3.96
<b>Lama Palumbariello</b>	71.40	19.07	5.83
<b>Lama Paterno</b>	80.42	11.91	6.87

**Tabella 1.6** – Analisi quantitativa relativa alle classi di uso del suolo prevalenti (valori percentuali)

	<b>Uliveti</b>	<b>Seminativi</b>	<b>Vigneti</b>	<b>Urbano e industriale</b>
<b>Ciappetta - Camaggi</b>	47.01	18.42	8.56	5.18
<b>Lama di Macina</b>	74.86	3.26	4.96	8.69
<b>Lama Palumbariello</b>	68.41	11.63	9.82	2.11
<b>Lama Paterno</b>	40.18	6.83	5.77	1.24

Le restanti lame della provincia della BAT presentano caratteristiche assolutamente confrontabili da un punto di vista geolitologico, essendo costituiti prevalentemente da calcarea appartenente alla Formazione del Calcarea di Bari e da calcarenite della Formazione della Calcarenite di Gravina; in corrispondenza degli impluvi sono stati rilevati depositi alluvionali. La copertura del suolo è simile a quella del bacino del Ciappetta-Camaggi, in cui prevalgono nettamente gli uliveti. .

Le aree urbane e industriali sono presenti in bassa percentuale nelle lame analizzate, variando dall'1 % nella lama Paterno al 9 % nella lama di Macina.

Sulla base di considerazioni effettuate sulla Carta di Uso del Suolo in scala 1:5.000 della Regione Puglia fornita dal Sistema Informativo Territoriale della Regione e sulla Carta Geolitologica della Puglia in scala 1:250.000, redatta dal Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università di Bari e validata dall'AdB Puglia (2009), è stato calcolato il *Curve Number* medio per ogni bacino idrografico (v. capitolo III). Per il Ciappetta - Camaggi tale valore è risultato essere pari a 71 (Tabella 1.7), valore pressoché identico rispetto alle restanti lame analizzate (70 per la lama di Macina e 69 per la lama Palumbariello e Paterno).

Tabella 1.7 – Analisi quantitativa relativa al valore del *Curve Number*

	Ciappetta - Camaggi	Lama di Macina	Lama Palumbariello	Lama Paterno
Valore medio [-]	71.34	70.35	69.43	69.18
Deviazione standard [-]	11.43	9.33	12.66	10.98

I dati relativi alla litologia, all'uso del suolo e al Curve Number appena citati mostrano una buona omogeneità tra il bacino di calibrazione e le restanti lame della provincia di BAT. Si vuole sottolineare che le modeste differenze presenti non impediscono l'adozione di un unico modello idrologico, calibrato sul bacino del Ciappetta-Camaggi ed esteso sull'intero territorio, considerato che la risposta idrologica resta comunque funzione dell'estensione del bacino e del grado di antropizzazione, che gioca un ruolo nella definizione dei tempi caratteristici del bacino idrografico.

Si esaminano invece ora, con riferimento a tutti i bacini di analisi, i valori di alcuni parametri classici di carattere morfometrico, abitualmente adoperati in linea tecnica per classificare il comportamento dei bacini dal punto di vista idrografico e idrologico in termini di generazione di eventi estremi. A questo proposito con riferimento ai parametri indicati in tabella 1.8, utilizzando le ormai usuali procedure di calcolo basate su tecniche GIS, è stato possibile predisporre la tabella 1.9, nella quale sono riportati i valori medi di tali parametri con riferimento a tutti i bacini di studio. Di particolare interesse risultano i parametri quali la dimensione frattale, la pendenza e i rapporti hortoniani, che determinano la risposta idrologica del bacino idrografico. L'esame della tabella 1.9 evidenzia come tali valori siano in media assai poco discosti tra di loro e spesso quasi coincidenti, a conferma della uniformità morfometrica dei bacini.

Un valido supporto all'analisi svolta è offerto dalle curve ipsometriche dei bacini esaminati. In figura 1.11, per rendere tra di loro confrontabili le curve, queste sono state tracciate in termini adimensionali (avendo riferito quote e superfici rispettivamente al valore massimo e all'area sottesa alla sezioni di chiusura). E' dunque riportata in ordinata la quota della fascia altimetrica  $h_i$  rapportata al valore massimo  $h_{max}$  ed in ascissa la superficie  $A_i$  posta a quota maggiore o eguale ad  $h_i$  rapportata alla superficie dell'intero bacino  $A_{max}$ .

Si può subito osservare come le curve siano tra di loro pressoché contigue pur nella diversità delle caratteristiche di ciascun bacino esaminato, avvallando la condizione iniziale di pressoché omogeneità dei dati dei diversi bacini idrografici considerati.

A ulteriore conferma di quanto sinora espresso si riporta la figura 1.12, nella quale è riportato l'andamento dell'indice mensile satellitare denominato NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), valutato al solito sia per la lama Ciappetta - Camaggi che per gli altri bacini. L'NDVI è dato dalla combinazione della riflettanza nella banda del rosso, correlata all'assorbimento della luce da parte della clorofilla, e la riflettanza nella banda dell'infrarosso vicino, legata alla densità e struttura della vegetazione. E' un indice adimensionale che varia nell'intervallo tra -1 e 1, assumendo valori maggiori in presenza di vegetazione (con elevata attività fotosintetica) e valori minori in corrispondenza di superfici non vegetate o con attività fotosintetica debole. Più dettagliatamente, valori negativi dell'NDVI corrispondono all'acqua, valori vicini a zero ma positivi (da 0 a 0.1) corrispondono ai suoli e valori più alti, da 0.2 a 0.6 indicano la presenza di superfici vegetate, con valori massimi attorno a 0.8 per vegetazione molto densa. Ciò dipende dal fatto che la vegetazione, a differenza delle superfici brulle o poco vegetate, riflette la radiazione solare relativamente molto di più nel vicino infrarosso che nel visibile. Dall'analisi della figura 1.12, ricavata dalle immagini satellitari mensili del sensore NOAA-AVHRR relative all'anno 1998, si evince che mediamente non ci sono apprezzabili differenze tra i bacini in termini di NDVI mensile in quanto le linee riportate nel grafico appaiono tra di loro contigue, a testimonianza dell'appartenenza ad un unico territorio geografico.

Infine, per quanto concerne l'analisi delle precipitazioni, il bacino del Ciappetta-Camaggi ricade prevalentemente nella zona omogenea 4, mentre la parte montana ricade nella zona omogenea 5.

Nell'allegato 1.3.1 sono individuate le zone omogenee insieme alle stazioni pluviometriche aggiornate al 2012 della Struttura di Monitoraggio Meteorologico del Centro Funzionale Regionale (già Ufficio Idrografico e Mareografico), con i relativi topoi di competenza. Ad integrazione del quadro conoscitivo sono state cartografate anche le stazioni dell'Assocodipuglia, così come illustrato nel paragrafo 1.4. L'area di studio ricade nelle zone omogenee 4 e 5; in particolare il Ciappetta-Camaggi e la lama Palumbariello ricadono prevalentemente nella zona omogenea 4 (rispettivamente per il 67 e l'84 %), lama Paterno per il 75 % nella zona 5 e lama di Macina ricade completamente nella zona 5.

Tabella 1.8 – Parametri morfometrici

Superficie del bacino [km <sup>2</sup> ]	$A$
Perimetro del bacino [km]	$P$
Dimensione frattale [-]	$D$
Lunghezza dell'asta principale [km]	$L$
Pendenza media dell'asta principale [m/m]	$i_m$
Pendenza media dei versanti [m/m]	$i_v$
Lunghezza del vettore di orientamento [km] Il vettore di orientamento è il segmento che unisce il baricentro del bacino con la sua sezione di chiusura	$L_v = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$
Quota media del bacino [m. s.l.m.]	$Z_{mean}$
Tempo di ritardo [ore]	$t_L$
Tempo di corrivazione [ore]	$t_c$
Rapporto di circolarità [-] E' il rapporto tra l'area del bacino e quella del cerchio avente lo stesso perimetro del bacino. Più il bacino presenta una forma circolare più il valore di tale rapporto è prossimo ad 1	$R_C = \frac{4\pi A}{P^2}$
Rapporto di allungamento [-] E' il rapporto tra il diametro del cerchio di area uguale a quella del bacino e la lunghezza dell'asta principale del bacino	$R_{AL} = \frac{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{L}$
Coefficiente di compattezza [-] E' il rapporto tra il perimetro del bacino e il diametro del cerchio avente la stessa area del bacino	$C_{COMP} = \frac{P}{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}$
Fattore di forma di Horton [-] E' il rapporto tra l'area del bacino e il quadrato della lunghezza dell'asta principale del bacino	$R_K = \frac{A}{L^2}$
Rapporto delle lunghezze [-] E' il rapporto tra la lunghezza del vettore orientamento e la lunghezza dell'asta principale del bacino	$R_L = \frac{L_v}{L}$

Tabella 1.9 – Valori medi dei parametri della tabella 1.5 per i bacini di analisi

MEDIA	Ciappetta - Camaggi	Lama di Macina	Lama Palumbariello	Lama Paterno
A [km <sup>2</sup> ]	169.15	89.94	47.29	57.77
P [km]	91.19	66.94	64.59	52.25
D [-]	1.123	1.01	1.229	1.09
L [km]	43.49	29.15	23.65	26.12
i <sub>m</sub> [m/m]	0.012	0.015	0.015	0.015
i <sub>v</sub> [m/m]	0.047	0.038	0.04	0.042
L <sub>V</sub> [km]	14.20	10.25	8.87	10.10
Z <sub>mean</sub> [m]	242.76	182.25	147.82	182.25
t <sub>L</sub> [h]	10.1	8.35	3.44	7.47
t <sub>C</sub> [h]	16.78	13.92	4.88	12.46
R <sub>c</sub> [-]	0.26	0.25	0.14	0.27
R <sub>AL</sub> [-]	0.34	0.37	0.33	0.33
C <sub>COMP</sub> [-]	6.21	6.28	8.32	6.09
R <sub>K</sub> [-]	0.089	0.11	0.08	0.08
R <sub>L</sub> [-]	0.33	0.35	0.38	0.39

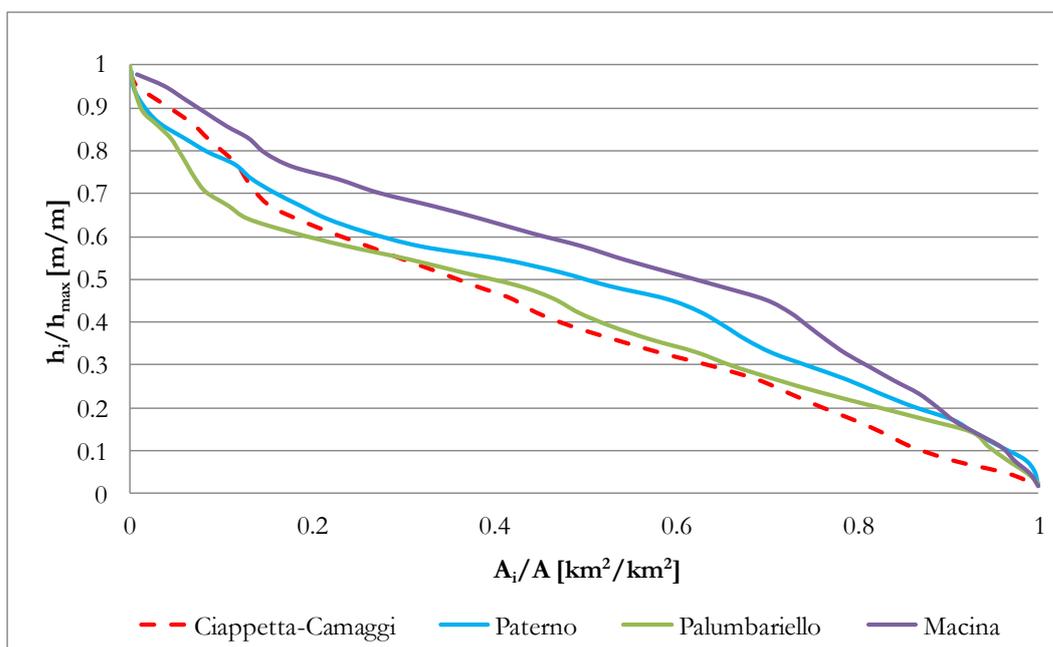


Figura 1.11 - Curve ipsometriche relative ai bacini di studio

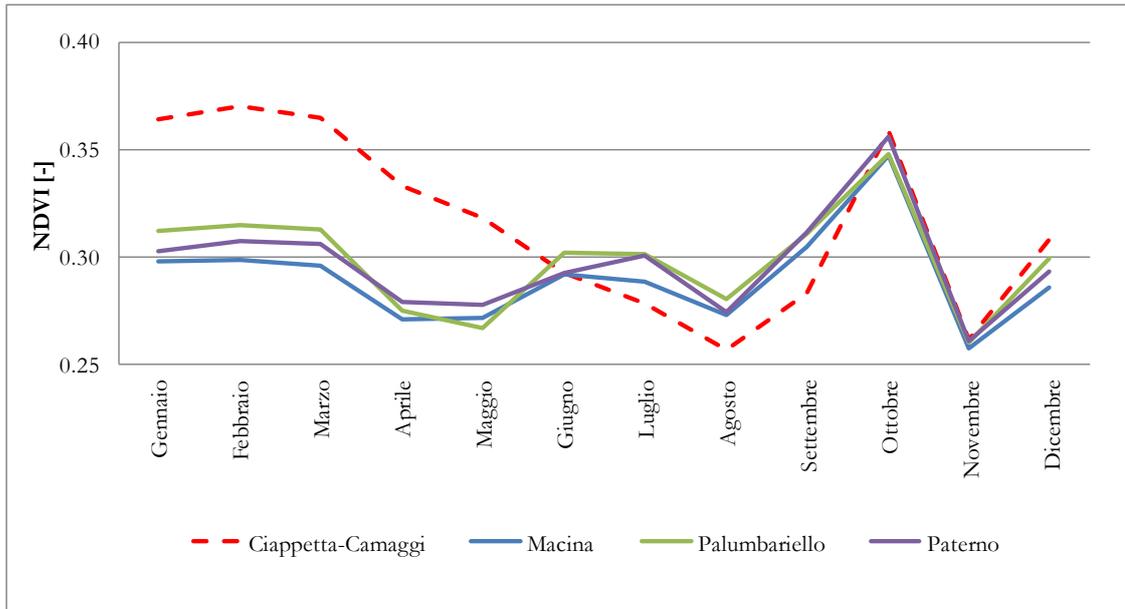


Figura 1.12 – Andamento mensile dell'NDVI medio ponderato relativo ai bacini di analisi (anno 1998)

## 1.4 LE STAZIONI PLUVIOMETRICHE

In questo paragrafo si vuole dare puntuale rappresentazione delle stazioni pluviometriche presenti sul territorio che possono andare ad integrare quelle del Servizio Idrografico e Mareografico della Regione Puglia, al fine di incrementare il quadro conoscitivo utile agli studi idrologico-idraulici.

Nell'allegato 1.3.1 sono quindi cartografate, ed elencate nell'allegato 1.3.2, le stazioni pluviometriche oggetto di ricognizione, aggiornate al 2012, appartenenti alla Struttura di Monitoraggio Meteorologico del Centro Funzionale Regionale (già Ufficio Idrografico e Mareografico), con i relativi topoi di competenza, e le stazioni della rete Assocodipuglia.

### 1.4.1 La rete della SMM-CFR Puglia

Si riporta di seguito, per eshaustività, quanto pubblicato sul sito della Protezione Civile Regionale, relativamente al 'Centro Funzionale Regionale e Struttura di Monitoraggio Meteorologico'.

*La Struttura di Monitoraggio Meteorologico del Centro Funzionale Regionale (già Ufficio Idrografico e Mareografico) svolge le attività "storiche" di rilevamento, validazione, archiviazione e pubblicazione delle grandezze climatiche, idrologiche ed idrografiche interessanti il reticolo idrografico superficiale e sotterraneo tra il bacino del torrente Candellaro e quello del fiume Lato, compreso il bacino interregionale del fiume Ofanto. Tali attività sono fonte di dati indispensabili per la conoscenza dei fenomeni naturali di carattere meteorologico ed idrologico che sono supporto imprescindibile per la progettazione delle opere idrauliche di utilizzazione delle risorse idriche e di difesa dai rischi indotti dagli eventi estremi.*

*La Struttura, istituita sin dal 1917 come Sezione autonoma del Genio Civile, è stata trasferita alla Regione Puglia a seguito del D.P.C.M. 24.07.2002 ed è incorporata nel Servizio Protezione Civile con le competenze di cui agli artt. 22 e 23 del DPR 24.01.1991, n.85.*

*Le attività si possono sintetizzare nello studio, rilevamento e analisi dei fenomeni fisici e nella conservazione, pubblicazione e divulgazione dei dati e delle informazioni di carattere meteo-climatico, idrologico e idraulico. La Struttura ha provveduto a dare massima diffusione ai dati rilevati dalle stazioni di monitoraggio con la pubblicazione degli Annali Idrologici e tramite il sito del Servizio.*

*La struttura degli Annali, modificata nel corso degli anni, si presenta articolata su due fascicoli (parte prima e parte seconda). Nel primo sono trattate la termometria, la pluviometria e la meteorologia e sono contenuti i seguenti elementi:*

- a) Termometria: Massime e minime temperature giornaliere e valori medi estremi delle temperature mensili;*
- b) Pluviometria: Totali giornalieri – totali mensili e annui - precipitazioni massime di 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive - massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi - precipitazioni di notevole intensità e breve durata e manto nevoso (elaborato e pubblicato sino all'anno 2000);*
- c) Meteorologia: Pressione atmosferica - umidità relativa e vento al suolo.*

*Nel secondo, sono trattati i corsi d'acqua ed ai relativi bacini e sono contenuti i seguenti dati e tabelle: afflussi meteorici su alcuni bacini - altezze idrometriche giornaliere - portate e bilanci idrologici - osservazioni freatiche - trasporto torbido - indagini, studi idrologici, ed eventi di carattere eccezionale (in questo capitolo conclusivo vengono descritti, qualora si verificano, i fenomeni eccezionali come alluvioni o lunghi periodi di siccità). Alcuni Annali Idrologici hanno, in allegato, elaborazioni cartografiche relative alle isoiete e/o alle isoterme, osservate nel corso dell'anno.*

*La Struttura ha avviato un processo di armonizzazione e potenziamento del sistema di rilevamento dei dati meteorologici con strumentazioni elettroniche in telemisura in pregio ai principi di economicità efficienza ed efficacia. Nelle more della stampa degli Annali Idrologici successivi all'anno 1996, si ritiene utile promuovere sul portale web la diffusione dei seguenti dati:*

- a) Annali Idrologici – parte prima, per gli anni dal 1997 al 2009;*
- b) Valori termo-pluviometrici storici medi ed estremi;*
- c) Elaborazioni grafiche rilevate presso alcune stazioni.*

*Gli Annali Idrologici, pubblicati dall'Ufficio di Bari, dal 1921 al 1996, per il territorio di propria competenza, sono consultabili presso la sede della Struttura, insieme alle principali pubblicazioni edite nel corso della sua storia istituzionale.*

Essendo assente sul territorio carsico pugliese una rete di monitoraggio idrometrico, la rappresentazione cartografica in allegato 1.3.1 riporta le sole stazioni pluviometriche e i relativi topoi, individuati dallo shapefile reperibile con il corrispettivo kmz in [\\ALL\_1\_ANALISI\_CONOSCITIVA\RETI\_PLUVIOMETRICHE\Stazioni\_IdroPluviometriche\_2014\_SMP Puglia].

Nell'allegato 1.3.2 sono elencate le stazioni di riferimento, descritte attraverso i seguenti campi:

Nome (label)	RH=umidità aria
Tipo: Radio o GSM	VV=velocità del vento
Località	DV=direzione del vento
Provincia	RS=radiazione solare
Coordinata X e Y in UTM WGS84	PA=pressione atmosferica
PP=pluviometrica	MSLDM=metri su livello medio mare
TA=temperatura	
LV=livello idrico	

#### 1.4.2 La rete Assocodipuglia

Ad integrazione del quadro conoscitivo sono state cartografate nell'allegato 1.3.1 anche le stazioni dell'Associazione Regionale dei Consorzi di Difesa della Puglia, denominata ASSOCODIPUGLIA, istituita con legge regionale n. 24 dell'11 maggio 1990 (Bollettino uff. della Regione Puglia n. 97 del 4/6/90 art. 11). La Banca Dati del Servizio Agrometeorologico della Regione Puglia rende disponibili le grandezze meteorologiche e agrometeorologiche, rilevate da alcune stazioni negli ultimi due giorni. Mentre i dati storici di tutte le stazioni possono comunque essere richiesti, come forniture una-tantum o continuative, all'Assocodipuglia tramite registrazione.

Nell'allegato 1.3.2 è presente l'elenco delle stazioni, denominate attraverso il campo 'codice stazione', fornito dall'Assocodipuglia. Per ogni stazione è indicata la data di inizio e quella di fine registrazione. Lo shapefile puntuale e il corrispettivo kmz è reperibile in [\\ALL\_1\_ANALISI\_CONOSCITIVA\RETIPLUVIOMETRICHE\stazioni\_assocodipuglia] e presenta i seguenti campi descrittivi dei record:

str_1: codice della stazione (label)
dbl_1: latitudine
dbl_2: longitudine
str_2: località

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle della BAT.*

## Rilievi topografici – II

## ALLEGATI



- 2.1 - I corsi d'acqua della BAT con area contribuente maggiore uguale di 25 km<sup>2</sup>
- 2.2 - Copertura Lidar nell'area della BAT
- 2.3.1 – Rilievo degli attraversamenti idraulici nell'area della BAT
- 2.3.2 - Scheda monografica degli attraversamenti idraulici
- 2.3.3 - Elenco attraversamenti idraulici rilevati
- 2.3.4 - Caratteristiche geometriche degli attraversamenti minori
- 2.4.1 a - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Ciappetta-Camaggi A TAV.1
- 2.4.1 b - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Ciappetta-Camaggi B TAV.2
- 2.4.1 c - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico del Ciappetta-Camaggi B-C TAV.3
- 2.4.2 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico della Lama Paterno
- 2.4.3 - Rappresentazione vettoriale del modello geometrico della Lama di Macina

## ARCHIVIO DIGITALE



- \IDROGRAFIA
  - Reticolo 25 km<sup>2</sup> (shp e kmz)
  - Bacini idrografici 25 km<sup>2</sup> (shp e kmz)
- \LIDAR
  - Coperture Lidar (shp)
  - Tavolette Lidar (ascii)
- \ATTRAVERSAMENTI\_IDRAULICI
  - Attraversamenti idraulici rilevati (shp e kmz)
  - Schede monografiche dei rilievi
- \MORFOLOGIA
  - Sezioni trasversali 3D (shp e kmz)



Obiettivo di questa fase è l'integrazione del rilievo topografico disponibile e la restituzione in formato vettoriale della morfologia dei corsi d'acqua indagati, con la definizione di un rappresentativo numero di sezioni trasversali, estese fino al limite della fascia di pertinenza fluviale, comprensivo del rilievo di dettaglio di tutti i manufatti interferenti con le predette aree di pertinenza.

## 2.1 I CORSI D'ACQUA PRINCIPALI DELLA PROVINCIA BAT

I corsi d'acqua indagati sono quelli aventi bacino idrografico maggiore uguale di 25 km<sup>2</sup>, , coperti da rilievo LIDAR, così come rappresentate nella tavola allegata 2.1, codificate secondo la seguente tabella. I bacini idrografici e il corso principale dei corsi d'acqua sono riportati in forma vettoriale nella cartella [\\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\IDROGRAFIA], sia come shapefile che come kmz.

**Tabella 2.1** – Codifica dei corsi d'acqua

BACINO
CIAPPETTA-CAMAGGI [BAT01]
LAMA PALUMBARIELLO [BAT02]
LAMA PATERNO [BAT03]
LAMA DI MACINA [BAT04]

La base geometrica per la creazione dei vettoriali rappresentanti la morfologia dei corsi d'acqua è costituita, in ordine di priorità, da:

- 1) rilievi LIDAR, acquisiti a partire dal 25 gennaio 2010, mediante intese avviate con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare;
- 2) DTM con cella di 8 m derivante dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 della Regione Puglia.

Tale base geometrica è infine integrata da:

- 3) rilievi di campo dei canali artificiali;
- 4) rilievi delle opere di attraversamento idraulico.

Per i corsi d'acqua principali sono quindi realizzati modelli Hec-Ras, mediante procedimento Hec-GeoRAS implementato in ambiente GIS. Tale procedura consente sia la restituzione vettoriale che la definizione tabellare di sezioni trasversali tracciate, con passo significativo, lungo l'asse dei corsi d'acqua. Inoltre, nei modelli è possibile inserire la rappresentazione geometrica dei principali attraversamenti idraulici, avvalendosi di accurati rilievi in campo e documentazione fotografica. Il sistema di riferimento adottato è il WGS84-UTM 33 N.

## 2.2 I RILIEVI LIDAR

Il LIDAR (*Light Detection and Ranging*) è una tecnica di telerilevamento attivo che consente l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione e ad elevata velocità di acquisizione dei dati, attraverso un laser scanner, installato su di un aereo, costituito da un trasmettitore (laser), un ricevitore (composto da un telescopio) ed un sistema di acquisizione dei dati.

Nel dettaglio, il distanziometro laser emette una quantità prestabilita di impulsi ad alta frequenza che viene deviata perpendicolarmente da uno specchio rotante. Maggiore è il numero di impulsi, maggiore è l'accuratezza del rilievo. L'intensità del segnale riflesso e la quota del terreno, calcolata sulla base del tempo trascorso tra il segnale emesso e quello riflesso, vengono registrati da un sensore.

All'interno del velivolo sono presenti un sistema di posizionamento satellitare (GPS) ed un sistema inerziale di navigazione (INS), che consentono di determinare la posizione e l'orientamento dell'aereo in ogni istante. A terra sono invece posizionate stazioni GPS sui vertici di una rete geodetica appositamente creata, al fine di poter correggere la posizione dell'aereo nella fase di post-processing dei dati.

Sulla base della dimensione e della forma della superficie che si vuole scansionare si organizzano i piani di volo; la raccolta dei dati avviene tramite ricognizione su predefinite aree del territorio, dette "strisce". La larghezza di queste strisce è funzione di vari elementi, come le caratteristiche dello scanner impiegato, il tipo e la risoluzione del rilievo che si vuole ottenere e l'altezza di volo.

Il processo di elaborazione dei dati può essere sintetizzato nelle seguenti fasi:

1. stima della traiettoria e dell'orientazione del sensore tramite il sistema di posizionamento satellitare ed il sistema inerziale di navigazione;
2. generazione dell'archivio di punti registrati con le relative coordinate e quote;
3. classificazione dei punti sulla base dell'altezza e dell'intensità del segnale riflesso, attribuendo un ben preciso significato fisico agli elementi rilevati;
4. generazione dei modelli digitali del terreno o della superficie (DTM, DSM).

I punti acquisiti dal rilievo LiDAR sono quindi trattati dal punto di vista della georeferenziazione e successivamente classificati in base all'appartenenza al terreno o al "non - terreno" (edifici, pali, tralicci, copertura vegetale). Tale procedura si effettua mediante algoritmi automatici e semi - automatici che consentono di ricavare da tali nuvole di punti modelli a maglia regolare. I DSM - *Digital Surface Model* rappresentano sia i terreni aperti che le sommità di manufatti, edifici e specie vegetali. L'eliminazione degli oggetti solidi in elevazione e la sostituzione con porzioni di superficie ottenute per interpolazione dei valori circostanti, consente di ottenere i modelli digitali del solo terreno, ovvero i DTM - *Digital Terrain Model*. La differenza tra DSM e DTM è rappresentata nella figura di seguito riportata.

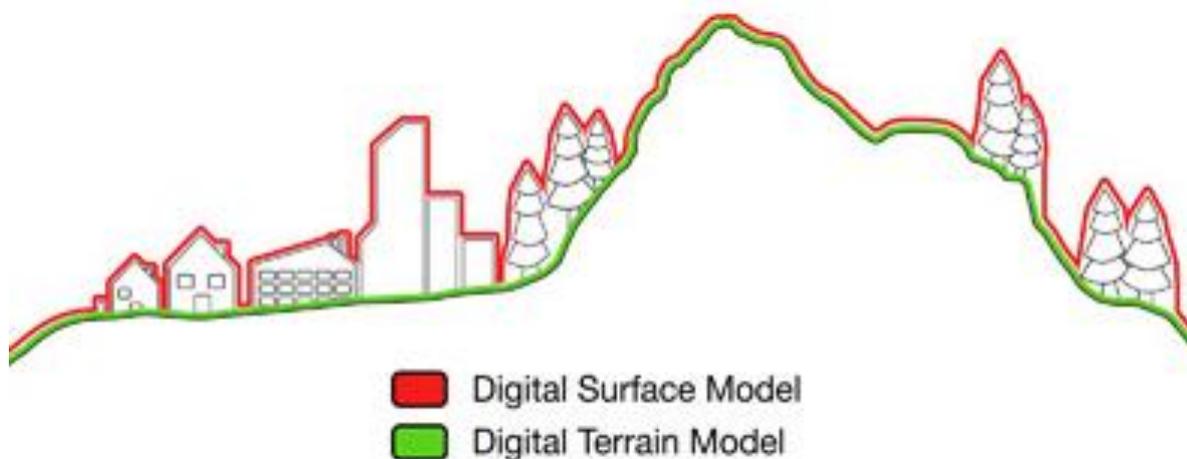


Figura 2.1 – Differenza tra DSM e DTM

La copertura dei rilievi LIDAR acquisiti è rappresentata dalla cartografia allegata 2.2. Si condividono inoltre i grigliati delle tavolette in [\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\LIDAR]. Il sistema di riferimento delle tavolette è il Sistema di Coordinate Geografiche WGS-84. La copertura riguarda il reticolo idrografico con area contribuente di 25 kmq, la fascia costiera e altre aree critiche. Le coperture sono individuate dagli shapefile in WGS84-UTM33N in [\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\LIDAR\Coperture], uno per ogni campagna di rilievo, secondo l'associazione in tabella 2.2. Il nome delle tavolette è indicato nel campo 'tavola' degli shapefile. Le tavolette, in formato ascii, sono archiviate nei file .zip, denominati con la sigla del rispettivo shapefile relativo al progetto di copertura LIDAR.

**Tabella 2.2** – Codifica delle campagne di rilievo

_01:	progetto Miadra
_02:	estensione progetto Miadra
_03:	progetto PST_A
_03C:	progetto PST_A fascia costiera

Nell'allegato cartografico sono inoltre rappresentati i rilievi LIDAR che verranno acquisiti dalla nuova campagna di copertura del MATTM, nonché le aree il cui rilievo sarà oggetto di specifico bando. Lo shape-file di tali aree è incluso nella cartella [\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\LIDAR\Coperture].

## 2.3 IL RILIEVO DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO

L'Autorità di Bacino della Puglia ha realizzato un *database* degli attraversamenti idraulici del reticolo idrografico con la rete stradale e ferroviaria. Tale *database* vuole rappresentare un incremento del quadro conoscitivo con una duplice finalità. Da un lato vuole essere uno strumento utile alla modellistica idraulica per la caratterizzazione idraulico-geometrica dell'attraversamento, dall'altro vuole rappresentare un elemento di analisi delle criticità ai fini di polizia idraulica.

Gli attraversamenti analizzati sono quelli che derivano dall'intersezione del reticolo idrografico della Carta Idrogeomorfologica dell'AdB Puglia (notificata all'Amministrazione regionale della Puglia in data 05/01/2010 con nota prot. 75 e consultabile all'indirizzo web [www.adb.puglia.it](http://www.adb.puglia.it)) con la viabilità stradale e ferroviaria del progetto DBPrior10K-Ottobre 2007 del Centro Interregionale.

Per la viabilità stradale sono stati acquisiti tutti gli elementi rappresentanti gli assi delle strade di tipo Autostrade, Strade Statali, Regionali e Provinciali, nonché le strade comunali o militari necessarie a garantire la connessione al grafo di tutti i Centri Abitati indicati nella relativa copertura ISTAT 1991; inoltre, sono state acquisite le strade urbane di scorrimento in modo da garantire la connessione tra le varie strade extraurbane che convergono nei centri urbani. Per la viabilità ferroviaria sono state acquisite tutte le ferrovie del territorio nazionale, sia appartenenti alle Ferrovie dello Stato che ad altre compagnie.

Ogni attraversamento è stato codificato secondo il seguente metodo esemplificativo:

*BT XXX YYYYY FV*

dove:

le prime 2 lettere costituiscono l'identificativo dell'ambito territoriale di indagine (BT);

la prima tripletta di numeri (XXX) identifica il bacino in cui è ubicato l'attraversamento;

le successive 5 cifre (YYYYY) identificano l'attraversamento all'interno del bacino;

le ultime due lettere rappresentano la tipologia della strada attraversata (ad esempio FV = ferrovia, SS = strada statale, SP = strada provinciale, AS = autostrada, SL = strade locali, NC = non cartografate).

Lo *shape-file* contenente gli attraversamenti della provincia BAT è denominato 'AttravIdr\_AdBP\_Bat2014', nel quale ogni opera è identificata da un codice univoco (di seguito denominato CodAttr) e da una coppia di coordinate geografiche (E\_geo, N\_geo), riportate in elenco nell'allegato 2.3.3. Tale *shape-file* corredato dal file .kmz è disponibile nella cartella [\\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\\ATTRAVERSAMENTI]. La rappresentazione cartografica è rimandata alla tavola 2.3.1. Ad ogni punto rilevato è associata una scheda monografica del *database*, riportata all'allegato 2.3.2 ed illustrata a seguire.

Successivamente, il rilievo è stato esteso agli attraversamenti idraulici relativi alle infrastrutture stradali e ferroviarie classificate appartenenti a viabilità minore, individuati sulla base della loro rilevanza ai fini della modellistica idraulica. Le informazioni geometriche relative a tali opere sono riportate nell'allegato 2.3.4.

### 2.3.1 Descrizione della scheda monografica

#### SEZIONE 1 - identificazione dell'opera.

- **Codice Attraversamento:** codice dell'opera di attraversamento (es. BT 001 00001 FV), identificato dallo *shape-file* 'AttravIdr\_AdBP\_Bat2014'.
- **Coord Piana X UTM WGS84:** campo numerico riportante le coordinate piana X nel sistema di riferimento UTM-WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr\_AdBP\_Bat2014'.
- **Coord Piana Y UTM WGS84:** campo numerico riportante le coordinate piana Y nel sistema di riferimento UTM-WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr\_AdBP\_Bat2014'.
- **Coord Geo E WGS84:** campo numerico riportante le coordinate geografica Est nel sistema di riferimento WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr\_AdBP\_Bat2014'.
- **Coord Geo N WGS84:** campo numerico riportante le coordinate geografica Nord nel sistema di riferimento WGS84, definita dallo *shape-file* 'AttravIdr\_AdBP\_Bat2014'.
- **Regione:** campo alfabetico, da compilare sulla base dell'ubicazione del punto relativamente allo *shape-file* denominato 'Comuni\_AdBP\_2012.shp'.
- **Provincia:** campo alfabetico, da compilare sulla base dell'ubicazione del punto relativamente allo *shape-file* denominato 'Comuni\_AdBP\_2012.shp'.
- **Comune:** campo alfabetico, da compilare sulla base dell'ubicazione del punto relativamente allo *shape-file* denominato 'Comuni\_AdBP\_2012.shp'.
- **Tipo di infrastruttura:** campo alfabetico, selezionabile tra 'Ferrovia, Autostrada, Strada Statale, Strada Provinciale, Strade Locali', da compilare in funzione del codice dell'attraversamento in cui le ultime due lettere rappresentano la tipologia della strada attraversata (FV = ferrovia; SS = strada statale; SP = strada provinciale; AS = autostrada; SL = strade locali).
- **Data del rilievo:** campo data da compilare.
- **Rilevatore:** campo alfanumerico contenente cognome, nome e società.
- **Data della compilazione:** campo data da compilare.
- **Area contribuente:** campo numerico da NON compilare.
- **foto monte attraversamento idraulico:** campo alfanumerico recante il nome del file contenente la fotografia scattata al lato monte dell'attraversamento (CodAttr\_MA.jpg).
- **foto valle attraversamento idraulico:** campo alfanumerico recante il nome del file contenente la fotografia scattata al lato valle dell'attraversamento (CodAttr\_VA.jpg).
- **foto monte alveo:** campo alfanumerico recante il nome del file contenente la fotografia scattata a monte dell'attraversamento verso monte (CodAttr\_MM.jpg)
- **foto valle alveo:** campo alfanumerico recante il nome del file contenente la fotografia scattata a valle dell'attraversamento verso valle (CodAttr\_VV.jpg).
- **foto particolari:** campo alfanumerico recante nome dei file contenenti le fotografie scattate ad elementi di particolare importanza -es. ostruzioni, soglie, ecc. non ben visibili nelle precedenti foto - (CodAttr\_PX.jpg).
- **descrizione particolari:** campo alfanumerico recante la descrizione delle foto dei particolari.
- **Caposaldo:** deve essere indicata la posizione del punto di materializzazione con le rispettive coordinate X, Y e Z nel sistema di riferimento UTM-WGS84.
  - collocazione altimetrica: scegliendo tra 'estradosso' nel caso in cui il caposaldo è sull'impalcato e 'invert' nel caso in cui il caposaldo è alla base dell'imbocco;
  - collocazione planimetrica: scegliendo tra 'centro', 'sx M', 'sx V', 'dx M', 'dx V', secondo lo schema in figura 6 e le indicazioni fornite nella sezione 2 per l'infrastruttura a raso o il rilevato pieno.
- **Foto caposaldo:** campo alfanumerico recante il nome del file contenente la fotografia con l'inquadramento del caposaldo (CodAttr\_CS.jpg)

#### SEZIONE 2 - caratterizzazione geometrica

E' selezionabile una tra le quattro differenti opere con cui l'infrastruttura stradale/ferroviaria interseca il reticolo idrografico:

a) A RASO

- **muri laterali in cemento:** campo booleano, da spuntare qualora l'attraversamento stradale-ferroviario sia accompagnato da muri laterali in cemento;
- **muri laterali a secco:** campo booleano, da spuntare qualora l'attraversamento stradale-ferroviario sia accompagnato da muri laterali a secco;
- **altezza muri:** campo numerico contenente l'altezza in metri degli eventuali muri laterali;
- **Q centro X:** campo numerico riportante le coordinate X nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.
- **Q centro Y:** campo numerico riportante le coordinate Y nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.
- **Q centro Z:** campo numerico riportante le coordinate Z nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.

b) RILEVATO PIENO

- **altezza rilevato:** campo numerico recante l'altezza in metri del rilevato, ovvero il dislivello tra il fondo dell'alveo e l'estradosso del rilevato.
- **Q centro X:** campo numerico riportante le coordinate X nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.
- **Q centro Y:** campo numerico riportante le coordinate Y nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.
- **Q centro Z:** campo numerico riportante le coordinate Z nel sistema di riferimento UTM-WGS84, rilevata con strumentazione GPS sul rilevato in corrispondenza del suo asse di simmetria trasversale.
- **handrail:** campo booleano da spuntare nel caso in cui vi sia la presenza di ringhiere o muri di protezione sull'estradosso del rilevato; se spuntato deve essere indicata l'**altezza** in metri di tale elemento e la **% di blocco** nei rispettivi campi numerici;

c) PONTE

Devono essere compilate due tabelle. La prima (Tabella A) contiene le coordinate in WGS84 UTM 33 N di quattro punti di inquadramento, le cui ubicazioni sull'estradosso del ponte sono individuate nella vista planimetrica in figura 2.5:

- **Qext sx M:** punto di inizio della luce libera al deflusso sul lato di monte;
- **Qext sx V:** punto di fine della luce libera al deflusso sul lato di monte;
- **Qext dx M:** punto di inizio della luce libera al deflusso sul lato di monte;
- **Qext dx V:** punto di fine della luce libera al deflusso sul lato di monte.

La seconda tabella (Tabella B) contiene le informazioni relative alla caratterizzazione geometrica trasversale del ponte per definire l'area lorda libera al deflusso (secondo la raffigurazione della sezione trasversale in figura A). In ogni riga si inserisce la larghezza della luce L, l'altezza della luce H ovvero l'altezza in chiave  $H_C$  e in spalla  $H_S$ , lo spessore dell'impalcato D e la larghezza della pila successiva P in destra idraulica. Il numero di righe deve corrispondere al numero di luci.

Seguono i campi:

- **forma pila:** campo alfabetico selezionabile tra '*semicircular nose and tail (A)*, *cylinder piers with connecting diaphragm (B)*, *cylinder piers without diaphragm (C)*, *triangular nose and tail (D)*, *square nose and tail (E)*', secondo lo schema in figura B;
- **lunghezza singola pila:** campo numerico dove inserire la lunghezza della singola pila, la cui forma è rappresentata graficamente con il relativo simbolo "ℓ" (circolare, ovoidale, rettangolare) come in figura C;

Tabella A. Coordinate piano altimetriche dei punti di inquadramento

	X	Y	Z
Qext sx M	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext sx V	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext dx M	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext dx V	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>

Tabella B. Caratterizzazione geometrica trasversale del ponte

n.ro luci	L	Ho o Hc	Hs	D	P
1	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
2	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
3	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	//
4 ...					

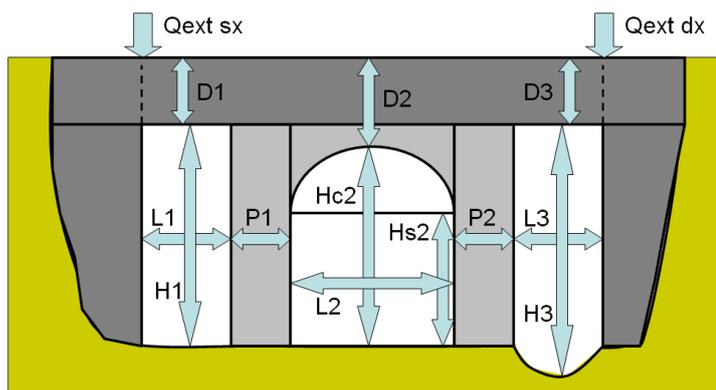


Figura A. Elementi caratteristici della geometria trasversale del ponte

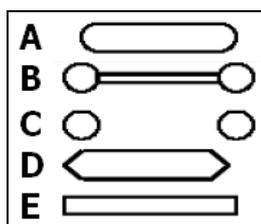


Figura B. Tipologia delle pile del ponte

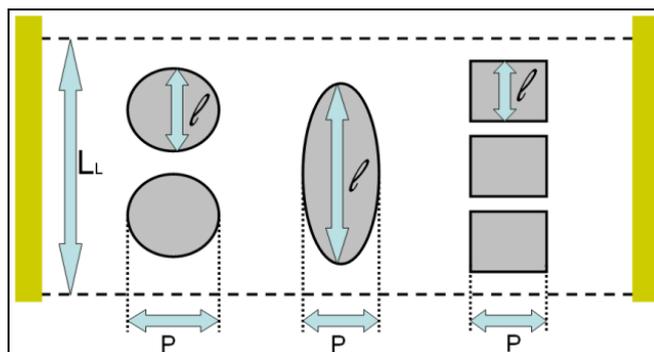


Figura C. Elementi caratteristici della geometria trasversale del ponte

d) **CULVERT**

Devono essere compilate due tabelle. La prima (Tabella C) contiene le coordinate in WGS84 UTM 33 N di 4 punti di inquadramento (le cui ubicazioni sono individuate nella vista planimetrica di figura 2.5), analogamente al caso 'ponte'. La seconda tabella (Tabella D) contiene le informazioni per la caratterizzazione geometrica trasversale del *culvert*, secondo la raffigurazione della sezione trasversale in figura 2.4. In ogni riga si inserisce la forma del *culvert* (selezionabile tra S-scatolare, O-ovoidale e A-arco), la larghezza del *culvert* B o il diametro orizzontale  $D_o$ , l'altezza del *culvert* H o il diametro verticale  $D_v$  ovvero l'altezza in chiave  $H_c$  e in spalla  $H_s$ , lo spessore dell'impalcato D e la larghezza del pieno successivo P (in destra idraulica). Il numero di righe deve corrispondere al numero dei *culvert*.

Tabella C. Coordinate piano altimetriche dei punti di inquadramento

	X	Y	Z
Qext sx M	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext sx V	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext dx M	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
Qext dx V	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>

Tabella D. Caratterizzazione geometrica trasversale del *culvert*

n.ro culvert	forma	B o $D_o$	H o $D_v$ o $H_c$	$H_s$	D	P
1	S o O o A	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
2	S o O o A	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>
3	S o O o A	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	<i>c.n.</i>	//
4	S o O o A					
5	S o O o A					
...	S o O o A					

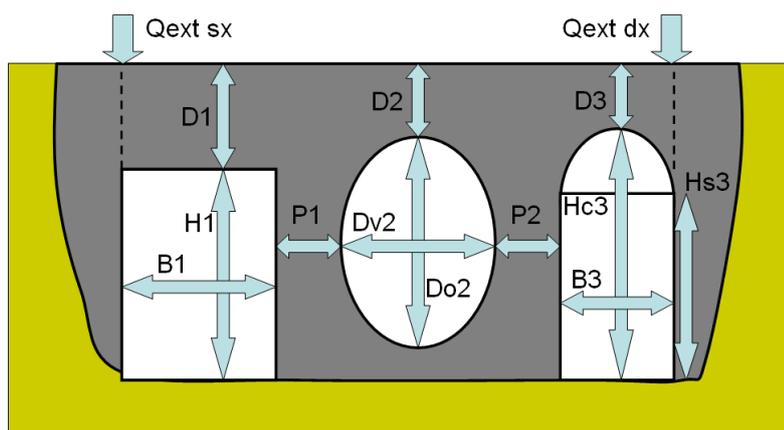


Figura D. Elementi caratteristici della geometria trasversale del *culvert*

### SEZIONE 3 – inserimento dell'opera

Questa sezione deve essere compilata solo nel caso di ponte o *culvert*.

- **materiale:** campo alfabetico selezionabile tra 'cemento, pareti metalliche, armco, legno, muratura';
- **lunghezza:** campo numerico nel quale inserire la lunghezza longitudinale in metri dell'attraversamento, rappresentata con il simbolo  $L_L$  in figura 2.5;
- **inclinazione asse-rilevato:** campo numerico nel quale inserire l'angolo in gradi tra l'asse longitudinale del rilevato e l'asse longitudinale dell'attraversamento idraulico rappresentato con il simbolo  $\alpha$  in figura E, orientativamente a scelta tra 15°, 35°, 75° e 90°;
- **tratto canalizzato:** campo booleano da spuntare nel caso in cui l'attraversamento si inserisce in un tratto canalizzato
- **platea:** campo booleano da spuntare nel caso in cui ci sia la presenza di una platea sul fondo dell'attraversamento;
- **presenza di aree golenali:** campo booleano da spuntare nel caso in cui l'opera di attraversamento interessa anche aree golenali;
- **presenza di arginature:** campo booleano da spuntare nel caso in cui ci sono argini interni alla luce totale dell'attraversamento;
- **imbocco sporgente:** campo booleano da spuntare nel caso in cui l'imbocco sia sporgente rispetto alla faccia di monte del rilevato; se spuntato deve essere indicata la lunghezza in metri della sporgenza nel campo numerico **sporgenza**;
- **muri d'ala di imbocco:** campo booleano da spuntare nel caso in cui a monte dell'attraversamento vi sia la presenza di muri d'ala di accompagnamento all'imbocco; in tal caso deve essere indicato l'angolo in gradi tra muro e asse longitudinale dell'attraversamento idraulico nel campo numerico **inclinazione**, orientativamente a scelta tra 15°, 35°, 75° e 90°;
- **salto di fondo monte:** campo booleano da spuntare nel caso in cui a monte dell'attraversamento vi sia la presenza di un salto di fondo; in tal caso deve essere indicata la **lunghezza** e la **profondità** del salto in metri nei rispettivi campi numerici;
- **handrail:** campo booleano da spuntare nel caso in cui vi sia la presenza di ringhiere o muri di protezione sull'estradosso del rilevato; se spuntato deve essere indicata l'**altezza** in metri di tale elemento e la **% di blocco** nei rispettivi campi numerici;
- **sbocco a sbalzo:** campo booleano da spuntare nel caso in cui lo sbocco sia sopraelevato rispetto al fondo dell'alveo di valle; se spuntato deve essere indicata l'altezza del salto in metri nel campo numerico **dislivello**;
- **muri d'ala di sbocco:** campo booleano da spuntare nel caso in cui a valle dell'attraversamento vi sia la presenza di muri d'ala di accompagnamento allo sbocco; in tal caso deve essere indicato l'angolo in gradi tra muro e asse longitudinale dell'attraversamento idraulico nel campo numerico **inclinazione**, orientativamente a scelta tra 15°, 35°, 75° e 90°;
- **briglia di valle:** campo booleano da spuntare nel caso in cui a valle dell'attraversamento vi sia la presenza di una briglia; in tal caso devono essere indicati in metri la **distanza** dallo sbocco e la **larghezza dello stramazzo** nei rispettivi campi numerici;
- **sede stradale:** campo booleano da spuntare nel caso in cui l'attraversamento idraulico è sede di un sottopasso stradale;
- **presenza di segni di scalzamento:** campo booleano da spuntare nel caso in cui vi sia la presenza di segni di scalzamento; in tal caso deve essere indicata in metri la **profondità** dello scalzamento nel campo numerico associato;
- **presenza significativa di sedimenti:** campo booleano da spuntare nel caso in cui vi sia la presenza significativa di sedimenti; in tal caso deve essere indicata la **% di ostruzione** rispetto alla luce libera;
- **vegetazione:** campo alfabetico selezionabile tra 'assente, rada, fitta'; deve essere indicata la **% di ostruzione** nel campo numerico associato;
- **presenza significativa di materiale di rifiuto:** campo booleano da spuntare nel caso in cui l'attraversamento sia occupato da materiale di rifiuto; in tal caso deve essere indicata la **% di ostruzione** nel campo numerico associato;
- **presenza di elementi strutturali di riduzione della sez. libera:** campo booleano da spuntare nel caso in cui l'attraversamento sia interessato dalla presenza trasversale o longitudinale di elementi strutturali che ne riducono la sezione libera; in tal caso devono essere indicati nei rispettivi campi la **tipologia di elemento trasversale e/o longitudinale alla direzione di flusso** (es. condotta, trave, pilastro) e la sua **% di ostruzione** della luce libera.

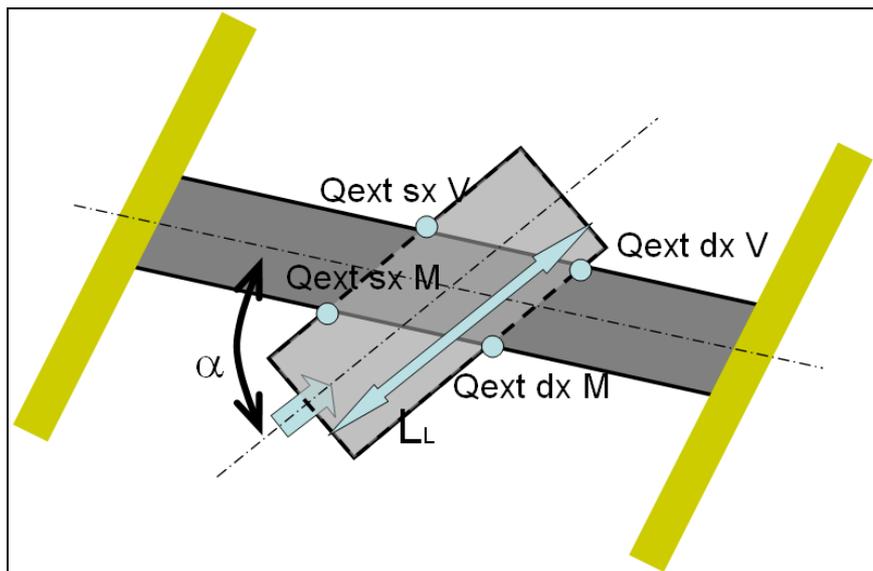


Figura E. Rappresentazione planimetrica dell'attraversamento idraulico

#### SEZIONE 4 – polizia idraulica

La compilazione della sezione seguente prevede valutazioni qualitative sull'opera di attraversamento in relazione alla polizia idraulica in merito ai seguenti aspetti:

L'opera è ortogonale all'asse della corrente	SI	NO	
L'opera è ubicata in un tratto di alveo:	rettilineo	curva	
Difese spondali	assenti	sporadiche	diffuse
Opere di stabilizzazione del fondo	assenti	sporadiche	diffuse
Condizione opere	buone	dissestate	
Presenza di infrastrutture e/o fabbricati in alveo	SI	NO	
Si rileva un fenomeno generalizzato di abbassamento d'alveo	SI	NO	
Le fondazioni presentano segni di dissesto	SI	NO	
L'opera presenta una sezione decisamente inadeguata anche rispetto all'alveo inciso	SI	NO	
Le pile favoriscono il deposito di materiale e/o vegetazione	SI	NO	
Le pile condizionano la funzionalità idraulica	SI	NO	
Le pile favoriscono erosione e deposito	SI	NO	
L'opera determina riduzione in larghezza	SI	NO	
L'opera determina riduzione in altezza	SI	NO	

#### SEZIONE 5 – note

Campo alfanumerico in cui riportare ogni nota utile alla descrizione dell'attraversamento.

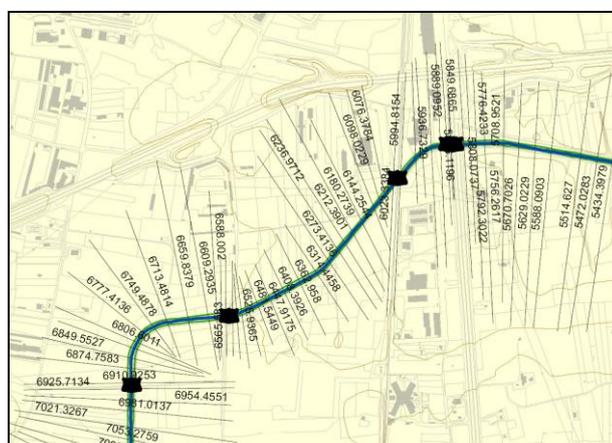
Nella scheda cartacea di campo è richiesto una rappresentazione grafica dell'attraversamento.

## 2.4 LA RAPPRESENTAZIONE VETTORIALE DEI CORSI D'ACQUA

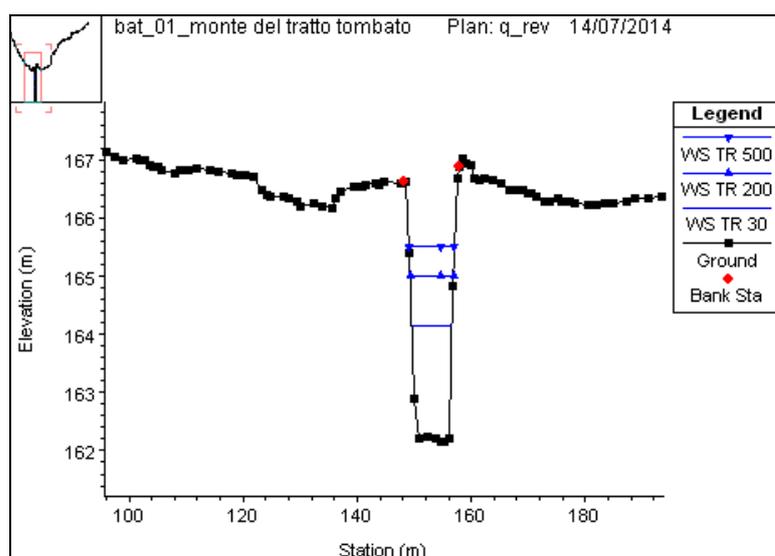
Gli allegati 2.4 contengono le cartografie dei corsi d'acqua oggetto di studio, in cui principalmente sono individuati gli elementi geometrici e topografici che caratterizzano il modello idraulico realizzato. Nello specifico, per ogni asta fluviale, sono rappresentati l'asse del corso d'acqua, le sue sponde, le tracce delle sezioni trasversali, la copertura LiDAR delle aree limitrofe e gli attraversamenti idraulici, secondo la legenda raffigurata in figura 2.2.

L'asse del corso d'acqua (*stream centerline*) e le sponde in destra e sinistra idraulica (*bank(s)*) sono stati digitalizzati in ambiente GIS sulla base del modello digitale del terreno e dell'ortofoto. Tali elementi sono necessari per individuare la direzione del corso d'acqua e la sua estensione morfologica. Le sezioni idrauliche (*river station*) sono state anch'esse tracciate in ambiente GIS con un passo di circa 100 metri ed in corrispondenza di variazioni di pendenza e di forma, nonché a monte e a valle delle opere di attraversamento idraulico. La definizione delle sezioni idrauliche è stata effettuata con l'obiettivo di ricostruire dettagliatamente le caratteristiche morfologiche del corso d'acqua.

Nella cartella [\ALL\_2\_TOPOGRAFIA\MORFOLOGIA] sono contenute le sezioni trasversali estratte su base LIDAR, riportate come shapefile 3D. Nella cartella [\ALL\_5\_MODELLI\_IDRAULICI] sono inseriti i modelli HEC-RAS dei corsi d'acqua, contenenti la rappresentazione geometrica delle sezioni trasversali (v. figura 2.3) e dei profili del corso d'acqua.



**Figura 2.2** – Rappresentazione della morfologia del corso d'acqua  
In nero le tracce delle sezioni trasversali, in verde e in blu rispettivamente le sponde e l'asse del corso d'acqua.  
Con il simbolo nero sono rappresentati gli attraversamenti viari.



**Figura 2.3** – Sezione trasversale estratta su base LIDAR, rappresentata con il software HECRAS

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle della BAT.*

# Caratterizzazione geomorfoidrologica – III

## ALLEGATI



- 3.1 - I bacini idrografici e la componente endoreica
- 3.2 - L'indice di Manning. Relazione
- 3.3.1 - Il *Curve Number*. Relazione
- 3.3.2 - Classi di permeabilità del SCS-CN. Rappresentazione cartografica
- 3.3.3 - Macrocategorie di copertura del suolo. Rappresentazione cartografica
- 3.3.4 - Rappresentazione cartografica del *Curve Number*

## ARCHIVIO DIGITALE



```
\LAYERS_GEOIDRO
  \VETTORIALI
    Conche 1 ha (shp)
    Doline (shp)
    Bacini_endoreici (shp)
    Bacini esoreici (shp)
    Foce reticolo (shp)
    Unità fisiografica BAT (shp)
  \RASTER
    Flow-Direction (raster)
    Flow-Accumulation (raster)
  \ALL_PROCESSING
    Tutti i file di processamento (raster, shape)
\MANNING
  Tabelle dell'indice di Manning (xls)
  Mappa dell'uso del suolo (shp)
\CURVE NUMBER
  Mappa geolitologica con attribuzione delle classi di permeabilità (shp)
  Mappa delle macrocategorie di uso del suolo (shp)
  Mappa del Curve Number (shp e raster)
```



Obiettivo di questa fase è la definizione delle caratteristiche geomorfologiche e idrologiche dei bacini idrografici afferenti ai corsi d'acqua oggetto dello studio, avendo particolare cura nella stima di parametri di particolare significatività mediante tecnologie di nuova generazione.

In particolare, si vogliono elaborare mappe utili agli studi idrologico-idraulici, sia per la definizione univoca dei bacini idrografici, che per la definizione della scabrezza idraulica, parametro adoperato per la rappresentazione della resistenza al flusso, e del *Curve Number*, parametro comunemente utilizzato per la determinazione delle perdite idrologiche.

### 3.1 LE MAPPE PER LE ANALISI IDROLOGICHE

I bacini idrografici sono comunemente determinati attraverso modelli digitali del terreno mediante procedure automatiche in ambiente GIS, le quali possono essere schematizzate attraverso le seguenti fasi:

- DEM: costruzione del modello digitale del terreno attraverso curve di livello o punti.
- FILL: depittaggio del modello digitale del terreno.
- FLOWDIRECTION: definizione delle direzioni di flusso.
- FLOWACCUMULATION: definizione delle aree contribuenti.

La creazione di questi raster, mediante step successivi, consente di determinare il bacino idrografico in qualsiasi sezione di chiusura individuata sul reticolo idrografico.

Tuttavia, l'accuratezza con la quale le linee di displuvio e compluvio sono definite dipende da numerosi fattori quali - per citarne solo alcuni di più immediata comprensione - la risoluzione del DEM di partenza, la presenza di elementi antropici (es. canali, rilevati) o di depressioni naturali. Quando i bacini idrografici hanno ordine di grandezza maggiore delle centinaia di chilometri quadrati e si adoperano DEM con risoluzione centometrica, il dettaglio di questi elementi è spesso ininfluenza o comunque l'incertezza della definizione del bacino è percentualmente irrilevante rispetto alla dimensione dello stesso. I bacini dell'unità fisiografica della BAT, chiusi alla loro foce in mare, sono invece mediamente dell'ordine delle decine di chilometri quadrati. Ciò determina la necessità di operare in maniera molto accurata per la definizione degli stessi.

Per tale ragione si è provveduto a creare le mappe delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti su tutto il territorio dell'unità fisiografica. Queste mappe consentono una definizione univoca dei bacini idrografici, avendo quale base il modello digitale del terreno (DTM), prodotto dalla Regione Puglia nell'ambito del progetto della Carta Tecnica Regionale, con risoluzione al suolo pari a 8 metri, e il reticolo della nuova Carta Idrogeomorfologica della Puglia, nonché una speditiva valutazione della componente endoreica, così come illustrato nei paragrafi seguenti.

Si rappresenta che le suddette mappe, essendo derivate da procedure prevalentemente automatizzate, non tengono conto di particolari situazioni (quali ad esempio opere antropiche o rilievi di maggior dettaglio) che possono determinare differenti distribuzioni delle aree contribuenti.

#### 3.1.1 La componente endoreica

I bacini endoreici risultano enormemente diffusi nel territorio pugliese e si caratterizzano per avere una zona di recapito interna al continente ove, in caso di eventi meteorici significativi, si registra di regola un processo di invaso naturale che porta alla formazione di uno specchio d'acqua avente estensione areale proporzionale all'intensità e durata dell'evento pluviometrico.

Per la definizione delle componenti endoreiche, è utilizzato il tema 'recapiti finali di bacini endoreici' della Carta Idrogeomorfologica della Puglia. Tali recapiti circoscrivono le aree, aventi per scelta progettuale estensione massima dell'ordine di 10000 m<sup>2</sup>, che rappresentano le zone più depresse di un bacino idrografico privo di foce a mare avente area contribuyente maggiore di 1 km<sup>2</sup>.

L'individuazione di tali forme, denominate 'conche' (v. fig. 3.1), è stata ottenuta attraverso l'applicazione di specifici modelli idrologici-idraulici, utilizzando come base topografica di riferimento quella del DTM della Regione Puglia con risoluzione di 8 metri al suolo, imponendo una estensione massima in termini areali dei relativi simboli grafici pari a 10000 m<sup>2</sup>.

Si considerano inoltre le forme morfologiche derivanti dai peculiari processi di natura carsica che hanno agito o agiscono sul territorio pugliese. Detti processi sono ampiamente diffusi in molte aree del territorio, ove affiorano in superficie e si sviluppano per significativa profondità rocce di natura carbonatica. Nello specifico si tratta di forme carsiche quali voragini, inghiottitoi o pozzi di crollo (v. fig. 3.2), e "doline" (v. fig. 3.3). Una delle doline più importanti è la Dolina il Gurgo (Andria) (v. fig. 3.4), una cavità di forma circolare con diametro di 250 m, ed una profondità maggiore di 30 m. Tutte queste forme sono state analizzate per valutare qualitativamente, principalmente attraverso l'analisi di fattori morfologici (es. volume del recapito in rapporto alla dimensione del bacino sotteso) e ubicativi rispetto al reticolo idrografico, la loro capacità di determinare aree non contribuenti ai bacini esoreici.

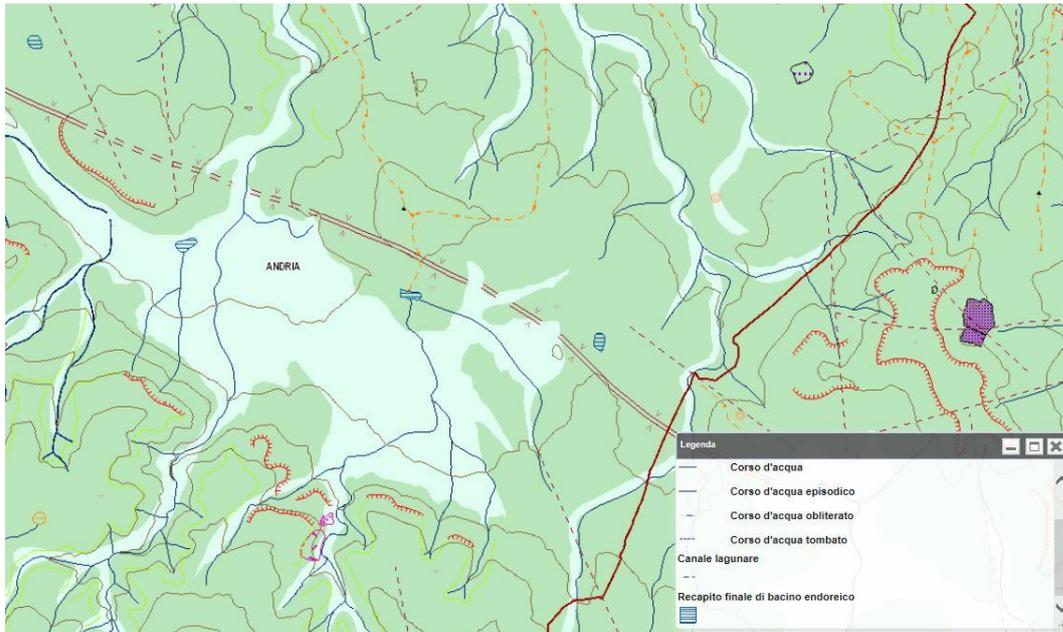


Figura 3.1 – Conche rappresentata nella Carta Idrogeomorfologica

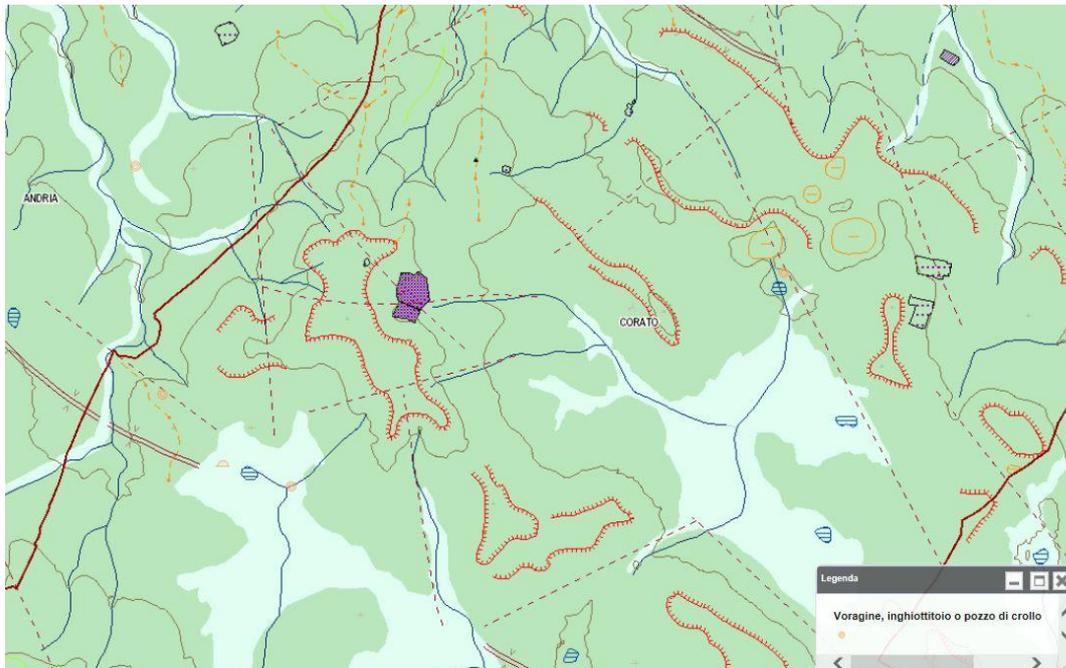


Figura 3.2 – Voragini rappresentate nella Carta Idrogeomorfologica

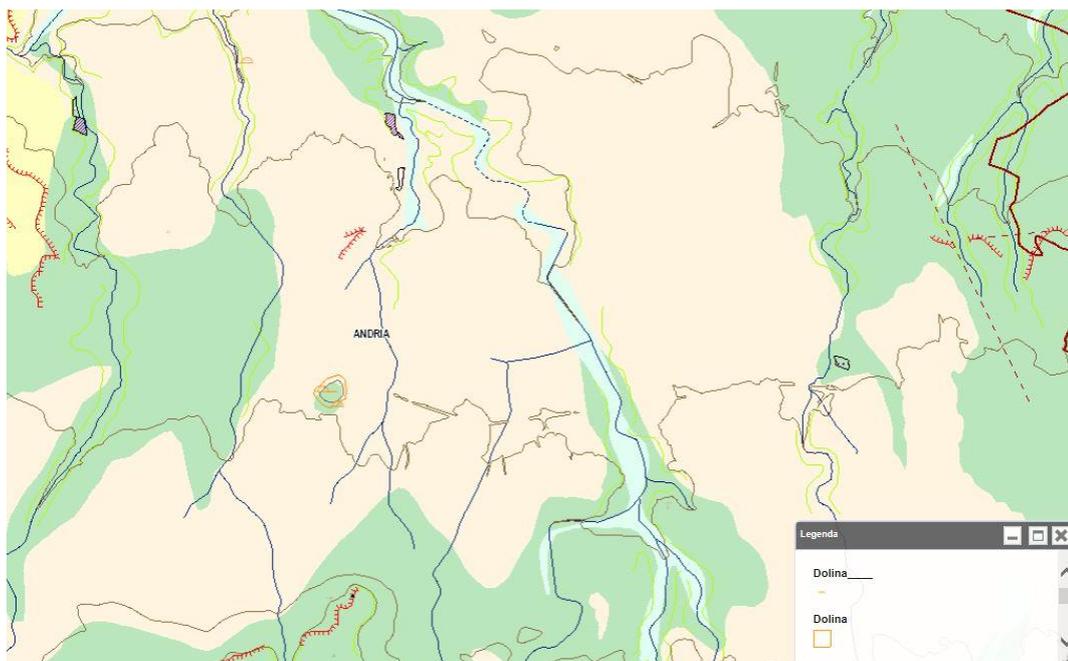


Figura 3.3 – Dolina rappresentata nella Carta Idrogeomorfologica



Figura 3.4 – Dolina il Gurgo situata nel comune di Andria

### 3.1.2 I raster delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti

Tutte le conche sono rappresentate nella tavola allegata 3.1. Le conche raffigurate nella tavola con colore rosso individuano i recapiti finali endoreici, ovvero le zone più depresse dei bacini idrografici privi di foce a mare. Individuate le conche contribuenti, sono state ricavate le mappe delle direzioni di flusso (*fdir*) e delle aree contribuenti (*facc\_mq*) al fine di individuare conseguentemente i bacini idrografici esoreici ed endoreici, rappresentati rispettivamente nella succitata tavola con colore giallo e con colore arancio. I layers qui descritti, condivisi in [\ALL\_3\_GEOMORFOIDROLOGICA\LAYERS\_GEOIDRO\RASTER], costituiscono gli elementi base del modello idrologico descritto al capitolo IV.

La caratterizzazione idrogeomorfologica è basata sulla valutazione dei percorsi di scorrimento delle acque superficiali ottenuti mediante l'assegnazione, per ogni cella del bacino, della direzione di drenaggio locale. La determinazione della *Flow Direction* si basa sul principio fisico secondo il quale, una massa che procede a gravità, quale una particella liquida che scorre sul terreno, segue la direzione della massima pendenza [Petroselli et al., 2008]. Le direzioni di flusso, pertanto, individuano, tra le otto direzioni, quattro cardinali (Est, Nord, Ovest, Sud) e quattro diagonali (Nord-Est, Nord-Ovest, Sud-Ovest, Sud-Est), quella preferenziale di scorrimento sulla base del confronto tra il valore di altezza proprio di ciascun pixel e quello dei pixel contermini secondo lo schema indicato in figura 3.5.

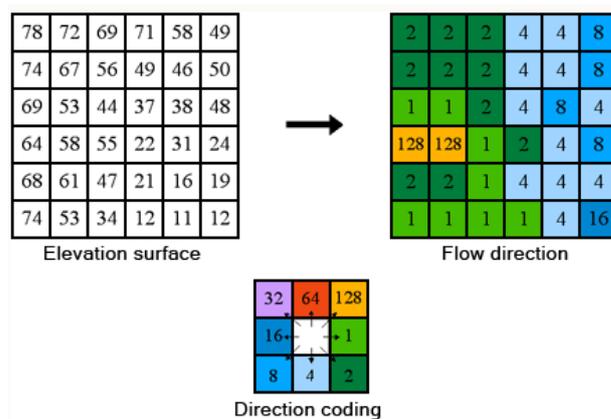


Figura 3.5 – Griglia delle direzioni di flusso

Le *Flow-Accumulation* definiscono cella per cella l'area contribuente in esse, ovvero la dimensione, nello specifico espressa in [mq], del bacino idrografico superficiale che afferisce alla cella.

### 3.2 LA SCABREZZA IDRAULICA

La scabrezza, elemento chiave nella definizione delle componenti che oppongono resistenza al moto - quali ostruzioni, irregolarità superficiali e vegetazione -, regola come conseguenza tiranti idrici e velocità di scorrimento. A causa dell'impossibilità di condurre misurazioni in campo e su larga scala di tale parametro ed a causa dell'assenza di dati utili alla calibrazione, la valutazione è generalmente condotta facendo ricorso a valori desunti dalla letteratura tecnica di settore [Chow 1959; Barnes 1967; Arcement and Schneider 1989].

L'opportunità di definire con accuratezza i valori dell'indice di Manning, comunemente adoperato per stimare la resistenza al flusso, nasce dall'elevata sensibilità che i tiranti e le velocità hanno in relazione a questo parametro, secondo il legame rappresentato dalla formula di Manning in equazione 3.5:

$$Q = V\Omega = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \Omega$$

Equazione 3.5

dove  $V$  è la velocità media nella sezione trasversale, pari alla portata fratto l'area interessata dal flusso  $\Omega$ ,  $n$  è l'indice di Manning,  $R$  il raggio idraulico e  $I$  la pendenza del fondo dell'alveo.

Si riporta a titolo di esempio nelle figure seguenti la variazione dei tiranti e delle velocità in una lama tipica del territorio pugliese al variare dell'indice di Manning adoperato, incrementandolo da un minimo di 0.03 ed un massimo di 0.2, valori comunemente associati rispettivamente ad alvei privi di vegetazione e a quelli fortemente inerbiti. Nello specifico, in figura 3.6 è rappresentata la variazione percentuale dei tiranti e delle velocità corrispondente all'incremento dell'indice di Manning dal valore 0.03 ai valori 0.05, 0.10, 0.15 e 0.2. Tale analisi è condotta al variare del tempo di ritorno e quindi della magnitudine delle grandezze idrodinamiche in gioco. Si evidenzia che aumentando la scabrezza di soli 0.02 punti, la variazione dei tiranti è dell'ordine del 20% e tale valore cresce linearmente fino a raddoppiare il valore stesso del tirante passando da una condizione di alveo pulito ad una di alveo fortemente vegetato. Al contrario la velocità si riduce dal 30% al 70%. La sensibilità all'indice di Manning è inoltre tanto più importante quanto minore è la portata. In figura 3.7 sono esplicitati i valori dei tiranti e delle velocità, mediamente pari a 1 m e 3 m/s, per cui sono state calcolate tali percentuali.

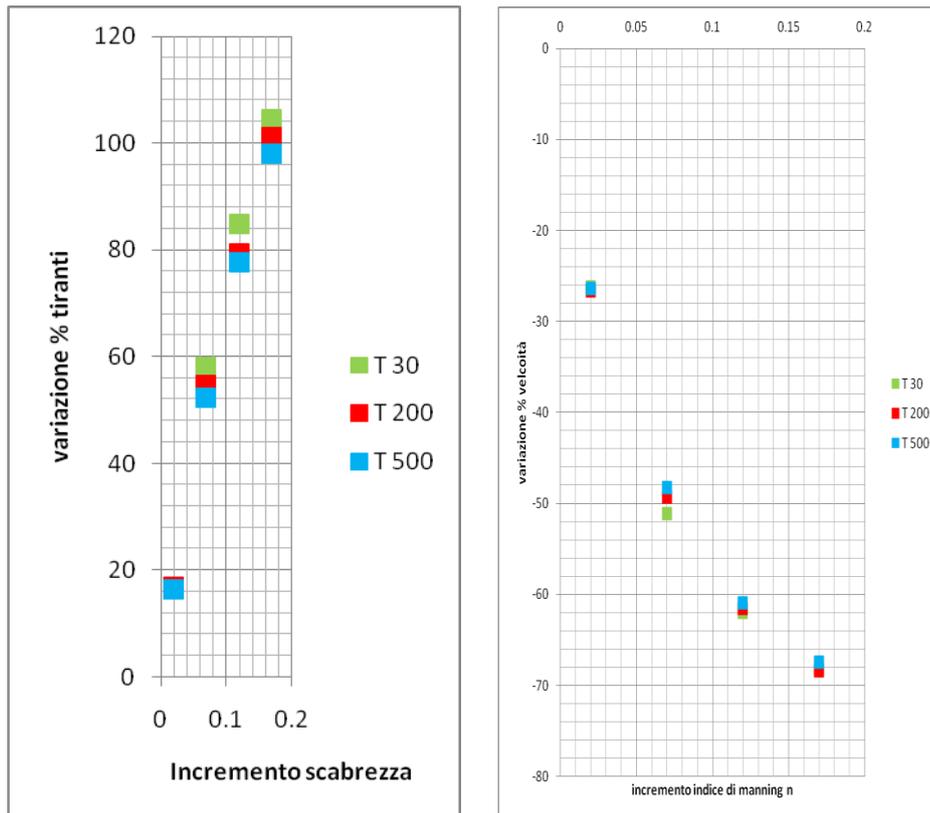


Figura 3.6 – Incrementi medi percentuali dei tiranti (a sinistra) e delle velocità (a destra) per i differenti tempi di ritorno in funzione della variazione dell'indice di Manning

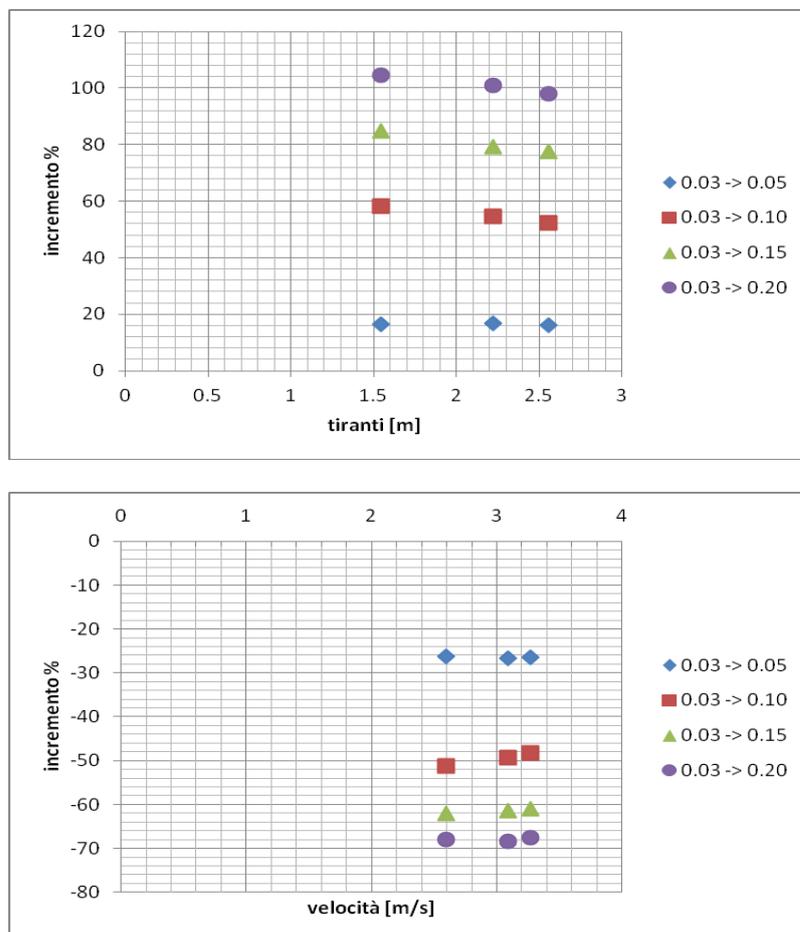


Figura 3.7 – Incrementi medi percentuali dei tiranti (in alto) e delle velocità (in basso) in relazione alla variazione dell'indice di Manning

### 3.2.1 Le componenti della resistenza al flusso

E' opportuno considerare che nei canali, e ancor più negli alvei naturali, alla resistenza del contorno si aggiungono altre fonti di perdita di energia dovute alla continua variazione di geometria del contorno (allargamenti, restringimenti, variazioni di forma, ostruzioni, ecc.), che non sono puntualmente valutabili. Per tale ragione, il loro effetto si suole valutarlo con un adeguato incremento del coefficiente di scabrezza. Per valutare la resistenza al moto in un alveo naturale, Cowen (1956) consiglia di sommare tra loro gli effetti di tutti i fattori che ostacolano la corrente, determinando il coefficiente di scabrezza di Manning con la relazione:

$$n=(n_0+n_1+n_2+n_3+n_4)m_5 \quad \text{Equazione 3.6}$$

dove

- $n_0$  = valore base dell'indice di Manning relativo ad alveo naturale rettilineo, uniforme, privo di vegetazione;
- $n_1$  = fattore di correzione legato alle irregolarità superficiali;
- $n_2$  = valore relativo alle variazioni di forma e dimensione della sezione;
- $n_3$  = valore relativo alle ostruzioni;
- $n_4$  = valore legato allo stato vegetativo e alle condizioni di flusso;
- $m$  = fattore di correzione legato alla sinuosità del corso d'acqua.

Quando la larghezza della sezione è sensibilmente più grande del tirante, gli effetti delle irregolarità superficiali, legate ad esempio all'erosione di fondo o alle radici degli alberi, devono essere tenuti in conto e possono dar luogo a significativi aggiustamenti dell'indice di Manning. Chow (1959) e Benson and Dalrymple (1967) mostrano che alle aree golenali severamente erose può essere associato un incremento di scabrezza  $n_1$  pari a 0.02, valore crescente all'aumentare delle irregolarità presenti sulla superficie.

Il valore della scabrezza non è affetto dalle variazioni di forma e dimensione quando queste sono graduali ed uniformi, mentre deve essere aumentato quando si alternano sezioni larghe e strette lungo il corso d'acqua e quando i cambiamenti di forma e le costrizioni si presentano ora su una sponda ora sull'altra. Tale incremento è proporzionale principalmente al numero di restringimenti e allargamenti e secondariamente alla magnitudine di questi cambiamenti. Gli effetti dei bruschi cambiamenti devono essere estesi a valle per diverse centinaia di metri. Un incremento massimo dell'indice di Manning  $n_2$  per le variazioni di forma e dimensione che comunemente si trovano sui corsi d'acqua naturali è pari a 0.03 [Benson and Dalrymple, 1967].

Le ostruzioni, dovute a tronchi, ceppi, edifici, massi, rottami e macerie, o anche alle pile dei ponti, disturbano la corrente e quindi determinano un aumento della scabrezza. Tale incremento dipende dalla forma delle ostruzioni, dalla dimensione delle stesse in relazione alla dimensione della sezione, nonché dal loro numero, disposizione e distanza. Gli effetti delle ostruzioni sulla scabrezza sono tuttavia anche funzione della velocità. Generalmente per pendenze leggere e moderate tale influenza si estende dalle tre alle cinque volte la larghezza dell'ostruzione. Inoltre, numerose ostruzioni disposte lungo il corso d'acqua possono creare sfere di influenza che si sovrappongono tra loro creando disturbi rilevanti alla corrente, sebbene per ogni sezione esse vadano ad occupare solo una piccola parte. Chow (1959) assegna un valore correttivo dell'indice di Manning  $n_3$  a quattro livelli di ostruzione: non significativo, minore, apprezzabile, rilevante.

L'influenza della vegetazione sull'indice di Manning dipende da una serie di elementi, quali l'altezza del tirante idrico, la percentuale del perimetro bagnato coperto da vegetazione, la densità della stessa sotto il livello idrico, la flessibilità della vegetazione in relazione alla spinta della corrente e l'allineamento rispetto al flusso. Ad esempio, filari di vegetazione paralleli al flusso determinano, a parità di ogni altra circostanza, una resistenza al flusso minore rispetto a filari disposti perpendicolarmente. Se il canale è relativamente stretto e le aree golenali sono ripide, coperte da vegetazione densa, l'incremento di scabrezza  $n_4$  può raggiungere il valore di 0.03. Valori più grandi sono applicati solo laddove la vegetazione copre la maggior parte del corso d'acqua.

Il fattore  $m$  legato alla sinuosità dipende dal rapporto tra la lunghezza del corso d'acqua misurata seguendo la sua sinuosità e la lunghezza in linea d'aria. Se tale rapporto è compreso tra 1.0 e 1.2 la sinuosità è considerata minore; è invece apprezzabile se varia tra 1.2 e 1.5; mentre è significativa se il

rapporto è maggiore o uguale di 1.5. Secondo Chow (1959), la sinuosità può incrementare il valore dell'indice di Manning più del 30% laddove il flusso è ben confinato.

I valori di tali addendi sono riportati nelle tabelle 2 e 3 del manuale “*Guide for Selecting Manning’s Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains*” [Arcement, Jr. and V.R. Schneider, 1989].

### 3.2.2 La resistenza in regime di ruscellamento superficiale

Per il ruscellamento superficiale bisogna prestare particolare attenzione alla scelta del valore dell'indice di Manning. In tale condizione infatti i tiranti sono dello stesso ordine di grandezza degli elementi che determinano la scabrezza superficiale, ovvero di pochi centimetri. In tal caso si parla di sheet-flow o shallow-flow. Nonostante la letteratura scientifica sia molto ricca di dati in merito alla scabrezza in condizioni di flusso incanalato (tiranti dell'ordine di 1 metro), poche informazioni sono presenti per valutare l'indice di Manning nel caso di correnti distribuite su superfici naturali con tiranti molto modesti [Engman, 1986].

In tabella 3.1 (Engman, 1986) si riportano alcuni valori di letteratura direttamente riferibili ad una lama d'acqua di altezza inferiore a 0.02 - 0.03 m, limite entro il quale si considera congruo il riferimento al ruscellamento superficiale.

**Tabella 3.1** - Indice di Manning per il ruscellamento superficiale, stimati secondo la metodologia di Engman (1986) in corrispondenza di un tirante inferiore a 0.03 m

Surface description	<i>n</i> <sup>1/2</sup>
Smooth surface (concrete, asphalt, gravel, or bare soil).....	0.011
Fallow (no residue).....	0.05
Cultivated soils:	
Residue cover ≤ 20%.....	0.06
Residue cover > 20%.....	0.17
Grass:	
Short-grass prairie.....	0.15
Dense grasses <sup>2/3</sup> .....	0.24
Bermudagrass.....	0.41
Range (natural).....	0.13
Woods: <sup>2/3</sup>	
Light underbrush.....	0.40
Dense underbrush.....	0.80

### 3.2.3 Attribuzione dell'indice di Manning alle categorie di uso del suolo

Al fine di fornire un valido strumento per la scelta dell'indice di *Manning*, utilizzando noti riferimenti della letteratura scientifica di settore (Arcement e Schneide, 1989; Barnes, 1967; Chow, 1959; Cowen, 1956; Engman, 1986; Huang, 2009; Linsley et al. 1982; Mills and Badcock, 2011; Paoletti, 2010; Phillips e Ingersoll, 1998; Van der Sande et. al., 2003) e tenendo in debito conto le considerazioni precedentemente esposte, è stata prodotta la tabella 3.3 in cui sono attribuiti i valori dell'indice di *Manning* alle classi di uso del suolo della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000. Nello specifico per ogni classe è individuato un valore minimo, uno medio e uno massimo per la condizione di channel-flow e un valore per la condizione di sheet-flow. Per una descrizione dettagliata si rimanda alla relazione allegata 3.2.

In particolare si vogliono qui considerare le classi di uso prevalenti presenti sui territori delle due provincie, ovvero frutteti, uliveti e vigneti, evidenziandone le differenze in termini di densità vegetativa, su cui si è anche basata la determinazione dei valori dell'indice di Manning. Le informazioni puntuali sulla vegetazione sono estrapolate dal modello digitale della vegetazione, creato mediante l'utilizzo del Laser Scanner Terrestre, nonché da un prodotto derivato dai LIDAR, definito CHM (*Canopy Height Model*), che si ottiene dalla sottrazione del DTM dal DSM (v. figura 3.8). In dettaglio, gli uliveti presentano una densità vegetativa pari al 10% sostanzialmente costante per tutta la loro altezza, mediamente di 5 m, così come dimostra la cumulata rappresentata dalla linea blu a pendenza costante in figura 3.9. I vigneti invece presentano una densità vegetativa inferiore allo 0.05% in corrispondenza dei tronchi; la stessa diviene invece massima, maggiore del 30%, in corrispondenza della chioma, all'altezza di 2 m, così come si

evidenza in figura 3.10. Il frutteto esaminato invece, con altezze variabili dai 2 ai 5 m, manifesta una densità vegetativa molto bassa, ovvero inferiore allo 0.05% sostanzialmente costante, a ragione del suo allineamento con la direzione di flusso, ben evidente in figura 3.11.

L'utilizzo della carta di Uso del Suolo consente dunque di ricavare una mappa spazialmente distribuita da adoperare sia per le modellazioni idrauliche monodimensionali che per quelle bidimensionali. Sulla base di tale mappa, nel dominio di calcolo 2D è dunque possibile assegnare, cella per cella, un diverso indice di scabrezza, il cui valore può essere costante o funzione del tirante idrico.

Quanto riferito ai valori di scabrezza in questo capitolo, con particolare riferimento alla tabella 3.2, rappresenta ciò che è stato adottato nel prosieguo del presente studio e perde di validità al di fuori di esso. Il valore dell'indice di Manning deve infatti essere sempre correlato alla risoluzione adottata per la modellistica idraulica.

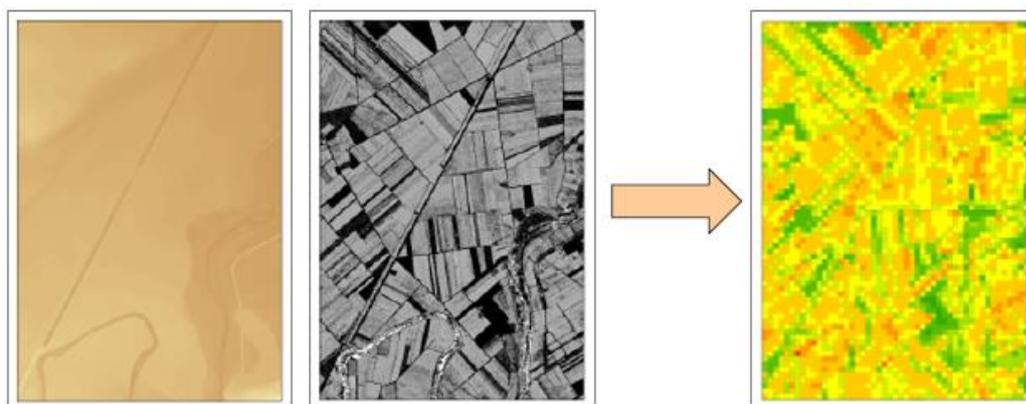


Figura 3.8 – Elaborazione sui DTM (prima immagine a sinistra) e DSM (seconda immagine a sinistra) per ottenere il CHM (a destra)

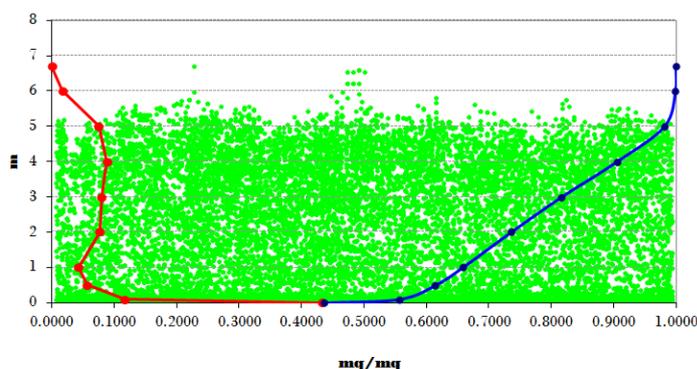


Figura 3.9 – Densità vegetativa degli uliveti

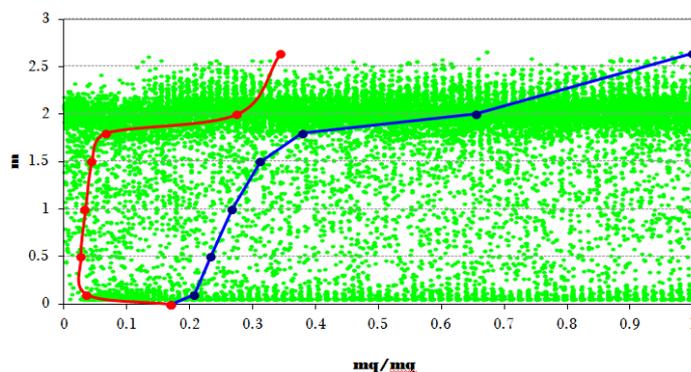


Figura 3.10 – Densità vegetativa dei vigneti

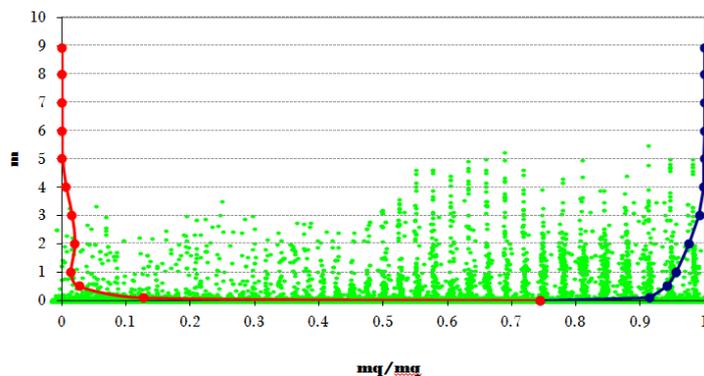


Figura 3.11 – Densità vegetativa dei frutteti

Tabella 3.2 - Indice di Manning per le categorie di uso del suolo della CTR Puglia 1:5000

Categoria di uso del suolo		CHANNEL-FLOW			SHEET-FLOW
		Min.	Norm.	Max	
0	Acquacolture	0.027	0.032	0.035	0.032
1	Altre colture permanenti	0.050	0.060	0.080	0.400
2	Aree a pascolo naturale, praterie, incolti	0.025	0.030	0.035	0.150
3	Aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto)	0.070	0.100	0.160	0.800
4	Aree a ricolonizzazione naturale	0.040	0.060	0.080	0.400
5	Aree a vegetazione sclerofilla	0.058	0.085	0.135	0.600
6	Aree aeroportuali ed eliporti	0.054	0.054	0.054	0.011
7	Aree agroforestali	0.030	0.035	0.050	0.240
8	Aree archeologiche	0.100	0.120	0.140	0.011
9	Aree con vegetazione rada	0.030	0.035	0.050	0.240
10	Aree estrattive	0.100	0.120	0.140	0.050
11	Aree interessate da incendi o altri eventi dannosi	0.035	0.050	0.060	0.400
12	Aree per gli impianti delle telecomunicazioni	0.054	0.054	0.054	0.011
13	Aree portuali	0.054	0.054	0.054	0.011
14	Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali	0.035	0.050	0.070	0.170
15	Aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	0.073	0.073	0.073	0.130
16	Aree verdi urbane	0.020	0.020	0.020	0.130
17	Bacini con prevalentemente utilizzazione per scopi irrigui	0.025	0.030	0.033	0.030
18	Bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	0.025	0.030	0.033	0.030
19	Boschi di conifere	0.110	0.150	0.200	0.800
20	Boschi di latifoglie	0.100	0.120	0.160	0.400
21	Boschi misti di conifere e latifoglie	0.105	0.135	0.180	0.600
22	Campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili	0.073	0.073	0.073	0.130
23	Canali e idrovie	0.015	0.025	0.035	0.025
24	Cantieri e spazi in costruzione e scavi	0.100	0.120	0.140	0.130
25	Cespuglieti e arbusteti	0.035	0.050	0.070	0.240
26	Cimiteri	0.150	0.150	0.150	0.011
27	Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	0.060	0.070	0.080	0.011
28	Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	0.060	0.070	0.080	0.011
29	Colture temporanee associate a colture permanenti	0.030	0.040	0.050	0.170
30	Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	0.200	0.200	0.200	0.011
31	Discariche e depositi di cave, miniere, industrie	0.100	0.120	0.140	0.120
32	Estuari	0.025	0.030	0.033	0.030
33	Fiumi, torrenti e fossi	0.025	0.030	0.033	0.030
34	Frutteti e frutti minori	0.050	0.060	0.080	0.400
35	Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci	0.200	0.200	0.200	0.011
36	Insedimenti ospedalieri	0.150	0.150	0.150	0.011

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - BAT**

Categoria di uso del suolo		CHANNEL-FLOW			SHEET-FLOW
		Min.	Norm.	Max	
37	Insedimenti produttivi agricoli	0.100	0.100	0.100	0.011
38	Insedimento commerciale	0.200	0.200	0.200	0.011
39	Insedimento degli impianti tecnologici	0.100	0.100	0.100	0.011
40	Insedimento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	0.100	0.100	0.100	0.011
41	Insedimento in disuso	0.100	0.120	0.140	0.011
42	Insedimento industriale o artigianale con spazi annessi	0.200	0.200	0.200	0.011
43	Lagune, laghi e stagni costieri	0.040	0.040	0.040	0.040
44	Paludi interne	0.050	0.050	0.050	0.050
45	Paludi salmastre	0.040	0.040	0.040	0.040
46	Parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili)	0.073	0.073	0.073	0.011
47	Prati alberati, pascoli alberati	0.035	0.050	0.060	0.400
48	Reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	0.100	0.100	0.100	0.011
49	Reti ferroviarie comprese le superfici annesse	0.023	0.033	0.036	0.011
50	Reti stradali e spazi accessori	0.020	0.020	0.020	0.011
51	Rocce nude, falesie e affioramenti	0.030	0.040	0.047	0.050
52	Saline	0.040	0.040	0.040	0.040
53	Seminativi semplici in aree irrigue	0.030	0.040	0.050	0.170
54	Seminativi semplici in aree non irrigue	0.030	0.040	0.050	0.170
55	Sistemi colturali e particellari complessi	0.028	0.037	0.045	0.170
56	Spiagge, dune, sabbie	0.020	0.020	0.020	0.010
57	Suoli rimaneggiati e artefatti	0.100	0.120	0.140	0.050
58	Superfici a copertura erbacea densa	0.030	0.035	0.050	0.240
59	Tessuto residenziale continuo antico e denso	0.200	0.200	0.200	0.011
60	Tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	0.200	0.200	0.200	0.011
61	Tessuto residenziale continuo, denso, recente e alto	0.200	0.200	0.200	0.011
62	Tessuto residenziale discontinuo	0.100	0.100	0.100	0.011
63	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	0.100	0.100	0.100	0.011
64	Tessuto residenziale sparso	0.100	0.100	0.100	0.011
65	Uliveti	0.050	0.060	0.080	0.400
66	Vigneti	0.080	0.100	0.120	0.400

### 3.3 IL CURVE NUMBER

Il *Curve Number*, proposto nella procedura del *Soil Conservation Service* [SCS, 1972], è un parametro di fondamentale importanza nelle valutazioni idrologiche, in quanto largamente usato per determinare l'aliquota di precipitazione netta, ovvero l'aliquota di precipitazione totale che contribuisce direttamente alla formazione del deflusso, sia a scala di versante sia di bacino.

Tra le peculiarità del modello SCS-CN c'è quella di descrivere un processo di produzione del deflusso di tipo prevalentemente hortoniano, come ben noto in letteratura [Rallison, 1980; Hjelmfelt, 1980a, 1980b, Mishra & Singh, 2003, Gabellani et al., 2008] e già affermato da Mockus, cui è universalmente attribuita la paternità della metodologia. Il meccanismo individuato da Horton (1933), a cui si riconduce il comportamento dei bacini del territorio carsico pugliese, si verifica quando l'intensità della pioggia  $p(t)$  supera la velocità di infiltrazione del suolo  $f(t)$ , producendo un deflusso superficiale pari alla differenza fra volume piovuto e capacità di assorbimento nell'unità di tempo. Nello specifico il metodo SCS-CN per la stima del volume netto di precipitazione è descritto nella relazione allegata 3.3.1.

Tale parametro assume valori compresi tra 0 e 100. Esso rappresenta l'attitudine del bacino a produrre deflusso e si stima in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale. La stima del CN presuppone, inizialmente, la determinazione del gruppo idrologico di ciascun suolo e, all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per destinazione d'uso, sistemazione e condizione idrica [Ferro, 2006].

Gli strati informativi utili alla definizione del CN sono quindi rappresentati dalla carta geolitologica e dalla carta di uso del suolo. Tale parametro viene di prassi stimato sulla base di tabelle funzioni della permeabilità e degli usi del suolo, effettuando delle valutazioni medio-ponderate sui bacini idrografici oggetto di indagine.

A ragione dell'aggiornamento cartografico, derivante da un lato dalla redazione da parte dell'Autorità di Bacino della Puglia della Carta Idrogeomorfologica sul territorio pugliese (delibera n. 48/2009) e dall'altro dalla disponibilità della Carta di Uso del Suolo della Carta Tecnica Regionale della SIT Puglia, e del crescente impiego delle tecniche GIS, si vuole dare puntuale determinazione del valore del *Curve Number*, attraverso la disposizione di una mappa in formato sia raster che vettoriale, georeferenziata in WGS 84 – UTM 33 N, da adoperare per la stima delle perdite idrologiche nel modello proposto nel capitolo IV, condivisa in [ \ALL\_3\_GEOMORFOIDROLOGICA\CURVE\_NUMBER ] .

#### 3.3.1 Le classi di permeabilità

L'attribuzione delle 4 classi di permeabilità (A, B, C, D) del metodo SCS-CN è operata avendo quale base cartografica la Carta geolitologica della Puglia in scala 1:250.000, impostata sulla elaborazione e sintesi della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, prodotta dal Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari, a seguito di specifica convenzione con l'Autorità di Bacino della Puglia (Responsabile della Convenzione Prof. Marcello Tropeano), nonché elemento della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia (delibera n. 48/2009), pubblicata sul portale internet della stessa Autorità ([www.adb.puglia.it](http://www.adb.puglia.it)).

Stante l'impossibilità di effettuare misure della permeabilità basate sui rilievi in campo su larga scala, è associato un livello di permeabilità a ciascuna unità geolitologica valutando in maniera qualitativa porosità, fessurazione, fatturazione, carsismo e pendenza. Si rimanda alla relazione 3.3.1 per maggiori dettagli. La carta geolitologica è dunque riclassificata in quattro gruppi litologici:

- **A:** permeabilità alta, bassa capacità di deflusso, suoli con elevata capacità di infiltrazione anche se completamente saturi, sabbie e ghiaie profonde ben drenate; notevole conducibilità idrica.
- **B:** permeabilità medio-alta, suoli con moderata capacità di infiltrazione se saturi, suoli con tessitura medio-fine e bassa capacità di infiltrazione, conducibilità idrica media.
- **C:** permeabilità medio-bassa, suoli con bassa capacità di infiltrazione se saturi, suoli con tessitura medio-fine e bassa capacità di infiltrazione, conducibilità idrica bassa.
- **D:** permeabilità bassa, capacità di deflusso elevata, suoli con capacità di infiltrazione ridottissima in condizioni di saturazione, suoli ricchi di argilla rigonfianti, conducibilità idrica estremamente bassa.

Si riportano in tabella 3.3 le 27 unità litologiche contemplate nella carta geolitologica con la classe di permeabilità associata, secondo le considerazioni sopra esposte. Nella relazione tecnica allegata 3.3.1 è esaminata, nel dettaglio, ciascuna unità con l'individuazione delle aree di ubicazione e stralcio cartografico. Nella cartografia allegata 3.3.2 sono rappresentate le quattro classi di permeabilità nelle due province, riportate nello shapefile del raggruppamento delle unità geolitologiche [ \ALL\_3\_GEOMORFOIDROLOGICA\CURVE\_NUMBER\lito\_puglia\_diss.shp ].

**Tabella 3.3** - Raggruppamento delle unità geolitologiche in classi di permeabilità

UNITA' GEOLITOLOGICA	CLASSE
Alternanze arenaceo-pelitiche di ambiente torbido. Miocene	B
Alternanze calcareo-argillose di ambiente torbido. Miocene	C
Areniti silicoclastici e/o carbonatici di ambiente di transizione. Pliocene	B
Argille, argille siltose e argille marnose di piattaforma. Pliocene medio - Pleistocene medio	D
Brecce calcaree di versante. Pleistocene	C
Carbonati di bacino. Giurassico-Cretacico	C
Carbonati di margine e scarpata. Paleogene	B
Carbonati di piattaforma aperta. Paleogene-Miocene	C
Carbonati di piattaforma aperta. Pliocene medio - Pleistocene inf.	B
Carbonati di piattaforma. Giurassico-Cretacico	A
Carbonati di scarpata. Giurassico-Cretacico	C
Complesso argilloso caotico da melange tettonico. Cretacico - Miocene	D
Conglomerati di ambiente di transizione. Pliocene	B
Conglomerati e ghiaie con lenti sabbiose di ambiente di transizione e/o continentale. Pleistocene inf.	B
Gessi di ambiente evaporitico e carbonati di ambiente di transizione (Punta delle Pietre Nere). Triassico	A
Ghiaie e conglomerati di ambiente alluvionale (depositi continentali terrazzati). Pleistocene medio	B
Ghiaie e pietrischi di versante e di conoide alluvionale. Pleistocene sup. - Olocene	B
Materiali caotici ed eterogenei (corpi di frana). Pleistocene sup. - Olocene	C
Rocce ignee (Punta delle Pietre Nere). Terziario sup	D
Sabbie di piana costiera. Pleistocene sup. - Olocene	A
Sabbie e arenarie, ghiaie e conglomerati, calcareniti, silt e argille di ambiente di transizione e/o continentale (depositi marini terrazzati). Pleistocene medio - sup.	B
Sabbie e areniti con lenti argillose e ghiaioso-conglomeratiche di ambiente di transizione e/o continentale. Pleistocene inf.	B
Sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale (depositi continentali terrazzati). Pleistocene sup. - Olocene	B
Silt e argille da colmata antropica. Olocene	D
Silt e argille lagunari e palustri. Pleistocene sup. - Olocene	D
Silt e argille residuali, eluviali e colluviali. Pleistocene sup. - Olocene	D
Silt, argille, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale (depositi di fondovalle). Pleistocene sup. - Olocene	C

### 3.3.2 Associazione dei valori del *Curve Number* alle categorie di uso del suolo

La copertura del suolo è valutata attraverso la Carta di Uso del Suolo della Carta Tecnica Regionale del SIT Puglia in scala 1:5000, pubblicata sul portale SIT Puglia ([www.sit.puglia.it](http://www.sit.puglia.it)). Ad ognuna delle 67 tipologie di uso del suolo è associata una macrocategoria di copertura del suolo tra quelle riportate nella tabella 2 della relazione tecnica allegata 3.3.1, determinando la definizione dei valori del *Curve Number* variabili a seconda delle differenti classi di permeabilità, secondo la tabella riportata a seguire.

Nella relazione tecnica allegata 3.3.1 sono altresì riportate le schede illustrative delle varie tipologie, le quali contengono una descrizione tratta dal “Manuale di Fotointerpretazione” della Carta Uso del Suolo della Regione Puglia, la relativa immagine ortofoto e l’indicazione della macrocategoria associata con i valori del *Curve Number* corrispondenti.

Nella cartografia 3.3.3 è rappresentata la distribuzione delle macrocategorie di copertura del suolo derivanti dalla carta di uso del suolo adoperata, contenuta in [ \ALL\_3\_GEOMORFOIDROLOGICA\CURVE\_NUMBER\uds\_macrocategorie.shp ], secondo l’associazione della tabella 3.4.

**Tabella 3.4** - Determinazione dei valori di *Curve Number* per le categorie di uso del suolo della CTR Puglia

Categorie di uso del suolo	Macrocategoria associata	A	B	C	D
Acquacolture	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Altre colture permanenti	Terre coltivate con trattamenti di conservazione del suolo	62	71	78	81
aree a pascolo naturale, praterie, incolti	Pascolo in cattive condizioni	68	79	86	89
aree a ricolonizzazione artificiale (rimboschimenti nella fase di novelleto)	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
aree a ricolonizzazione naturale	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
aree a vegetazione sclerofilla	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
Aree aeroportuali ed eliporti	Aree residenziali (65 % impermeabili)	77	85	90	92
Aree agroforestali	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
Aree archeologiche	Terreno incolto	77	86	91	94
Aree con vegetazione rada	Pascolo in cattive condizioni	68	79	86	89
Aree estrattive	Superfici al 100 % permeabili	0	0	0	0
Aree interessate da incendi o altri eventi dannosi	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
Aree per gli impianti delle telecomunicazioni	Aree residenziali (65 % impermeabili)	77	85	90	92
Aree portuali	Parcheggi, tetti, strade carrabili	98	98	98	98
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali	Terre coltivate con trattamenti di conservazione del suolo	62	71	78	81
Aree sportive (calcio, atletica, tennis, etc)	Spazi aperti e parchi in condizioni medie	49	69	79	84
Aree verdi urbane	Aree residenziali (12 % impermeabili)	46	65	77	82
Bacini con prevalentemente utilizzazione per scopi irrigui	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Boschi di conifere	Boschi con copertura media	36	60	73	79
Boschi di latifoglie	Boschi con copertura media	36	60	73	79
Boschi misti di conifere e latifoglie	Boschi con copertura media	36	60	73	79
Campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili	Spazi aperti e parchi in condizioni medie	49	69	79	84
Canali e idrovie	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Cantieri e spazi in costruzione e scavi	Aree residenziali (65 % impermeabili)	77	85	90	92
Cespuglieti e arbusteti	Boschi con copertura rada	45	66	77	83
Cimiteri	Aree residenziali (38 % impermeabili)	61	75	83	87
Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue	Colture in filari, dritti in cattive condizioni	72	81	88	91

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - BAT**

<b>Categorie di uso del suolo</b>	<b>Macrocategoria associata</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree non irrigue	Colture in filari, dritti in cattive condizioni	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanenti	Terre coltivate con trattamenti di conservazione del suolo	62	71	78	81
Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Discariche e depositi di cave, miniere, industrie	Terreno incolto	77	86	91	94
Estuari	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Fiumi, torrenti e fossi	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Frutteti e frutti minori	Colture in filari dritti in buone condizioni	67	78	85	89
Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Insedimenti ospedalieri	Aree commerciali (72 % impermeabili)	81	88	91	93
Insedimenti produttivi agricoli	Aree residenziali (65 % impermeabili)	77	85	90	92
Insedimento commerciale	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Insedimento degli impianti tecnologici	Aree commerciali (72 % impermeabili)	81	88	91	93
Insedimento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Insedimento in disuso	Aree residenziali (38 % impermeabili)	61	75	83	87
Insedimento industriale o artigianale con spazi annessi	Aree commerciali (72 % impermeabile)	81	88	91	93
Lagune, laghi e stagni costieri	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Paludi interne	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Paludi salmastre	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Parchi di divertimento (acquapark, zoosafari e simili)	Spazi aperti e parchi in condizioni medie	49	69	79	84
Prati alberati, pascoli alberati	Pascolo in condizioni medie	49	69	79	84
Reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Reti ferroviarie comprese le superfici annesse	Strade in ghiaia	76	85	89	91
Reti stradali e spazi accessori	Strade pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	98
Rocce nude, falesie e affioramenti	Terreno incolto	77	86	91	94
Saline	Superfici al 100 % impermeabili	100	100	100	100
Seminativi semplici in aree irrigue	Grano in buone condizioni (filari dritti)	63	75	83	87
Seminativi semplici in aree non irrigue	Grano in cattive condizioni (filari dritti)	65	76	84	88
Sistemi colturali e particellari complessi	Terre coltivate senza trattamenti di conservazione del suolo	72	81	88	91
Spiagge, dune, sabbie	Spazi aperti e parchi in condizioni medie	49	69	79	84
Suoli rimaneggiati e artefatti	Terreno incolto	77	86	91	94
Superfici a copertura erbacea densa	Pascolo in condizioni medie	49	69	79	84
Tessuto residenziale continuo antico e denso	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Tessuto residenziale continuo, denso più recente e basso	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95
Tessuto residenziale continuo, denso, recente e alto	Aree commerciali (85 % impermeabili)	89	92	94	95

Categorie di uso del suolo	Macrocategoria associata	A	B	C	D
Tessuto residenziale discontinuo	Aree residenziali (65 % impermeabile)	77	85	90	92
Tessuto residenziale rado e nucleiforme	Aree residenziali (38 % impermeabili)	61	75	83	87
Tessuto residenziale sparso	Aree residenziali (30 % impermeabili)	57	72	81	86
Uliveti	Colture in filari dritti in buone condizioni	67	78	85	89
Vigneti	Colture in filari dritti in buone condizioni	67	78	85	89

### 3.3.3 La mappa del Curve Number

La mappa del Curve Number è prodotta intersecando la carta di uso del suolo della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 e la Carta geo-litologica della Puglia, impostata sulla elaborazione e sintesi della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, attraverso le associazioni illustrate nei due paragrafi precedenti.

Tale mappa, raffigurata all'allegato 3.3.4, rappresentante la distribuzione dei valori che assume il Curve Number sul territorio della Regione Puglia, è resa disponibile in formato raster, georeferenziata in WGS 84 – UTM 33 N nella cartella [ \ALL\_3\_GEOMORFOIDROLOGICA\CURVE\_NUMBER ].

La mappa succitata può essere adoperata sia per la determinazione del CN in ogni cella di discretizzazione del territorio, nonché per determinare il CN medio ponderato di un bacino idrografico attraverso procedure in ambiente GIS, così come illustrate a titolo esemplificativo nella relazione tecnica allegata 3.3.1.

Gli effetti di tale mappatura sono stati adoperati per il prosieguo di questo studio. Al di fuori di questa attività assumono valore indicativo e informativo di primo livello, senza escludere che approcci altrettanto plausibili nella attribuzione dei parametri che condizionano il valore del CN sono possibili a partire da cartografie (e/o conoscenze provenienti da altre esperienze) diverse da quelle qui adoperate.

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del BAT.*

# Valutazioni idrologiche – IV

## ALLEGATI



4.0 – Risultati delle analisi idrologiche per i bacini della BAT

## ARCHIVIO DIGITALE



Analisi idrologiche (xls)



Obiettivo di questa fase è la stima delle portate idrologiche per i corsi d'acqua oggetto di studio, attraverso approcci metodologici di larga diffusione e comprovata validità scientifica.

#### 4.1 I MODELLI IDROLOGICI PER LA VALUTAZIONE DELLE PORTATE E DEI VOLUMI DI PIENA

La valutazione idrologica per i bacini ricadenti nell'unità fisiografica denominata BAT, come da figura 4.1, è condotta attraverso l'applicazione della metodologia del *Curve Number* del *Soil Conservation Service* (CN-SCS), la quale consente la stima della portata, a partire dall'idrogramma adimensionale di Mockus.

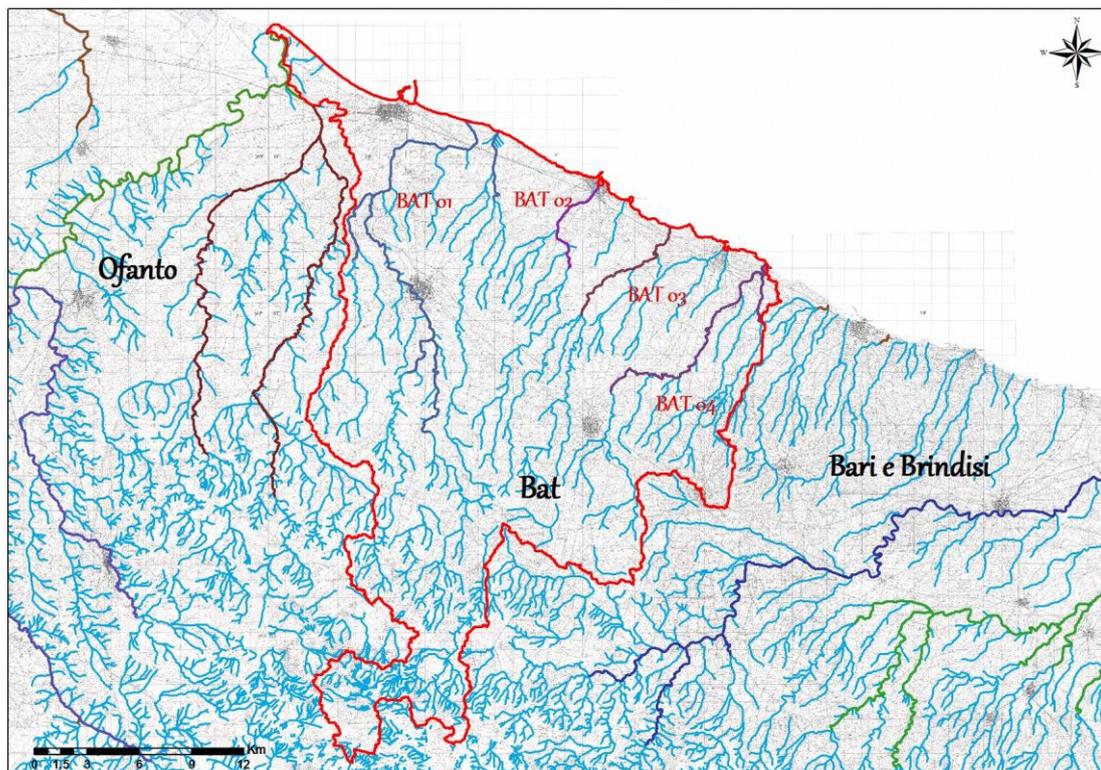


Figura 4.1 - Inquadramento dell'unità fisiografica della BAT

Lo studio idrologico ha lo scopo di stimare le portate generate da un bacino idrografico in seguito al verificarsi di eventi precipitativi straordinari con prefissato tempo di ritorno. Nello specifico, l'Autorità di Bacino della Puglia ha individuato i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, per la definizione degli scenari rispettivamente di alta, media e bassa probabilità, così come definito dalla direttiva 2007/60/CE e dal decreto di recepimento D.Lgs. 49/2010, assumendo altresì come riferimento per la condizione di sicurezza idraulica lo scenario con tempo di ritorno di 200 anni.

L'analisi idrologica si compone delle seguenti fasi:

- analisi pluviometrica per la definizione dell'altezza totale di precipitazione;
- definizione della precipitazione netta, ovvero della componente di precipitazione che partecipa al deflusso, pari alla precipitazione totale depurata da quella che risulta persa in conseguenza alle perdite idrologiche (immagazzinamento superficiale, intercettazione della vegetazione, evaporazione, infiltrazione);
- trasformazione afflussi-deflussi per il calcolo delle caratteristiche della piena.

Per l'individuazione delle caratteristiche pluviometriche dell'evento si opera in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI). Il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia è suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica. Nello specifico i bacini della BAT ricadono nelle zone omogenee 4 e 5 (fig. 4.2), per le quali valgono le seguenti equazioni:

$$\text{Zona 4: } x(t) = 24.7 t^{0.256}$$

$$\text{Zona 5: } x(t, z) = 28.2 t^{\left[ \frac{0.628 + 0.0002z}{3.178} \right]}$$

Equazioni 4.1

dove  $t$  è il tempo caratteristico dell'evento relativo al modello idrologico adottato e  $z$  è la quota media sul livello medio del mare del bacino idrografico.

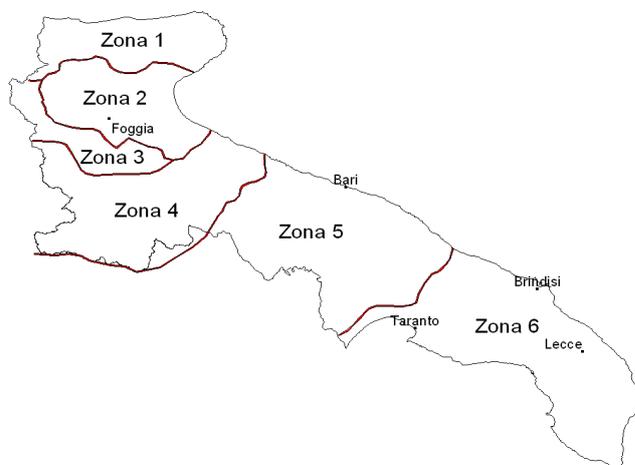


Figura 4.2 - Zone omogenee individuate dal VaPi Puglia

L'applicazione della formula della curva di possibilità pluviometrica consente la stima dell'altezza media di precipitazione espressa in mm. Per valutare la precipitazione avente tempo di ritorno di 30, 200 e 500, si moltiplica l'altezza media per il fattore di crescita, il quale assume la seguente espressione:

per le zone omogenee 1-2-3-4

$$K_{t,T} = 0.5648 + 0.415 \ln T$$

per le zone omogenee 5-6

Equazioni 4.2

$$K_{t,T} = 0.1599 + 0.5166 \ln T$$

Il calcolo della precipitazione netta è invece condotto, come anticipato, seconda la metodologia SCS-CN, largamente utilizzata nell'ambito delle applicazioni tecniche. Tale metodo consente sia la semplice valutazione del volume della piena, o della sua portata al colmo, che la ricostruzione dell'idrogramma di piena in funzione delle caratteristiche geomorfologiche e di uso del suolo dei bacini in esame.

Dalla sua applicazione deriva la diretta proporzionalità tra il volume specifico di pioggia netta  $P_{net}$ , la precipitazione cumulata lorda  $P$ , depurata dell'assorbimento iniziale  $I_a$  che tiene conto dell'accumulo di volumi idrici in superficie, dell'infiltrazione iniziale e superficiale nel suolo e dell'intercettazione fogliare, e il rapporto tra il volume idrico realmente invasato nel suolo  $W$ , e il volume massimo di saturazione del terreno  $S$ :

$$P_{net} = (P - I_a) \cdot \frac{W}{S} \quad \text{Equazione 4.3}$$

con :

- $I_a$  = perdita iniziale;
- $V$  =  $(P - I_a)$  volume di deflusso;
- $P$  = precipitazione lorda;
- $P_{net}$  = pioggia netta;
- $W$  = volume idrico realmente invasato nel suolo;
- $S$  = volume massimo che il suolo può immagazzinare.

pertanto dalla precedente relazione, considerato che la metodologia adottata si basa sull'ipotesi di validità della relazione seguente:

$$\frac{V}{P_{net}} = \frac{W}{S} \quad \text{Equazione 4.4}$$

si calcola il volume di deflusso  $V$  dalla seguente relazione:

$$V = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad \text{Equazione 4.5}$$

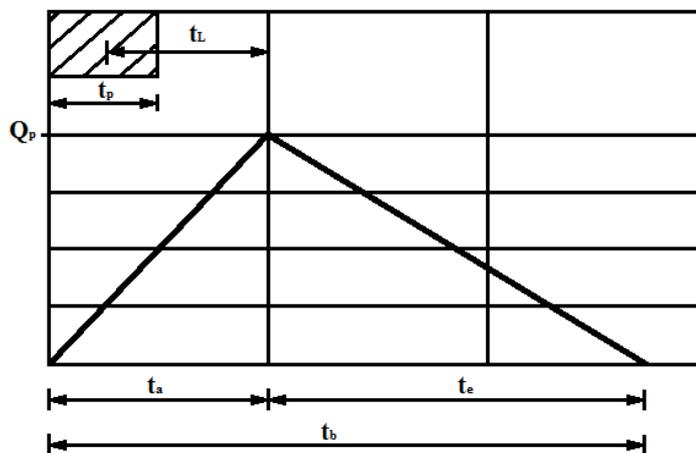
in cui  $S$ , il volume di massimo invaso del suolo, è posto pari a:

$$S = 25.4 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad \text{Equazione 4.6}$$

Il parametro  $CN$  che compare nell'equazione precedente è funzione delle caratteristiche idrologiche e di copertura vegetale dei suoli.

Per il calcolo della portata di picco  $Q_p$  il metodo SCS- CN considera un idrogramma approssimato di forma triangolare (fig. 4.3) che ha una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) ed una fase di esaurimento di durata  $t_e$  (tempo di esaurimento) ed il cui volume, indicata con  $t_b$  la durata dell'evento di piena, ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2} \quad \text{Equazione 4.7}$$



**Figura 4.3** - Idrogramma triangolare impiegato per il calcolo della portata di picco con il metodo SCS

Da evidenze sperimentali è risultato che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37,5% del volume totale  $V$  di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena  $t_b$  da cui risulta che:

$$t_b = 2.67 t_a \quad \text{Equazione 4.8}$$

Dalle ultime due relazioni, esprimendo il volume di deflusso  $V$  in mm, il tempo  $t_a$  in ore, l'area  $A$  del bacino in km<sup>2</sup>, si ottiene:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a} \quad \text{Equazione 4.9}$$

Ipotizzata costante l'intensità di pioggia di durata  $t_p$  ed indicato con  $t_L$  il tempo di ritardo calcolato con la formula di Mockus, in funzione della pendenza del bacino  $s$  [%], della lunghezza dell'asta principale  $L$  [km] e del  $CN$  [-], si ottiene:

$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \quad \text{Equazione 4.10}$$

Al fine di considerare l'influenza dello stato iniziale di umidità del suolo (AMC: *antecedent moisture condition*), l'PSCS ha individuato tre condizioni di umidità in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico e della stagione vegetativa: AMCI, AMCII, AMCIII corrispondenti rispettivamente alle condizioni di suolo asciutto, mediamente imbibito e umido. Per bacini idrografici con superficie imbriferà sottesa superiore a 30-50 km<sup>2</sup> l'utilizzo del metodo SCS abbinato al  $CN_{AMCII}$  può portare in genere ad una sottostima delle portate rispetto a quelle prodotte con altri metodi. Per questo motivo è raccomandabile l'utilizzo del  $CN_{AMCIII}$  per bacini con superficie maggiore di 30 km<sup>2</sup>.

Inoltre, solitamente gli eventi caratterizzati da un tempo di ritorno uguale o maggiore a 30 anni si manifestano in situazioni in cui il bacino è già sufficientemente imbibito. Per tali ragioni, per il calcolo delle portate afferenti alle sezioni di chiusura di ciascun bacino idrografico esaminato si sono considerati valori del  $CN$  corrispondenti alla condizione *umida AMCIII*, ottenuti attraverso l'applicazione del fattore correttivo  $FIII$  (Eq. 4.4) al valore del curve number relativo alla classe di umidità media (Eq. 4.5):

$$FIII = 3.4212 - 1.1999 \log CN \quad \text{Equazione 4.11}$$

valida in tutto il campo dei valori di  $CN$  ( $5 \leq CN \leq 100$ ), da cui ne deriva:

$$CN_{AMCIII} = FIII \cdot CN_{AMCII} \quad \text{Equazione 4.12}$$

La valutazione del tempo  $t_a$  si effettua per mezzo della seguente relazione:

$$t_a = 0.5t_p + t_L \quad \text{Equazione 4.13}$$

La durata critica dell'evento, che determina la massima portata transitante nella sezione di calcolo, è pari al tempo di corrivazione del bacino:

$$t_c = \frac{t_L}{0.6} \quad \text{Equazione 4.14}$$

L'idrogramma unitario (riferito ad un volume di deflusso pari a 1 mm) adottato è, come già detto, l'idrogramma adimensionale di Mockus che mette in relazione il rapporto tra la generica portata  $Q$  all'istante  $t$  e la portata al colmo  $Q_p$  che si verifica all'istante  $t_a$  (durata della fase di crescita) con la variabile adimensionale  $t/t_a$ .

L'evento di pioggia viene scomposto in intervalli di durata pari al tempo  $t_p$  e si procede al calcolo dell'incremento di deflusso relativo a ciascun intervallo di durata  $t_p$  e al relativo idrogramma. L'idrogramma complessivo è il risultato dell'integrale di convoluzione.

Nella tabella 4.1 sono riportate le caratteristiche idrologiche e morfologiche dei bacini idrografici dell'unità fisiografica di Barletta con le relative portate, calcolate con il metodo descritto sopra, per i diversi tempi di ritorno. Nelle successive figure vengono messi in relazione gli andamenti delle aree contribuenti e le portate al picco di piena per i bacini dell'unità fisiografica di Barletta-Andria-Trani, secondo la metodologia SCS-CN (fig. 4.4), i coefficienti udometrici per i diversi tempi di ritorno (fig. 4.5-7) e i tempi di ritardo dei bacini in funzione dell'area (fig. 4.8).

Tabella 4.1 – Caratteristiche idrologiche e morfologiche dei bacini idrografici dell'unità fisiografica della BAT

Basin	Area[kmq]	Z <sub>mean</sub>	i <sub>m</sub> [m/m]	i <sub>v</sub> [m/m]	L[km]	CN	zona	IdBasTot	t <sub>u</sub> [h]	t <sub>c</sub> [h]	t <sub>a</sub> [h]	t <sub>p</sub> [h]	Q <sub>p</sub> [mc/s]	T30		T200		T500	
														Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u	Q <sub>max</sub> [mc/s]	u
1	78.47	354.81	0.016	0.053	23.79	67	5	BAT01	6.51	10.85	7.24	1.45	1.45	37.58	0.48	89.82	1.14	119.22	1.52
2	137.64	283.7	0.014	0.05	35.73	70	5	BAT01	4.91	8.18	5.45	1.09	1.09	89.03	0.65	207.52	1.51	273.21	1.98
3	169.15	242.76	0.012	0.047	43.49	71	5	BAT01	5.49	9.15	6.1	1.22	1.22	108.12	0.64	246.23	1.46	321.81	1.90
6	86.52	338.96	0.015	0.051	26.62	68	5	BAT01	7.07	11.79	7.86	1.57	1.57	41.98	0.49	97.99	1.13	129.11	1.49
7	33.21	177.98	0.017	0.041	22.5	70	4	BAT02	6.53	10.89	7.27	1.45	1.45	18.03	0.54	35.29	1.06	44.62	1.34
8	46.30	143.24	0.014	0.04	26.95	71	4	BAT02	7.44	12.4	8.27	1.65	1.65	24.95	0.54	47.83	1.03	60.05	1.30
20	34.74	359.31	0.015	0.049	23.12	67	5	BAT01	6.62	11.03	7.36	1.47	1.47	16.53	0.48	39.44	1.14	52.32	1.51
25	98.22	315.37	0.014	0.052	35.42	69	5	BAT01	8.57	14.29	9.53	1.91	1.91	45.26	0.46	102.54	1.04	133.88	1.36
26	38.92	206.62	0.012	0.043	21.92	71	4	BAT01	6.08	10.14	6.76	1.35	1.35	23.04	0.59	44.76	1.15	56.43	1.45
30	40.21	364.7	0.017	0.058	20.71	67	5	BAT01	5.57	9.28	6.19	1.24	1.24	20.81	0.52	50.43	1.25	67.21	1.67
32	25.70	396.83	0.017	0.05	14.85	68	5	BAT01	4.48	7.46	4.98	1	1	15.86	0.62	38.37	1.49	51.12	1.99
35	36.59	214.48	0.013	0.042	18.18	70	4	BAT01	5.44	9.08	6.05	1.21	1.21	21.55	0.59	42.73	1.17	54.28	1.48
12	35.77	233.7	0.017	0.043	16.9	70	5	BAT03	2.56	4.26	2.84	0.56	0.57	31.64	0.88	78.33	2.19	104.93	2.93
29	57.77	182.25	0.015	0.042	26.12	69	5	BAT03	3.84	6.4	4.26	0.85	0.85	38.74	0.67	94.60	1.64	126.18	2.18
14	23.65	278.15	0.013	0.04	9.81	70	5	BAT04	1.45	2.41	1.61	0.32	0.32	27.51	1.16	71.61	3.03	97.43	4.12
15	38.38	245.65	0.012	0.038	16.96	71	5	BAT04	2.41	4.01	2.68	0.53	0.54	37.51	0.98	91.38	2.38	121.85	3.17
17	89.24	185.55	0.012	0.038	29.15	70	5	BAT04	4.13	6.88	4.58	0.91	0.92	61.54	0.69	146.39	1.64	193.76	2.17
18	56.90	203.07	0.012	0.039	28.22	70	5	BAT04	4.15	6.92	4.61	0.92	0.92	39.31	0.69	93.37	1.64	123.55	2.17
19	29.94	165.02	0.015	0.038	17.84	69	5	BAT04	3.02	5.03	3.35	0.67	0.67	22.50	0.75	56.26	1.88	75.54	2.52



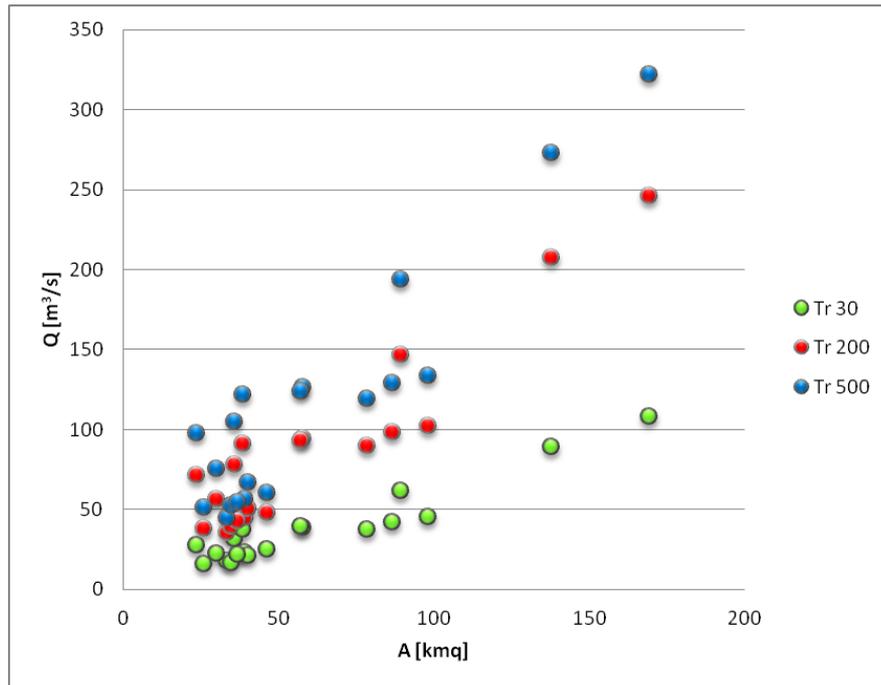


Figura 4.4 – Aree contribuenti e portate al picco di piena dei bacini della BAT secondo la metodologia SCS-CN

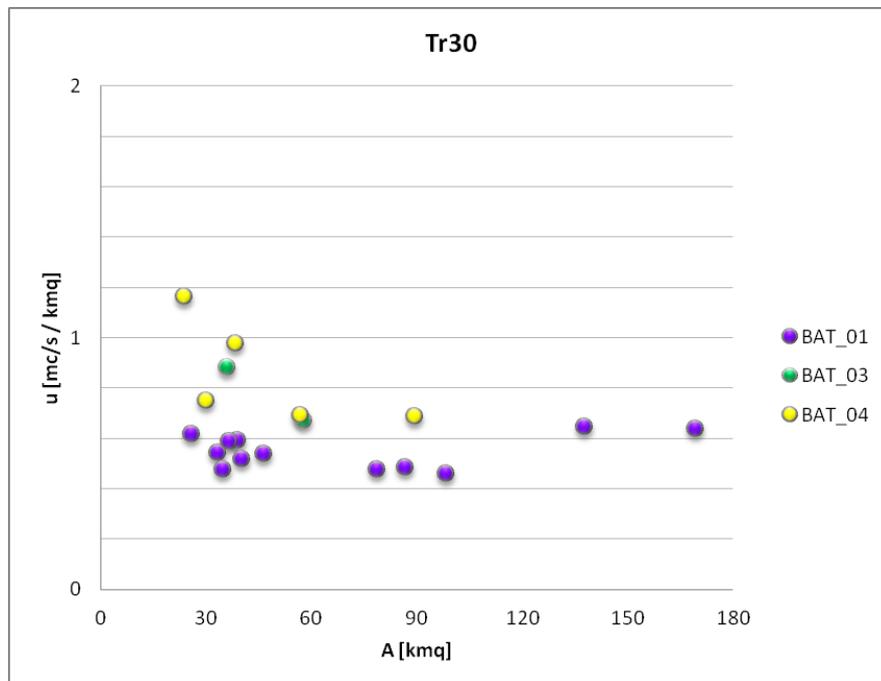
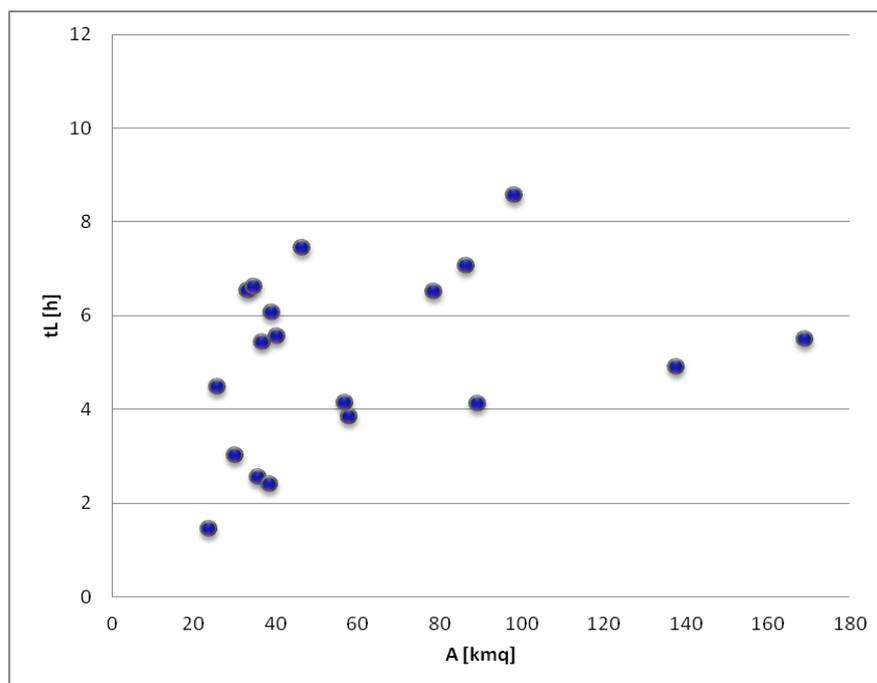


Figura 4.5 – Coefficienti uometrici dei bacini della BAT secondo la metodologia SCS-CN – Tr 30 anni





**Figura 4.8** – Tempi di ritardo dei bacini della BAT in funzione dell'area contribuyente secondo la metodologia SCS-CN

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del BAT.*



# Modellazione idraulica – V

## ALLEGATI



- 5.0 – Schedario dei modelli idraulici
- 5.1.1 – Risultanze schematismo 1D, T200, Canale Ciappetta-Camaggi TAV.1
- 5.1.2 – Risultanze schematismo 1D, T200, Canale Ciappetta-Camaggi TAV.2
- 5.1.3 – Risultanze schematismo 1D, T200, Canale Ciappetta-Camaggi TAV.3
- 5.1.4 – Risultanze schematismo 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_0
- 5.1.5 – Risultanze schematismo 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_1
- 5.1.6 – Risultanze schematismo 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_2
- 5.1.7 – Risultanze schematismo 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_3
- 5.1.8 – Risultanze schematismo 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_4
- 5.1.9 – Risultanze schematismo 2D, T200, Ciappetta-Camaggi\_5
- 5.2.1 – Risultanze schematismo 1D, T200, Lama Paterno TAV.1
- 5.2.2 – Risultanze schematismo 2D, T200, Paterno\_0
- 5.3.1 – Risultanze schematismo 1D, T200, Lama di Macina TAV.1
- 5.3.2 – Risultanze schematismo 2D, T200, Macina\_0

## ARCHIVIO DIGITALE



```
\SCHEDARIO MODELLI
\CODICE_CORSO D'ACQUA
  \AREE_2D\Aree_2d (shp)
  \ATTRAV_IDRA\AttravIdr (shp)
  \CRITICITA'
  Attraversamenti_critici (shp)
  esposti (shp)
  \DEM\Dem Lidar (raster)
  \HEC-RAS
  \IDROLOGIA
    \BACINI\Bacini (shp)
    \IDROGRAMMI\IDRO30,200,500 (txt)
    REPORT30,200,500 (txt)
    SezioniQ (shp)
  \MANNING\Manning_1D_n_max,min,norm (txt)
  \OUTPUT_1D\d30,200,500 e v30,200,500 (raster)
  \OUTPUT_2D\AREA_2D\d30,200,500 e v30,200,500 (raster)
  \PreRAS\ (mdb)
  \RETICOLO_25_KMQ\net_25kmq (shp)
  \TUFLOW\modelli (zip)
  \UdS\UdS (shp)
```



Obiettivo di questa fase è la modellazione del comportamento idraulico dei corsi d'acqua oggetto dello studio, in diverse condizioni di moto, attraverso l'ausilio di opportuni codici di calcolo, anche bidimensionali, preventivamente selezionati e sperimentati. Viene quindi dapprima fornita una descrizione teorica dei modelli mono e bidimensionali utilizzati. Successivamente sono rappresentati i modelli realizzati per i corsi d'acqua indicati nel capitolo II. I paragrafi, ognuno dei quali è relativo a ciascuno dei corsi d'acqua oggetto di studio, si compongono dell'indicazione delle condizioni al contorno, ovvero le portate idriche per i diversi tempi di ritorno, e dei parametri di scabrezza, nonché dell'analisi delle risultanze dei modelli mono e bidimensionali, sia in termini di

valutazione dell'efficienza idraulica delle opere di attraversamento delle reti viarie, che in termini di valutazione delle aree a rischio.

## 5.0 INTRODUZIONE

In questo capitolo è descritta l'attività di modellazione idraulica, dedicata all'implementazione dei modelli numerici con schematismo monodimensionale e bidimensionale (schedati all'allegato 5.0), operata in funzione delle peculiarità del territorio e delle esigenze specifiche di analisi e rappresentazione, con il fine ultimo di individuare le criticità connesse all'assetto idraulico del territorio.

Gli studi qui condotti sono da ritenersi validi per le finalità del presente lavoro, mentre non hanno valenza di studi definitivi per l'aggiornamento delle perimetrazioni del PAI – assetto idraulico. Essi infatti sono coerenti con i principi della Relazione di Piano, tuttavia necessitano di ulteriori approfondimenti, quali ad esempio rilievi di maggiore dettaglio e verifiche sul campo, secondo le accurate modalità proprie della Segreteria Tecnica Operativa.

I rilievi alla base della modellistica idraulica (sia per la definizione della morfologia dei corsi d'acqua che della geometria degli attraversamenti) derivano dai dati acquisiti dall'Autorità di Bacino così come descritti nel capitolo II, ovvero rilievi LIDAR e rilievi delle opere di attraversamento idraulico realizzati appositamente per il presente studio. Non si esclude dunque che alcune delle problematiche di sicurezza idraulica che ne emergono siano già state oggetto di analisi con l'individuazione di progetti di mitigazione del rischio, sulla quale questa Autorità ha espresso un proprio parere di competenza, ma che di fatto non hanno ancora prodotto una risolutiva modifica dello stato dei luoghi. Si ritiene invece opportuno non condurre analisi idrauliche laddove i rilievi in possesso risultano difforni dalla conoscenza dei luoghi (stato di fatto o in evoluzione per effetti di progetti in corso) disponibile nel periodo di riferimento mediano tra le date di inizio e conclusione delle attività di redazione.

Per ciascun bacino esaminato, al fine di fornire una descrizione esaustiva del modello idraulico realizzato, sono presentati sei sottoparagrafi, illustrati con maggior dettaglio a seguire, contenenti i) la descrizione geografica e morfologica del bacino, ii) le scelte legate al parametro di scabrezza, iii) le portate idrologiche del modello, iv) lo schematismo idraulico adottato per la rappresentazione della pericolosità idraulica, v) l'analisi delle opere di attraversamento idraulico e vi) le criticità urbane ed industriali individuate dalle risultanze del modello.

### 1. Descrizione geografica e morfologica

Si descrive il corso d'acqua in relazione alle sue caratteristiche morfologiche e al suo sviluppo sui territori comunali della provincia di Barletta-Andria-Trani.

### 2. Scabrezza

Sono rappresentate le caratteristiche di uso del suolo con relativa documentazione fotografica, al fine di avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei e nelle aree contermini oggetto di analisi. In generale si è adottato, tra i valori proposti al paragrafo 3.2.3, quello relativo alla condizione media, ai fini di adottare cautela nei confronti di entrambe le due grandezze idrodinamiche esaminate, considerando che un indice di Manning più basso, rappresentativo di una resistenza al flusso minore, determina una riduzione dei tiranti idrici con contestuale aumento della velocità di scorrimento; mentre un indice di Manning più alto, rappresentativo di una resistenza al flusso maggiore, determina l'effetto opposto. La scelta del valor medio dell'indice di Manning appare tanto più ponderata, rispetto ad una scelta di maggior cautela in relazione all'estensione delle aree a pericolosità idraulica, se si considera che la resistenza massima al flusso, che giustificerebbe l'adozione dell'indice di Manning di valore massimo, è in generale offerta quando lo stato vegetativo è più denso, condizione che si verifica solitamente nei periodi estivo-primaverili, quando l'occorrenza di eventi precipitativi estremi è ridotta rispetto alle altre stagioni.

### 3. Portate

Si riportano le portate di piena per le varie sezioni di chiusura esaminate lungo il corso d'acqua, indicate nelle cartografie allegate (da 5.1 a 5.4). Nel dettaglio la tabella riporta tutti i parametri geoidromorfologici che concorrono alla stima idrologica, oltreché l'individuazione delle sezioni del modello idraulico utilizzate come condizioni al contorno corrispondenti. E' inoltre rappresentato l'andamento del coefficiente uometrico in funzione dell'area contribuente per i differenti tempi di ritorno, al fine di ottenere una stima rapida di prima approssimazione delle portate nelle varie sezione di chiusura lungo il reticolo del bacino idrografico.

#### 4. Schematismo idraulico

E' indicata la tipologia di modellistica idraulica adottata, in funzione delle caratteristiche morfologiche dell'area esaminata. I modelli numerici adoperati sono a fondo fisso (validi per pendenze di fondo non troppo elevate, non superiori al 10%). Una descrizione degli schematismi idraulici monodimensionali e bidimensionali è offerta ai sottoparagrafi 5.0.1 e 5.0.2. Si precisa inoltre che lo schematismo 1D è accoppiato ad un regime di moto permanente, mentre lo schematismo 2D ad un regime di moto vario. Nello specifico nelle cartografie allegate (da 5.1.1 a 5.1.3, 5.3.1, da 5.4.1 a 5.4.2) sono riportate le risultanze delle simulazioni idrauliche, condotte con schematismo 1D, nonché individuate le aree che necessitano l'adozione di una modellistica 2D. Queste aree sono elencate in una tabella, in cui sono specificate, nei diversi campi, a) le ragioni che determinano la necessità dell'utilizzo del bidimensionale, b) la tipologia degli esposti nell'area e c) la priorità della redazione di uno studio bidimensionale. In quest'ultimo campo si assegna valore 0 a quelle aree dove, pur non essendo corretto l'utilizzo dello schematismo 1D, non risulta necessario un elevato dettaglio di rappresentazione della pericolosità idraulica; il valore 0.5 è associato a quelle aree dove è necessaria una modellistica idraulica bidimensionale al fine di determinare correttamente l'estensione delle aree allagate e delle grandezze idrodinamiche in gioco; mentre il valore 1 è assegnato quando la modellistica bidimensionale diviene fondamentale per l'individuazione delle opere necessarie alla messa in sicurezza dove sono presenti esposti di natura rilevante. Le simulazioni idrauliche in campo bidimensionale, di più complessa applicazione rispetto al monodimensionale, sono state quindi condotte in aree con priorità pari a 1 e 0.5.

#### 5. Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Si analizzano nel dettaglio le opere di attraversamento idraulico delle infrastrutture viarie oggetto del censimento, essendo tali intersezioni con il reticolo idrografico punti di particolare criticità. La vulnerabilità dei ponti è valutata in relazione al loro comportamento idraulico in regime di piena, classificato schematicamente in luce di sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto. Non è invece condotta alcuna valutazione sulla vulnerabilità strutturale o legata a fenomeni di permeazione, erosione o trasporto, la quale non attiene alle competenze del presente studio. Non è possibile escludere dunque che attraversamenti ritenuti verificati possano determinare situazioni di criticità diverse da quelle qui esaminate.

NOTA: Gli attraversamenti classificati come NC, qualora non verificati, sono stati anch'essi oggetto di classificazione per la successiva fase di valutazione preliminare degli interventi.

#### 6. Criticità urbane / industriali

Si offre una rapida descrizione delle criticità evidenziate in relazione alla sovrapposizione delle aree a pericolosità idraulica con le infrastrutture viarie e gli insediamenti residenziali e produttivi.

Per ciascun corso d'acqua sono riportati nelle cartografie allegate le risultanze degli studi idraulici, in termini di massimo valore del tirante idrico, relativo allo scenario con tempo di ritorno di 200 anni – di riferimento per la sicurezza idraulica - con individuazione contestuale delle sezioni di inserimento delle portate, del regime idraulico degli attraversamenti e delle aree che necessitano di schematismo di tipo 2D. In [ALL\_5\_MODELLI\_IDRAULICI] sono invece allegate le risultanze complete prodotte, ovvero le mappe raster di tiranti idrici e delle velocità di scorrimento per gli scenari aventi tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, oltreché i modelli Hec-Ras realizzati e tutti gli elementi utili alla definizione degli studi idrologico-idraulici.

### 5.0.1 Schematismo 1D e 2D

I modelli matematici per la rappresentazione dei fenomeni di propagazione delle piene possono essere ad una oppure a due dimensioni. Nei modelli monodimensionali il sistema è rappresentato da una serie di sezioni trasversali, che si sviluppano tra alveo e golena, all'interno delle quali i tiranti idrici e le velocità di scorrimento sono assunte in ogni punto costanti. I modelli idraulici bidimensionali sono capaci di considerare, a differenza dei monodimensionali, anche le componenti della velocità ortogonali alla direzione dell'asse dell'alveo e quindi in grado di descrivere fenomeni di flusso che si sviluppano nel piano, fornendo in ogni punto la direzione e l'intensità della velocità media sulla verticale.

Il territorio carsico pugliese è caratterizzato da tratti a morfologia definita, alternati a zone in cui invece non è possibile definire univocamente la direzione di flusso. Per tale ragione è opportuno accoppiare schemi di calcolo idraulici monodimensionali a schemi di tipo bidimensionale.

Per lo sviluppo della modellistica di tipo monodimensionale è stato scelto il software HEC-RAS della U.S. Army Corps of Engineering, di comprovata affidabilità e di distribuzione gratuita. Per la modellistica di tipo bidimensionale ci si è avvalsi del codice di calcolo noto con l'acronimo di TUFLOW (Two-dimensional Unsteady FLOW) della BMT WBM, con interfaccia SMS v.10.0, commercializzato dalla Aquaveo Llc, di cui l'Autorità di Bacino della Puglia ha acquisito regolare licenza d'uso nell'ambito del progetto. Essendo l'HEC-RAS un codice di calcolo largamente utilizzato a livello mondiale e del quale è possibile reperire in maniera libera ogni informazione, nel sottoparagrafo successivo verrà offerta una completa descrizione del solo codice di calcolo TUFLOW.

## 5.0.2 Il modello di calcolo TUFLOW

La definizione della pericolosità idraulica è stata operata, laddove necessario, mediante l'utilizzo di un modello di calcolo idraulico bidimensionale in grado di definire componenti della velocità ortogonali alla direzione dell'asse principale del corso d'acqua e quindi di descrivere fenomeni di moto che si sviluppano nel piano x-y, fornendo in ogni punto la direzione e l'intensità della velocità mediata nella direzione verticale z.

Il modello utilizzato è noto con l'acronimo di TUFLOW (Two-dimensional Unsteady FLOW) della BMT WBM, con interfaccia SMS v.10.0, commercializzato dalla Aquaveo Llc, di cui l'Autorità di Bacino della Puglia ha acquisito regolare licenza d'uso. Tale strumento è tra i più moderni ed efficienti codici di calcolo nel campo dell'idrodinamica.

Il TUFLOW è specifico per le simulazioni idrauliche bidimensionali delle correnti a superficie libera e risulta quindi atto a descrivere comportamenti idrodinamici in ambienti come aree costiere, estuari, fiumi, pianure alluvionali e aree urbane, dove le complesse direzioni di flusso non sono correttamente rappresentabili mediante i tradizionali modelli monodimensionali.

Il modello è stato sviluppato da una ricerca congiunta tra la WBM Oceanics Australia e l'Università del Queensland nel 1990. Nato come modello idraulico puramente bidimensionale, oggi incorpora anche le funzionalità del sistema ESTRY, basato sulle equazioni complete monodimensionali, ed implementa il legame dinamico 1D/2D, che offre al modello maggiore versatilità e stabilità. Il TUFLOW è stato inoltre sottoposto a diversi ed intensi test di validazione, che ne certificano l'affidabilità.

Altre caratteristiche, che hanno determinato la sua scelta da parte di questa Autorità, sono la rappresentazione di domini multipli 2D, la rappresentazione delle strutture idrauliche 1D e 2D, la simulazione delle correnti supercritiche 1D e 2D, l'interfaccia con il GIS e gli accurati strumenti di controllo della qualità degli output.

Da un punto di vista analitico, il TUFLOW fornisce le soluzioni delle equazioni monodimensionali e bidimensionali delle acque basse (o Shallow Water), conosciute anche come equazioni complete di De Saint Venant, utilizzate per simulare la propagazione dell'onda nelle correnti a superficie libera.

Tali equazioni derivano dalle equazioni di Navier-Stokes e sono impiegate per modellare onde lunghe, come quelle delle alluvioni e delle onde oceaniche, in quanto si basano sull'ipotesi che la componente orizzontale della velocità sia uniforme lungo la verticale e sull'ipotesi di assenza di accelerazione verticale (ipotesi di distribuzione idrostatica delle pressioni), assunzioni valide dove la dimensione dell'onda è maggiore di quella del tirante idrico.

Le equazioni di shallow water valide in campo bidimensionale sono descritte dalle equazioni differenziali parziali della continuità della massa e della conservazione della quantità di moto nella direzione X, parallela all'asse dell'alveo, e Y, normale all'asse dell'alveo, in moto vario::

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} = 0 \quad (\text{Eq. continuità}) \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - c_f v + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g u \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 H} - \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = F_x \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + c_f u + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + g v \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 H} - \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = F_y \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (\text{Eq. moto lungo X}) \\ (\text{Eq. moto lungo Y}) \end{array}$$

dove  $\zeta$  = elevazione del pelo libero  
 $u$  e  $v$  = componenti della velocità mediate lungo la verticale nelle direzioni X e Y  
 $H$  = tirante del pelo libero  
 $t$  = tempo  
 $x$  e  $y$  = distanze nelle direzioni X e Y  
 $c_f$  = coefficiente della forza di Coriolis  
 $C$  = coefficiente di Chezy  
 $\mu$  = coefficiente di viscosità  
 $p$  = pressione atmosferica  
 $\rho$  = densità dell'acqua  
 $F_x$  e  $F_y$  = somma delle componenti delle forze esterne nelle direzioni X e Y

In riferimento all'equazione del moto sia lungo la direzione X sia lungo Y, si precisa quanto segue.

I primi tre termini rappresentano i termini inerziali e più precisamente il primo dà conto dell'inerzia locale, mentre il secondo e il terzo rappresentano quella convettiva.

Il quarto termine rappresenta la forza di Coriolis. Questa è una forza apparente, legata all'accelerazione generata dalla rotazione terrestre ed, in termini matematici, ha la forma seguente:

$$F_C = -2m\omega \times v$$

ove  $m$  è la massa del corpo che si muove con velocità  $v$  rispetto al sistema di riferimento rotante con velocità angolare  $\omega$ . Esplicitando la dipendenza dell'angolo  $\alpha$ , formato dall'asse di rotazione del sistema di riferimento con la direzione della velocità del corpo, l'intensità della forza vale:

$$F_C = 2m\omega v |\sin\alpha| = c_f \cdot v$$

Con riferimento alle simulazioni condotte, si precisa che tale termine è stato considerato pari a 0.

Il quinto termine rappresenta la variazione del pelo libero nella direzione considerata.

Il sesto termine è la pendenza della linea dell'energia come determinata dalla resistenza al contorno. Il coefficiente  $C$  è determinato mediante l'equazione di Manning, che lo pone in relazione con un indice di scabrezza  $n$  e con il raggio idraulico  $R$ , ovvero con la scabrezza relativa dell'alveo:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

Il settimo termine rappresenta la pendenza della linea dell'energia legata agli sforzi tangenziali di natura viscosa, che determinano la resistenza allo scorrimento. In condizioni di turbolenza, quali quelle in esame, il fenomeno di scambio e dissipazione energetica per sforzo tangenziale interno è convenzionalmente determinato con una struttura matematica analoga a quello tipico del caso laminare, nel quale al parametro di viscosità dinamica si sostituisce la eddy viscosity o coefficiente di scambio turbolento, il cui valore è tra 100 e 1000 volte quello del coefficiente di viscosità dinamica ( $1.12 \cdot 10^{-3}$  Nm<sup>-2</sup>s). Tale parametro è formulato nel TUFLOW con due metodi alternativi. Il primo fissa per tale parametro un valore costante, nei casi in cui la dimensione delle celle di calcolo è maggiore di quella del tirante della corrente idrica. Il secondo metodo è un'approssimazione della formulazione di Smagorinsky, da utilizzare quando la dimensione delle celle è prossima o minore del tirante della corrente idrica e la cui espressione è la seguente:

$$\mu = C_s \sqrt{A_c} \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right)^2}$$

nella quale  $A_c$  è l'area della cella e  $C_s$  il coefficiente di Smagorinsky, convenzionalmente posto pari a 0.2.

L'ottavo termine rappresenta il gradiente della pressione barometrica. In riferimento alle simulazioni idrauliche condotte, si precisa che tale termine è stato considerato pari a 0.

Il nono termine rappresenta infine tutte le forze esterne non esplicitate in precedenza (es. forza del vento). In riferimento alle simulazioni idrauliche condotte, si precisa che tale termine è stato considerato pari a 0.

La soluzione completa delle equazioni delle acque basse (Shallow Water Equations) si basa sull'algoritmo di Stelling (1984), fondato sul metodo implicito alle differenze finite a direzioni alternate, così come documentato da Syme (1991). La procedura computazionale, riportata in seguito, si divide in 2 fasi, ognuna delle quali comporta 2 step, che richiedono la soluzione di una matrice diagonale di terzo ordine.

**STAGE - I** *1° Step* Risolve l'equazione del moto nella direzione Y per la velocità  $v$ , utilizzando un metodo iterativo, che richiede 2 sweeps. Per il primo sweep, il calcolo procede colonna per colonna nella direzione Y. Se il segno di tutte le velocità nella direzione X è lo stesso, il secondo sweep non è necessario, altrimenti il calcolo è ripetuto nella direzione opposta.

*2° Step* Determina il tirante e la velocità  $u$  attraverso la soluzione delle equazioni di continuità e di moto nella direzione X. Nell'equazione di continuità viene esplicitato il termine della velocità in funzione dell'equazione di moto. Si determina così il tirante, che viene poi introdotto nell'equazione di moto per ricavare la componente della velocità. Questo processo è ripetuto per 2 iterazioni. Diversi test hanno mostrato che ci sono pochi benefici ad utilizzare più di 2 iterazioni.

**STAGE - II** Il secondo stage procede nella stessa maniera dello stage 1, ma nel primo step si utilizza l'equazione del moto della direzione x e nel secondo step sono impiegate l'equazione di continuità e l'equazione del moto nella direzione Y.

### 5.0.3 La pericolosità idraulica relativa

Il PAI dell'Autorità di Bacino della Puglia individua quali aree a pericolosità idraulica le porzioni di territorio caratterizzate da uguale probabilità di inondazione, che, in accordo con la vigente normativa nazionale di settore, corrispondono ai tempi di ritorno della piena di riferimento pari a 30, 200 e 500 anni.

**Tabella 5.1** – Pericolosità di inondazione in funzione del tempo di ritorno dell'evento straordinario di riferimento

Tempo di ritorno	Pericolosità di Inondazione
30	AP – Alta Pericolosità
200	MP – Media Pericolosità
500	BP – Bassa Pericolosità

Questa impostazione si basa sulla consolidata assunzione che un evento di inondazione sia tanto più pericoloso quanto più è frequente. Tale approccio risulta valido dove il flusso è confinato in un alveo morfologicamente definito e quindi l'estensione dell'impronta al suolo della piena di riferimento, con tempo di ritorno assegnato, è sufficiente a definirne la pericolosità. Tuttavia è possibile che a morfologie in cui il flusso risulta concentrato, si alternino porzioni di territorio in cui si determina l'inondazione di vaste aree con tiranti e velocità talora di bassa entità. Da ciò deriva l'opportunità di valutare la pericolosità idraulica non solo in funzione della probabilità di accadimento dell'evento, ma anche in funzione all'entità massima di tiranti idrici e velocità di scorrimento. La rilevanza del problema appare evidente nella pianificazione, nell'ottica di garantire, nel rispetto del naturale assetto idrogeomorfologico e del corretto funzionamento idraulico, l'esigenza dell'uomo di utilizzare il territorio.

I modelli idraulici consentono la determinazione delle grandezze idrodinamiche necessarie ai fini di una più dettagliata caratterizzazione della pericolosità idraulica, la cui rappresentazione è peraltro richiesta dalla direttiva europea 2007/60/CE e del relativo decreto di attuazione D.Lgs 49/2010. Si propone dunque una metodologia di mappatura delle aree a diversa pericolosità idraulica basata non solo sulla probabilità dell'evento di piena straordinario (pericolosità assoluta), ma anche sull'entità delle grandezze idrodinamiche in gioco (pericolosità relativa), onde evitare la sovrastima sistematica di fenomeni in realtà poco pericolosi.

In particolare, si valuta l'entità dei massimi tiranti idrici e delle velocità di scorrimento che si realizzano nelle aree inondabili con assegnato tempo di ritorno. I valori dei tiranti idrici e della velocità sono quelli massimi che si possono realizzare nell'area durante l'evoluzione della piena. Tale assunzione è cautelativa e di semplice applicazione e verifica; tuttavia, poiché, i valori massimi di tirante e velocità in un punto, in generale, non si verificano contestualmente durante l'evoluzione della inondazione, possono in alternativa essere utilizzati i valori massimi del tirante idrico accoppiati ai contestuali valori di velocità.

Per tali grandezze fondamentali devono essere determinate le soglie caratteristiche per la discriminazione di classi di diversa pericolosità relativa. Il criterio fondamentale assunto come riferimento per l'individuazione dei valori limite per la definizione dei gradi di pericolosità relativa è basato sulla determinazione di soglie idrodinamiche fondate sul concetto di spinta tollerabile di una corrente, sulla base degli studi condotti dal prof. R. Rosso del Politecnico di Milano. L'applicazione di tale criterio porta alla definizione della relazione tirante idrico – velocità di scorrimento associato ad una spinta assegnata condizionata dall'energia specifica (figura 5.1), definita dalla seguente equazione:

$$S = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 + \rho \cdot h \cdot v^2$$

dove  $\gamma$  e  $\rho$  sono rispettivamente il peso specifico [ $\text{N}/\text{m}^3$ ] e la densità del fluido [ $\text{Kg}/\text{m}^3$ ],  $h$  il tirante idrico [m] e  $v$  la velocità di scorrimento [m/s]. In merito ai valori di spinta tollerabile, in base ai risultati sperimentali e alle diverse prescrizioni ricavabili dalla letteratura, con particolare riferimento alla stabilità degli individui, alla resistenza delle infrastrutture e degli edifici e alla mobilitazione degli autoveicoli in condizioni di inondazione, è stato assunto il valore di 1500  $\text{N}/\text{m}$  quale rappresentativo della bassa pericolosità, mentre al superamento di un valore di circa 2500  $\text{N}/\text{m}$ , si realizzano invece condizioni di alta pericolosità [AdBLiguria, 2005].

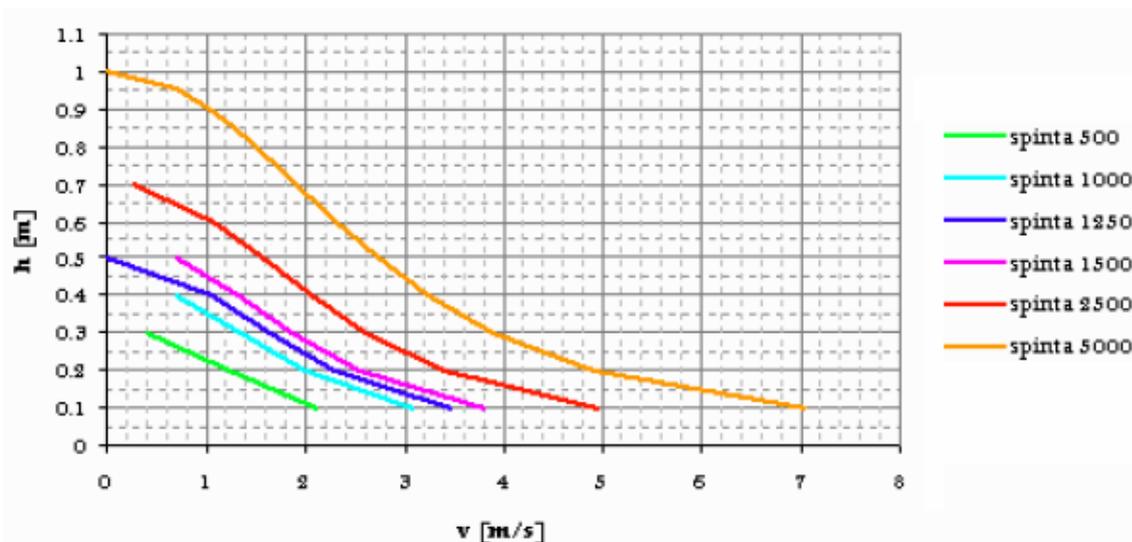


Figura 5.1 – Spinta idraulica di una corrente in funzione dell’altezza idrica e della velocità di scorrimento

Ne consegue, ai fini applicativi, che le coppie di valori tirante idrico - velocità di scorrimento inferiori alla soglia indicata dalla spinta di 1500 N/m sono individuate come ricadenti in condizioni di bassa pericolosità relativa, mentre le coppie di valori superiori a tale soglia ricadono in condizioni di alta pericolosità relativa, essendo la zona compresa tra le spinte di 1500 N/m e di 2500 N/m non definibile con certezza e quindi assimilata ad alta pericolosità relativa (v. figura 5.2). Le soglie di riferimento delle coppie di valori tirante idrico e velocità di scorrimento, per la individuazione delle condizioni di bassa e alta pericolosità relativa, indipendentemente quindi dal tempo di ritorno dell’evento che li ha prodotti, sono riportate in tabella 5.2.

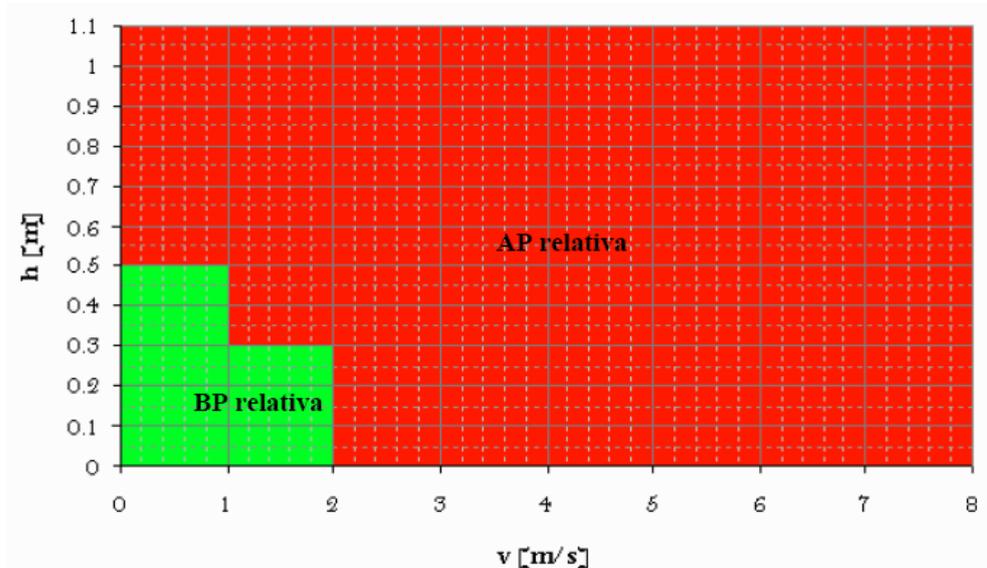


Figura 5.2 – Definizione dell’alta e bassa pericolosità relativa in funzione dei tiranti idrici  $h$  e della velocità di scorrimento  $v$

Tabella 5.2 – Soglie di pericolosità relativa in termini di tirante idrico condizionato dalla velocità di scorrimento

Condizioni di velocità di scorrimento	Condizioni di tirante idrico	
	BP relativa	AP relativa
$v < 1$ m/s	$H < 0.5$ m	$H \geq 0.5$ m
$1 \text{ m/s} \leq v < 2$ m/s	$H < 0.3$ m	$H \geq 0.3$ m
$v \geq 2$ m/s	/	$H > 0$ m

Partendo quindi dalla valutazione congiunta dei massimi tiranti e delle massime velocità di scorrimento risultanti dagli studi idraulici condotti per i differenti tempi di ritorno, si definisce la pericolosità idraulica relativa per ogni tempo di ritorno. Per ultimo la pericolosità relativa viene incrociata con i tempi di ritorno degli eventi, per determinare la pericolosità assoluta secondo il criterio di seguito schematizzato e riportato in tabella 5.3:

- all'interno delle aree inondabili con tempo di ritorno di 30 anni (ex alta pericolosità di inondazione) si individuano, sulla base dei risultati delle simulazioni in termini di altezze idriche e velocità di scorrimento, sottozone ad alta pericolosità relativa e sottozone a bassa pericolosità relativa; mentre le prime sono associate ad un'alta pericolosità, le seconde sono declassate in media pericolosità;
- all'interno delle aree inondabili con tempo di ritorno di 200 anni (ex media pericolosità di inondazione) si individuano, sulla base dei risultati delle simulazioni in termini di altezze idriche e velocità di scorrimento, sottozone ad alta pericolosità relativa e sottozone a bassa pericolosità relativa; mentre le prime sono associate ad una media pericolosità, le seconde sono declassate in bassa pericolosità;
- le aree inondabili con tempo di ritorno di 500 anni restano definite come a bassa pericolosità di inondazione, indipendentemente dai tiranti e dalle velocità.

L'applicazione di tale metodologia di mappatura della pericolosità idraulica deve basarsi sui risultati di studi idraulici di dettaglio, che permettono di determinare affidabilmente, oltre alla perimetrazione delle aree inondabili, anche l'entità di tiranti idrici e velocità di scorrimento che si realizzano. Per tale ragione è opportuno associare alla stima delle grandezze idrodinamiche la loro incertezza.

**Tabella 5.3** – Definizione della pericolosità idraulica in funzione della pericolosità relativa e del tempo di ritorno

Pericolosità relativa  Tempo di ritorno	Alta		Bassa	
	30	AP – Alta Pericolosità		MP – Media Pericolosità
200	MP – Media Pericolosità		BP – Bassa Pericolosità	
500	BP – Bassa Pericolosità			

Si riporta a seguire un esempio di applicazione su una porzione di territorio studiato attraverso l'utilizzo di uno schematismo bidimensionale). Nell'immagine in figura 5.3 è riportata la rappresentazione delle aree di allagamento lungo il Ciappetta-Camaggi in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni. I risultati riferiti a tutti i corsi d'acqua studiati sono riportati nelle cartografie allegare alla presente relazione (allegati 5.1.1-5.3.2).

In figura 5.4 a è riportata la perimetrazione delle aree ad alta (tempo di ritorno=30 anni), media (tempo di ritorno=30 anni) e bassa (tempo di ritorno=500 anni) pericolosità secondo le vigenti norme del PAI; mentre in figura 5.4 b è riportata la perimetrazione delle aree a pericolosità considerando non solo il tempo di ritorno dell'evento ma anche i valori di tirante idrico e velocità di scorrimento della corrente.

L'approccio culturale che sta alla base di quanto in precedenza esposto è in linea con le conoscenze di s5.35.3ettore indicate nella letteratura tecnica recente. Tuttavia esso, pur significativo, appare non applicabile in via speditiva poiché non è in accordo con le vigenti NTA del PAI e peraltro si riferisce, nell'esempio indicato, ad una porzione non trascurabile, ma comunque non maggioritaria del territorio di competenza dell'AdBP, quale è quella esaminata nel presente studio.

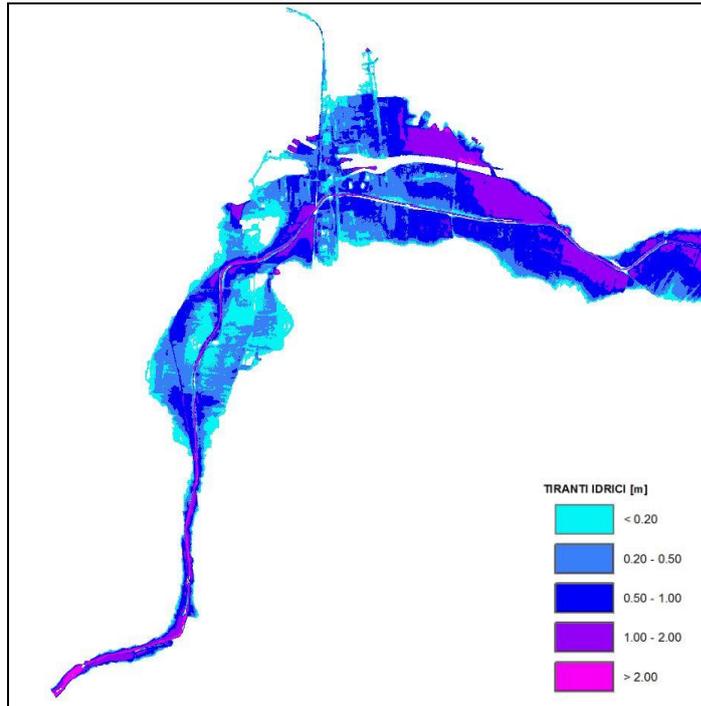


Figura 5.3 – Aree di allagamento espresse in termini di tiranti idrici

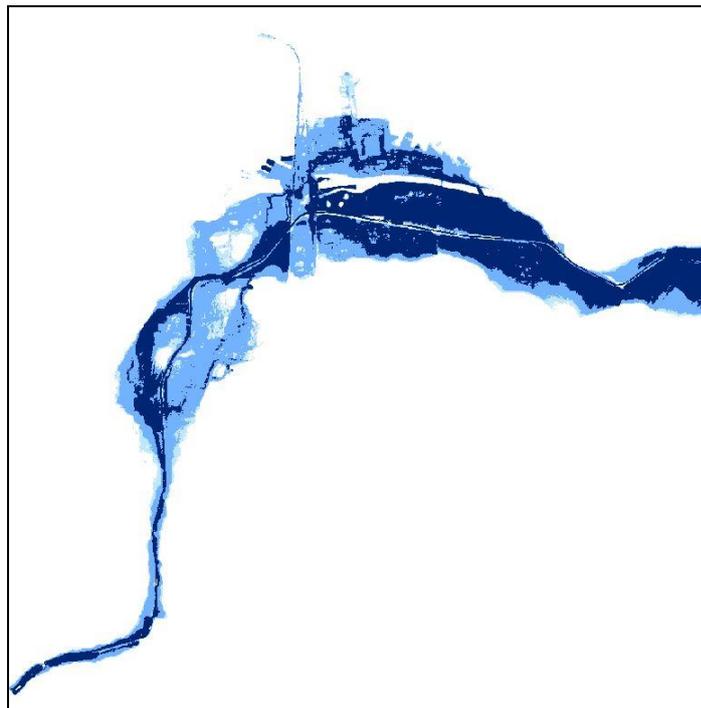
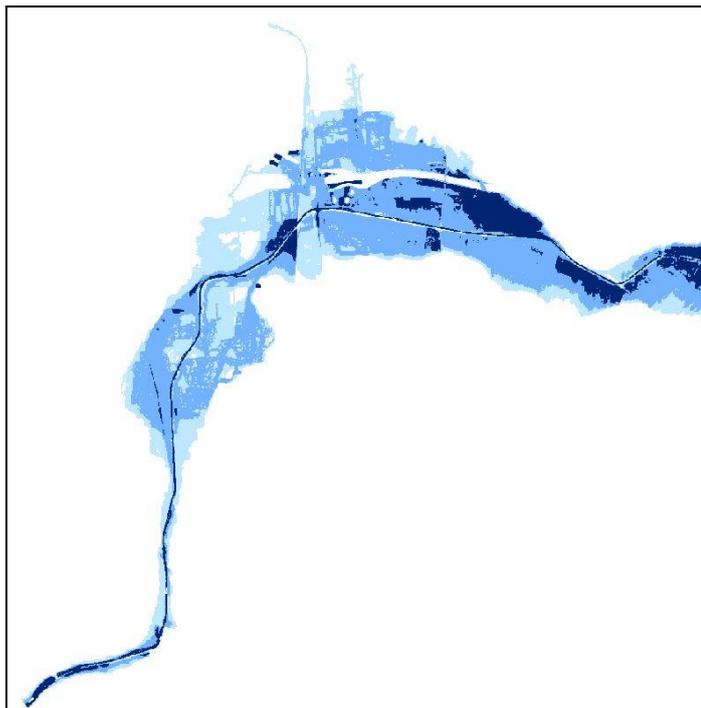


Figura 5.4 a – Aree a diversa pericolosità idraulica secondo le vigenti norme del PAI



**Figura 5.4 b** – Aree a diversa pericolosità idraulica sulla base della valutazione combinata del tempo di ritorno e delle grandezze idrodinamiche

## 5.1 CIAPPETTA-CAMAGGI

### 5.1.1 Descrizione geografica e morfologica

Il Ciappetta-Camaggi ha un bacino di circa 170 km<sup>2</sup>. Solca i territori comunali da monte a valle di Andria e Barletta, per poi sfociare nel mare Adriatico.

Esso ha origine nel territorio del parco delle Murge, a sud di Andria, dove si presenta come un'incisione naturale, per poi essere canalizzato a valle della SP30, presso Contrada Punta delle Vigne. La sezione del canale, dal punto di vista morfologico, si presenta rettangolare di larghezza pari a circa 8 m.

In prossimità del centro urbano di Andria, a partire da Via Togliatti, la sezione si presenta trapezia con savanella e larghezza pari a 13 m. A partire da Via Sosta S. Riccardo si sviluppa interamente al di sotto del centro cittadino fino a via Lago di Lesina.

A nord-ovest dell'abitato di Andria, riprende il suo corso a cielo aperto lungo tutto l'agro di Barletta; in questo tratto la sezione di forma rettangolare è dotata di savanella e presenta una larghezza di circa 10 m.

La zona di foce, a valle della S.S. N.16, è caratterizzata da un'area paludosa detta Pezza delle Rose; qui il canale risulta connesso ad una serie di collettori di bonifica, tra cui quello studiato denominato: "Lama Amara".

### 5.1.2 Scabrezza

La parte di canale, a monte del centro urbano di Andria, attraversa principalmente aree occupate da uliveti fino alla zona urbana dove, dopo aver percorso un breve tratto all'interno di un tessuto residenziale, diventa tombato al di sotto di tutto il centro cittadino.

Per il percorso effettuato lungo l'agro di Andria e Barletta, l'uso del suolo è quasi prevalentemente dedicato ad uliveti, seminativi e vigneti mentre in corrispondenza della costa si trovano anche cespuglieti e arbusteti.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per gli uliveti  $n=0.06$ , per i tessuti residenziali  $n=0.2$ , per i vigneti  $n=0.1$ , per i seminativi  $n=0.04$ , per i cespuglieti e gli arbusteti  $n=0.05$ .

Le sezioni di riferimento seguono lo schematismo adottato per lo studio monodimensionale, descritto nel paragrafo 5.1.4.

### 5.1.3 Portate

La portata alla foce del bacino idrografico del Ciappetta-Camaggi, per un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 246.2 m<sup>3</sup>/s. I coefficienti udometrici tutto lungo il corso d'acqua assumono un andamento lineare, con valori da 1 a 1.5 (figura 5.5).

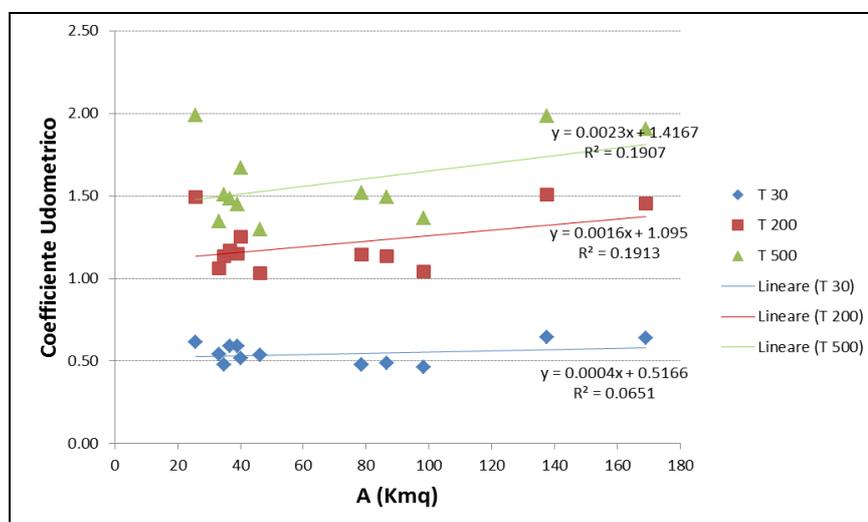
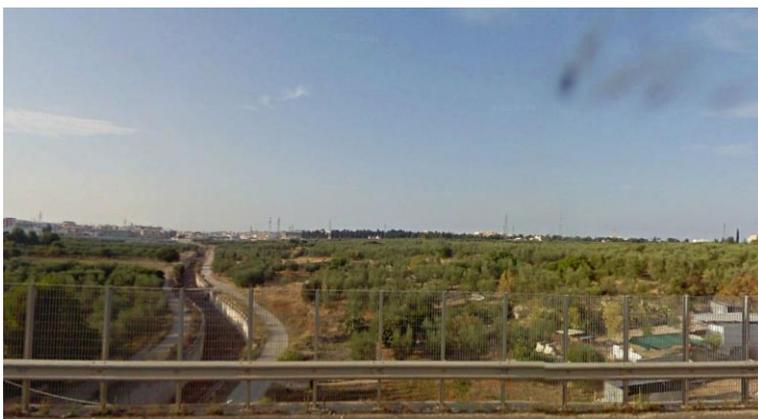


Figura 5.5 – Andamento del coefficiente udometrico del Ciappetta-Camaggi



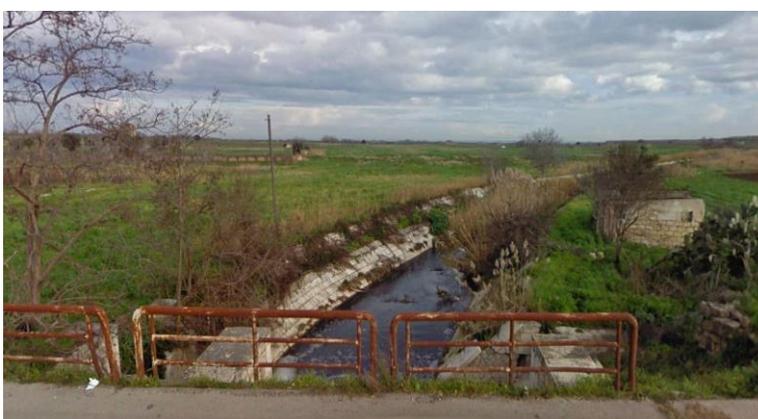
Uliveti  
a monte della sezione 18884  
Ciappetta-Camaggi A



Tessuto residenziale  
a valle della sezione 559  
Ciappetta-Camaggi B



Vigneti  
a valle della sezione 4996  
Ciappetta-Camaggi B



Seminativi  
a valle della sezione 1826  
Ciappetta-Camaggi B



Cespuglieti e arbusteti  
a valle della sezione 618  
Ciappetta-Camaggi C

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - BAT**

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE CIAPPETTA-CAMAGGI																	TR 30		TR 200		TR 500		INSERIMENTO		
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	iv [m/m]	L [km]	Ltot [km]	Lca [km]	tL [h]	tc [h]	D	CN	Urban[%]	zona	IdBasTot	Qmax [mc/s]	U	Qmax [mc/s]	U	Qmax [mc/s]	U	station	river	1d
1	78.47	354.81	540.79	163.46	0.016	0.053	23.79	89.78	9.58	6.51	10.85	1.157	67	5.69	5	BAT01	37.58	0.48	89.82	1.14	119.22	1.52	2734.79	3	A
1	78.47	354.81	540.79	163.46	0.016	0.053	23.79	89.78	9.58	6.51	10.9	1.157	67	5.69	5	BAT01	37.58	0.48	89.82	1.14	119.22	1.52	6860.35	2	B
2	137.64	283.7	540.79	43.6	0.014	0.05	35.73	152.99	13.61	4.91	8.18	1.15	70	6.39	5	BAT01	89.03	0.65	207.5	1.51	273.21	1.98	10219.32	3	B
3	169.15	242.76	540.79	5.85	0.012	0.047	43.49	195.86	14.2	5.49	9.15	1.123	71	7.97	5	BAT01	108.1	0.64	246.2	1.46	321.81	1.90	3729.75	3	B
6	86.52	338.96	540.79	141.73	0.015	0.051	26.62	99.46	10.81	7.07	11.79	1.146	68	6.18	5	BAT1	41.98	0.49	97.99	1.13	129.11	1.49	1244.6	3	A
7	33.21	177.98	390.23	18.83	0.017	0.041	22.5	46.2	7.7	6.53	10.89	1.277	70	4.86	4	BAT02	18.03	0.54	35.29	1.06	44.624	1.34	4632.16	1	C
8	46.3	143.24	390.23	0.64	0.014	0.04	26.95	62.76	9.26	7.44	12.4	1.251	71	5.53	4	BAT02	24.95	0.54	47.83	1.03	60.054	1.30	377.79	1	C
20	34.74	359.31	524.74	174.54	0.015	0.049	23.12	39.57	9.58	6.62	11.03	1.188	67	0.82	5	BAT01	16.53	0.48	39.44	1.14	52.316	1.51	367.7	1	A
25	98.22	315.37	540.79	47.04	0.014	0.052	35.42	111.84	15.33	8.57	14.29	1.152	69	8.38	5	BAT01	45.26	0.46	102.5	1.04	133.88	1.36	6665.76	2	B
26	38.92	206.62	319.32	50.98	0.012	0.043	21.92	40.51	9.26	6.08	10.14	1.134	71	1.45	4	BAT01	23.04	0.59	44.76	1.15	56.431	1.45	350.75	1	B
30	40.21	364.7	540.79	198.63	0.017	0.058	20.71	44.97	7.93	5.57	9.28	1.095	67	10.1	5	BAT01	20.81	0.52	50.43	1.25	67.212	1.67	2454.34	2	A
32	25.7	396.83	524.74	277.49	0.017	0.05	14.85	28.91	5.54	4.48	7.46	1.109	68	0.84	5	BAT01	15.86	0.62	38.37	1.49	51.125	1.99	7420.81	1	A
35	36.59	214.48	319.32	84.84	0.013	0.042	18.18	36.91	7	5.44	9.08	1.101	70	1.41	4	BAT01	21.55	0.59	42.73	1.17	54.281	1.48	4242.6	1	B

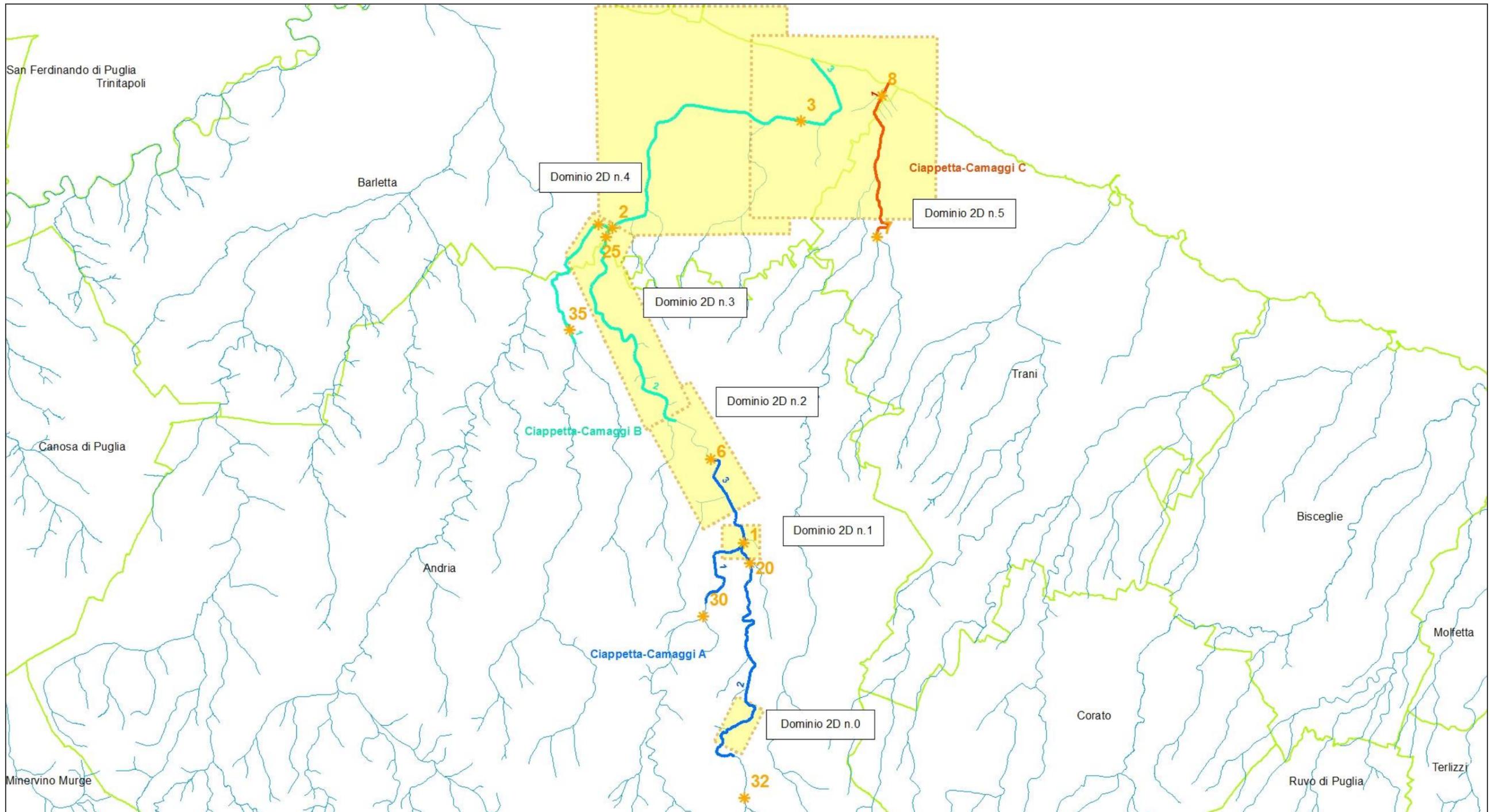


Figura 5.6 – Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) del Ciappetta-Camaggi

#### 5.1.4 Schematismo idraulico

L'intera area di studio è stata suddivisa in tre parti: Ciappetta-Camaggi A, B e C (vedi figura 5.6). Qui di seguito vengono descritti gli sviluppi planimetrici dei modelli di studio monodimensionali, i codici del modello e i rispettivi allegati con le risultanze delle portate bicentenarie.

Estensione	Codice modello 1D	Allegato Risultanze 1D
Per il reticolo in sinistra idraulica da Mass.Abbondanza a sud di Andria; mentre per il reticolo in destra idraulica da Mass.Fasoli Iatta, fino a Via Sosta S. Riccardo, in prossimità dell'inbocco del tratto tombato	Ciappetta-Camaggi A	5.1.1
Da via Lago di Lesina fino a foce, in prossimità della località Pezza delle Rose	Ciappetta-Camaggi B	5.1.2 5.1.3
Dalla SP 168 fino a foce, in prossimità della zona di Pezza delle Rose	Ciappetta-Camaggi C	5.1.3

Dall'analisi dei modelli monodimensionali emerge la necessità di adoperare schematismi bidimensionali, le cui risultanze sono raggruppate negli allegati 5.1.4-9.

In prevalenza le aree 2D riguardano: la confluenza a valle della SP 30, l'area urbana di Andria e il tratto a valle della SP 189 fino a foce, dove i deflussi non sono contenuti nella sezione del canale, sviluppandosi in parte nell'agro di Barletta e in parte nel centro urbano.

Nella tabella seguente sono riportate le cause che determinano la necessità di una modellistica idraulica di tipo bidimensionale, la natura degli esposti e la priorità dello studio bidimensionale, secondo quanto spiegato nel paragrafo introduttivo 5.0. I modelli e risultati sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\BAT\_01\TUFLOW] e in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\BAT\_01\OUTPUT\_2D].

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
0	Morfologia	Agro	0.5	Ciappetta-Camaggi_0	5.1.4
1	Confluenza	Agro	0.5	Ciappetta-Camaggi_1	5.1.5
2	Tratto tombato	Tessuto residenziale	1	Ciappetta-Camaggi_2	5.1.6
3	Insufficienza della capacità del canale	Agro	0.5	Ciappetta-Camaggi_3	5.1.7
4	Insufficienza della capacità del canale	Agro, tessuto residenziale	1	Ciappetta-Camaggi_4	5.1.8
5	Insufficienza della capacità del canale	Agro, tessuto residenziale	1	Ciappetta-Camaggi_5	5.1.9

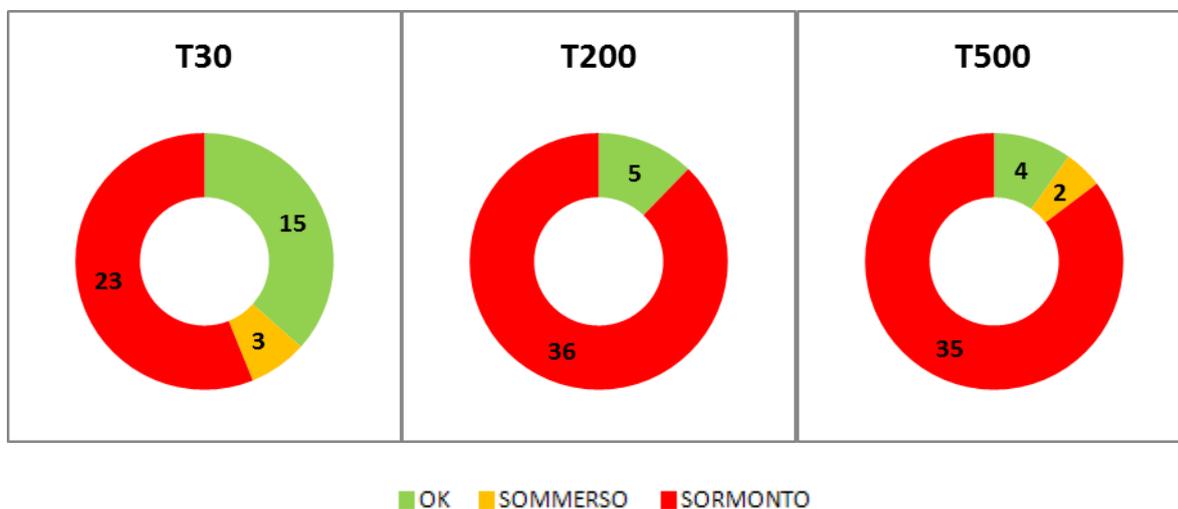
- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 0**, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 32.
- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 1**, è stata adottata come condizione al contorno di monte, per il reticolo in destra idraulica, l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 20, mentre per il reticolo in sinistra idraulica è stato adottato l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 30. Lo schematismo utilizzato è 1D/2D, con l'utilizzo del monodimensionale per il canale artificiale.

- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 2**, è stata adottata come condizione al contorno di monte, a vantaggio di sicurezza, l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 25, poiché il valore della portata nella sezione 6 posta più a monte risulta leggermente inferiore. Lo schematismo utilizzato è 1D/2D, con l'utilizzo del monodimensionale, sia per il tratto di canale a cielo aperto che per quello tombato.
- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 3**, è stata adottata come condizione al contorno di monte, per il ramo in destra idraulica, l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 25, mentre per quello in sinistra la sezione di chiusura 26. Lo schematismo utilizzato è 1D/2D, con l'utilizzo del monodimensionale per il canale artificiale.
- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 4**, è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 2. Lo schematismo adottato è 1D/2D. I risultati delle modellazioni condotte mostrano l'allagamento di Via Andria, inclusa la caserma Stella e la linea ferroviaria fino all'incrocio con via Vittorio Veneto dovuto all'insufficienza del canale e degli attraversamenti sottoposti alla Ferrotramviaria Bari-Nord e alla SS 170. Più a valle, l'inadeguatezza della dimensione del canale provoca l'esonazione confinata a nord dal rilevato della SS 16.
- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 5**, per il tratto del Ciappetta-Camaggi a monte dell'intersezione con la SP 168 è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 3, mentre per il canale minore denominato "Lama Amara", l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 8. Come condizione al contorno di valle è stato utilizzato il livello medio del mare, pari a 0.50 m s.l.m. Gli allagamenti si mantengono confinati nella morfologia naturale del territorio, per una larghezza di circa 500 m dall'asse centrale del canale, mentre a valle della SS 16 diventano diffusi, interessando in maniera continua tutta l'area di foce compresa tra i due canali.

### 5.1.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti relativamente alle portate transitorie con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificandolo in maniera schematica in sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto.

Su 41 attraversamenti, 15 risultano correttamente dimensionati per una portata avente tempo di ritorno di 30 anni; tale numero si riduce a 7 se si considera un tempo di ritorno di 200 anni, ovvero quello relativo alla sicurezza idraulica. Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per 34 attraversamenti.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
CIAPPETTA-CAMAGGI A			
RIVER 1			
BT00000030SS	verificato	verificato	verificato
RIVER 2			
BT00000019SP	verificato	sormonto	sormonto
RIVER 3			
BT00000031SS	verificato	verificato	verificato
BT00000002SL	verificato	verificato	sommerso
BT00000029SS	verificato	sormonto	sormonto
CIAPPETTA-CAMAGGI B			
RIVER 1			
BT00000005AS	verificato	verificato	verificato
RIVER 2			
BT00000006AS	verificato	sormonto	sormonto
RIVER 3			
BT00000019NC	verificato	sormonto	sormonto
BT00000020NC	verificato	sormonto	sormonto
BT00000021NC	verificato	sormonto	sormonto
BT00000017SP	verificato	sormonto	sormonto
BT00000022NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000023NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000009FV	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000028SS	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000024NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000025NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000026NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000020SP	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000028NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000029NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000032SS	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000010FV	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000033SS	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000034NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000035NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000036NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000037NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000038NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000003SL	sormonto	sormonto	sormonto
CIAPPETTA-CAMAGGI C			
RIVER 1			
BT00000021SP	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000034SS	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000011FV	verificato	verificato	verificato
BT00000035SS	verificato	sormonto	sormonto
BT00000040NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000041NC	sommerso	sormonto	sormonto
BT00000042NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000043NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000044NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000045NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000046NC	sormonto	sormonto	sormonto

### 5.1.6 Criticità urbane / produttive

Nella parte di monte del canale Ciappetta-Camaggi l'alveo non risulta occupato da elementi a rischio, ad eccezione delle infrastrutture viarie della SP 30 i cui attraversamenti risultano non sufficienti al transito della portata. Alla sezione 448 del modello Ciappetta-Camaggi A laddove il canale risulta tombato, l'esondazione interessa le vie principali del centro cittadino di Andria.

Dalla sezione 8005 del modello Ciappetta-Camaggi B i deflussi interessano piccole attività agricole e industriali dell'agro di Barletta per poi occupare il tratto del ramo ferroviario della Ferrotramviaria Barletta-Bari e la SS170, entrambe esposte a pericolosità idraulica. In questo tratto, i deflussi si dirigono verso il centro cittadino scorrendo su via Andria ed esponendo a rischio idraulico la caserma R. Stella e alcuni insediamenti produttivi, tutto il tratto di Ferrotramviaria in direzione nord verso Barletta, fino all'intersezione con la Strada via Vittorio Veneto.

Verso la foce, a valle della SS N.16 in corrispondenza della sezione 2008 del Ciappetta Camaggi B, si riscontra un'esondazione diffusa su tutto l'agro dei territori comunali di Barletta e Trani, in località Pezza delle Rose.

## 5.2 LAMA PALUMBARIELLO

Per la lama Palumbariello, i rilievi LIDAR, necessari all'aggiornamento degli studi idraulici, sono presenti solo nella fascia costiera, dove le perimetrazioni del PAI contemplano la presenza di un canale tombato e derivano da studi idraulici di dettaglio (v. fig. 5.7). Per tale ragione, il presente lavoro non analizza la lama Palumbariello, rimandando gli studi idraulici in seguito all'acquisizione dei rilievi LIDAR sull'area di monte.

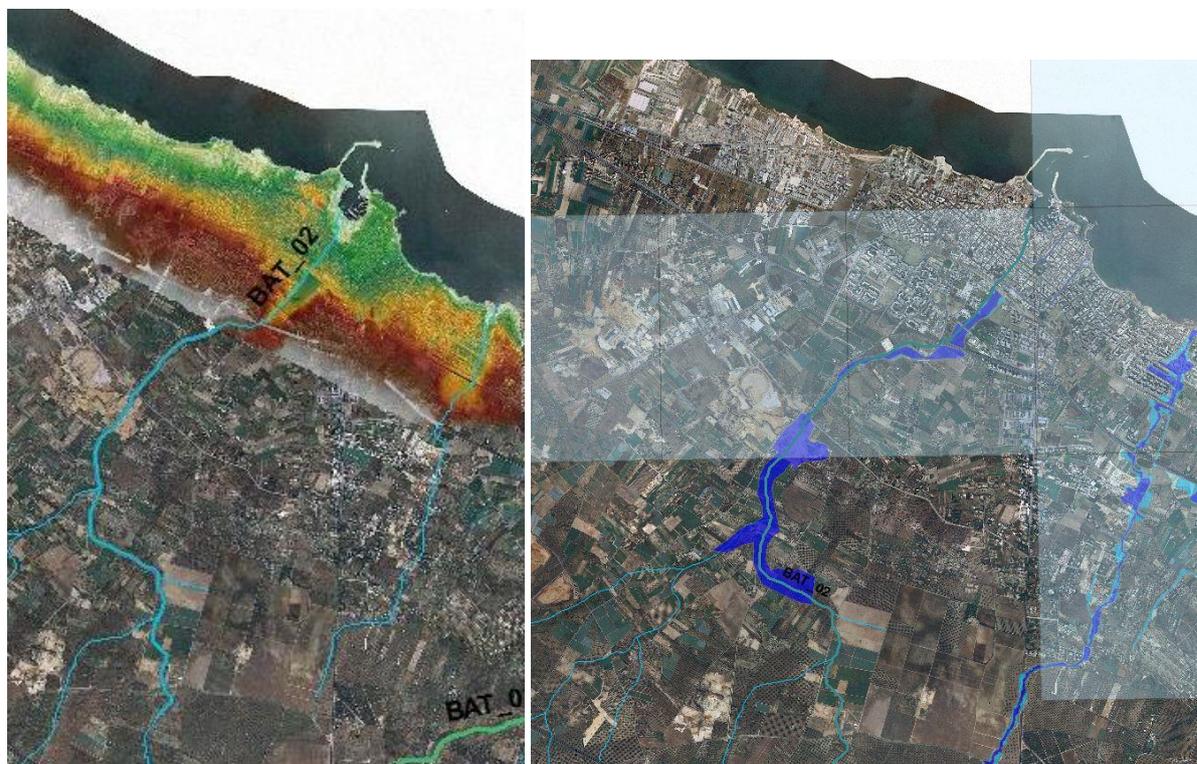


Figura 5.7 – Rilievi LIDAR disponibili [sinistra] e perimetrazioni del PAI [destra]

## 5.3 LAMA PATERNO

### 5.3.1 Descrizione geografica e morfologica

Il corso d'acqua Lama Paterno ha un bacino contribuyente di circa 60 km<sup>2</sup> ed interessa da monte a valle i territori comunali di Corato, Bisceglie e Trani. La modellazione idraulica è stata condotta con riferimento al reticolo compreso tra l'infrastruttura stradale A14 e la foce in località "Torre Olivieri" in agro di Bisceglie. La lama Paterno è caratterizzata da un alveo mediamente inciso lungo tutto il suo percorso e dalla presenza di cave nelle fasce di pertinenza fluviale immediatamente a monte della S.S. 16. L'impluvio risulta ben evidente, con sezioni aventi larghezza media di 90 m e profondità media di 5 m. L'uso del suolo nel bacino imbrifero è prevalentemente agricolo e sono presenti aree interessate da edifici sparsi ad uso abitativo e produttivo. Sono inoltre presenti coltivazioni agricole (seminativi e specie arboree) e aree estrattive nella zona in prossimità della foce.

### 5.3.2 Scabrezza

Il corso d'acqua Lama Paterno attraversa il territorio rurale dei comuni di Bisceglie e Trani. Nello specifico l'alveo e le fasce di pertinenza fluviale sono coltivate ad oliveto fino all'intersezione con la S.S. 16. Dalla S.S. 16 a foce si riscontrano seminativi e colture arboree.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per gli uliveti  $n=0.06$ , per i seminativi  $n=0.04$ , per le aree estrattive  $n=0.120$ .

### 5.3.3 Portate

La portata duecentennale alla foce del bacino idrografico della "Lama Paterno" risulta pari a circa 95 m<sup>3</sup>/s. I coefficienti udometrici lungo il corso della lama assumono un andamento di potenza, con valori da 1.6 a 2.2 (figura 5.8).

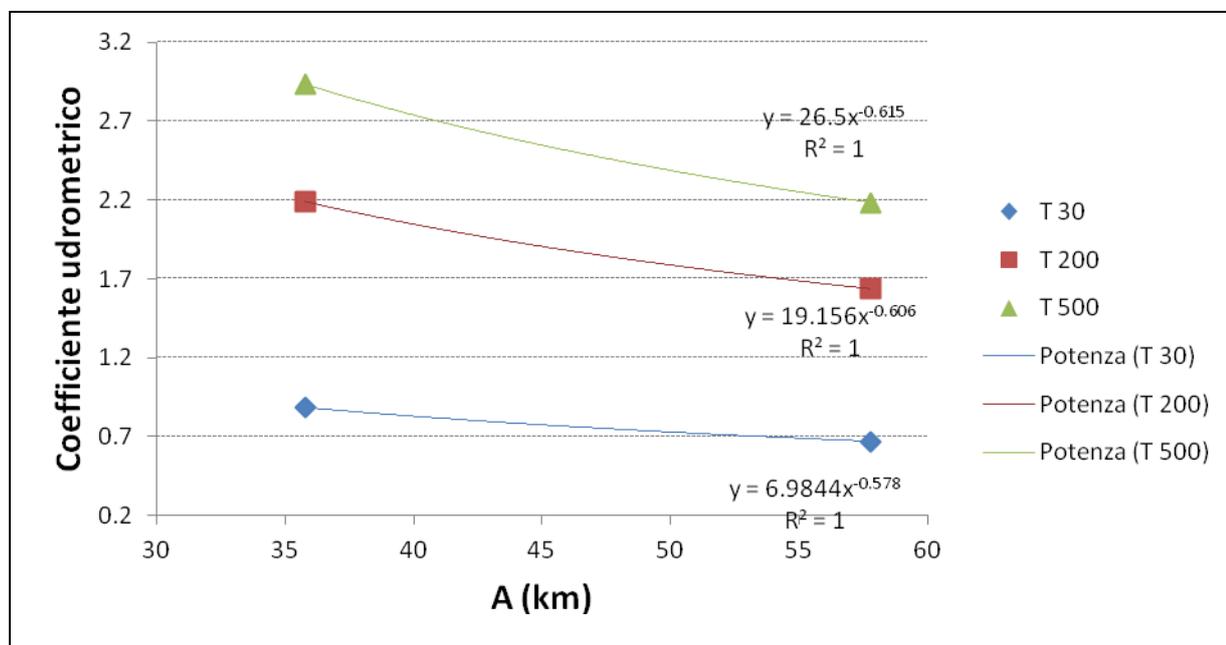


Figura 5.8 – Andamento del coefficiente udometrico della Lama Paterno



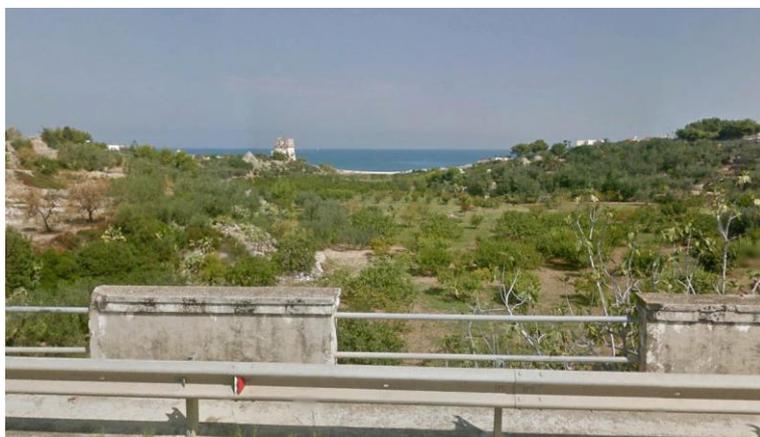
Uliveti  
a monte della  
sezione 7764 Bat\_03



Uliveti  
a valle della  
sezione 4146 Bat\_03



Aree estrattive  
a monte della  
sezione 805 Bat\_03



Colture arboree e seminativi  
a valle della sezione 394  
Bat\_03



CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE LAMA PATERNO																	TR 30		TR 200		TR 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	iv [m/m]	L [km]	Ltot [km]	Lca [km]	tL [h]	tc [h]	D	CN	Urban[%]	zona	IdBasTot	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	Qmax [mc/s]	u	station	river
12	35.77	233.7	394.91	102.82	0.017	0.043	16.9	45.43	6.34	2.56	4.27	1.214	70	3.26	5	Bat03	31.64	0.88	78.33	2.19	104.93	2.93	8777.136	1
29	57.77	182.25	394.91	0.02	0.015	0.042	26.12	75.96	10.1	3.84	6.4	1.099	69	3.1	5	Bat03	38.74	0.67	94.6	1.64	126.18	2.18	4236	1

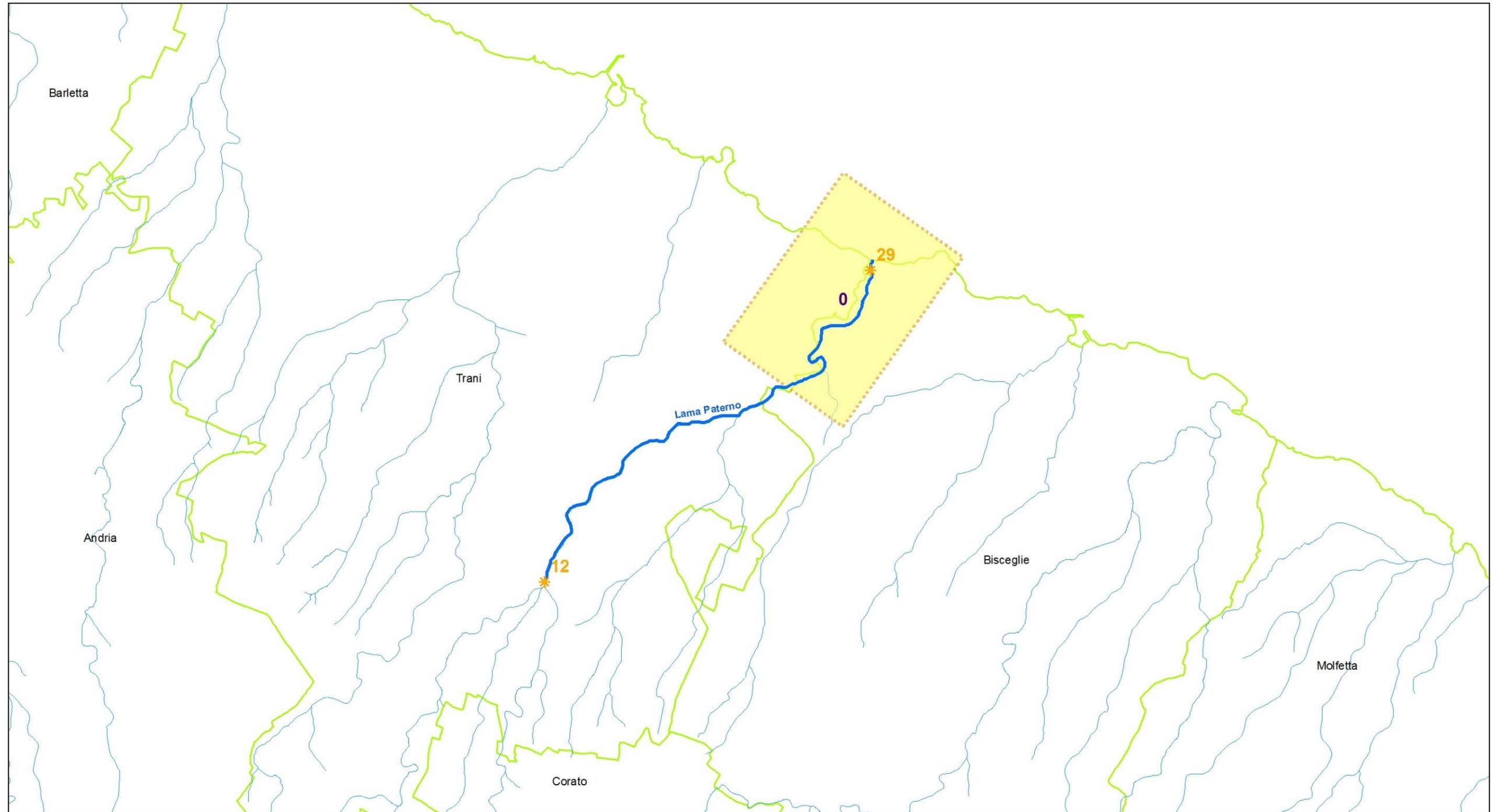


Figura 5.9 – Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) della Lama Paterno

### 5.3.4 Schematismo idraulico

I deflussi idrici risultano essere contenuti fino alla sezione 2306 del modello monodimensionale. Le caratteristiche morfologiche e vegetazionali dell'alveo conferiscono al corso d'acqua una capacità di deflusso idonea al contenimento della portata duecentennale. Dalla sezione 3187 fino alla sezione 805 in prossimità della SS 16, risulta invece essere necessaria l'applicazione di codici di calcolo bidimensionali per effetto della presenza di cave. Il modello bidimensionale è stato tuttavia applicato fino alla foce per una più accurata stima delle caratteristiche idrodinamiche del deflusso. La rappresentazione complessiva delle aree di allagamento è riportata nella tavola 5.3.1 in termini di tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni. I modelli bidimensionali TUFLOW e i raster dei tiranti e delle velocità sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\BAT\_03\TUFLOW] e in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\BAT\_03\OUTPUT\_2D].

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
0	Cave	Agro	0.5	Paterno_0	5.3.2

- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 0** è stata adottata come condizione al contorno di monte l'idrogramma di piena della sezione di chiusura 29, mentre come condizione di valle è stato adottato il livello medio del mare pari a 0.50 m s.l.m.. Lo schematismo idraulico adottato è un puro 2D. Dai risultati delle modellazioni condotte, i deflussi si mantengono confinati nella morfologia della lama ad eccezione della zona interessata dalle cave a monte della SS 16. Nella figura seguente sono rappresentati gli idrogrammi derivanti dal modello bidimensionale, a valle delle cave.

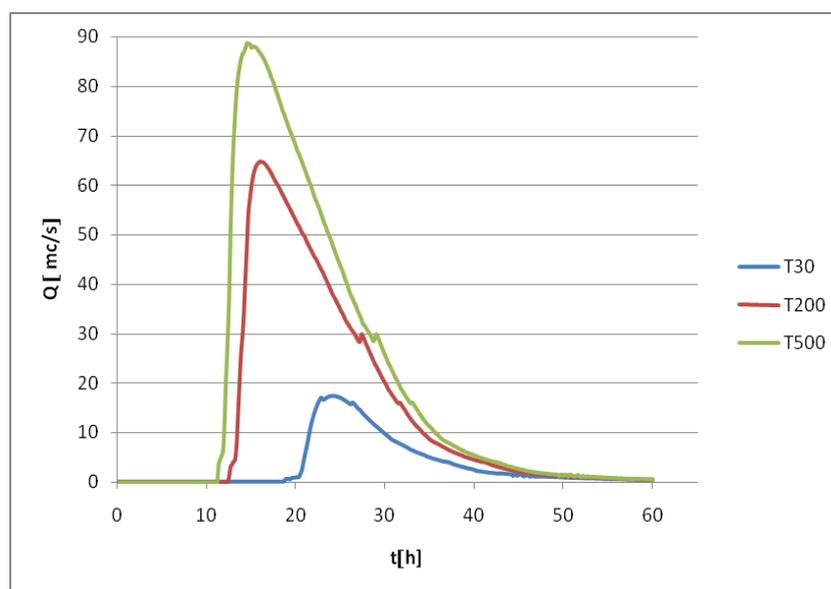
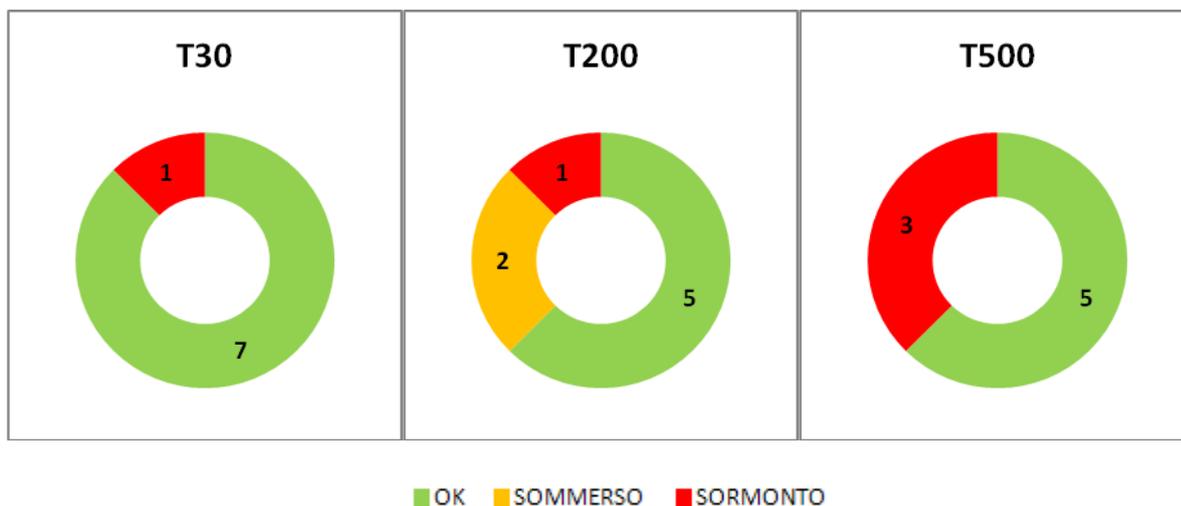


Figura 5.10– Idrogrammi per i diversi tempi di ritorno a valle delle cave

### 5.3.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti relativamente alle portate transitorie con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificandolo in maniera schematica in sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto

Su 8 attraversamenti presenti nel tratto analizzato, 7 risultano correttamente dimensionati per una portata avente tempo di ritorno di 30 anni, 5 se si considera un tempo di ritorno di 200 anni, ovvero quello relativo alla sicurezza idraulica. Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per 3 attraversamenti.



attraversamento	Regime		
	T30	T200	T500
Paterno 0			
BT00000007AS	verificato	verificato	verificato
BT00000037SS	verificato	sormonto	sormonto
BT00000014NC	sommerso	sormonto	sormonto
BT00000025SP	verificato	verificato	verificato
BT00000017NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000038SS	verificato	verificato	verificato
BT00000013FV	verificato	verificato	verificato
BT00000039SS	verificato	verificato	verificato

### 5.3.6 Criticità urbane / industriali

I deflussi idrici duecentennali interferiscono con le colture agrarie presenti in alveo, con alcune sedi stradali di interesse locale e con le aree estrattive ubicate a monte della SS 16. Per quanto riguarda gli insediamenti ad uso abitativo e produttivo non risultano interessati da allagamenti.

## 5.4 LAMA DI MACINA

### 5.4.1 Descrizione geografica e morfologica

La lama di Macina ha un bacino di circa 80 km<sup>2</sup>. Solca i territori comunali da monte a valle di Corato e Bisceglie, per poi sfociare nel mare Adriatico.

Essa ha origine a sud-est di Corato a quota di 200 m s.l.m. con il nome di Lama di Pietra. Scorre lungo tutto il suo corso in direzione sud-est con un'incisione naturale di larghezza di circa 130 m e profondità di circa 6 m.

A monte della SS 16, in prossimità della località Pantano si congiunge con un affluente minore, che ha origine a nord del comune di Ruvo di Puglia e scorre in direzione sud-est con il nome di Lama dell'Aglio per poi congiungersi con il reticolo principale in prossimità della foce.

In prossimità della foce la lama si presenta morfologicamente incisa, con una larghezza di circa 160 m e profondità di circa 6 m.

### 5.4.2 Scabrezza

La lama di Macina, per tutto il suo corso attraversa principalmente aree occupate da uliveti e vigneti, mentre a monte della confluenza in prossimità della SS 16, risulta urbanizzata da insediamenti industriali ed artigianali.

Nelle immagini a seguire è possibile avere rapida contezza della resistenza al flusso negli alvei oggetto di analisi. In particolare, secondo i dettami del capitolo III, si è assunto per gli uliveti  $n=0.06$ , per i vigneti  $n=0.1$ , per gli insediamenti industriali ed artigianali  $n=0.2$ .

### 5.4.3 Portate

La portata alla foce del bacino idrografico della lama di Macina, con riferimento a un tempo di ritorno di 200 anni, è pari a circa 90 m<sup>3</sup>/s. I coefficienti udometrici lungo il corso della lama assumono un andamento di potenza, con valori da 1 a 2.5 (figura 5.11).

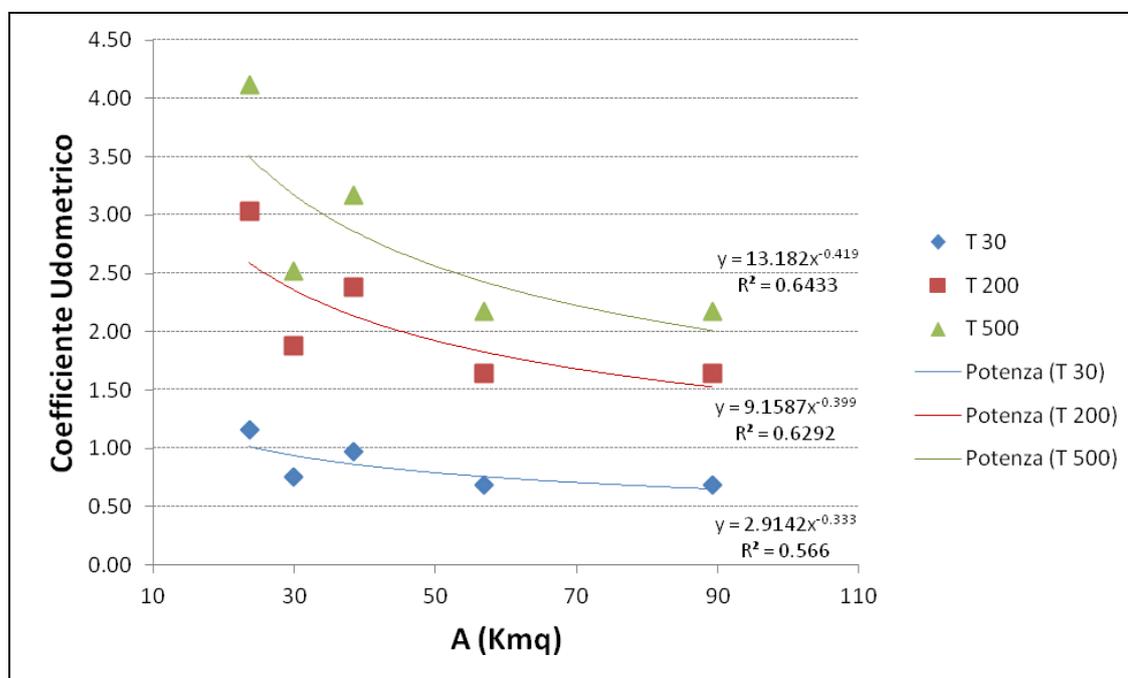


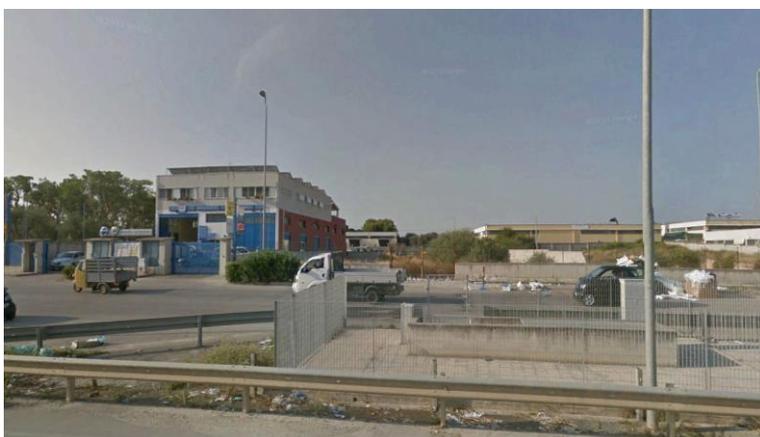
Figura 5.11 – Andamento del coefficiente udometrico della lama di Macina



Uliveti  
a valle della sezione 7112  
River 3



Vigneti  
a monte della sezione 1050  
River 3



Insedimenti produttivi  
a monte sezione 144  
River 2

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - BAT**

CARATTERISTICHE IDRO-GEOMORFOLOGICHE LAMA DI MACINA																	TR 30		TR 200		TR 500		INSERIMENTO	
Basin	Area [kmq]	Zmean	Zmax	Zmin	im [m/m]	iv [m/m]	L [km]	Ltot [km]	Lca [km]	tL [h]	tc [h]	D	CN	Urban[%]	zona	IdBasTot	Qmax [mc/s]	U	Qmax [mc/s]	U	Qmax [mc/s]	U	station	river
14	23.65	278.15	342.25	216.22	0.013	0.04	9.81	28.14	2.91	1.45	2.41	1.064	70	11.1	5	BAT04	27.51	1.16	71.61	3.03	97.43	4.12	15150	3
15	38.38	245.65	342.25	137.67	0.012	0.038	16.96	46.85	5.42	2.41	4.01	1.02	71	11.1	5	BAT04	37.51	0.98	91.38	2.38	121.85	3.17	11565.2	3
17	89.24	185.55	342.25	3.55	0.012	0.038	29.15	123.96	10.23	4.13	6.88	1.01	70	7.01	5	BAT04	61.54	0.69	146.39	1.64	193.76	2.17	1004.5	1
18	56.9	203.07	342.25	13.58	0.012	0.039	28.22	74.09	10.93	4.15	6.91	1.055	70	7.96	5	BAT04	39.31	0.69	93.37	1.64	123.55	2.17	750	3
19	29.94	165.02	277.69	17.58	0.015	0.038	17.84	45.76	8.48	3.02	5.03	0.912	69	4.79	5	BAT04	22.5	0.75	56.26	1.88	75.54	2.52	2400	2

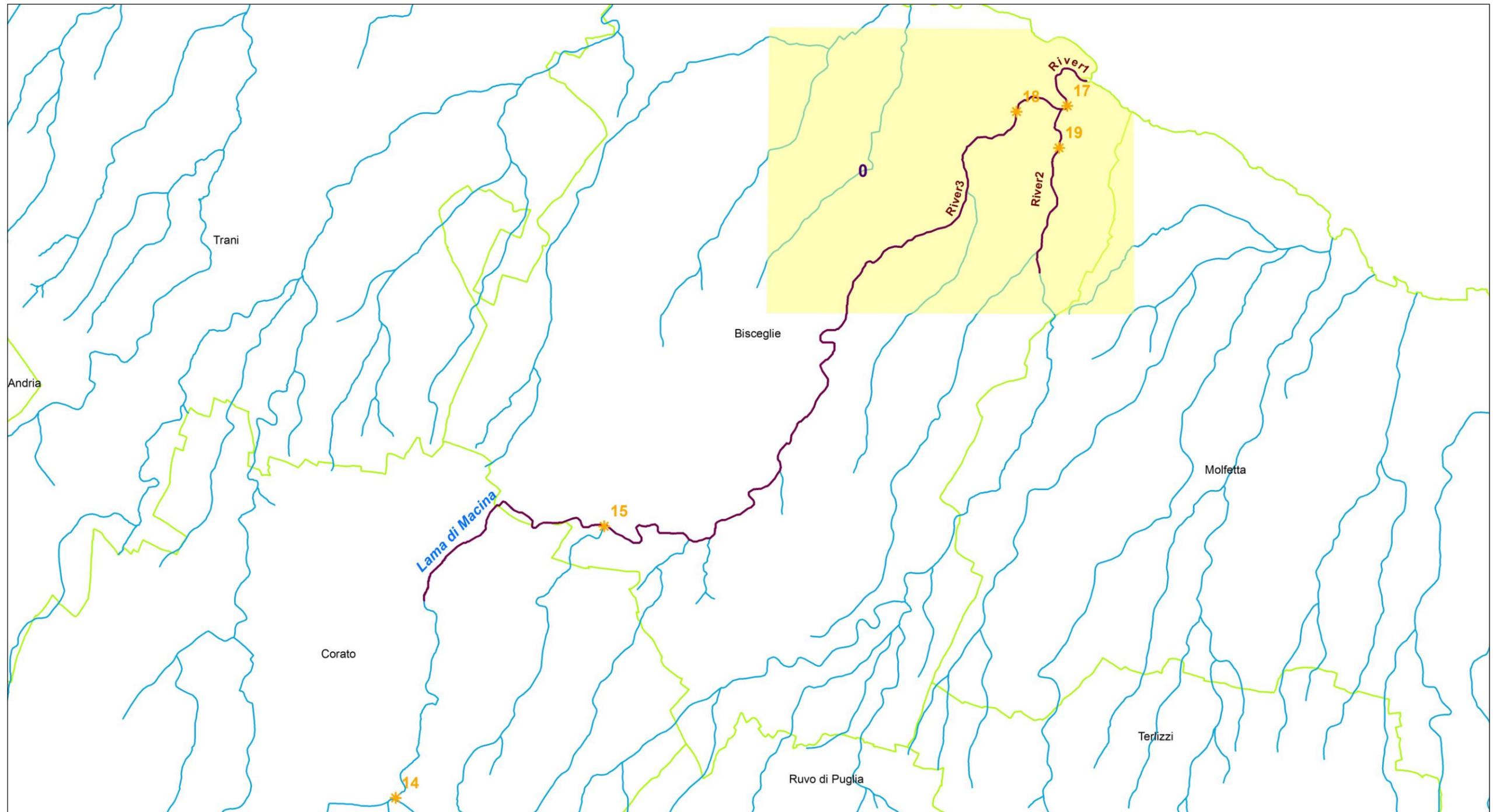


Figura 5.12 – Rappresentazione cartografica delle aree di studio bidimensionale (in giallo) e delle sezioni di calcolo delle portate (con simbologia arancione) della lama di Macina

#### 5.4.4 Schematismo idraulico

I deflussi risultano morfologicamente contenuti sulla parte apicale del corso d'acqua. L'applicazione monodimensionale risulta ivi corretta.

L'area che necessita di sviluppi 2D è quella relativa al tratto terminale del lama in località "la Pizzitella" a valle dell'autostrada A14 fino a foce, dove i deflussi non sono contenuti nella morfologia dell'impluvio, gli schematismi mono-bidimensionali sono contenuti nelle cartografie allegate 5.4.1-2.

Nella tabella seguente sono riportate le cause che determinano la necessità di una modellistica idraulica di tipo bidimensionale, la natura degli esposti e la priorità dello studio bidimensionale, secondo quanto spiegato nel paragrafo introduttivo 5.0. È stata dunque condotta una modellazione bidimensionale per le aree indicate in tabella con identificativo 0, il cui modello e i raster dei tiranti e velocità sono riportati rispettivamente in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\BAT\_04\TUFLOW] e in [ALL\_5\_MODELLI\_IDRALUCI\BAT\_04\OUTPUT\_2D].

ID	Ragione	Esposto	Priorità	Codice modello 2D	Allegato Risultanze 2D
0	Insufficienza della capacità del canale e confluenza in prossimità della foce	Agro, Tessuto industriale e artigianale	0.5	Lama di Macina 0	5.4.3
1	Morfologia	Agro	0		

- Con riferimento all'area avente identificativo **n. 0**, per il ramo principale (river 3) e per il suo primo affluente in destra idraulica sono stati adottati come condizione al contorno di monte gli idrogrammi di piena (derivanti dall'applicazione del metodo di Mockus) riportati rispettivamente nelle figure seguenti 5.13 e 5.14. Per il successivo affluente in destra idraulica (river 2) è stato adottato l'idrogramma di piena della sezione numero 19. Come condizione di valle è stato adottato il livello medio del mare, pari a 0.50 m s.l.m.. Lo schematismo idraulico adottato è un puro 2D. Dai risultati delle modellazioni condotte le aree interessate dagli allagamenti sono principalmente vigneti e uliveti, mentre a monte della confluenza, in prossimità della SS 16 i deflussi occupano parte della zona artigianale di Bisceglie. Negli scenari con tempi di ritorno maggiori e uguali a 200 anni si evidenzia una esondazione in sinistra idraulica, le cui portate sono riportate nella figura 5.15

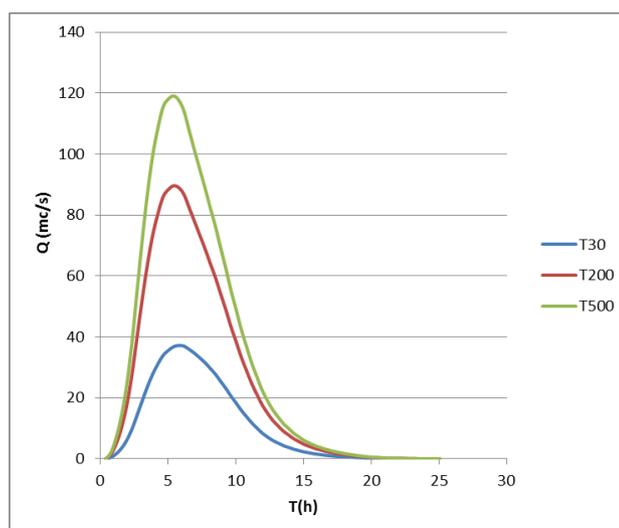


Figura 5.13 – Idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno relativi al reticolo principale della Lama di Macina (sezione 15\_bis riportata nell'allegato 5.4.3)

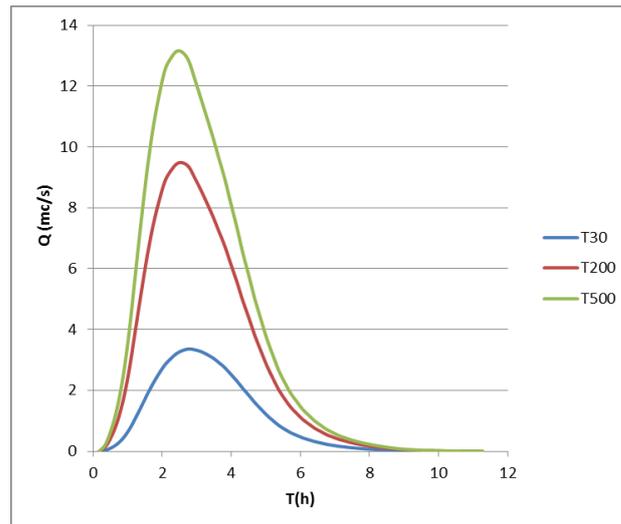


Figura 5.14 – Idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno relativi all'affluente in destra idraulica della Lama di Macina (sezione 15\_bis\_1 riportata nell'allegato 5.4.3)

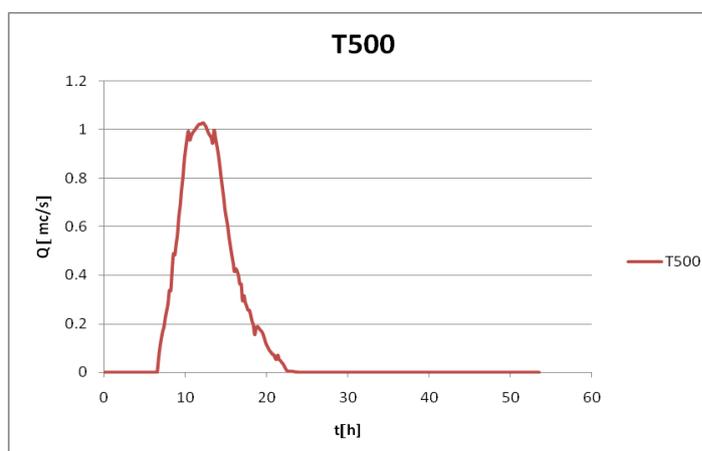
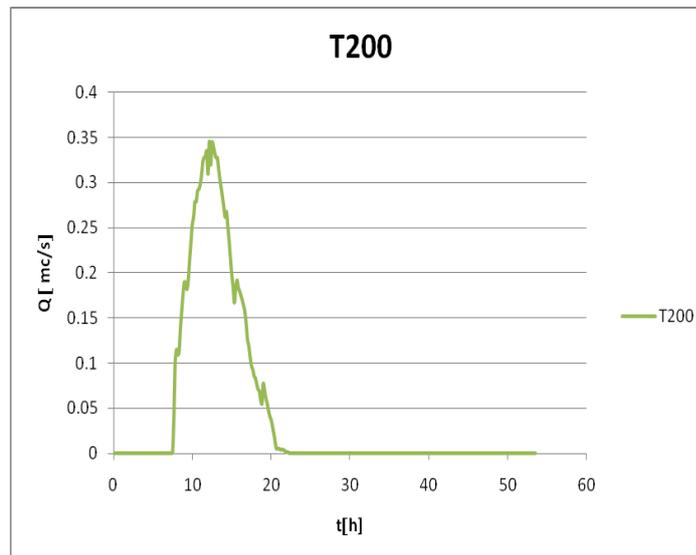
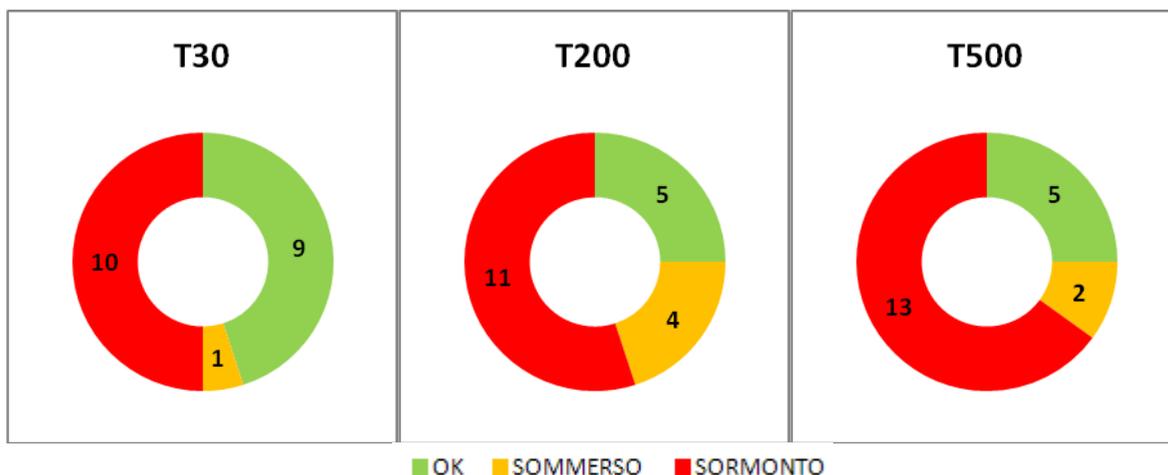


Figura 5.15 – Idrogrammi di piena dell'esondazione in sinistra idraulica della Lama di Macina per il tempo di ritorno di 200 anni e 500 anni

### 5.4.5 Analisi delle opere di attraversamento idraulico

Nella tabella seguente è indicato il regime di funzionamento degli attraversamenti relativamente alle portate transistanti con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni, classificandolo in maniera schematica in sbocco non sommerso, sbocco sommerso e sormonto.

Su 20 attraversamenti, 9 risultano correttamente dimensionati per una portata avente tempo di ritorno di 30 anni; 5 se si considera un tempo di ritorno di 200 anni, ovvero quello relativo alla sicurezza idraulica. Risulta dunque necessario l'adeguamento o la predisposizione di sistemi di allerta per 15 attraversamenti.



attraversamento	regime		
	T30	T200	T500
LAMA DI MACINA			
RIVER 2			
BT00000042SS	verificato	verificato	verificato
BT00000015FV	verificato	sommerso	sommerso
BT00000012NC	verificato	verificato	verificato
RIVER 3			
BT00000001NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000003NC	verificato	verificato	verificato
BT00000026SP	verificato	verificato	verificato
BT00000002NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000004NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000008AS	sommerso	sommerso	sommerso
BT00000004SL	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000005NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000006NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000027SP	verificato	sormonto	sormonto
BT00000007NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000008NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000010NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000040SS	sommerso	sommerso	sormonto
BT00000011NC	sormonto	sormonto	sormonto
BT00000014FV	verificato	verificato	verificato
BT00000041SS	sommerso	sormonto	sormonto

#### 5.4.6 Criticità urbane / produttive

Nella parte di monte della lama di Macina, l'alveo non risulta occupato da elementi a rischio, ad eccezione delle infrastrutture viarie della SP 86, della SS 16, per i quali solo gli attraversamenti del reticolo in sinistra idraulica risultano sommersi al transito della portata duecentennale. Più a valle, nella zona compresa tra la Ferrovia Bari-Foggia e la confluenza in località Pantano, le aree allagate interessano la Zona Artigianale di Bisceglie, dove si sviluppano aree di insediamenti industriali e artigianali.

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle della BAT.*



# Valutazione preliminare degli interventi – VI

## ALLEGATI



- 6.0.1 – Aree critiche relative al reticolo idrografico principale
- 6.0.2 – Aree critiche relative al reticolo idrografico minore
- 6.0.3 – Attraversamenti idraulici a rischio
- 6.0.4 – Elementi esposti a rischio idraulico
- 6.1.0 – Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il canale Ciappetta-Camaggi. Corografia generale TAV 1
- 6.1.0 – Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il canale Ciappetta-Camaggi. Corografia generale TAV 2
- 6.1.0 – Interventi di mitigazione del rischio idraulico per il canale Ciappetta-Camaggi. Corografia generale TAV 3
- 6.1.1 – Intervento 001IS01: Messa in sicurezza del tessuto urbano di Andria
- 6.1.2 – Intervento 001IS02: Messa in sicurezza del tessuto urbano di Barletta
- 6.2.0 – Interventi di mitigazione del rischio idraulico per la lama Paterno. Corografia generale
- 6.3.0 – Interventi di mitigazione del rischio idraulico per la lama di Macina. Corografia generale
- 6.3.1 – Intervento 004IS01: Messa in sicurezza dell'area artigianale Est di Bisceglie



Obiettivo di questa fase è la valutazione preliminare delle azioni e/o degli interventi necessari alla messa in sicurezza del territorio. In funzione delle risultanze delle modellazioni idrauliche, sono definiti interventi di tipo strutturale e non strutturale (nell'ambito della Pianificazione di Emergenza a scala Comunale), da porre in essere per la mitigazione del rischio sul reticolo idrografico principale e sul reticolo idrografico minore.

## 6.0 DESCRIZIONE GENERALE

Nei paragrafi seguenti, per ogni bacino idrografico, in funzione delle risultanze delle modellazioni idrauliche, si elencano le criticità e i conseguenti provvedimenti per la messa in sicurezza del territorio, con riferimento al reticolo principale, ovvero quello avente area contribuente maggiore/uguale a 25 km<sup>2</sup>. Tali criticità sono evidenziate con un codice identificativo nella tavola corografica generale 6.X.0.

La loro individuazione deve essere rapportata allo stato dei luoghi nel periodo di redazione dello studio. Non si esclude dunque che alcune delle problematiche di sicurezza idraulica che ne emergono siano già state oggetto di analisi con l'individuazione di progetti di mitigazione del rischio, sulla quale questa Autorità ha espresso un proprio parere di competenza, ma che di fatto non hanno ancora prodotto una risolutiva modifica dello stato dei luoghi (es. intersezione delle infrastrutture stradali e ferroviarie con il Ciappetta-Camaggi nell'abitato di Barletta). Quanto proposto nella valutazione preliminare rappresenta inoltre solo possibili scenari di intervento, che non individuano in alcun modo scelte preferenziali da parte di questa Autorità per finalità diverse da quelle del presente studio.

In generale, si definiscono:

- interventi di tipo strutturale, ovvero opere di mitigazione del rischio che prevedono la realizzazione di argini, canalizzazioni, casse di espansione o l'utilizzo di cave per la laminazione delle piene;
- interventi di tipo non strutturale, ovvero la predisposizione di azioni di presidio e di protocolli da porre in essere in caso di eventi di piena nell'ambito del Piano di Emergenza Comunale, nonché la disposizione di specifica segnaletica.

Nella individuazione degli interventi, in linea di principio, si è orientati a limitare gli interventi strutturali, prediligendo invece gli interventi di delocalizzazione e/o la predisposizione di sistemi di allertamento, in quelle aree in cui il territorio non è stato oggetto di un massiccio consumo di suolo, al fine di preservare la naturalità dei luoghi e il libero deflusso delle acque.

Realizzare opere a difesa di edifici costruiti in luoghi palesamenti sbagliati e quindi soggetti ad inondazioni richiede l'investimento di denaro pubblico per difendere bene di valore spesso inferiore all'investimento sostenuto, con l'aggravamento di danneggiare, artificializzando, il corso d'acqua e di esportare il rischio a valle. E' difatti opportuno considerare che la canalizzazione dei deflussi, se da un lato consente il recupero di suolo, dall'altro incrementa la pericolosità delle aree vallive, poiché determina un aumento della velocità della corrente idrica, con conseguente riduzione dei tempi di concentrazione delle portate e aumento dei picchi di piena.

In relazione al tipo di criticità, nei paragrafi seguenti sono dunque riportati:

- i provvedimenti di tipo non strutturale per le infrastrutture a rischio di estensione limitata e interesse privato;
- i provvedimenti di tipo non strutturale per le opere presenti sulle intersezioni con la rete viaria di livello secondario che manifestano una insufficienza della capacità di deflusso;
- i provvedimenti di tipo strutturale per le aree a rischio di interesse strategico e pubblica rilevanza;
- gli adeguamenti delle opere di attraversamento idraulico per la rete viaria principale.

Come già riferito nel capitolo precedente, la vulnerabilità delle opere di attraversamento delle intersezioni viarie con il reticolo idrografico è valutata in relazione al loro comportamento idraulico in regime di piena, mentre non è condotta alcuna valutazione sulla vulnerabilità strutturale o legata a fenomeni di permeazione, erosione o trasporto, la quale non attiene alle competenze del presente studio. Non è possibile escludere dunque che attraversamenti ritenuti verificati possano determinare situazioni di criticità diverse da quelle qui esaminata.

Nelle schede a seguire, le criticità che richiedono provvedimenti di tipo non strutturale sono elencate divise per comune, al fine di rendere agevole la consultazione per competenza territoriale. Per quanto concerne i provvedimenti di tipo strutturale, nel caso dell'adeguamento delle opere di attraversamento idraulico, è indicata la portata di progetto con tempo di ritorno di 200 anni, mentre gli interventi per le aree a rischio di interesse strategico e pubblica rilevanza sono illustrati sinteticamente e rappresentati nelle rispettive cartografie di dettaglio.

Relativamente al reticolo idrografico principale, nell'allegato 6.0.1 sono riportate, per ogni area critica, individuata nei paragrafi successivi, le rappresentazioni dettagliate dei tiranti nello scenario con

tempo di ritorno di 200 anni, in forma di schedario, raggruppandole sia per territorio comunale che per bacino idrografico.

Per quanto concerne le opere di attraversamento idraulico, è predisposto l'allegato 6.0.3 contenente l'elenco delle intersezioni a rischio suddivise secondo competenze amministrative e territoriali (comunali, provinciali, statali, delle Autostrade e delle Ferrovie).<sup>1</sup>

Ogni attraversamento riconosciuto non adeguato nella presente relazione, deve essere oggetto di attenzione da parte degli Enti proprietari, al fine di ridurre il rischio associato. Nello specifico devono essere progettati gli interventi strutturali di adeguamento necessari per conseguire condizioni di sicurezza o provvedimenti di tipo non strutturale con il fine di minimizzare il rischio per gli utenti. Sulla base dei progetti degli interventi strutturali, l'Autorità di Bacino, in coordinamento con la Regione, può definire specifici programmi triennali di intervento, con priorità per le opere che comportano condizioni di rischio idraulico maggiore. Ad ogni modo, è opportuno definire procedure per la gestione dell'opera in corso di eventi di piena, ovvero misure necessarie a seguire il funzionamento del sistema ponte – corso d'acqua con il fine di garantire la sicurezza degli utenti e delle aree circostanti coinvolti dagli effetti indotti dalla presenza dell'attraversamento (mediante protocolli operativi che prevedano, in caso di necessità, la chiusura dell'opera di attraversamento, l'allarme alla popolazione coinvolta e lo sgombero delle aree potenzialmente allagabili).

Con riferimento agli interventi strutturali per le aree a rischio di interesse strategico e pubblica rilevanza, si procede a individuarne la priorità in funzione del loro impatto socio-economico ed ambientale. A tal fine è applicata una procedura metodologica basata su valori soglia e indicatori (DEFRA, 2010), la cui efficacia è riconosciuta a livello internazionale (Ruggiero et al., 2013). Gli indicatori sono infatti uno strumento analitico ed interpretativo per un'adeguata interpretazione delle dinamiche ambientali e territoriali (Wiggering and Muller, 2004). La metodologia adottata è articolata in due fasi di seguito descritte.

Nella prima fase gli interventi sono stati suddivisi in due classi di priorità in base al numero di residenti, di stabilimenti produttivi e di infrastrutture critiche (ospedali, impianti di depurazione, discariche, impianti di produzione energetica, beni culturali ed ambientali, infrastrutture viarie principali) attualmente esposte a rischio idraulico in prossimità delle singole aree di intervento (Tabella 6.1).

Tabella 6.1 - Soglie di criticità [DEFRA, 2010]

Classi di priorità di intervento	Residenti esposti (Pe <sub>s</sub> )	Infrastrutture critiche esposte (Ic <sub>s</sub> )	Stabilimenti produttivi (Sp <sub>s</sub> )
1	≥ 200	≥ 2	≥ 20
2	< 200	< 2	< 20

Nella seconda fase gli interventi compresi in ciascuna classe sono stati ordinati in ordine decrescente di priorità in base al valore di un indicatore (IR - Indice di rischio), ottenuto in funzione del rapporto tra caratteristiche sito-specifiche delle aree a pericolosità idraulica ed i valori soglia succitati. I valori sito-specifici utilizzati sono la superficie a rischio elevato (R3) e molto elevato (R4), il numero di residenti esposti, di infrastrutture critiche e di stabilimenti produttivi. Tali valori sono stati determinati nelle aree interessate dagli effetti degli interventi strutturali e caratterizzate da deflussi idrici con tiranti maggiori di 0,25 m (valore soglia di pericolosità individuato secondo le linee guida ISPRA, 2012), estrapolando le informazioni da le sezioni censuarie ISTAT e la Carta Tecnica Regionale (secondo le elaborazioni delle mappe di pericolosità e rischio elaborate dall'Autorità di Bacino della Puglia nell'ambito della Direttiva 2007/60/CE). La relazione impiegata per il calcolo di IR è la seguente:

$$IR = \frac{Pe_r}{Pe_s} + \frac{Ic_r}{Ic_s} + \frac{Sp_r}{Sp_s} + \frac{A_{R3-R4}}{At_{R3-R4}}$$

dove Pe<sub>r</sub>, Ic<sub>r</sub>, Sp<sub>r</sub> ed A<sub>R3-R4</sub> sono rispettivamente la popolazione, le infrastrutture critiche, gli stabilimenti produttivi e l'area a rischio elevato e molto elevato nel territorio potenzialmente interessato dagli effetti degli eventi alluvionali con tempo di ritorno pari a 200 anni, stimati in tabella 2 con riferimento a ciascun

<sup>1</sup> La competenza amministrativa è stata attribuita sulla base del DBPRIOR. Tuttavia, effettuando verifiche incrociate con altri database (es. Google Earth) talvolta è stata riscontrata una diversa classificazione delle strade. Ad esempio strade individuate nel DBPRIOR come strade provinciali possono risultare talvolta in Google Earth come strade locali di collegamento a strade provinciali. Di tali incongruenze è data informazione nella relazione con una nota asteriscata, mantenendo tuttavia la classificazione dell'attraversamento presente nel DBPRIOR.

intervento. Parallelamente  $Pe_s$ ,  $Ic_s$ ,  $Sp_s$  sono i rispettivi valori soglia, mentre  $A_{R3-R4}$  è la superficie a rischio elevato e molto elevato mitigato dagli interventi strutturali.

Nella tabella 6.3 sono riportati i risultati della classificazione degli interventi in funzione della priorità determinata attraverso la metodologia enucleata.

**Tabella 6.2-** Caratteristiche sito - specifiche delle aree interessate dagli interventi

Codice intervento	Popolazione esposta $Pe_r$	Infrastrutture critiche esposte $Ic_r$	Stabilimenti produttivi esposti $Sp_r$	Superficie R3-R4 [m <sup>2</sup> ] $A_{R3-R4}$	Superficie complessiva [m <sup>2</sup> ] $A_{R3-R4}$
001IS01	7340	2	1	378.000	378.000.000
001IS02	5856	6	6	3.400.000	378.000.000
004IS01	30	2	7	400.000	378.000.000

**Tabella 6.3 –** Priorità degli interventi nella provincia Bat

Classe di priorità	Indice di rischio IR	Codice intervento	Nome dell' intervento
1	38,25	001IS01	Messa in sicurezza del tessuto urbano di Andria
	32,58	001IS02	Messa in sicurezza del tessuto urbano di Barletta
2	1,75	004IS01	Messa in sicurezza della zona artigianale Est di Bisceglie

## 6.1 CANALE CIAPPETTA-CAMAGGI

Corografia generale: tavole 6.1.0 a, b, c

### **INTERVENTI NON STRUTTURALI CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA**

#### **INFRASTRUTTURE PUNTUALI**

Comune: ANDRIA

- 01IN02 Tessuto residenziale e sedi stradali tra le sezioni 390 Ciappetta-Camaggi A e 6742 Ciappetta-Camaggi B (tr = 8 h)
- 01IN03 Edifici e serre tra la sezioni 4685 e 4509 Ciappetta-Camaggi B (tr = 9 h)

Comune: BARLETTA

- 01IN04. Edifici e sedi stradali tra le sezioni 9415 e 5994 Ciappetta-Camaggi B (tr = 5 h)
- 01IN05. Tessuto residenziale e sedi stradali tra le sezioni 6713 e 4823 Ciappetta-Camaggi B (tr = 5 h)
- 01IN06. Sedi stradali tra le sezioni 4823 e 3011 Ciappetta-Camaggi B (tr = 5 h)
- 01IN07. Edifici sparsi tra le sezioni 796 e 11 Ciappetta-Camaggi C (tr = 6 h)

#### **INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE SECONDARIE**

Comune: BARLETTA

1. BT00000019NC
2. BT00000020NC
3. BT00000021NC
4. BT00000022NC
5. BT00000023NC
6. BT00000024NC
7. BT00000025NC
8. BT00000026NC
9. BT00000028NC
10. BT00000029NC
11. BT00000034NC
12. BT00000035NC
13. BT00000036NC
14. BT00000037NC
15. BT00000038NC
16. BT00000003SL
17. BT00000043NC
18. BT00000044NC
19. BT00000045NC
20. BT00000046NC

Comune: TRANI

1. BT00000040NC
2. BT00000041NC
3. BT00000042NC

## INTERVENTI STRUTTURALI

### ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO

1. BT00000035SS	PORTATA di PROGETTO: 35 m <sup>3</sup> /s
2. BT00000019SP	PORTATA di PROGETTO: 39 m <sup>3</sup> /s
3. BT00000029SS	PORTATA di PROGETTO: 90 m <sup>3</sup> /s
4. BT00000006AS	PORTATA di PROGETTO: 103 m <sup>3</sup> /s
5. BT00000017SP	PORTATA di PROGETTO: 207 m <sup>3</sup> /s
6. BT00000009FV	PORTATA di PROGETTO: 207 m <sup>3</sup> /s
7. BT00000028SS	PORTATA di PROGETTO: 207 m <sup>3</sup> /s
8. BT00000020SP	PORTATA di PROGETTO: 207 m <sup>3</sup> /s
9. BT00000032SS	PORTATA di PROGETTO: 207 m <sup>3</sup> /s
10. BT00000010FV	PORTATA di PROGETTO: 246 m <sup>3</sup> /s
11. BT00000033SS	PORTATA di PROGETTO: 246 m <sup>3</sup> /s
12. BT00000021SP	PORTATA di PROGETTO: 35 m <sup>3</sup> /s
13. BT00000034SS	PORTATA di PROGETTO: 35 m <sup>3</sup> /s

### 001IS01. MESSA IN SICUREZZA DEL TESSUTO URBANO DI ANDRIA

Ubicazione dell'opera: Comune di ANDRIA

Effetti di mitigazione: Comune di ANDRIA

L'area urbana della città di Andria è attraversata dal canale tombato Ciappetta-Camaggi. Tale canale consente il transito di una portata di circa 85 m<sup>3</sup>/s, rispetto alla portata bicentenaria di 102.5 m<sup>3</sup>/s, e presenta una serie di problematiche di staticità. La messa in sicurezza dell'abitato prevede la realizzazione di un canale deviatore, con sezione di forma rettangolare che intercetti a monte dell'area urbana i deflussi superficiali del Ciappetta-Camaggi in località C. Turi e del bacino idrografico di via Castel del Monte, un secondo tratto del canale deviatore prevede la sistemazione idraulica della lama Lagnone e .lama Margherita.

Il canale in oggetto intercettando le acque a monte del territorio comunale di Andria, lascerebbe un bacino residuo la cui portata verrebbe convogliata attraverso la realizzazione di un canale minore lungo il tratto urbano della lama Lagnone, con sezione di forma trapezia, con sponde delineate con inclinazione pari a 45°.

Il canale deviatore è stato suddiviso in più tratti, da eseguire da valle verso monte, di cui nel seguito si riportano le caratteristiche geometriche di prima approssimazione:

- **Canale deviatore Lama Lagnone-Lama Margherita**

Tratto sez. 2-3  
Lunghezza = 1418 m  
Pendenza = 0.002 m/m  
Altezza = 3 m  
Larghezza = 10 m  
Q200 = 76 m<sup>3</sup>/s  
Tratto sez. 3-4  
Lunghezza = 3897 m  
Pendenza = 0.003 m/m  
Altezza = 3 m  
Larghezza = 10 m  
Q200 = 92 m<sup>3</sup>/s

- **Canale urbano lama Lagnone**

Lunghezza = 1700 m  
Pendenza = 0.0003- 0.006 m/m  
Altezza = 2.5 m  
Larghezza = 2.5 m  
Q200 = 5.33 m<sup>3</sup>/s

- **Canale deviatore Ciappetta-Camaggi**

Tratto sez. 1-2

Lunghezza = 2138 m

Pendenza = 0.001-0002 m/m

Altezza = 3 m

Larghezza = 10 m

Q200 = 55.48 m<sup>3</sup>/s

## **001IS02. MESSA IN SICUREZZA DEL TESSUTO URBANO DI BARLETTA**

Ubicazione dell'opera: Comune di BARLETTA

Effetti di mitigazione: Comune di BARLETTA

Allegato cartografico: 6.1.2

L'area urbana della città di Barletta è interessata dagli allagamenti dovuti all'esonazione del canale Ciappetta-Camaggi e agli attraversamenti sottoposti alla Ferrotramviaria Bari-Nord e alla SS 170, che risultano insufficienti al transito dei deflussi straordinari.

L'abitato risulta di recente colpito dall'alluvione del 6 Novembre 2011, dove fango e rifiuti hanno investito Via Andria fino a raggiungere l'incrocio con via Vittorio Veneto.

Al fine di garantire la totale messa in sicurezza del tessuto urbano di Barletta, sono stati previsti diversi tratti di intervento da eseguire in stralci successivi.

Nel breve termine, per la salvaguardia idraulica dell'abitato di Barletta è stata individuata una sistemazione parziale, 1 stralcio per un tratto di circa 670 m rispettivamente a monte e a valle dei ponti di Ferrotramviaria e ANAS per poi realizzare una sistemazione completa del canale fino a foce 2 stralcio.

Le sezioni di progetto presentano una larghezza complessiva di circa 24 m, variabile nei vari tratti analizzati di seguito, con scarpate laterali, di altezza pari a 3.6 m, delineate con inclinazione a 45° e base di lunghezza pari a 18 m dotata di savanella centrale di larghezza pari a 7 m e profondità pari a 60 cm

### **1. Stralcio monte**

#### **Sez. 2-3**

Lunghezza = 670 m

Pendenza = 0.002 m/m

Altezza = 3.6 m

Larghezza = 24 m

Q200 = 207.5 m<sup>3</sup>/s

### **1. Stralcio valle**

#### **Sez. 3-4**

Lunghezza = 600 m

Pendenza = 0.003 m/m

Altezza = 3.6 m

Larghezza = 24 m

Q200 = 207.5 m<sup>3</sup>/s

### **2. Stralcio**

#### **Sez. 1-2**

Lunghezza = 828 m

Pendenza = 0.005 m/m

Altezza = 3.6 m

Larghezza = 24 m

Q200 = 207.5 m<sup>3</sup>/s

#### **Sez. 4-6**

Lunghezza = 3200 m  
Pendenza = 0.002 m/m  
Altezza = 3.6 m  
Larghezza = 25 m  
Q200 = 207.5 m<sup>3</sup>/s

**Sez. 6-7**

Lunghezza = 2215 m  
Pendenza = 0.003 m/m  
Altezza = 3.6 m  
Larghezza = 26 m  
Q200 = 246.2 m<sup>3</sup>/s

Sono inoltre da prevedere gli adeguamenti per le seguenti opere di attraversamento idraulico: BT00000009FV, BT00000028SS, BT00000020SP, BT00000010FV, BT00000032SS, BT00000033SS, BT00000003SL.

## 6.2 LAMA PATERNO

Corografia generale: tavola 6.2.0

### ***INTERVENTI NON STRUTTURALI CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA***

#### **INFRASTRUTTURE PUNTUALI**

Comune: TRANI

03IN01. Insediamento industriale alla sezione 7102 Bat\_03 (tr = 3 h)

03IN02. Cave tra le sezioni 2133 e 894 Bat\_03 (tr = 4 h)

Comune: BISCEGLIE

03IN02. Cave tra le sezioni 2133 e 894 Bat\_03 (tr = 4 h)

#### **INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE SECONDARIE**

Comune: TRANI

1. BT00000014NC

Comune: BISCEGLIE

1. BT00000017NC

### ***INTERVENTI STRUTTURALI***

#### **ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO**

1. BT00000037SS

PORTATA di PROGETTO: 78 m<sup>3</sup>/s

### 6.3 LAMA DI MACINA

Corografia generale: tavola 6.3.0

#### **INTERVENTI NON STRUTTURALI CRITICITA' PER I PIANI DI EMERGENZA**

#### **INFRASTRUTTURE PUNTUALI**

Comune: CORATO

04IN01. Fabbricati tra la sezioni 15048 e 14700 Bat\_04 (tr = 1 h)

04IN02. Fabbricati tra la sezioni 13950 e 13500 Bat\_04 (tr = 1 h)

Comune: BISCEGLIE

04IN03. Fabbricati e sedi stradali tra la sezioni 4650 e 3794 Bat\_04 (tr = 2 h)

04IN04. Fabbricato alla sezione 2936 Bat\_04 (tr = 2 h)

04IN05. Fabbricati tra le sezioni 2400 e 2166 Bat\_04 (tr = 2 h)

04IN06. Fabbricati tra le sezioni 1847 e 1650 Bat\_04 (tr = 2 h)

04IN07. Fabbricati tra le sezioni 1476 e 1278 Bat\_04 (tr = 2 h)

04IN08. Insediamenti industriali ed agricoli tra le sezioni 524 in sinistra idraulica e 414 in destra idraulica, alla sezione 375 Bat\_04 (tr = 3 h)

#### **INTERSEZIONI INFRASTRUTTURE VIARIE SECONDARIE**

Comune: BISCEGLIE

1. BT00000001NC
2. BT00000002NC
3. BT00000004NC
4. BT00000004SL
5. BT00000005NC
6. BT00000006NC
7. BT00000007NC
8. BT00000008NC
9. BT00000010NC
10. BT00000011NC

#### **INTERVENTI STRUTTURALI**

#### **ADEGUAMENTO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO**

- |                 |   |
|-----------------|---|
| 1. BT00000015FV | PORTATA di PROGETTO: 56 m <sup>3</sup> /s |
| 2. BT00000008AS | PORTATA di PROGETTO: 91 m <sup>3</sup> /s |
| 3. BT00000027SP | PORTATA di PROGETTO: 91 m <sup>3</sup> /s |
| 4. BT00000040SS | PORTATA di PROGETTO: 91 m <sup>3</sup> /s |
| 5. BT00000041SS | PORTATA di PROGETTO: 93 m <sup>3</sup> /s |

### **004IS01. MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA ARTIGIANALE EST DI BISCEGLIE**

Ubicazione dell'opera: Comune di Bisceglie

Effetti di mitigazione: Comune di Bisceglie

Allegato cartografico: 6.3.1

L'area artigianale ad est di Bisceglie è interessata da numerose criticità, dovute alla presenza di una serie di insediamenti produttivi ubicati all'interno dell'alveo della lama di Macina. In particolare si fa riferimento agli insediamenti situati tra l'attraversamento ferroviario BT00000015FV e stradale BT00000041SS, fino alla confluenza. Nella zona, in data 01/12/2013 è stato per ultimo riscontrato un evento alluvionale significativo.

Al fine di mettere in sicurezza l'area, è necessario adeguare le opere di attraversamento idraulico BT00000041SS e BT00000015FV, nonché prevedere la sistemazione idraulico del corso d'acqua attraverso la realizzazione di un canale con tecniche di ingegneria naturalistica e adeguate opere di imbocco e sbocco, avente orientativamente le seguenti caratteristiche geometriche:

1. Regimazione del corso d'acqua mediante un canale con opere di ingegneria naturalistica avente le seguenti caratteristiche:

**Ramo sinistro**

Larghezza = 8 m

Pendenza = 0.018 m/m

Altezza = 3.3 m

Lunghezza = 250 m

Q200 = 93 m<sup>3</sup>/s

**Ramo destro**

Larghezza = 5 m

Pendenza = 0.018 m/m

Altezza = 3.4 m

Lunghezza = 470 m

Q200 = 56 m<sup>3</sup>/s

2. Adeguamento opere di attraversamento idraulico BT00000041SS e BT00000015FV.

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle del BAT.*

# LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE – VII



Obiettivo di questa fase è la definizione delle linee guida per la progettazione, esecuzione e controllo degli interventi di messa in sicurezza nelle aree a maggior criticità idraulica, con particolare riferimento alle opere di attraversamento idraulico.

I danni recati in corrispondenza dei punti di attraversamento idraulico delle infrastrutture viarie costituiscono uno tra i dissesti più frequenti nel corso delle piene, così come tragicamente testimoniato dall'evento di piena del 2005 in terra di Bari. I danni, con rischi per la sicurezza delle persone, sono causati dall'insufficienza della funzionalità idraulica dell'opera di attraversamento (a volte addirittura assente nel caso degli attraversamenti a raso), che può determinare la distruzione di parti importanti della struttura, ma anche l'allagamento di aree circostanti, che in caso di regolare deflusso non sarebbero interessate della propagazione della piena.

Nel corso di una piena, le sollecitazioni più importanti che subiscono le infrastrutture viarie in corrispondenza di una intersezione con il reticolo idrografico sono collegate ai seguenti fenomeni:

- lo scalzamento delle fondazioni delle pile o delle spalle, correlato a diversi fenomeni che coinvolgono la dinamica di erosione del fondo alveo e che può comportare il cedimento delle opere;
- la tracimazione o l'erosione dei rilevati con conseguenti processi di cedimento strutturale;
- le sollecitazioni idrodinamiche di varia natura che hanno origine da interazioni diverse tra le opere e la corrente (ostruzione delle luci a causa dei detriti trasportati sul fondo e delle materie galleggianti, funzionamento delle luci in assenza di franco, tracimazione dell'impalcato, disallineamento tra strutture del ponte e direzione di deflusso della corrente).

E' quindi importante dedicare un'attenzione specifica agli attraversamenti idraulici, per individuare le misure adatte a migliorarne la sicurezza, a partire dalla valutazione del loro comportamento idraulico in regime di piena. D'altronde i costi addizionali per rendere un attraversamento idraulico meno vulnerabile sono ridotti, se paragonati a quelli derivanti dalla distruzione o dal danneggiamento grave dell'opera. Inoltre la riduzione della vulnerabilità del ponte migliora il grado di sicurezza per gli utenti e per il territorio circostante.

Nel capitolo VI, attraverso le analisi idrauliche del capitolo V, sono individuate le opere che necessitano interventi per la riduzione della vulnerabilità. Si forniscono dunque in questo paragrafo linee guida per la progettazione e l'adeguamento delle opere di attraversamento idraulico.

## 7.1 IL QUADRO NORMATIVO

Con DM 14 gennaio 2008, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 - Suppl. Ordinario n. 30, sono state approvate le NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI. L'applicazione di tale normativa richiede, in campo idrologico, idraulico, ecc., la valutazione di numerosi parametri: la disponibilità di eventuali linee guida può, al riguardo, favorire le attività di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

## 7.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Il progetto di un'opera di attraversamento idraulico, sia di un corso d'acqua che di un canale artificiale, deve essere corredato da una apposita relazione riguardante i problemi idrologici, idrografici ed idraulici relativi alle scelte progettuali, alla costruzione e all'esercizio del ponte. L'ampiezza e l'approfondimento della relazione sono commisurati all'importanza del problema e al grado di elaborazione del progetto.

Nel caso della progettazione di nuove opere di attraversamento la relazione idraulica deve contenere:

- giustificazione della soluzione proposta per l'ubicazione dell'opera, le sue dimensioni e le sue strutture in pianta, in elevazione e in fondazione;
- definizione della prevista successione delle fasi costruttive, in relazione ai mesi dell'anno durante i quali siano da attendersi eventi di piena;
- definizione della scala di deflusso nella sezione interessata per le condizioni attuali e per quelle dipendenti dal costruendo manufatto, anche per le diverse e possibili fasi costruttive previste;
- calcolo del rigurgito provocato dal manufatto e delle modifiche prodotte a monte dell'opera in conseguenza della riduzione della luce libera rispetto a quella primitiva, attraverso l'ausilio di modellistica idraulica almeno in moto permanente nella condizioni ante-operam e post-operam riferita ad un tratto del corso d'acqua sufficientemente esteso a monte e a valle rispetto alla sezione dell'attraversamento, per un estensione totale comunque non inferiore a 500 metri;
- idonei rilievi topografici delle sezioni del tratto di corso d'acqua esaminato, a supporto del modello geometrico, particolarmente accurati nel tratto a ridosso dell'attraversamento, il cui numero va commisurato alle esigenze di dettaglio delle analisi idrauliche e comunque con interesse non superiore a 30 metri;
- valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme e alle dimensioni di eventuali pile, spalle e relative fondazioni, nonché dei rilevati, nel caso in cui le opere interessino l'alveo;
- esame delle conseguenze della presenza di corpi trasportati dalle acque, ove ricorra detta possibilità, e studio della difesa dagli urti e dalle abrasioni, nonché delle conseguenze di possibili ostruzioni delle luci (specie se queste possono creare invasi anche temporanei a monte), sia nella fase costruttiva sia durante l'esercizio delle opere.

Nello specifico, il progetto deve essere redatto secondo i seguenti criteri di compatibilità idraulica.

### a) *Portata di piena di progetto*

Le verifiche idrauliche dell'opera devono essere condotte avendo come riferimento una portata di progetto avente tempo di ritorno di 200 anni, da determinare attraverso lo studio idrologico nella sezione di interesse dell'infrastruttura. In ogni caso sarà necessario verificare che le opere non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante per la piena bicentenaria.

### b) *Posizionamento dell'opera di attraversamento rispetto all'alveo*

L'insieme delle opere costituenti l'attraversamento non deve comportare condizionamenti al deflusso della piena e indurre modificazioni all'assetto morfologico dell'alveo. L'orientamento dell'opera deve essere parallelo alla direzione di flusso principale della corrente. In particolare devono essere rispettate le seguenti condizioni:

- per i corsi d'acqua non arginati le pile e le spalle devono, di norma, essere poste al di fuori delle sponde incise dell'alveo; in via eccezionale le pile possono interessare la sponda, purché sia integrata con opportuni accorgimenti di difesa e di rivestimento;
- per i corsi d'acqua arginati, la spalla del ponte deve essere, di norma, sul lato campagna a distanza dal piede dell'argine maestro; lo stesso limite vale per il caso in cui siano presenti pile sul lato

campagna; sul lato fiume la posizione delle pile deve essere al di fuori del petto dell'argine; in via eccezionale la pila può interessare il corpo arginale, purché non intacchi il nucleo centrale dell'argine stesso e sia integrata con opportuni accorgimenti di difesa e di rivestimento;

- nei casi in cui il ponte sia inserito in un tratto di corso d'acqua interessato da altre opere di attraversamento poste in adiacenza, a monte e/o a valle, è opportuno che le pile in alveo e le spalle siano, di norma, allineate con quelle esistenti, in modo che le pile presenti, considerate congiuntamente, non riducano la luce effettiva disponibile, anche ai fini del rischio di ostruzione da parte del materiale trasportato in piena.
- quando le condizioni geomorfologiche ed idrauliche dei luoghi rendano indispensabile la realizzazione di parte del rilevato nell'area di impronta della piena riferita ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni, lo stesso rilevato dovrà essere adeguatamente protetto dalle azioni idrodinamiche della piena e il progetto supportato da dettagliate verifiche idrauliche e geotecniche in grado di valutare la sua stabilità rispetto alle azioni dei deflussi di piena che lo investono.
- in ogni caso l'attraversamento dovrà essere corredato da opere accessorie necessarie per garantire il corretto imbocco e sbocco dei deflussi di piena ed evitare contropendenze lungo il profilo di fondo alveo.

c) *Effetti idraulici indotti*

La soluzione progettuale dell'opera deve garantire l'assenza di effetti negativi indotti sulle modalità di deflusso in piena; in particolare il profilo idrico di rigurgito eventualmente indotto dall'insieme delle opere di attraversamento non deve comportare un aumento delle condizioni di rischio idraulico per il territorio circostante. Vanno inoltre verificati seguenti aspetti aggiuntivi:

- compatibilità dell'opera e delle eventuali sistemazioni idrauliche connesse con gli effetti indotti da possibili ostruzioni delle luci ad opera di corpi flottanti trasportati dalla piena ovvero di deposito anomalo di materiale derivante dal trasporto solido, soprattutto nel caso possano realizzarsi a monte invasi temporanei di dimensione significativa;
- se il nuovo ponte genera effetti di minore laminazione della piena lungo l'asta fluviale, si dovranno valutare e adottare provvedimenti conseguenti per eliminare erosioni localizzate e possibili esondazioni in tratti in precedenza ritenuti in relativa sicurezza idraulica.

d) *Franco di sicurezza*

Il minimo franco, ovvero la distanza tra la massima quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte, deve essere crescente con i valori della portata di progetto, in relazione alle dimensioni del bacino idrografico sotteso, e alle locali condizioni idrodinamiche della corrente (quali quantità di moto, energia cinetica, etc.).

Ulteriori garanzie dovranno essere fissate in relazione alla tipologia di opera e delle situazioni ambientali della parte di monte del corso d'acqua, in rapporto alla copertura vegetale e alle possibilità di trasporto solido.

Nel caso di corsi d'acqua arginati, la quota di intradosso del ponte deve essere superiore a quella della sommità arginale.

E' altresì opportuno determinare la riduzione di franco che si manifesta per portate superiori a quella di progetto (con particolare riferimento agli scenari con tempo di ritorno di 500 anni), ai fini di una completa determinazione dello stato di sicurezza dell'opera.

e) *La luce libera*

Gli attraversamenti di minore importanza devono di norma avere una luce minima di 2,5 metri ed un'altezza minima di 1,75 metri.

Il dislivello tra la quota di intradosso dell'impalcato e il fondo alveo deve essere più consistente quando si possa temere il transito di alberi di alto fusto, ovvero quando siano possibili sovralzi del fondo alveo per deposito di materiale lapideo.

Nei casi in cui la larghezza dell'impronta della piena di progetto sia limitata è preferibile la realizzazione di un ponte con pile e spalle esterne alla corrente.

f) *Le pile*

La parte maggiormente attiva dell'alveo, significativamente l'alveo inciso, deve, di norma, essere lasciata libera da pile, compatibilmente con i vincoli di natura strutturale, ricercando una soluzione che collochi le pile in golena o nelle zone dove l'altezza d'acqua in piena sia relativamente modesta.

La forma delle pile in alveo è preferibile sia quella circolare o di tipo profilato, in modo da costituire minore ostacolo alla corrente (minore esposizione all'erosione). Anche la struttura di fondazione (sia diretta, sia di collegamento agli elementi portanti sottostanti) è opportuno sia adeguatamente sagomata.

Nei casi in cui si abbia elevata velocità di corrente abbinata a un trasporto solido significativo, la parte delle pile a contatto con la corrente deve essere opportunamente protetta.

Nel caso l'opera sia inserita in un tratto di corso d'acqua arginato è necessario prevedere protezioni (rivestimenti e/o diaframature) del paramento lato fiume dell'argine, in conseguenza delle maggiori sollecitazioni idrodinamiche indotte dall'opera stessa. In situazioni particolari possono essere necessarie opere di ringrosso e/o sovrizzo arginale locale.

g) *Effetti idrodinamici*

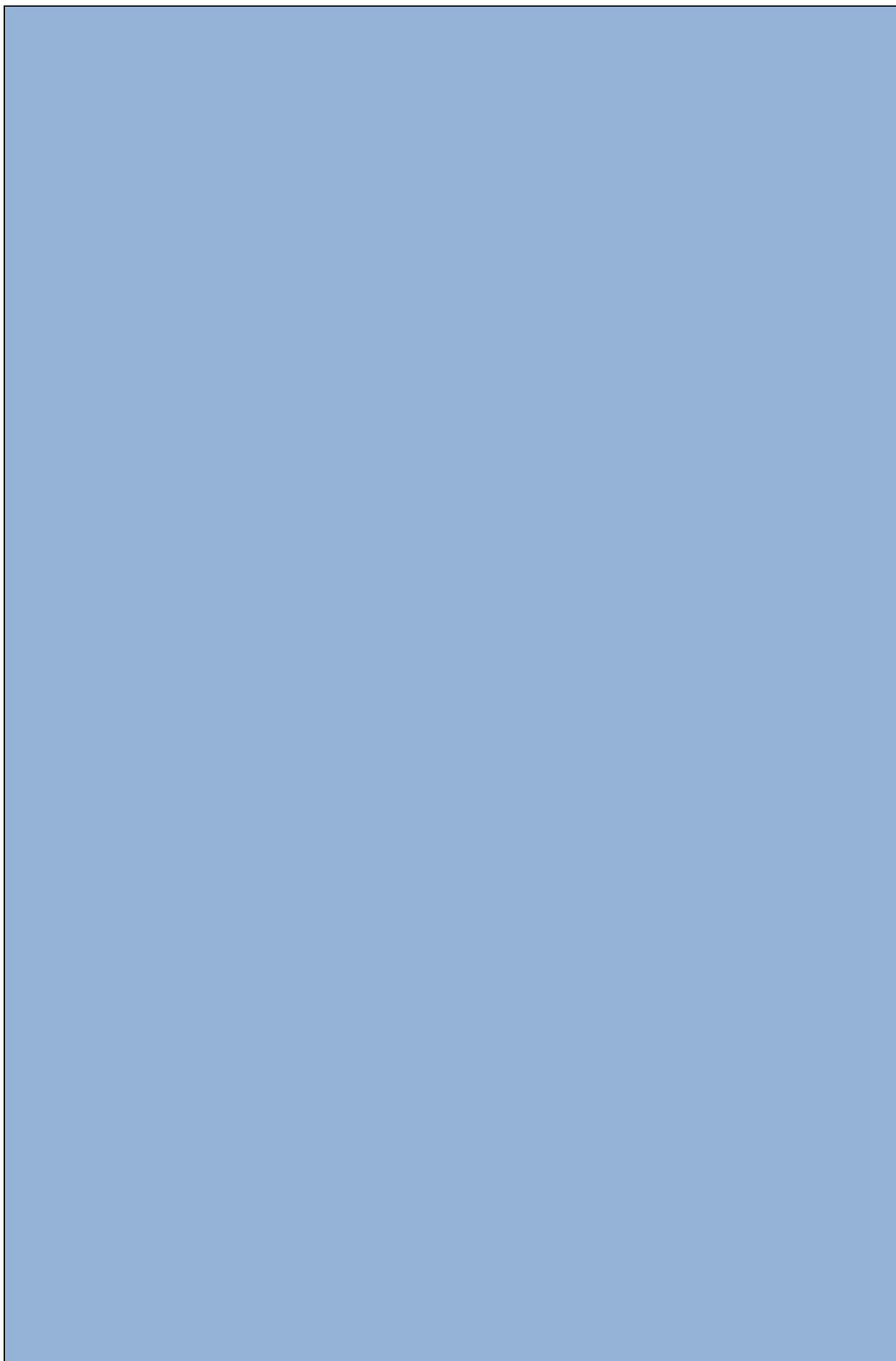
Il progetto del manufatto e delle opere connesse deve contenere la verifica della stabilità strutturale rispetto ai seguenti aspetti:

- scalzamento massimo sulle fondazioni delle pile, delle spalle; le fondazioni delle pile e delle spalle devono essere dimensionate in modo da sopportare direttamente il massimo scalzamento prevedibile (scalzamento diretto ed eventuale abbassamento del fondo alveo), senza la necessità di opere idrauliche aggiuntive. Ad esempio nel caso di fondazioni su pali il dimensionamento dei pali deve considerare scoperto il tratto di palo compreso tra la testa e la quota di massimo scalzamento;
- urti e abrasioni provocate dalla corrente sulle pile in alveo;
- scalzamento massimo sui rilevati di accesso per effetto dell'erosione della corrente;
- spinta idrodinamica per effetto del sovrizzo idrico indotto dalla struttura; ove opportuno la valutazione deve essere condotta anche con riferimento a condizioni di tracimazione del ponte per effetto di ostruzione delle luci.

h) *Opere idrauliche collegate al ponte.*

Nel caso in cui l'inserimento o la presenza del ponte comporti la realizzazione di opere idrauliche con funzioni di sistemazione dell'alveo nel tratto interessato dall'attraversamento, il progetto deve comprendere la definizione delle opere stesse con lo stesso livello di dettaglio relativo all'opera principale.

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle della BAT.*





## CONCLUSIONI

Il presente lavoro offre un approccio metodologico finalizzato alla messa in sicurezza idraulica a scala di bacino per i corsi d'acqua principali dell'unità fisiografica della BAT, operando in maniera sistematica analisi di tipo geomorfologico, idrologico ed idraulico per la comprensione delle dinamiche di pericolosità del territorio e addivenendo alla individuazione dei provvedimenti di tipo strutturale e non strutturale per la mitigazione del rischio.

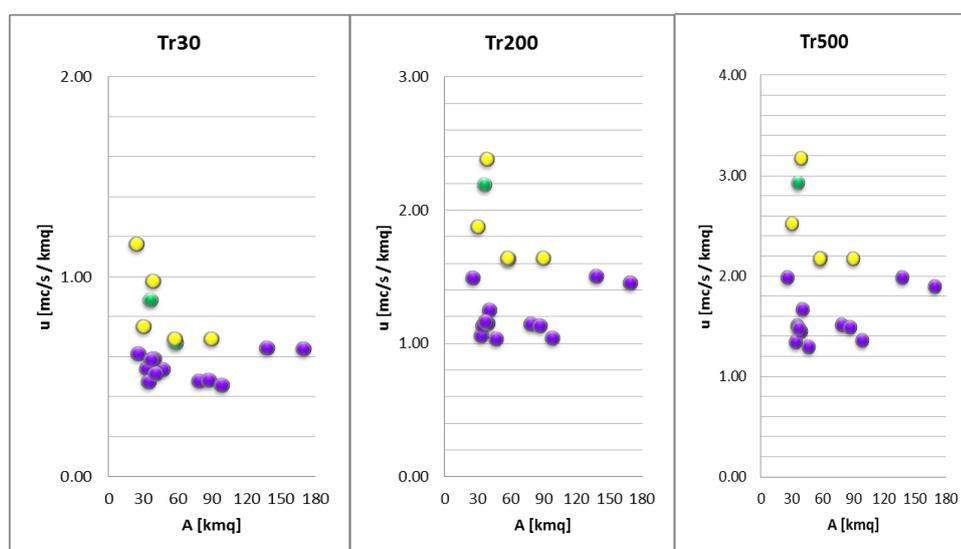
Come supporto alla modellistica idrologica ed idraulica, sono resi disponibili:

- il  **censimento delle opere idrauliche di attraversamento**, utile sia ai fini della costruzione geometrica dei modelli, che per esigenze di polizia idraulica;
- le **mappe delle direzioni di flusso e delle aree contribuenti**, forzate sul reticolo idrografico della carta idrogeomorfologica dell'AdB Puglia, con individuazione della componente endoreica;
- la  **mappa del *Curve Number***, parametro comunemente adoperato per la determinazione del volume di deflusso, ovvero del volume di precipitazione depurato delle perdite idrologiche;
- l'**associazione dell'indice di Manning alle classi di uso del suolo** della Carta Tecnica Regionale del SIT Puglia, per la valutazione della resistenza al flusso;

Gli strumenti succitati hanno valore se rapportati alla scala di indagine del presente studio. Al di fuori di questa attività assumono valore indicativo e informativo di primo livello, senza escludere che approcci altrettanto plausibili siano possibili a partire da assunzioni (es. cartografie, conoscenze provenienti da altre esperienze, analisi idrologiche, ecc.) diverse da quelle qui adoperate.

Le analisi idrologiche, condotte in maniera organica e sistematica sui corsi d'acqua, hanno consentito la valutazione dell'andamento del **coefficiente udometrico dei bacini idrografici** dei corsi d'acqua della BAT (v. figura A), utile per valutazioni di tipo speditivo.

Le modellazioni idrauliche sono state condotte su tutte le aste di reticolo aventi bacino contribuente maggiore o uguale a 25 km<sup>2</sup> e hanno prodotto la **rappresentazione sistematica dei tiranti e delle velocità** della corrente nei tre scenari di riferimento secondo le NTA (Norme Tecniche di Attuazione) del PAI, ovvero relativi ai tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Tali elementi sono richiesti esplicitamente dalla Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010 di recepimento. La conoscenza delle grandezze idrodinamiche, oltre alla rappresentazione dell'estensione delle aree a pericolosità idraulica, è difatti fondamentale per la comprensione del fenomeno e per la valutazione della vulnerabilità idraulica, nell'ambito della gestione del rischio. E' inoltre proposto un **approccio per la valutazione delle aree a pericolosità idraulica**, basata sia sul tempo di ritorno dell'evento estremo, sia sulle corrispondenti grandezze idrodinamiche.



● Ciappetta-Camaggi ● Lama Paterno ● Lama di Macina

Figura A – Coefficienti udometrici per i corsi d'acqua della BAT

Le risultanze delle analisi svolte hanno dunque consentito **individuare le criticità connesse all'assetto idraulico del territorio** e di svolgere una **valutazione preliminare degli interventi a scala di bacino**, necessari alla messa in sicurezza del reticolo idrografico esaminato. Gli interventi contemplano adeguamenti delle sezioni utili al libero deflusso delle acque per le opere di attraversamento idraulico, la realizzazione di arginature, l'utilizzo sistematico delle cave 'a fossa' come vasche di laminazione per la riduzione del rischio, nonché provvedimenti di tipo non strutturale. L'individuazione delle criticità deve essere rapportata allo stato dei luoghi nel periodo di redazione dello studio. Non si esclude dunque che alcune delle problematiche di sicurezza idraulica che ne emergono siano già state oggetto di analisi con l'individuazione di progetti di mitigazione del rischio, sulla quale questa Autorità ha espresso un proprio parere di competenza, ma che di fatto non hanno ancora prodotto una risolutiva modifica dello stato dei luoghi. Quanto proposto nella valutazione preliminare rappresenta inoltre solo possibili scenari di intervento, che non individuano in alcun modo scelte preferenziali da parte di questa Autorità per finalità diverse da quelle del presente studio.

Con riferimento al reticolo idrografico principale sono stati individuati interventi di tipo strutturale per la messa in sicurezza delle aree a rischio di interesse strategico e pubblica rilevanza, per i quali è assegnato un indice di priorità in funzione dell'importanza degli esposti, riportato nella tabella A.

**Tabella A –** Priorità degli interventi nell'unità fisiografica "BAT"

Classe di priorità	Tipo intervento	Codice intervento
1	Messa in sicurezza del tessuto urbano di Andria	001IS01
	Messa in sicurezza del tessuto urbano di Barletta	001IS02
2	Messa in sicurezza della zona artigianale Est di Bisceglie	004IS01

**Tabella B –** Verifica delle opere di attraversamento idraulico della provincia BAT

ATTRAVERSAMENTI ESAMINATI		69									
CORSO D'ACQUA	tempo di ritorno	funzionamento				interventi strutturali					allerte SL
		OK	SOMMERSO	SORMONTO	INSUFF.	FV	AS	SS	SP	SL	
ciappetta-camaggi	T30	15	3	23	26						
	<b>T200</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>23</b>	
	T500	4	2	35	37						
paterno	T30	7	1	0	1						
	<b>T200</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>			<b>1</b>		<b>2</b>	
	T500	5	0	3	3						
macina	T30	7	3	10	13						
	<b>T200</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	
	T500	5	2	13	15						
<b>TOT</b>	<b>T200</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	<b>49</b>	<b>54</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>35</b>

Per quanto concerne le intersezioni del reticolo idrografico principale con le infrastrutture viarie, nell'unità fisiografica BAT, sono state analizzate sotto il profilo idraulico 69 opere di attraversamento idraulico, di cui di cui 52 sono risultate insufficienti per il regolare deflusso delle acque, richiedendo dunque interventi di tipo strutturale o l'adozione di sistemi di allerta (v. tabella B). Nello specifico, interventi di tipo strutturale sono suggeriti per le opere di attraversamento idraulico delle infrastrutture viarie principali, ovvero quelle avente competenza almeno provinciale; mentre per le intersezioni a rischio con le infrastrutture secondarie (ovvero quelle di livello comunale) è indicata la necessità di provvedere almeno alla predisposizione di sistemi di allerta e segnaletica stradale opportuna, in assenza dello stanziamento di risorse per l'adeguamento strutturale. Si rappresenta che la **vulnerabilità delle opere di attraversamento è valutata in relazione al loro comportamento idraulico in regime di piena**, mentre non è condotta alcuna valutazione sulla vulnerabilità strutturale o legata a fenomeni di permeazione, erosione o trasporto, la quale non attiene alle competenze del presente studio. Non è possibile escludere dunque che attraversamenti ritenuti verificati possano determinare situazioni di criticità diverse da quelle qui esaminata.

A completamento della mappatura delle aree pericolosità idraulica sul reticolo principale, è stato anche indagato il **reticolo minore**, ovvero quello con area contribuente inferiore ai 25 km<sup>2</sup>, considerando che gli eventi alluvionali recenti, hanno evidenziato problematiche significative anche per bacini idrografici di pochi chilometri quadrati. Sono state dunque individuate tutte le interferenze connesse alla presenza di infrastrutture sul reticolo idrografico minore, organizzate su base comunale. Tali criticità, individuate con metodologia speditiva, hanno valenza di indicazioni di primo livello.

Nelle pagine conclusive si riporta l'elenco delle criticità del reticolo idrografico dei corsi d'acqua dell'unità fisiografica della "BAT", sia con riferimento ai tronchi principali che con riferimento ai tronchi secondari, suddiviso per Comune, utile al fine della predisposizione di piani di emergenza e di azioni locali per la messa in sicurezza del territorio.

Dall'insieme di queste criticità è possibile stralciare le **aree a rischio significativo** per le quali, negli sviluppi del presente studio, è necessario condurre delle **analisi idrauliche di dettaglio**, sulla base di rilievi di nuova acquisizione, per l'individuazione delle aree effettive di allagamento e la determinazione degli interventi di mitigazione del rischio. Tali aree sono elencate in tabella C. Gli studi idraulici dovranno essere condotti con priorità per le aree in cui non è individuata alcuna vincolistica (ovvero per le aree in cui non vi è né il PAI storico, né è presente su cartografia IGM la linea blu rappresentativa del reticolo idrografico).

**Tabella C – Aree a rischio significativo per le quali è necessario programmare studi idraulici di dettaglio**

<b>COD_esposto</b>	<b>Pericolosità idraulica</b>
<b>RETICOLO PRINCIPALE</b>	
BAT01IN01	Fasce e reticolo carta idrogeomorfologica
BAT01IN02	PAI (studio), studio POFESR e reticolo IGM
BAT01IN05	PAI (storico), studio POFESR e reticolo IGM
BAT02IN02	PAI (studio), e reticolo carta idrogeomorfologica
BAT03IN01	Fasce, studio POFESR, e reticolo IGM
BAT04IN08	Fasce, studio POFESR, e reticolo carta idrogeomorfologica
<b>RETICOLO MINORE</b>	
BAT00C01	PAI (studio), e reticolo carta idrogeomorfologica
BAT00C02	PAI (studio), e reticolo carta idrogeomorfologica
BAT00C10	Reticolo carta idrogeomorfologica
BAT01C24	PAI (studio), e reticolo carta idrogeomorfologica
BAT01C25	Reticolo IGM
BAT01C26	Reticolo carta idrogeomorfologica
BAT01C27	PAI (studio), e reticolo carta Idrogeomorfologica
BAT01C28	Fasce, PAI (storico) e reticolo IGM
BAT01C29	Reticolo IGM
BAT01C30	Fasce e reticolo IGM
BAT01C31	Reticolo IGM
BAT01C33	Reticolo carta idrogeomorfologica
BAT01C37	Reticolo IGM
BAT01C38	Reticolo IGM
BAT01C41	Reticolo carta Idrogeomorfologica e reticolo IGM
BAT01C42	Reticolo IGM
BAT03C01	Reticolo carta Idrogeomorfologica
BAT03C06	Reticolo IGM
BAT03C09	Reticolo carta Idrogeomorfologica
BAT03C11	PAI (studio), e reticolo IGM
BAT03C13	PAI (studio), e reticolo IGM
BAT03C14	Fasce e reticolo carta Idrogeomorfologica
BAT04C05	PAI (studio) e reticolo IGM
BAT04C06	PAI (studio) e reticolo IGM
BAT04C07	PAI (studio) e reticolo carta Idrogeomorfologica
BAT04C08	PAI (studio) e reticolo IGM
BAT04C10	PAI (studio) e reticolo IGM

BAT04C12	PAI (studio) e reticolo IGM
BAT04C13	PAI (studio) e reticolo IGM
BAT04C14	PAI (studio) e reticolo IGM
BAT04C15	Reticolo IGM
BAT04C16	PAI (studio) e reticolo IGM

Infine, nella constatazione che le intersezioni tra il reticolo idrografico e le infrastrutture viarie costituiscono elementi di particolare criticità, come evidenziato - talvolta anche tragicamente - dai recenti eventi alluvionali, sono predisposte delle **linee guida di progettazione per le opere di attraversamento idraulico**.

PROVINCIA BAT

COMUNE DI ANDRIA

RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuente  $\geq 25$  kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
BAT01IN01	Tessuto residenziale sparso	16°17'4"E	41°7'46"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01IN02	Tessuto residenziale e sedi stradali	16°17'41"E	41°13'21"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01IN03	Edifici e serre	16°16'21"E	41°14'38"N	Ciappetta-Camaggi

RETICOLO MINORE (Area contribuente  $< 25$  kmq)

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
BAT01C02	Tessuto residenziale sparso e sedi stradali	16°16'9"E	41°4'25"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C03	Tessuto residenziale sparso	16°15'7"E	41°4'38"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C04	Tessuto residenziale sparso e sedi stradali	16°17'31"E	41°4'39"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C06	Tessuto residenziale sparso	16°17'47"E	41°6'39"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C07	Tessuto residenziale sparso	16°16'25"E	41°6'42"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C08	Tessuto residenziale sparso	41°7'28"N	16°18'39"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C09	Tessuto residenziale sparso	41°7'53"N	16°18'25"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C10	Tessuto residenziale sparso	41°8'15"N	16°18'36"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C11	Tessuto residenziale sparso	41°8'8"N	16°18'10"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C12	Tessuto residenziale sparso	41°8'35"N	16°15'49"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C13	Insedimenti produttivi	41°9'11"N	16°16'18"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C14	Tessuto residenziale sparso	41°9'13"N	16°14'31"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C15	Edifici sparsi	41°9'52"N	16°15'27"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C16	Tessuto residenziale sparso	41°10'5"N	16°13'49"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C17	Tessuto residenziale sparso	41°10'19"N	16°13'36"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C18	Tessuto residenziale sparso	41°10'57"N	16°14'19"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C19	Tessuto residenziale sparso	41°11'3"N	16°16'55"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C20	Tessuto residenziale sparso	41°11'19"N	16°16'15"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C21	Tessuto residenziale sparso e sedi stradali	41°12'0"N	16°16'1"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C22	Tessuto residenziale sparso	41°11'58"N	16°16'48"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C23	Tessuto residenziale sparso	41°12'10"N	16°17'27"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C24	Tessuto residenziale sparso	41°12'34"N	16°17'36"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C25	Insedimenti produttivi - sede stradale	41°12'45"N	16°15'17"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C26	Insedimenti industriali e artigianali	41°13'5"N	16°16'12"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C27	Tessuto residenziale e sedi stradali	41°13'17"N	16°17'1"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C28	Insedimenti industriali e artigianali	41°14'4"N	16°16'0"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C29	Tessuto residenziale sparso	41°13'33"N	16°15'11"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C30	Insedimento produttivo	41°13'54"N	16°14'55"E	Ciappetta-Camaggi
BAT01C31	Insedimenti industriali	41°15'38"N	16°17'19"E	Ciappetta-Camaggi

**COMUNE DI BARLETTA**

**RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuente  $\geq$  25 kmq)**

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
BAT01IN04	Edifici sparsi	16°16'41"E	41°17'34"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01IN05	Tessuto residenziale sedi stradali e ferrovia	16°17'21"E	41°18'8"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01IN06	Sedi stradali	16°18'50"E	41°17'52"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01IN07	Edifici sparsi	16°21'13"E	41°18'19"N	Ciappetta-Camaggi

**RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)**

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
BAT01C32	Tessuto residenziale sparso	16°16'38"E	41°16'1.31"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C33	Tessuto residenziale sparso	16°16'38"E	41°16'1"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C34	Tessuto residenziale sparso	16°18'58"E	41°8'52"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C35	Tessuto residenziale sparso	16°18'48"E	41°9'38"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C36	Tessuto residenziale sparso	16°19'3"E	41°10'0"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C37	Insedimento industriale - sedi stradali	16°19'24"E	41°12'29"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C38	Insedimento industriale - sedi stradali	16°19'32"E	41°13'36"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C39	Insedimento industriale - aree estrattive - sedi stradali	16°19'57"E	41°14'49"N	Ciappetta-Camaggi

**COMUNE DI BISCEGLIE**

**RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuente  $\geq$  25 kmq)**

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
BAT03IN02	Cave	41°14'47"N	16°27'36"E	Lama Paterno
BAT04IN03	Fabbricati e sedi stradali	41°12'40"N	16°30'0"E	Lama di Macina
BAT04IN04	Fabbricato	41°13'0"N	16°30'44"E	Lama di Macina
BAT04IN05	Fabbricati	41°13'15"N	16°30'56"E	Lama di Macina
BAT04IN06	Fabbricati	41°13'31"N	16°30'55"E	Lama di Macina
BAT04IN07	Fabbricati	41°13'35.62"N	16°31'11"E	Lama di Macina
BAT04IN08	Insedimenti industriali e agricoli	41°10'28"N	16°25'35"E	Lama di Macina

**RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)**

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
BAT04C25	Insedimento produttivo agricolo	16°29'8"E	41°9'46"N	Lama di Macina
BAT04C26	Fabbricati	16°30'37"E	41°11'39"N	Lama di Macina
BAT04C27	Fabbricati	16°29'56"E	41°11'42"N	Lama di Macina
BAT04C28	Fabbricati	16°30'8"E	41°12'10"N	Lama di Macina
BAT00C05	Tessuto residenziale sparso	16°26'53"E	41°12'32"N	Lama Lamadattola
BAT00C06	Aree estrattive	16°27'31"E	41°13'38"N	Lama Lamadattola
BAT00C03	Insedimento industriale e sede stradale	16°28'24"E	41°14'11"N	Lama Lamadattola
BAT00C09	Fabbricati	16°28'24"E	41°12'53"N	Lama Lamadattola
BAT00C07	Fabbricati	16°29'6"E	41°12'48"N	Lama Lamadattola

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - BAT**

BAT00C08	Tessuto residenziale sparso	16°29'2"E	41°13'30"N	Lama Lamadattola
BAT00C04	Tessuto residenziale sparso	16°29'28"E	41°13'7"N	Lama Lamadattola
BAT00C10	Tessuto residenziale - sedi stradali	16°30'16"E	41°14'32"N	Lama Lamadattola

**COMUNE DI TRANI**

**RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuyente ≥ 25 kmq)**

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
BAT02IN01	Cava attiva e insediamento produttivo	16°24'58"E	41°13'24"N	Lama Palumbariello
BAT02IN02	Tessuto residenziale	16°25'5"E	41°16'24"N	Lama Palumbariello
BAT03IN01	Insedimento industriale	16°24'58"E	41°13'24"N	Lama Paterno
BAT03IN02	Cave	41°14'47"N	16°27'36"E	Lama Paterno

**RETICOLO MINORE (Area contribuyente < 25 kmq)**

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
BAT01C40	Aree estrattive	16°21'20"E	41°14'51"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C41	Insedimento industriale	16°21'12"E	41°15'26"N	Ciappetta-Camaggi
BAT01C43	Insedimento industriale	16°20'44"E	41°16'17"N	
BAT02C01	Edificio ed insediamento produttivo agricolo	16°22'45"E	41°12'11"N	Lama Palumbariello
BAT02C02	Area estrattiva	16°23'34"E	41°13'31"N	
BAT02C03	Aree estrattive	16°23'4"E	41°14'23"N	
BAT02C04	Aree estrattive	16°22'13"E	41°14'34"N	Lama Palumbariello
BAT03C14	Insedimento industriale artigianale	16°22'6"E	41°10'50"N	Lama Paterno
BAT03C15	Tessuto residenziale sparso	16°24'42"E	41°11'43"N	Lama Paterno
BAT03C16	Insedimento industriale artigianale	16°24'24"E	41°12'17"N	Lama Paterno
BAT03C17	Insedimento artigianale	16°24'57"E	41°12'36"N	Lama Paterno
BAT03C18	Insedimento industriale	16°25'18"E	41°12'34"N	Lama Paterno
BAT03C19	Insedimento produttivo agricolo	16°26'24"E	41°13'57"N	Lama Paterno
BAT00C01	Tessuto residenziale sparso	16°25'43"E	41°15'5"N	
BAT00C02	Tessuto residenziale	16°26'8"E	41°15'58"N	

**PROVINCIA DI BARI**

**COMUNE DI CORATO**

**RETICOLO PRINCIPALE (Area contribuyente ≥ 25 kmq)**

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
BAT04IN01	Fabbricati sparsi	16°25'35"E	41°10'28"N	Lama di Macina
BAT04IN02	Fabbricati sparsi	16°26'4"E	41°10'43"N	Lama di Macina

**RETICOLO MINORE (Area contribuyente < 25 kmq)**

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
BAT01C01	Tessuto residenziale sparso	16°18'11"E	41°4'50"N	Ciappetta-Camaggi

**STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLE OPERE NECESSARIE ALLA MESSA IN SICUREZZA DEL RETICOLO IDRAULICO PUGLIESE,  
CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE AREE DEL GARGANO, DELLE COSTE JONICHE E SALENTINE DELLA REGIONE PUGLIA - BAT**

BAT01C05	Edifici sparsi	16°19'11"E	41°5'54"N	Ciappetta-Camaggi
BAT03C01	Tessuto residenziale sparso	16°22'28"E	41°7'30"N	Lama Paterno
BAT03C02	Tessuto residenziale sparso	16°22'1"E	41°7'37"N	Lama Paterno
BAT03C03	Tessuto residenziale sparso	16°21'32"E	41°7'45"N	Lama Paterno
BAT03C04	Tessuto residenziale sparso	16°21'53"E	41°7'59"N	Lama Paterno
BAT03C05	Tessuto residenziale sparso	16°21'26"E	41°8'5"N	Lama Paterno
BAT03C06	Tessuto residenziale sparso	16°23'12"E	41°7'59"N	Lama Paterno
BAT03C07	Edifici sparsi	16°22'54"E	41°8'26"N	Lama Paterno
BAT03C08	Tessuto residenziale sparso	16°21'17"E	41°8'44"N	Lama Paterno
BAT03C09	Edifici sparsi	16°23'38"E	41°8'41"N	Lama Paterno
BAT03C10	Edifici sparsi	16°21'29"E	41°9'35"N	Lama Paterno
BAT03C11	Insedimenti industriali e artigianali e sedi stradali	16°23'51"E	41°9'27"N	Lama Paterno
BAT03C12	Tessuto residenziale sparso	16°23'12"E	41°9'33"N	Lama Paterno
BAT03C13	Edifici sparsi e insediamenti industriali	16°23'22"E	41°10'1"N	Lama Paterno
BAT04C02	Edificio	16°25'8"E	41°6'28"N	Lama di Macina
BAT04C04	Tessuto residenziale sparso	16°24'39"E	41°7'4"N	Lama di Macina
BAT04C05	Tessuto residenziale sparso e insediamenti produttivi	16°24'5"E	41°7'23"N	Lama di Macina
BAT04C06	Tessuto residenziale sparso	16°24'7"E	41°7'37.0353"N	Lama di Macina
BAT04C07	Tessuto residenziale sparso e insediamenti produttivi	16°23'38.5206"E	41°7'46"N	Lama di Macina
BAT04C08	Tessuto residenziale e industriale e commerciale e sedi stradali	16°24'40"E	41°8'25"N	Lama di Macina
BAT04C09	Tessuto residenziale sparso	16°26'8"E	41°7'44"N	Lama di Macina
BAT04C10	Tessuto residenziale sparso	16°25'50"E	41°8'8"N	Lama di Macina
BAT04C11	Tessuto residenziale sparso	16°25'26"E	41°8'16"N	Lama di Macina
BAT04C12	Tessuto residenziale sparso	16°25'21"E	41°8'25"N	Lama di Macina
BAT04C13	Tessuto residenziale sparso	16°25'25"E	41°8'38"N	Lama di Macina
BAT04C14	Tessuto residenziale sparso	16°25'22"E	41°9'1"N	Lama di Macina
BAT04C15	Tessuto residenziale sparso	16°25'46"E	41°8'47"N	Lama di Macina
BAT04C16	Depuratore	16°25'26"E	41°9'25"N	Lama di Macina
BAT04C17	Insedimento produttivo agricolo	16°25'41"E	41°9'31"N	Lama di Macina
BAT04C18	Insedimenti produttivi agricoli	16°26'19"E	41°9'16"N	Lama di Macina
BAT04C19	Edificio	16°26'40"E	41°9'56"N	Lama di Macina
BAT04C20	Tessuto residenziale sparso	16°26'44"E	41°8'50"N	Lama di Macina
BAT04C21	Tessuto residenziale sparso	16°26'59"E	41°8'34"N	Lama di Macina

**COMUNE DI RUVO DI PUGLIA**

**RETICOLO MINORE (Area contribuente < 25 kmq)**

Cod_esposto	Tipo di esposto	Coordinate geografiche		Bacino idrografico
		E	N	
BAT04C01	Edificio	16°26'27.1958"E	41°5'42.2133"N	Lama di Macina
BAT04C03	Edificio	16°25'19.9064"E	41°6'29.2437"N	Lama di Macina
BAT04C22	Aree sportive	16°26'27"E	41°5'42"N	Lama di Macina
BAT04C23	Insedimenti produttivi agricoli	16°28'43"E	41°8'30"N	Lama di Macina
BAT04C24	Serre ed edifici sparsi	16°30'14"E	41°8'0"N	Lama di Macina

*Gli elaborati del presente studio non sono riutilizzabili né modificabili da soggetti terzi, per aree esterne a quelle della BAT.*



## Bibliografia

- Alfieri S. (1927), "L'alluvione della zona barese nel novembre 1926", Bari, Annali del Ministero dei Lavori Pubblici.
- Arcement G.J. & Schneider V.R. (1989). *Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains*. United States Geological Survey Water-supply Paper 2339.
- Azzaroli A., Valduga A. (1967), *Note illustrate della carta geologica d'Italia alla scala 1:100000*, Bari e Mola di Bari, Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- Bacchi B., Franchini M., Galeati G., Ranzi R. (2000), "Parametrizzazione e regionalizzazione della curva di riduzione dei massimi annuali delle portate medie su assegnata durata", Atti del XXVII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Genova, 12-15 settembre 2000, Vol. II, pp. 129-136.
- Barnes, H.H., (1967), *Roughness Characteristics of Natural Channels*; U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1849, 213 p.
- Benson M.A., Dalrymple T. (1967), *General field and office procedures for indirect discharge measurements: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations*, book 3, chap. A1, 30 p.
- Bonelli R., Fratino U., Romano L. (2009), *Il complesso rapporto tra la città di Bari e le lame, uno sguardo al passato per un diverso futuro*, Conv. SIGEA, Bari, 28 novembre 2009.
- Brath A., Fiorentino M., Villani P. (1994), Valutazione dei volumi di piena a frequenza assegnata, In: Copertino V.A., Fiorentino M. (a cura di), Valutazione delle piene in Puglia, pp. 269-286.
- Chow V.T. (1959), *Open-channel Hydraulics*, McGraw-Hill.
- Cowen, 1956, Chow, 1959; Bernes, 1967; Linsley, Kohler e Paulhus, 1982; Arcement e Schneide 1989; Phillips e Ingersoll, 1998).
- Da SS4-95SheetFlow.pdf
- Di Baldassarre G., Brath A., Horritt M., Bates P. (2006), *Mappatura ASAR delle aree inondate per la calibrazione e la verifica dei modelli bidimensionali di allagamento*, XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche – IDRA 2006
- Dietrich W.E. and Dunne T. (1993), *The channel head, Channel Network Hydrology*, John Wiley, 176-219
- Edson, C.G. (1951). Parameters for relating unit hydrographs to watershed characteristics, Trans. Am. Geophys. Un., 32, 391-396.
- Engman E. (1986). *Roughness Coefficients for Routing Surface Runoff*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 112(1), 39–53.
- Ferro V. (2006), *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill Companies, 848 p.
- Ferro V. (2006), *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill Companies, 848 p.
- Fiorentino, M. (1985), "La valutazione dei volumi di piena nelle reti di drenaggio urbano", Idrotecnica, (3), 141-152.
- Gabellani, S., Silvestro, F., Rudari, R., and Boni, G. (2008), *General calibration methodology for a combined Horton-SCS infiltration scheme in flash flood modeling*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 1317–1327, doi:10.5194/nhess-8-1317-2008.
- Gabriele S., Chiaravallotti F., Cotecchia V. (2006), L'evento pluviometrico del 22 Ottobre 2005 in Puglia. Una ricostruzione sperimentale mediante Meteosat-8 e modello afflussi-deflussi a parametri distribuiti. L'ACQUA, 5, pp. 37-48.

- Hjelmfelt A. T. (1980a), *Curve-Number procedure as infiltration method*, Journal of Hydraulics Division, 106(6), pp 1107-1111.
- Hjelmfelt A. T. (1980b), *Empirical investigation of curve number technique*, J. Hydr. Div., ASCE, 106(9), 1471-1477.
- Horton R. E. (1933), *The role of infiltration in the hydrologic cycle*. Trans. AGU, 14th Ann. Mtg. pp.446–460.
- Huang, Y. (2009). *Rapid flood risk assessment using GIS technology*, International Journal of River Basin Management, 7:1, 3-14.
- Kuo, Guo & Reed -(2001) "*Simulation of Mesoscale Cyclone over Mediterranean Sea*" 2001 Meteorological Atmospheric Physics
- Linsley R., Kohler M.A., Paulhus J.L.H. (1982), *Hydrology for engineers*, McGraw-Hill (New York), 500 p.
- Maione U., (1999), "Le piene fluviali", La Goliardica Pavese,
- Marone V. (1971), Calcolo di massima di un serbatoio di laminazione, L'energia elettrica, n. 9
- Mastronuzzi G., (2010) "Le gravine e le lame" in "Il patrimonio geologico della Puglia territorio e geositi", Supplemento al numero 4/2010 di "Geologia dell'Ambiente", SIGEA.
- McNamara J.P., Ziegler A.D., Wood S.H., Vogler J.B. (2006), *Channel head locations with respect to geomorphologic thresholds derived from a digital elevation model: A case study in northern Thailand*, Forest Ecology and Management, 224, 147-156
- Mesa O. J., and E. R. Mifflin (1986), *On the relative role of hillslope and network hydraulic geometry in hydrologic response*, Scale Problems in Hydrology, edited by V. K. Gupta, I.Rodriguez-Iturbe, and E. F. Wood, pp. 1– 17, D. Reidel, Norwell, Mass.
- Mills, P., Badcock, A. (2011). Preliminary Flood Risk Assessment Fluvial Flood Hazard Mapping-Normal Depth Method. Disponibile presso il sito <http://www.cfram.ie/pdfs-downloads/TechDocs/Fluvial%20Normal-Depth%20Report%20-%20Final.pdf>
- Mishra S. K. and Singh V. P. (2003): Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, ISBN 1-4020-1132-6,
- Moisello U. e Papiri S. (1986), *Relazione tra l'altezza di pioggia puntuale e ragguagliata*, Atti del XX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Padova: 615-631
- Montgomery D.R. and Dietrich W.E. (1994), *Landscape dissection and the drainage area-slope thresholds*, Process Models and Theoretical Geomorphology, John Wiley, 221-246
- Montgomery D.R., Foufoula-Georgiou E. (1993), *Channel network source representation using digital elevation models*, Water Resources Research, 29, 12, 3925-3934
- Mossa M. (2007) *The floods in Bari: what history should have taught*, Journal of Hydraulic Research, 45, 5, pp. 579-594.
- Naden, P. (1992), *Spatial variability in flood estimation for large catchments: The exploitation of channel network structure*, Hydrol. Sci. J. , 37, 1, pp. 53–71.
- Nash J. E., (1957), "The form of the instantaneous unit hydrograph", International Union of Geology and Geophysics Assembly of Toronto, 3, 114-120.
- Paoletti, A. (2010). Prontuario dell'Ingegnere, a cura di Guadagni, A. Hoepli. ISBN 978-88-203-4407-8
- Petroselli A., Nardi F., Santini M., Grimaldi S. (2009), *Modello afflussi-deflussi nfiuh: metodologia innovativa per l'applicazione in bacini non strumentati*, Atti del IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, 3-24
- Phillips J.V., and Ingersoll, T.L., (1998), *Verification of roughness coefficients for selected natural and constructed stream channel in Arizona*; U.S. Geological Survey Professional Paper 1584, 77p.

Pianese, D., e Rossi, F. (1986): "Curve di possibilità di laminazione delle piene." *Giornale del Genio Civile*, fasc. 4,5,6 - Apr., Mag., Giu., pp. 131-148.

Porcu F. & Prodi F (2001).- "*Osservazione multisensore di sistemi nuvolosi alla mesoscala in area mediterranea*" 2001

Rallison R. E. (1980), *Origin and evolution of the SCS runoff equation*. Proc., ASCE Irrig. and Drain. Div. Symp on watershed Mgmt., ASCE, New York, N.Y., Vol II, 912-924

Reale O., Atlas D. (2001)- "*Tropical cyclones like vortices in Extratropics: observational evidence and synoptic analysis*" *Weather Forecasting* 16, 2001.

Ree W.O., Wimberley F.L. and Crow F.R. (1977), *Manning n and The Overland Flow Equation*, Transactions of the ASAE, Volume 20, Number 1, pages 89-95, 1977

Rodriguez-Iturbe I., Rinaldo A. (1997), *Fractal River Basins*, Cambridge University Press, New York.

Romano L., Castorani A., Di Santo A.R., Fratino U. (2010a), *On the channel head location and landscape evolution using dems*, Atti EIAHR 2010, Edinburgh, 4-6 maggio 2010

Romano L., Fratino U., Di Santo A. R., (2010) "Flooding areas of Ofanto river using advanced topographic and hydraulic approaches". Dept. Water Engineering & Chemistry, Technical University of Bari, 70125 Bari, Italy -Contributo nel convegno "Geomatics for Crisis management

Silletti, G. (2006), Danni alluvionali in Puglia: non dimentichiamoci della difesa del suolo, *Silvae*, II, 5: 247-274

Singh, V.P. (1988) *Hydrologic System: Rainfall-Runoff Modeling*. Prentice Hall: Englewood Cliff, New Jerse.

Soil Conservation Service (SCS) (1972), *National Engineering Handbook*, Section 4, Hydrology

Spalluto L., Pieri P., Sabato, L., Tropeano M. (2010) *Nuovi dati stratigrafici e cartografici delle unità quaternarie del F° 438 "Bari" (Puglia – Italia meridionale)*. *Il Quaternario*, 23 (1), 3-14

U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.Engman, E. T. "*Roughness coefficients for routing surface runoff*," ASCE, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*.112(1), 39-52, 1986

Van der Sande, C.J., Jong de, S.M. and Roo de, A.P.J. (2003). "*A Segmentation and Classification Approach of IKONOS-2 Imagery for Land Cover Mapping to Assist Flood Risk and Flood Damage Assessment*", *International. Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4, 217–229.

Yen, B. C. and V. T. Chow (1980). *Design Hyetograph for Small Drainage Structures*. *J. Hyd. Div. Am. Soc. Civil Eng.* Vol 106 No.HY6. Pp 1055 -1976.