

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI**

**FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI  
CORSO DI LAUREA IN SCIENZE GEOLOGICHE  
DIPARTIMENTO DI GEOLOGIA E GEOFISICA**

**TESI DI LAUREA  
IN  
IDROGEOLOGIA**

**ANALISI DELL'EVENTO ALLUVIONALE  
DEL 22-23 OTTOBRE 2005  
NEL BACINO DEL TORRENTE PICONE**

**Relatore:**

**Prof. MICHELE MAGGIORE**

**Laureanda:**

***LUISA TATEO***

**ANNO ACCADEMICO 2005-2006**

## 1. PREMESSA

Il presente lavoro di tesi, discusso in data 24 Marzo 2007 presso la Facoltà di Scienze MM.FF.NN. dell'Università degli Studi di Bari e intitolato *“Analisi dell’evento alluvionale del 22-23 Ottobre 2005 nel bacino del Torrente Picone”*, costituisce la conclusione del percorso di studi universitari in Scienze Geologiche condotto dalla scrivente.

Nel seguente articolo tale studio, che verrà esposto nelle parti più salienti, pone l'attenzione su un problema che ormai da tempo interessa il territorio pugliese e i cui effetti sono sempre più allarmanti; si tratta del fenomeno delle alluvioni che causano gravi danni e disagi sul versante adriatico delle Murge e in particolare nella cosiddetta “Conca di Bari”.

Le alluvioni sono fenomeni naturali non prevedibili, la cui frequenza ed i cui effetti negativi sono stati incrementati maggiormente dalle attività umane, tra cui la gestione inappropriata dei corsi d'acqua e l'aumento indiscriminato di persone e di beni economici nelle zone soggette ad allagamento. In mancanza di un intervento adeguato, le alluvioni rappresentano un potenziale rischio per la vita umana, i beni economici e l'ambiente.

Il bacino idrografico oggetto di studio è quello relativo al Torrente Picone, sotteso al canale deviatore ad Ovest dell'abitato di Carbonara che, a causa delle molteplici e disastrose esondazioni verificatesi sin dai tempi più antichi, rappresenta un pericolo idraulico per l'area di Bari.

In particolare è stato analizzato l'evento alluvionale del 22-23 Ottobre 2005 che, per l'entità delle precipitazioni e per la cattiva gestione territoriale, ha causato ben sei vittime ed innumerevoli danni ad edifici per lo più abusivi, ad aziende, a campi coltivati e a numerose vie di comunicazione.

Lo studio condotto nel territorio compreso nel bacino del Torrente Picone è stato articolato nel seguente modo:

- ricostruzione dell'idrografia superficiale dell'area e calcolo delle principali caratteristiche morfometriche necessarie per valutare il tempo di corrivazione;
- acquisizione e definizione dei dati di carattere climatico geologico e idrogeologico, necessari per la ricostruzione dell'onda di piena e delle modalità con cui essa si verifica;
- esecuzione di verifiche idrauliche sulla capacità di smaltimento dell'onda di piena del canale deviatore realizzato subito dopo l'alluvione del 1926;
- eventi alluvionali del passato e analisi dell'evento alluvionale del 22-23 Ottobre 2005;
- individuazione di alcune situazioni di rischio causate sia da fattori naturali sia da interventi antropici non rispettosi dei deflussi naturali.

I dati acquisiti, unitamente alle informazioni disponibili, hanno consentito di redigere alcuni importanti elaborati cartografici (Carta dell'idrografia superficiale, Carta geologica, Carta dell'uso del suolo, Carta delle isopieze, ecc...) grazie all'utilizzo di particolari software tra cui Didger 3 e Surfer 8.

## 2. IL BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE PICONE

Il Torrente Picone è una delle “Lame” tipiche della fascia litoranea barese che si sviluppano a raggiera convergendo nella città di Bari (Fig. 2.1); si tratta di corsi d'acqua a carattere effimero, asciutti per la maggior parte dell'anno che, in caso di eventi piovosi di una certa entità e durata, convogliano in mare notevoli quantità d'acqua.

La rete idrografica del bacino del T. Picone è piuttosto ramificata, si estende in direzione NE dalle Murge di Cassano fino al mare (Fig. 2.2) ed è composta da due rami

principali che confluiscono nelle vicinanze dell'abitato di Carbonara; il ramo destro, chiamato Baronale, ha origine a Sud-Ovest di Acquaviva, attraversa i territori di Adelfia, Loseto e Ceglie per poi congiungersi con l'altro ramo poco a Sud di Carbonara, detto della Badessa che è il più fitto e ha origine a Sud-Ovest dell'abitato di Cassano per poi fiancheggiare i centri abitati di Sannicandro, Bitritto, Loseto e Ceglie.

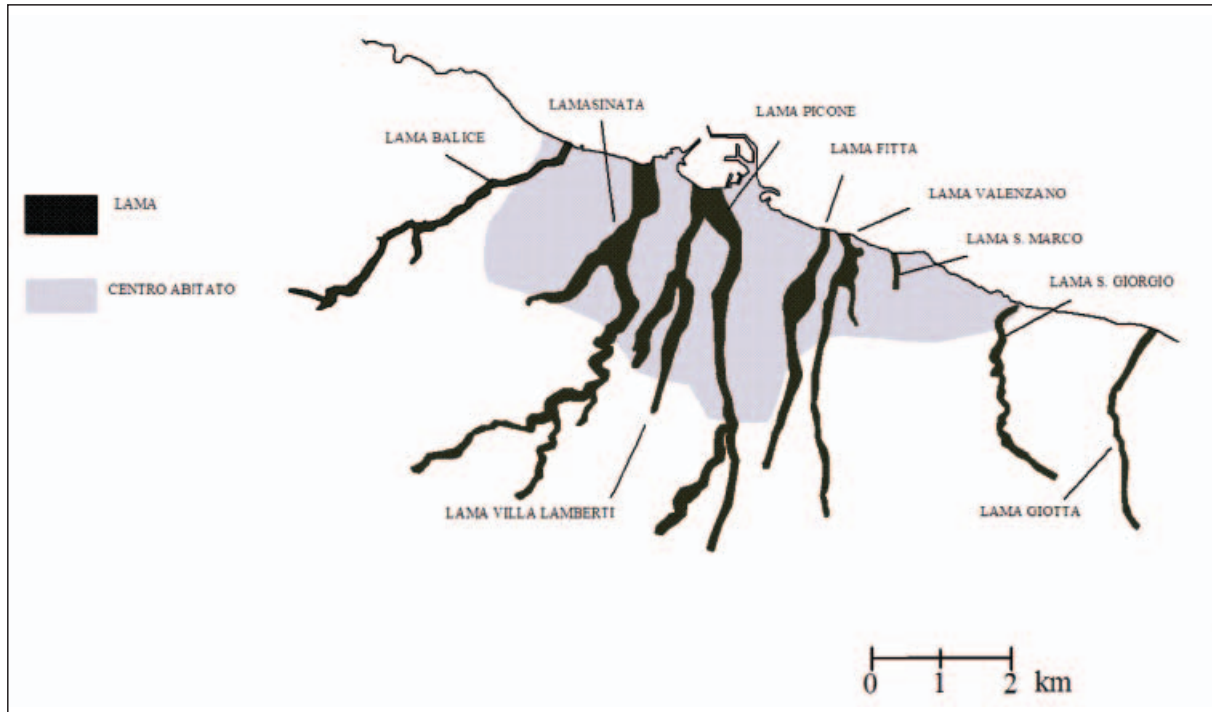


Figura 2.1 - Pianta delle lame della conca di Bari

Le acque di entrambi i rami, dopo essere confluite in un unico tronco, che lambisce l'abitato di Carbonara, scorrono nel canale collettore, realizzato dopo l'evento alluvionale del 1926, avente lo scopo di convogliare le acque di piena nell'alveo del Torrente Lamasinata.

È stato realizzato un profilo longitudinale dell'asta principale del T. Picone partendo dal punto con quota più alta, in corrispondenza della Mass.a S. Domenico (500 m s.l.m.), fino alla sezione di chiusura coincidente con l'inizio del canale deviatore in prossimità di Carbonara (Fig. 2.3). Il profilo dell'alveo ben evidenzia l'esistenza di tre zone diversamente acclivi. In particolare, la curva mostra un primo tratto, molto acclive, al di sopra dei 425 m di quota; segue un secondo tratto, compreso tra 425 e 325 m a minore pendenza che si raccorda a quello finale, ancora meno acclive, il quale si sviluppa a ridosso dell'abitato di Bari.

Il profilo dell'alveo rispecchia i caratteri morfologici dell'intero bacino che si estende su un altopiano carsico formato da ampi gradoni, allungati parallelamente alla linea di costa, digradanti verso il mare con un lieve declivio che dà origine alla cosiddetta Conca di Bari. La parte meno acclive comprende un settore vasto, rappresentato dalle Murge Basse, che si estende dalla sezione di chiusura sino all'abitato di Cassano; mentre quella più elevata presenta i caratteri morfologici delle Murge Alte, messi in evidenza, dall'esistenza di campi carreggiati, inghiottitoi e doline. Nella zona medio bassa, che costituisce la parte dominante del bacino, alla morfologia carsica si sono sovrapposti gli effetti della trasgressione marina plio-pleistocenica e del sollevamento regionale che hanno portato alla formazione di terrazzi marini posti via via a quote decrescenti.

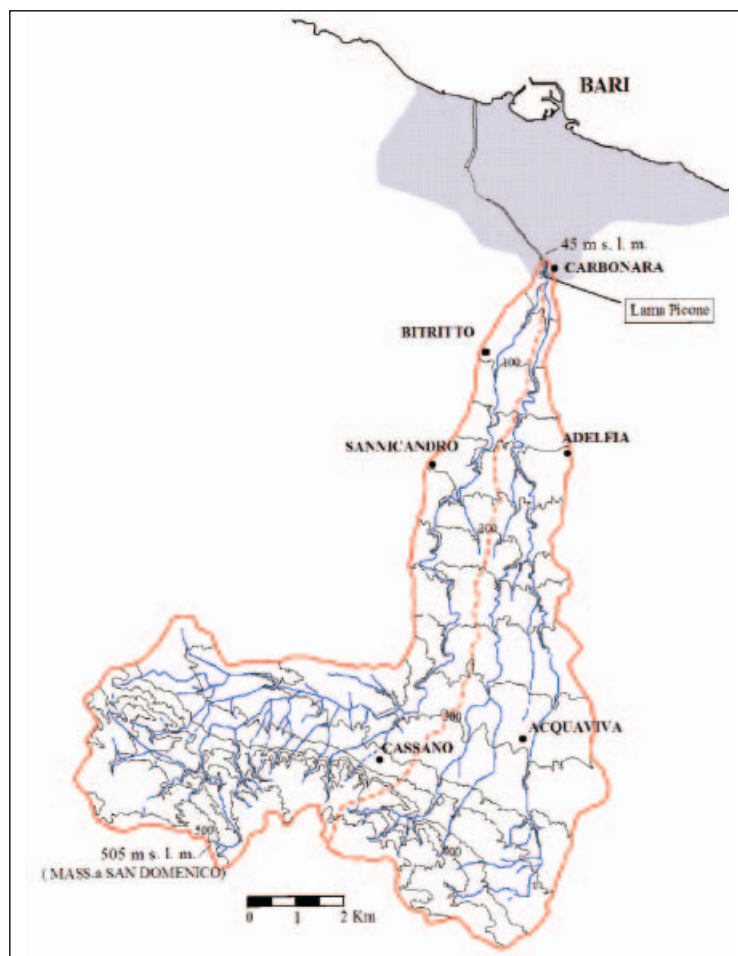


Figura 2.2 - Bacino Idrografico del T. Picone

Altitudine (m) s.l.m.	Area parziale Picone Ai (kmq)	Area parziale Badessa Ai (kmq)	Hmi • Ai Picone	Hmi • Ai Badessa
500-475	5,6	5,6	2730,0	2730,0
475-450	19,6	17,7	9065,0	8186,2
450-425	23,1	14,2	10106,2	6212,5
425-400	16,6	8,7	6847,5	3589,0
400-375	12,5	5,8	4843,7	2247,5
375-350	23,0	12,6	8337,5	4567,5
350-325	24,0	15,3	8100,0	5163,7
325-300	33,4	14,5	10437,5	4531,2
300-275	20,1	5,6	5778,7	1610,0
275-250	17,1	4,5	4488,7	1181,2
250-225	12,2	6,0	2897,5	1425,0
225-200	9,2	6,0	1955,0	1275,0
200-175	9,3	5,2	1743,7	975,0
175-150	10,8	4,9	1755,0	796,0
150-125	6,6	3,0	907,5	412,5
125-100	6,7	3,9	753,7	438,7
100-75	6,9	4,9	603,7	428,7
75-50	2,1	1,0	131,2	62,5
50-45	0,1		4,75	
<b>TOTALE</b>	<b>258,9</b>	<b>139,5</b>	<b>81486,8</b>	<b>45832,2</b>

Tabella 2.1- Ripartizione della superficie del bacino del T. Picone per fasce

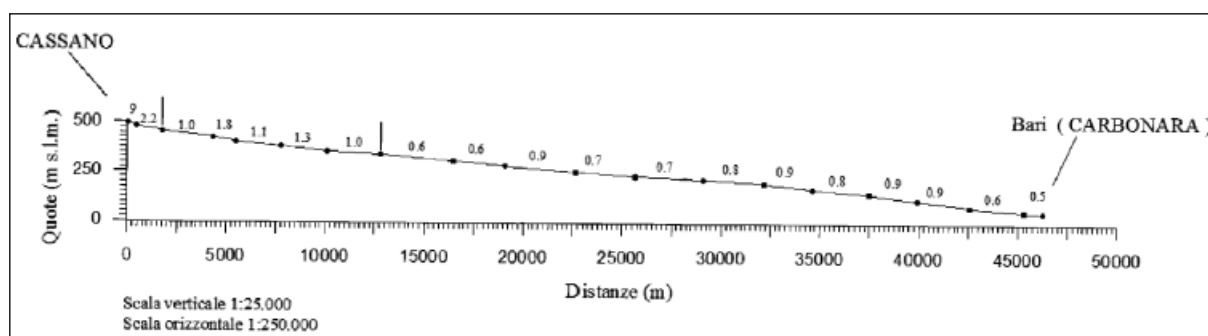


Figura 2.3 - Profilo longitudinale e pendenze in % dell'asta principale del Picone, dalla Mass.a S. Domenico a SO di Cassano sino all'inizio del canale deviatore, a Ovest di Carbonara

Per l'intero bacino del Torrente Picone e del sottobacino Badessa è stata ripartita la superficie per fasce altimetriche e calcolata l'altitudine media (Tab. 2.1) sulla base dell'andamento delle isoipse con equidistanza di 25 m (Fig. 2.2).

Altitudine media del Picone  $H_m = \sum H_{mi} \cdot A_i/A = 314,7 \text{ m}$

Altitudine media del Badessa  $H_m = \sum H_{mi} \cdot A_i/A = 328,5 \text{ m}$

In Tab. 2.2 sono riportate le principali caratteristiche morfometriche del bacino del Torrente Picone.

Area del bacino principale (kmq)	258,9
Area del sottobacino Badessa (kmq)	139,5
Area del sottobacino Baronale (kmq)	119,4
Lunghezza dell'asta del Badessa (km)	44,4
Lunghezza dell'asta del Baronale (km)	33,0
Lunghezza dell'asta principale del Picone (km)	45,8
Quota più alevata (m s.l.m.)	505,0
Quota media del bacino Picone (m s.l.m.)	311,9
Quota media del Badessa (m s.l.m.)	328,5
Quota media del Baronale (m s.l.m.)	314,7
Quota della sezione di chiusura (m s.l.m.)	45,0

Tabella 2.2 – Caratteri morfometrici del bacino del T. Picone sotteso dal canale deviatore

### 3. IL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

In Puglia è attualmente in vigore il PAI che costituisce il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e rappresenta *lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino, finalizzate alla sua difesa, conservazione e valorizzazione*. L'obiettivo principale del PAI consiste nell'individuazione delle aree soggette al dissesto, attraverso l'analisi storica degli eventi critici (frane e alluvioni), per effettuare una prima valutazione del rischio idrogeologico.

Il rischio di inondazione è definito come il valore atteso del danno, in un dato luogo ed in un determinato intervallo di tempo, in conseguenza di un prevedibile evento di inondazione.

L'equazione che esprime il **rischio di inondazione** è:

$$R = Ht \cdot D$$

dove **Ht** è la pericolosità, e cioè la probabilità di avere nel periodo t almeno un evento calamitoso, mentre **D** è il danno.



Il D.Lgs. n. 180/98 “Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania” classifica le aree a rischio di inondazione in:

- aree ad alta probabilità di inondazione (con Tr di 20-50 anni)
- aree a moderata probabilità di inondazione (con Tr di 100-200 anni);
- aree a bassa probabilità di inondazione (con Tr di 300-500 anni );

Il DPCM 29 settembre 1998 “Atto di indirizzo e coordinamento per l’individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all’art. 1, commi 1 e 2 , del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180” definisce quattro classi di rischio:

- **moderato R1**: danni sociali, economici e al patrimonio marginali;
- **medio R2**: danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale non pregiudicanti l’incolumità del personale, l’agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- **elevato R3**: problemi per l’incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici con conseguente inagibilità degli stessi, l’interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- **molto elevato R4**: perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture, distruzione di attività socio economiche.

Per la città di Bari, il PAI aveva classificato parte del centro abitato come area R4, a rischio molto elevato. In Fig. 3.1 è riportata la nuova perimetrazione del PAI.

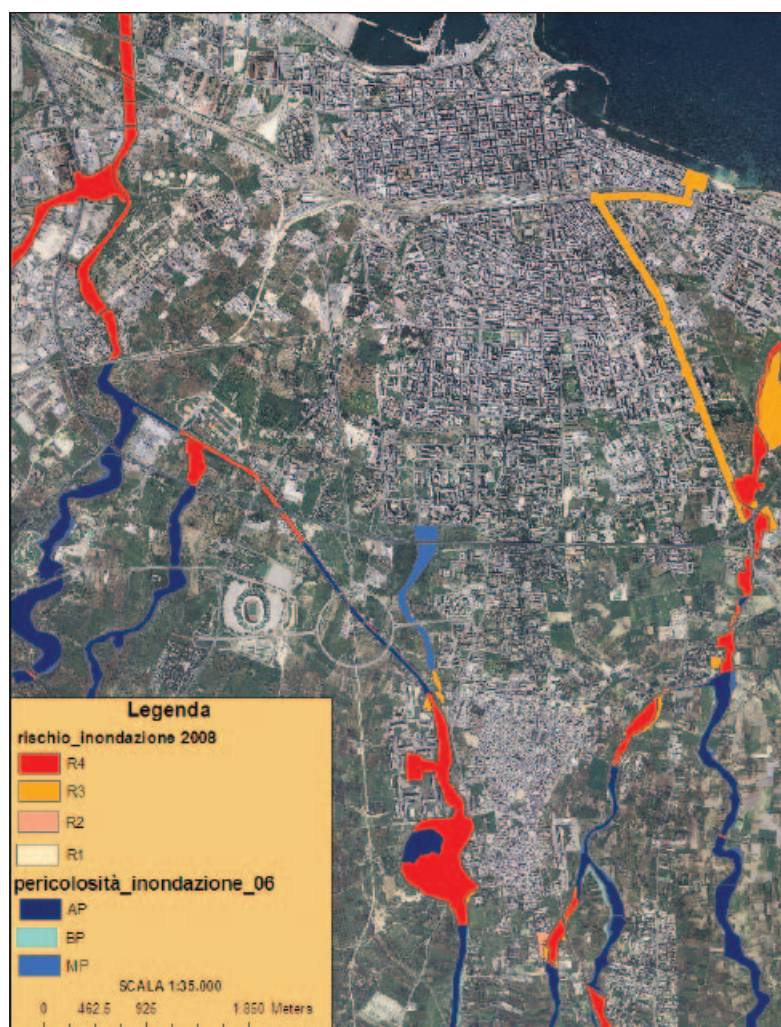


Figura 3.1 - Perimetrazione del PAI del comune di Bari

#### 4. ASPETTI CLIMATICI

La Puglia è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo, con inverni miti e poco piovosi e stagioni estive calde e secche. Nella classificazione di *Koppen*, il clima pugliese è definito marittimo temperato o clima subtropicale ad estate secca (Zito *et al.*, 1989). Nella stagione autunnale, la temperatura del mare, dopo la calda estate, è notevolmente più alta che nella stagione primaverile; ciò comporta una cospicua alimentazione in umidità delle masse d'aria, con conseguente aumento dei fenomeni temporaleschi e delle piogge più in autunno che in primavera.

Le stazioni pluviometriche analizzate sono state quelle di Bari (Uff. Idrografico), Adelfia (Canneto), Casamassima, Grumo Appula, Cassano (Mercadante), Gioia del Colle e Santeramo.

I dati pluviometrici, indicanti le piogge mensili, sono relativi ad una serie storica di massimo 82 anni per la stazione di Gioia del Colle e di minimo 41 anni per la stazione di Casamassima.

Dalla Tab. 4.1, si può osservare che l'andamento delle piogge medie mensili è pressoché analogo per ogni stazione studiata, con valori massimi a Novembre e Dicembre e valori minimi nei mesi di Luglio e Agosto.

STAZIONI	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
ADELFA	69,9	62,6	60,3	46,0	40,0	29,0	19,0	26,0	47,8	69,0	74,7	75,0
BARI	59,8	52,8	48,2	36,8	32,5	23,5	18,7	29,6	49,6	59,5	64,0	62,0
CASAMASSIMA	60,3	60,0	58,0	40,6	39,5	33,0	22,8	23,0	48,0	64,0	65,0	70,0
GRUMO APPULA	63,1	55,3	55,0	42,5	38,0	30,8	19,8	23,6	51,9	59,4	79,4	70,8
CASSANO	67,5	57,7	59,3	46,2	43,5	36,0	22,8	29,4	51,4	63,4	75,7	74,1
GIOIA DEL COLLE	64,4	55,2	58,8	45,1	43,4	35,0	18,8	29,5	46,7	62,3	80,9	70,7
SANTERAMO	73,5	59,7	66,4	46,0	44,0	36,6	22,7	29,7	46,1	64,5	83,9	80,0

Tabella 4.1 - Valore medio mensile calcolato per le stazioni ricadenti nel bacino del T. Picone e in zone limitrofe

STAZIONE	MEDIA ANNUA
ADELFA	622,0
BARI	551,6
CASAMASSIMA	584,1
GRUMO APPULA	589,8
CASSANO	658,5
GIOIA DEL COLLE	610,8
SANTERAMO	653,1

Tabella 4.2 - Media annua delle precipitazioni registrate ai pluviografi ricadenti nel bacino di T. Picone ed in zone limitrofe

Dalla Tab. 4.2 si osserva che la quantità di pioggia media annua varia da un minimo di 551,6 mm per la stazione di Bari ed un massimo di 658,5 mm per la stazione di Cassano.

I cambiamenti climatici, conseguenti all'innalzamento della temperatura terrestre, sembrano essere responsabili dell'aumento di frequenza e intensità degli eventi alluvionali che hanno causato vittime e danni negli ultimi decenni. Questi fenomeni sono caratterizzati da precipitazioni convettive intense, concentrate nel tempo e nello spazio, della durata massima di 6-12 ore. La loro genesi è collegata alla presenza di flussi di aria calda e umida proveniente dalle latitudini tropicali dell'oceano Atlantico che raggiungono il Mediterraneo attraverso corridoi a Est di Gibilterra; l'eventuale arrivo di aria fredda e secca, proveniente da Nord, innesca fenomeni temporaleschi di questo tipo (Gabriele *et al.*, 2006).

## 5. CARATTERI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DELL'AREA

Nel bacino del Torrente Picone affiorano essenzialmente termini litologici della successione carbonatica cretacea delle Murge sui quali poggiano in trasgressione depositi della copertura plio-pleistocenica in lembi più o meno ampi e secondo fasce sviluppate in direzione parallela alla costa; sono, inoltre, presenti depositi alluvionali, di età olocenica, localizzati sul fondo dei principali solchi erosivi. Facendo riferimento alla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Serv. Geol. d'It., 1966) e alla Carta Geologica delle Murge e del Salento in scala 1:250.000 (Ciaranfi *et al.*, 1988), nell'area del bacino del T. Picone si riconoscono le seguenti unità litostratigrafiche (Fig. 5.1):

- Calcari delle Murge (Cretaceo medio-superiore);
- Calcarenite di Gravina (Pliocene medio-Pleistocene inferiore);
- Depositi Marini Terrazzati (Pleistocene medio-superiore);
- Depositi alluvionali (Olocene).

I Calcari delle Murge raggruppano le unità carbonatiche con il nome di Calcare di Bari e di Calcare di Altamura (Valduga, 1965).

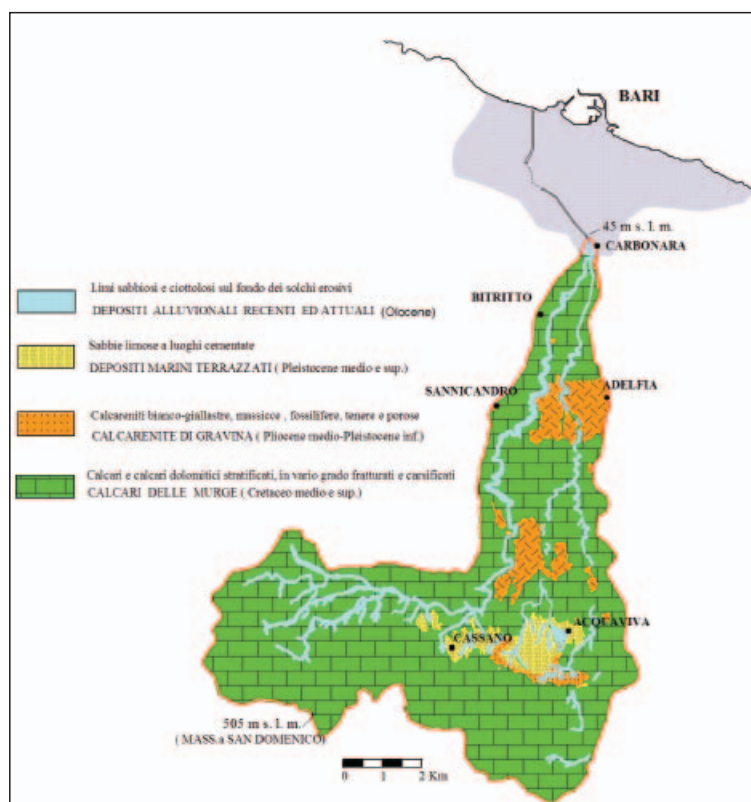


Figura 5.1 - Carta geologica del bacino del T. Picone



Il Calcarea di Bari (Foto 5.1), che di tale serie, ne costituisce la parte inferiore e mediana, rappresenta l'unità litostratigrafica più antica affiorante nell'area oggetto di studio. Esso affiora nella parte centro-settentrionale del bacino del Torrente Picone; le migliori esposizioni si rinvengono in corrispondenza dei fronti di cava o dei solchi erosivi scavati più in profondità dai due rami principali del T. Picone. La suddetta unità è formata da una successione di calcari, in strati o banchi, micritici e granulari, a luoghi dolomitici, di colore biancastro, compatti e tenaci. Sulla base dei dati bibliografici, il Calcarea di Bari è riferibile ad un'età compresa nell'intervallo Valanginiano-Turoniano.

Il Calcarea di Altamura (Foto 5.2) rappresenta la parte superiore della serie cretacea del Gruppo dei Calcari delle Murge. Tale unità, affiorante nella zona meridionale del bacino del T. Picone, è di norma trasgressiva sul Calcarea di Bari; si passa, infatti, al Calcarea di Altamura attraverso una lacuna datata al Turoniano, marcata a scala regionale da una discordanza angolare (Ricchetti, 1975). Si tratta di una successione di calcari granulari e calcari micritici, in strati o banchi, caratterizzati da abbondanti resti di Rudiste con intercalazioni di dolomie e di calcari dolomitici di colore grigio. Esistono, oltre che la presenza di una discontinuità stratigrafica, altre differenze che permettono di distinguere il Calcarea di Altamura dal Calcarea di Bari, come la maggiore frequenza nel primo di livelli macroorganogeni e biostromali, il maggiore spessore degli strati e la presenza di tracce di emersione e di depositi salmastri. Nella zona di Cassano si rinvengono numerosi strati contenenti frammenti di gusci di Rudiste; l'età è riferibile al Turoniano superiore-Maastrichtiano (Azzaroli, 1967). L'ambiente di formazione dei Calcari delle Murge è di piattaforma interna con sedimentazione di mare sottile.

La Calcarenite di Gravina (Foto 5.3) affiora in lembi più o meno estesi, a partire dalla



Foto 5.1 - Calcarea di Bari affiorante lungo la Sannicandro-Adelfia



Foto 5.2 - Calcarea di Altamura affiorante lungo le pareti della trincea ferroviaria nei pressi della strada Bitritto-Cassano



Foto 5.3 - Calcarenite di Gravina

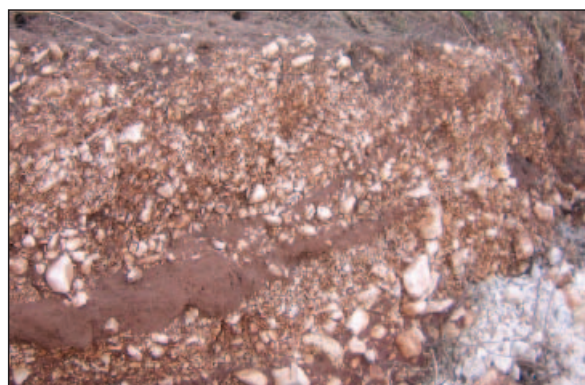


Foto 5.4 - Tracce di vecchie alluvioni

parte mediana del bacino del T. Picone fino alla sezione di chiusura. Gli affioramenti di maggiore estensione si rinvencono tra gli abitati di Adelfia e Sannicandro e in corrispondenza dell'incrocio tra le Strade Provinciali Sannicandro-Acquaviva e Adelfia-Casano. Si tratta di calcareniti aventi uno spessore massimo affiorante di 10 m, di colore bianco-giallastro, a grana grossolana, prive di stratificazione e con numerose tracce di bioturbazioni e resti fossili. In alcune località si rinvencono livelli a macrofossili quali Pectinidi, in frammenti o valve disarticolate, ed Echinidi; i microfossili sono costituiti da foraminiferi bentonici. La Calcarenite di Gravina è riferibile al Pliocene superiore- Pleistocene inferiore (Ciaranfi *et al.*, 1988).

I Depositi Marini Terrazzati affiorano, più estesamente intorno ai 300 m di quota, al piede della scarpata che delimita le Murge Basse da quelle Alte. Le migliori esposizioni si rinvencono in corrispondenza degli abitati di Cassano e di Acquaviva. I Depositi Marini Terrazzati poggiano in trasgressione sui Calcari delle Murge e sulla Calcarenite di Gravina. La successione stratigrafica è caratterizzata da un substrato calcareo-dolomitico carsificato, su cui poggiano depositi sabbiosi con alla base un livello di limi verdastrici di esiguo spessore. Le sabbie, macrofossilifere e a grana fine, presentano un grado di addensamento e cementazione estremamente variabile; si riconoscono livelli decimetrici di sabbie quarzose pulite, incoerenti, alternati a livelli molto cementati. Interposto tra il substrato mesozoico e i sovrastanti depositi quaternari si rinviene un livello discontinuo e di spessore variabile (pochi metri) di depositi residuali («terre rosse»); lo spessore massimo dei depositi quaternari è di circa 20 m (Maggiore *et al.*, 1995). I Depositi Marini Terrazzati sono riferibili al Pleistocene medio e superiore e il loro ambiente di sedimentazione doveva essere quello litorale-neritico collegato a fasi eustatico-tettoniche.

I Depositi Alluvionali possono essere seguiti per lunghi tratti sul fondo e sui fianchi delle lame Baronale e Badessa. Trattasi di depositi olocenici costituiti da ciottoli prevalentemente calcarei e clasti spigolosi provenienti dalla degradazione e dal dilavamento dei calcari ad opera delle acque meteoriche che li trasportano e li depositano durante gli eventi alluvionali (foto 5.5).

La falda si rinviene a profondità via via maggiori procedendo dalla linea di costa verso le aree più interne e poggia sull'acqua marina di invasione continentale; la falda carsica circola di norma in pressione, al di sotto della quota corrispondente al livello del mare, ed è frazionata in più livelli da sequenze di strati calcarei più compatti (Maggiore e Pagliarulo, 2004).

In Fig. 5.2 è riportata una sezione idrogeologica dell'asta principale del T. Picone che mostra uno schema della circolazione idrica sotterranea. Sulla base dei caratteri di

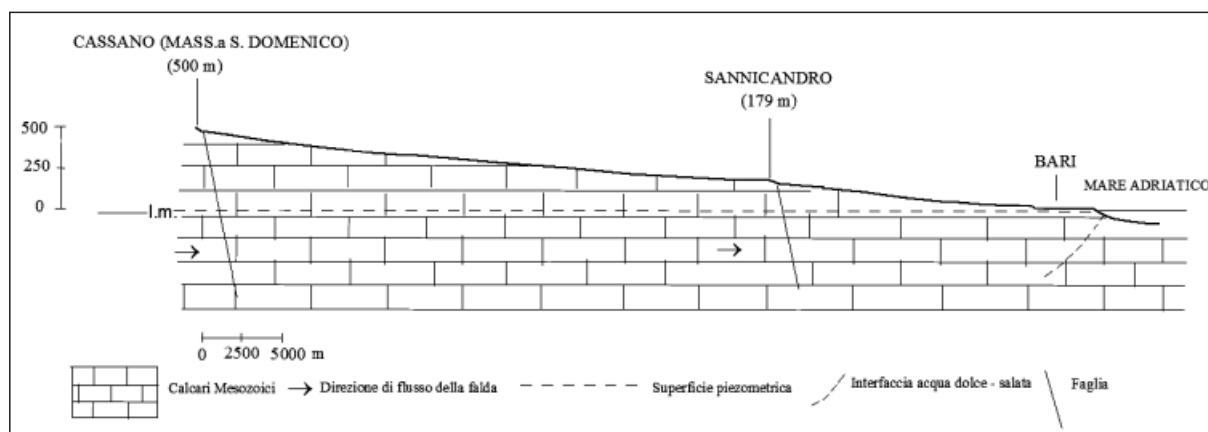


Figura 5.2 - Sezione idrogeologica lungo l'asta principale del T. Picone

permeabilità, le unità affioranti nell'area d'indagine possono classificarsi in:

- Rocce permeabili per fratturazione e carsismo;
- Rocce permeabili per porosità interstiziale e fessurazione;
- Rocce permeabili per porosità interstiziale.

## 6. USO DEL SUOLO

La realizzazione della carta dell'uso del suolo (Fig. 6.1), che mostra la distribuzione delle colture nel bacino del Torrente Picone, è stata realizzata tramite la sovrapposizione di ortofoto a colori su carta topografica in scala 1:50.000; inoltre è stata consultata la "Carta dell'uso del suolo", in scala 1:250.000, sul sito dell'Ufficio Cartografico della Regione Puglia.

Riferendoci alle indicazioni di Frevert *et al.* (1955) per la stima del coefficiente di deflusso istantaneo  $k_i$ , si è scelto di considerare le seguenti categorie di suolo: bosco, pascolo e suolo coltivato distinto in vigneti e colture arboree.

Come si rileva dalla carta, la maggiorparte del territorio all'interno del bacino è costituita da aree coltivate: 50% uliveti e frutteti, 28% vigneti; mentre si è stimato il 10% di pascolo (= incolto), l'8% di zone boscate e il 4% di aree urbane. Si può osservare come le zone boscate siano limitate alla parte di territorio che si estende ad Ovest dell'abitato di Cassano, occupata da un'ampia fascia boscata nota come "Foresta Mercadante", realizzata esclusivamente con conifere per la conservazione del suolo e per la regimazione dei deflussi di piena. Essa rappresenta un intervento di rimboschimento iniziato dal Genio Civile di Bari nel 1928-1929, proseguito dall'Amministrazione forestale e, dopo il 1945, dal Ministero dell'Agricoltura e delle foreste. Dalla carta si può notare che le zone di pascolo, e quindi di suolo incolto, sono localizzate nella parte più alta del bacino che presenta i caratteri tipici delle Murge Alte. Queste, come accennato, non essendo state interessate dall'ingressione marina, sono caratterizzate da suoli pietrosi e di spessore

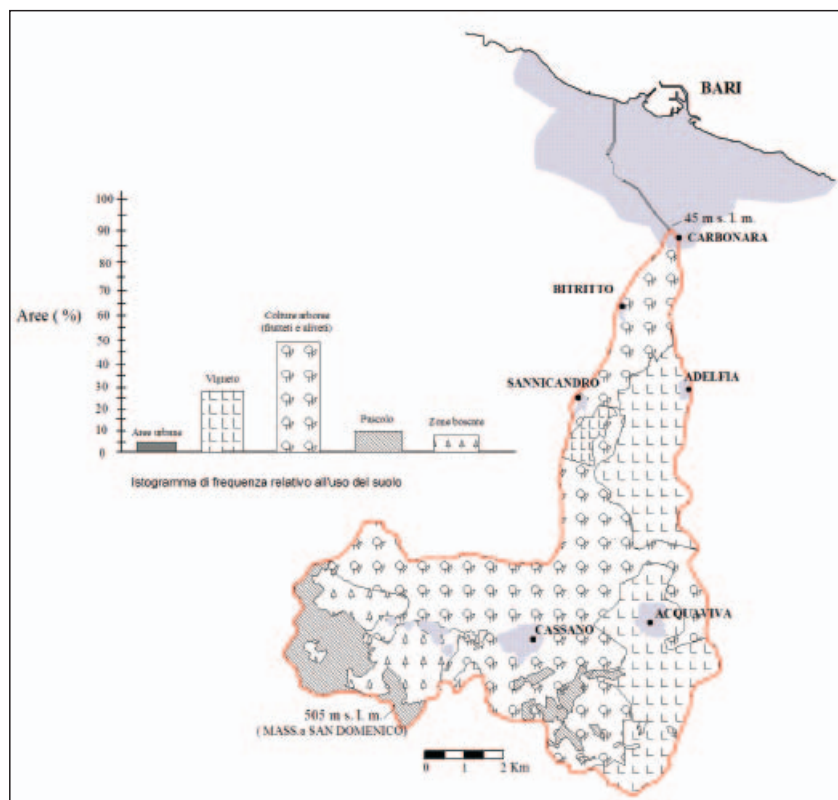


Figura 6.1 - Carta dell'uso del suolo relativa all'area



esiguo, detti litosuoli che sono il risultato della pedogenesi di prodotti residuali della dissoluzione dei calcari cretacei.

Il resto dell'area d'indagine corrispondente alle Murge Basse è caratterizzata da suoli con maggiore spessore, formati da più orizzonti, che si sono sviluppati sia sui calcari cretacei che sulle unità più recenti.

Negli ultimi vent'anni sull'area delle Murge Alte è stato applicato il cosiddetto "miglioramento fondiario" (Giglio *et al.*, 1996) consistente nelle tecniche di spietramento e frantumazione del substrato calcareo, pratica che ha trasformato in terreni agricoli gran parte delle aree destinate al pascolo (Moretti *et al.*, 2004) (Foto 6.1a e 6.1b).

La carta dell'uso del suolo, insieme ad altri fattori quali la pendenza e le caratteristiche di permeabilità dei terreni affioranti, è stata utile per la stima del valore del coefficiente di deflusso istantaneo  $K_i$ , necessario per calcolare la portata di massima piena di cui si tratterà nel capitolo successivo.



Foto 6.1 (a) - Campo carsico dopo la frangitura



Foto 6.1 (b) - Campo carsico scarificato

## 7. ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI BREVI ED INTENSE E CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

Il problema del calcolo della portata di massima piena può essere risolto in modo diretto, cioè elaborando le misure di portata disponibili per il bacino in oggetto di studio, oppure in maniera indiretta facendo ricorso a formule empiriche o analitiche.

Nel caso del T. Picone, trattandosi di un solco erosivo asciutto per gran parte dell'anno, e quindi non disponendo di dati di portata, è stato necessario ricorrere al metodo indiretto della *corrivazione* (Maione, 1977), basato sull'analisi delle piogge più intense cadute nel bacino in esame per un considerevole arco di tempo (20-30 anni). Il metodo della corrivazione o modello cinematico si basa sull'ipotesi che, in occasione di precipitazioni intense, l'evapotraspirazione può essere trascurata, per cui la formazione della piena è dovuta unicamente al fenomeno di deflusso delle acque.

La portata di massima piena,  $Q_{max}$ , si verifica in occasione di eventi di pioggia critica, ossia per quegli eventi di massima pioggia la cui durata è uguale al tempo di corrivazione,  $t_c$ . Esso rappresenta il tempo impiegato da una particella di acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino dal punto idraulicamente più distante. Da esso è possibile calcolare il volume dei deflussi con la seguente formula:

Esprimendo la portata di massima piena nel seguente modo:

$$Q_{max} = 0,277(K_i \cdot hc \cdot S) / t_c \quad \text{(Formula di Turazza)}$$

- **Q<sub>max</sub>** = portata di massima piena in m<sup>3</sup>/s;
- **h<sub>c</sub>** = altezza di pioggia critica in mm;
- **S** = superficie del bacino sotteso dalla sezione di chiusura in m<sup>2</sup>.

Il tempo di corrivazione è stato calcolato con la formula empirica di Giandotti, considerando come sezione di chiusura del bacino la sezione del canale deviatore all'inizio del suo tracciato, situato subito a valle della confluenza del T. Badessa e del T. Baronale:

$$t_c = (4 \cdot \sqrt{S} + 1,5 \cdot L) / 0,8 \cdot \sqrt{H}$$

- **t<sub>c</sub>** = tempo di corrivazione espresso in ore;
- **S** l'area del bacino espresso in km<sup>2</sup>;
- **L** è la lunghezza dell'asta principale del bacino ed è espressa in km;
- **H** è l'altitudine media del bacino rispetto alla sezione di chiusura, espressa in m s.l.m.

Per la particolare configurazione del bacino del T. Picone, che si biforca in due rami principali a monte del canale deviatore, appare verosimile considerare come tempo di corrivazione del T. Picone, il tempo di corrivazione del ramo Badessa, che risulta avere un percorso idraulico più lungo di quello del ramo Baronale. Facendo riferimento ai dati morfometrici di Tab. 2.2, risulta che il tempo di corrivazione, secondo Giandotti, è pari a 8,5 ore.

La valutazione del coefficiente di deflusso istantaneo *k<sub>i</sub>*, altro parametro utile per il calcolo della portata, è stata effettuata sulla base delle indicazioni riportate in Tab. 7.1.

Tenendo conto di quanto già descritto e rappresentato nel capitolo sull'uso del suolo, si può affermare che, per la parte di territorio occupato da terreno coltivato, che costituisce circa il 78% dell'intera area, con pendenza inferiore al 5% e con rocce affioranti da mediamente a poco permeabili, il *k<sub>i</sub>* si può assumere pari a 0,5. Per la parte occupata da bosco rado e pascolo, che costituisce il 18%, a pendenza più accentuata (5-10%) e con rocce da mediamente a molto permeabili, il *k<sub>i</sub>* si può assumere pari a 0,35; per le aree urbane è pari a 0,8.

Manto vegetale	Morfologia dell'asta principale	Pendenza dell'asta principale	Terreni da molto a mediamente permeabili	Terreni da mediamente a poco permeabili	Terreni impermeabili
<b>BOSCO</b>	Pianeggiante	0 - 5	0,10	0,30	0,40
	Ondulato	5 - 10	0,25	0,35	0,50
	Montuoso	10 - 30	0,30	0,50	0,60
<b>PASCOLO</b>	Pianeggiante	0 - 5	0,10	0,30	0,40
	Ondulato	5 - 10	0,16	0,36	0,55
	Montuoso	10 - 30	0,22	0,42	0,60
<b>COLTIVATO</b>	Pianeggiante	0 - 5	0,30	0,50	0,60
	Ondulato	5 - 10	0,40	0,60	0,70
	Montuoso	10 - 30	0,52	0,72	0,82

Tabella 7.1 – Valori del coefficiente di deflusso istantaneo in funzione dei caratteri morfometrici dell'asta principale, della permeabilità delle rocce affioranti e dell'uso del suolo (da Frevert *et al.*, 1955)

In base alla media di tali valori, tenendo conto dell'influenza di ciascuna parte, il coefficiente di deflusso istantaneo relativo all'intero bacino può assumersi pari a 0,55.

L'altezza di pioggia critica, *h<sub>c</sub>*, è stata calcolata con il metodo di Gumbel che prevede l'elaborazione statistica dei dati delle piogge brevi ed intense della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore, registrate per almeno un ventennio.



Per il calcolo si è fatto riferimento alle stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico ricadenti nel bacino del T. Picone e nelle immediate vicinanze. Le stazioni pluviometriche prese in considerazione sono quella di Adelfia, Bari Idrografico, Casamassima, Cassano Murge, Gioia del Colle, Grumo Appula e Santeramo; l'ubicazione di tali stazioni è riportata nella carta dei topoieti utilizzata per la determinazione delle superfici di influenza di ogni stazione (Fig. 7.1).

La pioggia da considerare per il calcolo della portata di massima piena è quella più intensa, e cioè il 1° caso critico, della durata pari al tempo di corrivazione. In Tab. 7.2 sono riportati i casi critici delle varie stazioni.

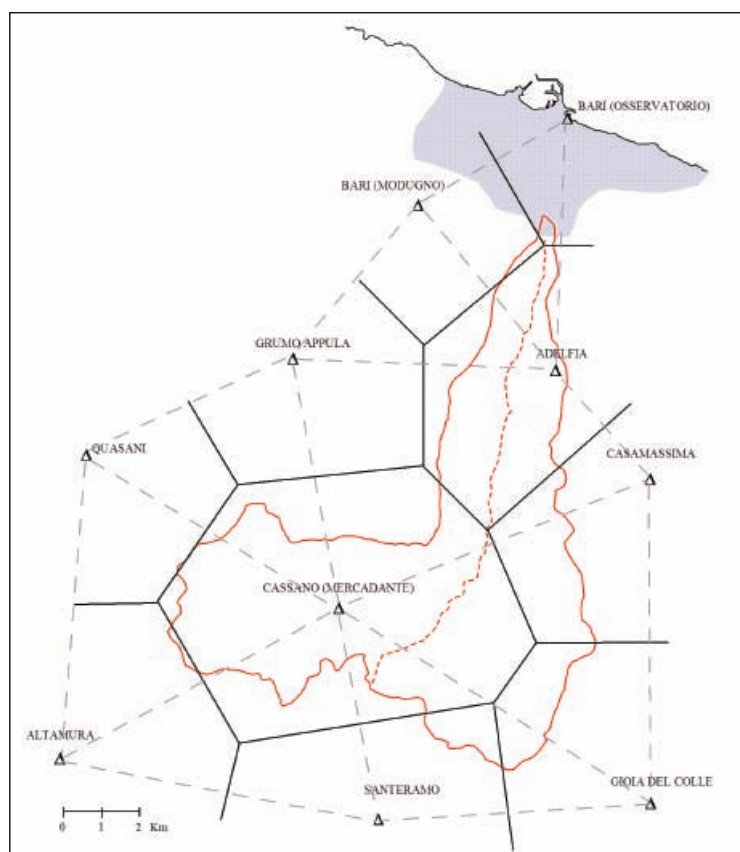


Figura 7.1 - Carta dei topoieti

<b>STAZIONI</b>	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
Adelfia	64,0	80,0	81,0	84,0	95,0
Bari	76,4	105,2	111,4	123,2	137,6
Casamassima	58,8	89,0	91,0	95,4	105,2
Cassano Murge	55,6	80,2	80,8	89,2	100,0
Gioia del Colle	78,0	89,8	120,0	133,6	123,4
Santeramo	63,4	89,2	90,4	90,4	97,4

Tabella 7.2 – 1° caso critico relativo alle varie stazioni

Sono state costruite le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica utilizzando i dati di pioggia del 1° caso critico, relative ai dati delle piogge di breve durata e di massima intensità registrate, anno per anno, dal 1961 al 2000 alle suddette stazioni.

Le curve di possibilità pluviometrica sono relazioni del tipo:  $h = a t^n$  dove  $h$  è l'altezza di pioggia in mm e  $t$  è la sua durata in ore. Il coefficiente "a" e l'esponente "n" sono stati determinati mediante l'analisi statistica di Gumbel.

STAZIONE	EQUAZIONE DELLA CURVA $Tr = 100$ anni	ALTEZZA DI PIOGGIA CRITICA $hc$ (mm)
BARI IDROGRAFICO	$h = 84,15 t^{0,13}$	110,85
ADELFA	$h = 61,20 t^{0,21}$	95,52
CASAMASSIMA	$h = 63,63 t^{0,21}$	99,42
CASSANO	$h = 79,94 t^{0,18}$	117,35
GIOIA DEL COLLE	$h = 88,60 t^{0,16}$	124,26
SANTERAMO	$h = 83,20 t^{0,11}$	105,15

Tabella 7.3 – Altezze di pioggia critica ( $hc$ ) calcolate dalle equazioni delle curve di possibilità pluviometrica per un tempo di corrvazione pari a 8,5 ore e assumendo come tempo di anni ritorno  $Tr = 100$

PLUVIOMETRO	Ai	Ai/A	hc-iesimo	hc-iesimo	hc-iesimo	hc-iesimo
	Picone	Picone	Tr =10 anni	Tr= 30 anni	Tr=50 anni	Tr=100 anni
	(kmq)	(kmq)	Picone	Picone	Picone	Picone
BARI IDROGRAFICO	1,01	0,003	0,21	0,27	3,30	0,33
ADELFA	60,48	0,23	14,91	18,37	19,68	21,96
CASAMASSIMA	27,55	0,10	6,75	8,31	9,09	9,94
CASSANO	140,95	0,54	42,96	52,40	56,77	63,36
GIOIA DEL COLLE	18,07	0,06	5,05	6,29	6,82	7,45
SANTERAMO	7,70	0,03	2,09	2,61	2,88	3,15
ALTEZZA $hc$ RAGGUAGLIATA			71,97	88,25	98,54	106,19

Tabella 7.4 - Dati utilizzati per il calcolo dell'altezza di pioggia critica ragguagliata

Tempo di ritorno (anni)	Altezza di pioggia critica ragguagliata ( $hc$ ) (mm)	Portata di massima piena ( $Q_{max}$ ) del T. Picone (mc/sec)
10	71,9	334,0
30	88,2	409,5
50	98,5	457,3
100	106,2	492,8

Tabella 7.5 - Portate di massima piena per i diversi tempi di ritorno

Sono stati calcolati i valori di altezza di pioggia critica  $hc$  corrispondenti ad un tempo di ritorno di 10, 30, 50 e 100 anni. In Tab. 7.3 sono riportati i valori dell' altezza di pioggia critica calcolate dalle equazioni delle curve di possibilità pluviometrica per un tempo di corrvazione pari a 8,5 ore e assumendo come tempo di ritorno  $Tr = 100$  anni.

Il calcolo dell'altezza critica ragguagliata (Tab. 7.4) è stato eseguito mediante la media pesata delle altezze di pioggia critica registrate nelle stazioni ricadenti nel bacino o ad esso limitrofe:  $hc$  (ragguagliata) =  $\sum ai$  ( $hc$ )<sub>i</sub> dove  $ai$  è il rapporto tra l'area parziale,  $A_i$ , della porzione di poligono di influenza ricadente nel bacino e l'area totale,  $A$ , del bacino.

E' possibile calcolare, con la formula di Turazza, la portata di massima piena del T. Picone per i diversi tempi di ritorno (Tab. 7.5).

Il valore della portata massima del T. Picone, calcolato per un tempo di ritorno di 100 anni, pari a 492,8 m<sup>3</sup>/s, può ritenersi concordante con la portata massima prevedibile calcolata dall'Alfieri (1927), pari a 570,0 m<sup>3</sup>/s, tenuto conto che l'Alfieri ha considerato il contributo al deflusso fornito dal bacino carsico chiuso di Monte Chiancaro, per un'area complessiva di 285 km<sup>2</sup>.

## 8. VERIFICA DELLA CAPACITÀ DI SMALTIMENTO DELL'ONDA DI PIENA DA PARTE DEL CANALE DEVIATORE

Il canale deviatore è caratterizzato da sponde in conci di pietra, non ovunque in buone condizioni a causa della mancanza di adeguati interventi di manutenzione. Il

fondo è costituito da roccia coperta da pietrame, detriti e in diversi punti da campi coltivati. Questi fattori sono importanti al fine di valutare il coefficiente di scabrezza del canale  $\chi$ , utilizzando la formula di Strickler, come si vedrà in seguito. Nel caso di canali artificiali, caratterizzati da una sezione geometrica trasversale di forma regolare che si mantiene inalterata per lunghi tratti, il movimento della corrente può essere trattato come uniforme.

La velocità dell'acqua, per moto uniforme nei canali, può essere calcolata con la formula di Chezy, che esprime la legge di resistenza:  $v = \chi \sqrt{r \cdot i}$

$\chi$  = coefficiente di scabrezza,  $r$  = raggio idraulico,  $i$  = pendenza del canale

Il raggio idraulico è dato dal rapporto tra l'area della sezione liquida e la lunghezza  $C$  del perimetro bagnato della sezione:  $r = A/C$ ; il coefficiente di scabrezza è:  $\chi = k \cdot r^{1/6}$ , dove  $k$  è un coefficiente che caratterizza la scabrezza delle pareti e del fondo ed è stato assunto pari a 60. Il calcolo della portata sarà:  $Q = A \cdot v$  dove:  $Q$  = portata,  $A$  = area della sezione liquida,  $v$  = velocità dell'acqua.

La prima sezione del canale deviatore scelta per la verifica idraulica è quella all'al-



Foto 8.1 – Sezione 1 considerata per la verifica idraulica



Foto 8.2 – Sezione 2 per la verifica idraulica nei pressi del ponte Carbonara - Modugno

tezza dell'ospedale Di Venere avente larghezza di 34,8 m, altezza di 3,3 m (Foto 8.1).

Pertanto:

$$A = 114,0 \text{ m}^2$$

$$C = 76,2 \text{ m}$$

$$r = 1,49$$

$$\chi = 63,9$$

$$i = 0,003$$

$$v = 4,3 \text{ m/s}$$

$$Q = 487,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pertanto:

$$A = 171,0 \text{ m}^2$$

$$C = 85,0 \text{ m}$$

$$r = 2,0 \text{ m}$$

$$\chi = 67,1$$

$$i = 0,003$$

$$v = 5,2 \text{ m/s}$$

$$Q = 889,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando i valori della portata di massima piena calcolati per diversi tempi di ritorno (Tab. 7.5), possiamo affermare che in questa sezione è verificata la capacità di smaltimento solo per tempi di ritorno inferiori a 100 anni.

La seconda sezione di verifica idraulica è corrispondente all'attraversamento stradale sito lungo la Strada Provinciale Carbonara-Modugno avente larghezza  $L = 38,0 \text{ m}$  e altezza  $H = 4,5 \text{ m}$  (Foto 8.2). In questa sezione è verificata la capacità di smaltimento anche per eventi alluvionali con tempi di ritorno di 100 anni.

## 9. EVENTI ALLUVIONALI DEL PASSATO E LORO EFFETTI SUL TERRITORIO

Il Picone ha causato problemi già agli inizi del '500, quando l'area di Marisabella, settore della foce del T. Picone, era già soggetta ad episodi di allagamenti come quello verificatosi a metà del '500. Le piene più disastrose con danni e vittime sono avvenute nel Marzo 1905, nel Settembre 1915, nel Novembre 1926 (Fig. 9.1) e recentemente nell'Ottobre 2005. Altri episodi ben più remoti si sono verificati, nel Settembre 1827, nell'Agosto 1833 e 1881 (Alfieri, 1927), ma senza vittime perché la lama percorreva aree non urbanizzate e sfociava in mare senza incontrare ostacoli. Con l'espansione edilizia, il letto del Picone è stato ampiamente occupato accentuando così il rischio di alluvione nella città di Bari.

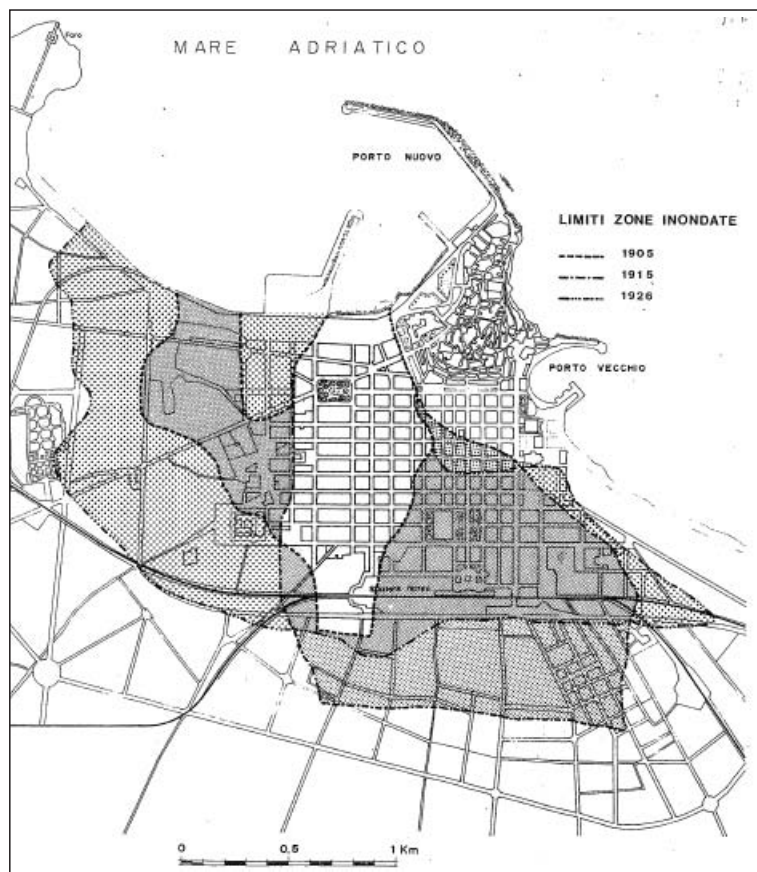


Figura 9.1 - Planimetria della città di Bari con rappresentazione delle aree inondate nel 1905, 1915 e 1926 (da Puglisi *et al.*, 1991)

Dell'evento alluvionale verificatosi il 3 Marzo del 1905 vi sono ampie testimonianze; si fa riferimento a quelle riportate nella Gazzetta del Mezzogiorno del 1905, in base alle quali risulta che in 24 ore caddero 118 mm di acqua di cui 56 mm dalle 4 alle 8 e 62 mm dalle 9 alle 13 (Alfieri, 1927). I danni causati da tale evento furono innumerevoli:

- crollo di numerose case e distruzione di ettari di terre coltivate;
- rottura dell'argine in muratura di via Bitritto;
- deterioramento della stazione dell'Adriatica e della stazione del tramvia Bari-Barletta;

Dopo l'alluvione del 1905, il Genio Civile avviò i lavori per la deviazione del Picone nella Lamasinata. Fu previsto uno sbarramento sul Picone all'altezza di Carbonara e lo scavo di un canale di gronda, parallelo alla ferrovia, dimensionato per una portata di 160 m<sup>3</sup>/s (Puglisi *et al.*, 1991).

Il 3 Settembre 1915, quando strariparono contemporaneamente il Picone e il Valenzano con una notevole portata liquida e solida, tali opere non erano ancora funzionanti



e il canale di gronda risultò inefficace. Tra i numerosi danni prodotti dall'alluvione c'è stata la distruzione del canale provvisorio, costruito lungo la ferrovia dopo l'evento del 1905, che si colmò di detriti portati dalla piena. Sono stati adottati, anche dopo questa alluvione, dei provvedimenti atti a eliminare l'eventualità di altre simili circostanze o almeno per attenuarne gli effetti. Fu ultimato lo sbarramento dell'alveo del Picone con una traversa a ovest di Carbonara avente il compito di far defluire le acque in un canale di deviazione per dirigerle nel torrente Lamasinata; il tratto terminale del vecchio alveo del Picone fu trasformato in un'arteria cittadina, l'attuale via Manzoni. Dopo tale costruzione si è pensato di aver risolto il problema di tale disagio idraulico.

Nei giorni 4 e 5 Novembre 1926 una pioggia generale investì tutta la Puglia ed assunse una eccezionale gravità nella zona barese. L'onda di piena sopraggiunse allagando tutta la parte occidentale della città per esaurirsi verso le 15.00 del 6 Novembre, dopo aver depositato, specialmente nelle cantine e nei piani terreni, un'enorme quantità di fango (Baldassarre *et al.*, 1987). L'evento alluvionale del 1926 fu eccezionale non solo come quantità, ma anche come intensità in quanto dei 103 mm di pioggia caduti nelle 24 ore, 96 mm caddero in sole tre ore.

Il volume di afflusso meteorico che ha determinato la piena del ramo sinistro del Picone è stato di 15,408 milioni di mc (Alfieri, 1927). L'Alfieri ha stimato una portata di massima piena di 350 m<sup>3</sup>/s del T. Picone di cui 310 m<sup>3</sup>/s del ramo Badessa (Alfieri, 1927). La portata del ramo Baronale è stata trascurata a causa del suo minimo contributo a quella complessiva del Picone. A seguito della distruzione della traversa di Carbonara, causata dalla tracimazione, l'acqua, riprendendo il vecchio alveo, ha provocato il crollo di molte abitazioni e vittime tra cui 19 morti e 50 feriti, sono stati distrutti ettari di terreno coltivato, pali delle linee elettriche e tratti dell'acquedotto. In seguito a questo episodio, su proposta del Ministro dei Lavori Pubblici, fu emanato il Regio Decreto dell'8 Dicembre 1927, che classificava di terza categoria i corsi d'acqua che attraversano la città di Bari e ne consentiva la sistemazione. I provvedimenti presi per il T. Picone furono i seguenti: la ricostruzione della traversa del Picone a Carbonara, l'allargamento della sezione del canalone, subito ad ovest di Carbonara, che sbocca nel Lamasinata, la rettifica e la canalizzazione del tratto inferiore della Lamasinata, l'allargamento del suddetto tratto, la realizzazione di opere idraulico-forestali nel bacino Badessa tra cui la Foresta di Mercadante a NO di Cassano e le cinque traverse poste ad una distanza di 150 e 250 m, delle quali quella più a monte dista circa 50 m dalla confluenza della Badessa col Baronale.

## **10. EVENTO ALLUVIONALE DEL 22-23 OTTOBRE 2005**

Nella notte tra il 22 e il 23 Ottobre 2005, un violento nubifragio ha colpito alcune zone della Provincia di Bari interessando principalmente i comuni di Gioia del Colle, Santeramo, Cassano, Altamura, Casamassima, Adelfia, Sannicandro, Bitritto, Grumo Appula e Bari. L'allarme è scattato nel comune di Cassano Murge alle ore 23,00, quando sono arrivate le prime richieste di soccorso, mentre a Bari solo alle prime luci dell'alba del 23, con l'arrivo dell'onda di piena. Il succedersi degli eventi è stato ricostruito sulla base degli articoli riportati sui quotidiani dei giorni 23, 24 e 25 Ottobre 2005 e, in particolare, dall'analisi dei dati di pioggia registrati nelle stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico; dalla loro analisi si evince che la perturbazione si è spostata nel tempo da Gioia del Colle verso Santeramo e Cassano, intensificandosi, e poi si è diretta verso Casamassima, Adelfia e Bari (Fig. 10.1).

Si è trattato di una perturbazione di tipo convettivo diretta da SO a NE, come evi-



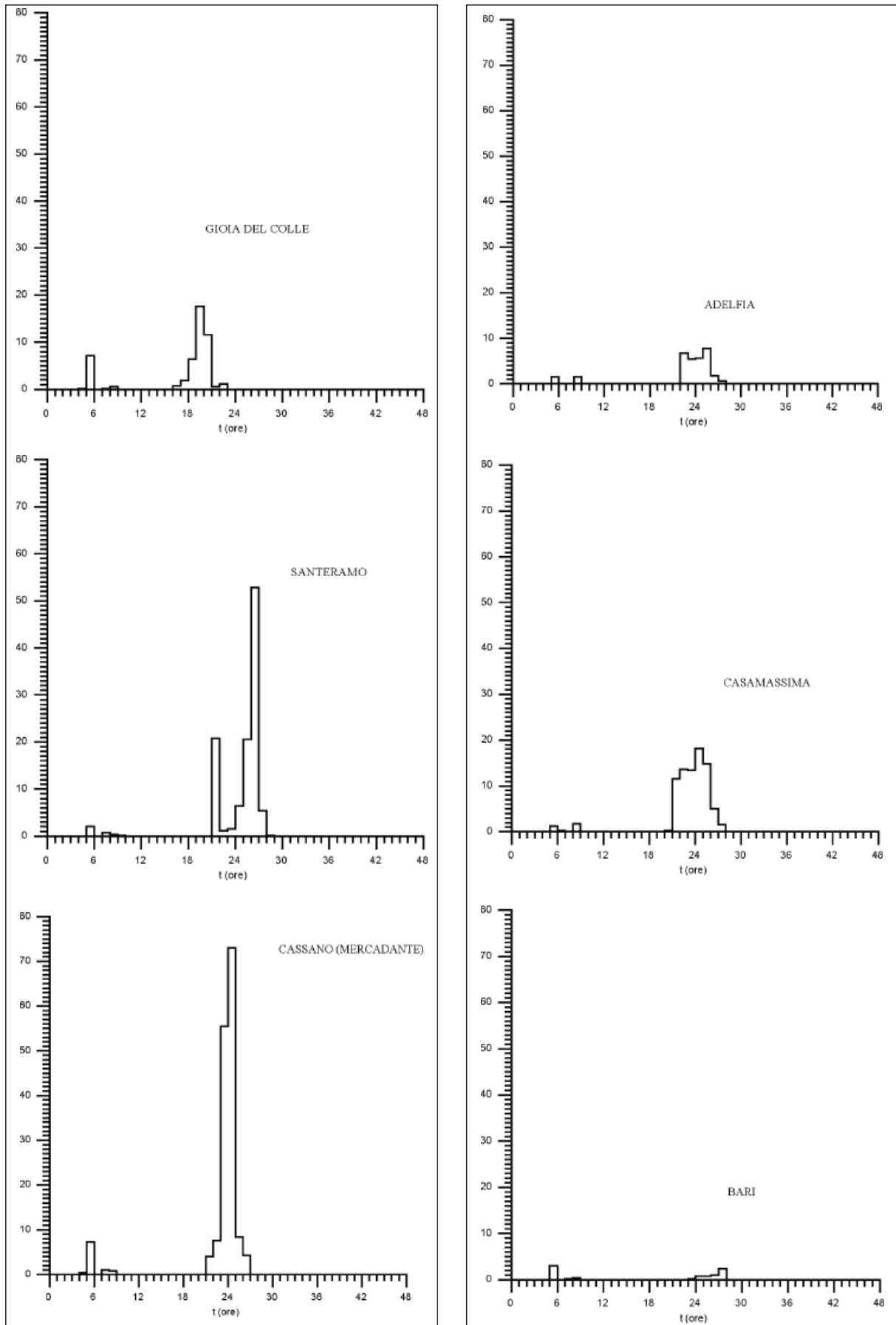


Figura 10.1 - Andamento delle precipitazioni, relative all'evento piovoso del 22-23 Ottobre 2005, registrate dai pluviografi di Gioia del Colle, Santeramo, Cassano, Casamassima, Adelfia e Bari a partire dalla mezzanotte del 22 Ottobre che nei grafico coincide con lo zero

denziato dalla sequenza delle immagini satellitari prese dal sito internet [www.fenomenitemporaleschi.it](http://www.fenomenitemporaleschi.it) (Fig.10.2) e dalla carta delle isoiete, dove è possibile osservare come la perturbazione si sia concentrata su un'area di poche decine di kmq con un massimo di intensità in corrispondenza della parte centrale della cella temporalesca.

Dall'osservazione delle altezze dell'evento piovoso, registrate per una durata di 1, 3, 6, 12, e 24 ore nelle diverse stazioni (Tab. 10.1), e della carta delle isoiete (Fig. 10.3), realizzata sulla base dei dati riportati in Tab. 10.1, si può notare che le precipitazioni si sono concentrate maggiormente nella zona di Cassano Murge, dove nelle giornate del 22 e del 23 sono caduti 162 mm di pioggia, mentre a Bari solo 8,4 mm.

Dalla carta delle isoiete si può notare come il bacino del Picone non sia stato interamente coinvolto dall'evento meteorico, ma solo la sua sinistra idraulica, e cioè il ramo Badessa, considerato il più pericoloso perché in più circostanze, come nel 1926, è stato protagonista di eventi di questa intensità (Alfieri, 1927).

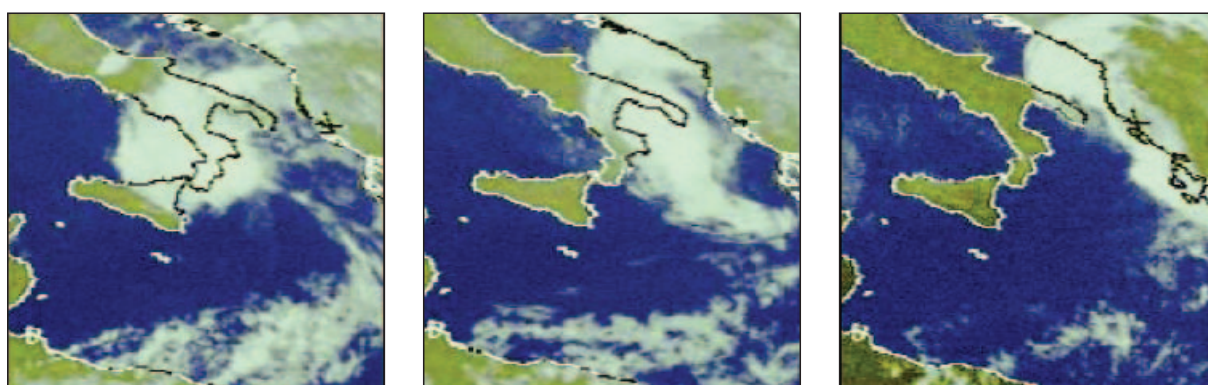


Figura 10.2 - Rappresentazione del sistema nuvoloso che ha interessato la regione Puglia nei giorni 22 e 23 Ottobre '05. Le immagini in sequenza, rilevate mediante osservazione multisensore, mostrano lo spostamento della perturbazione da SO a NE

<b>Precipitazioni di massima intensità dell'evento alluvionale del 22-23 Ottobre 2005</b>					
	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
Bari (Idrografico)	3	4	4,6	4,6	8,4
Adelfia	9,4	23,6	27,6	28	31,2
Casamassima	18	50,6	76,6	78,4	81,6
Cassano(Mercadante)	<b>80</b>	<b>137,4</b>	<b>152,6</b>	<b>152,6</b>	<b>162</b>
Santeramo	57,6	82,2	<b>104,2</b>	<b>108,8</b>	<b>112,2</b>
Altamura	7,8	12,4	12,4	12,4	22,4
Gioia del Colle	17,6	35,6	38,2	49,2	49,6

Tabella 10.1 - Precipitazioni di massima intensità dell'evento del 22-23 Ottobre 2005

Esaminando i dati relativi alle precipitazioni brevi ed intense del periodo 1929-2000, si può affermare che i 162,0 mm di pioggia, caduti in 24 ore nei giorni '05 sul territorio di Cassano Murge, rivestono un carattere di eccezionalità che è stato provato mettendo a confronto le precipitazioni più intense registrate a Cassano in diversi anni (Fig. 10.4).

Per la stima della portata al colmo, sono state prese in considerazione le tracce lasciate dalla piena sulle arginature in corrispondenza della sezione (Foto 8.2); si è

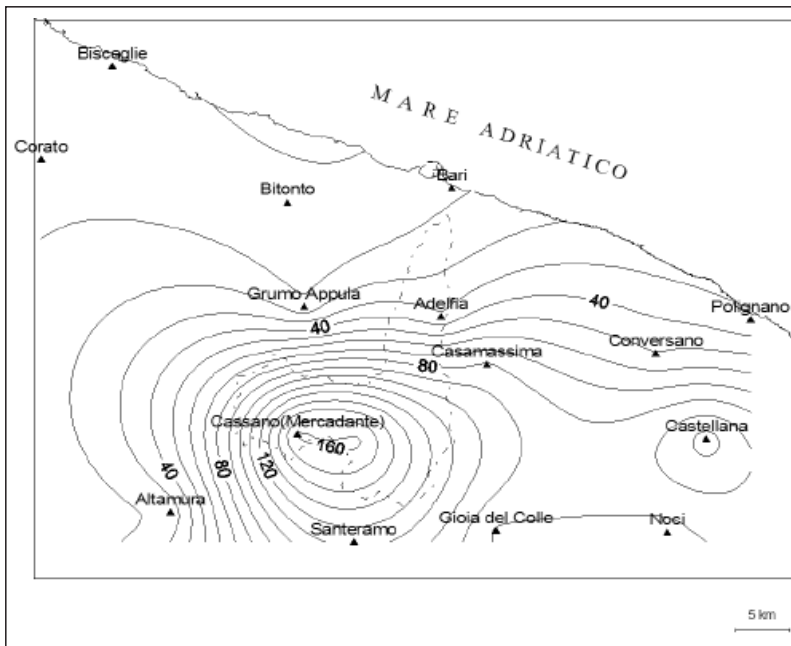


Figura 10.3 – Carta delle isoiete relative all’evento del 22-23/10/05 (mm di pioggia nelle 48 ore)

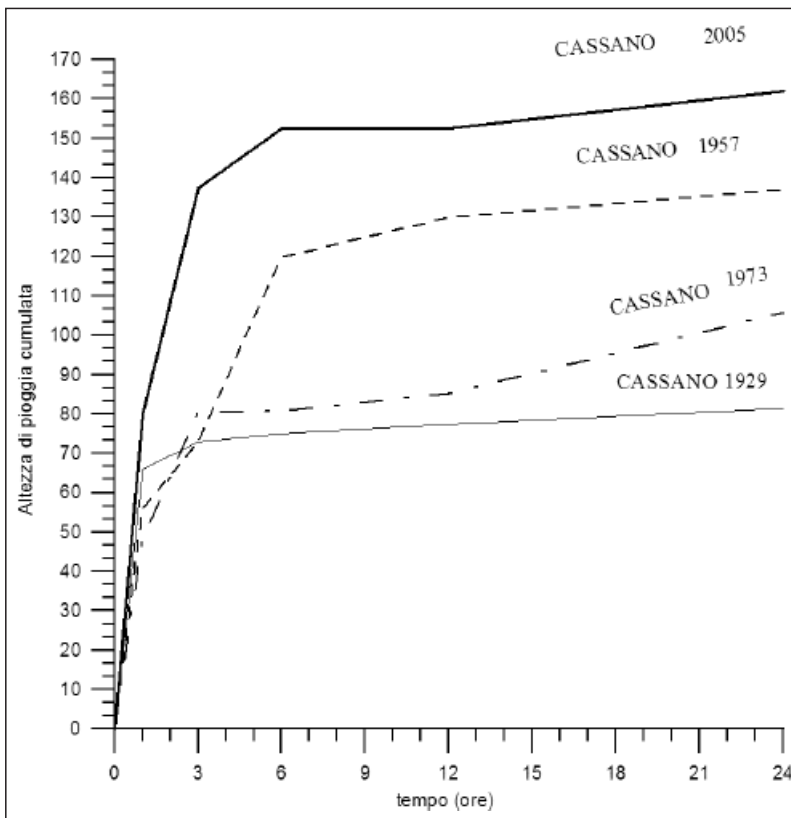


Figura 10.4 – Precipitazioni cumulate relative agli eventi di pioggia più intensi registrati alla stazione pluviometrica di Cassano

quindi risaliti in modo indiretto alla misura di portata. La sezione, interessata dal flusso al colmo di piena, risulta avere una larghezza  $L = 38,0$  m e un’altezza  $H$  di 2,2 m. Tenuto conto di questo, l’area della sezione liquida è  $A = 83,4$  m<sup>2</sup>, il perimetro bagnato della sezione è  $C = 80,4$  m, il raggio idraulico è  $r = 1,03$ , il coefficiente di scabrezza  $\chi = 60,3$ , - la velocità è  $v = 3,3$  m/s e quindi essendo  $Q = A \cdot v$ , la portata al colmo in corrispondenza di tale sezione è stata di 280,22 m<sup>3</sup>/s.

Tale valore, nonostante l’eccezionalità dell’evento piovoso del 22-23 Ottobre ’05, risulta essere inferiore alla portata di piena di 492,8 m<sup>3</sup>/s, calcolata sulla base degli

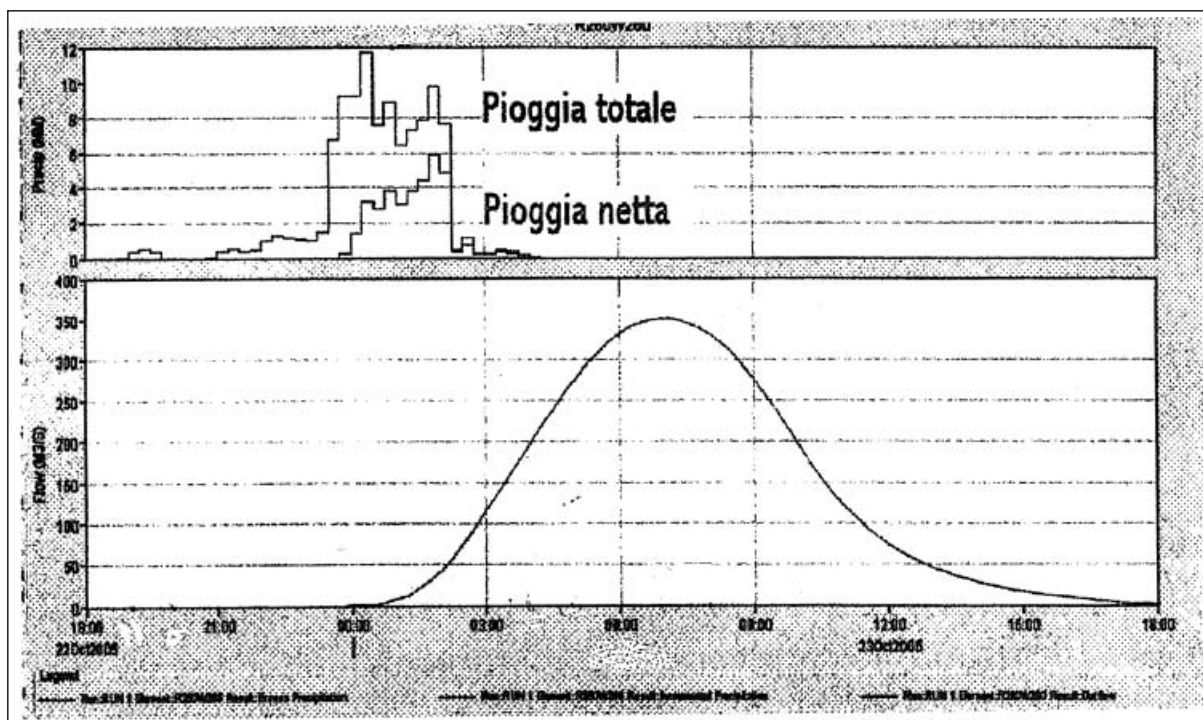


Figura 10.5 - Diagramma di afflusso meteorico e idrogramma di piena relativo all'evento del 22-23 Ottobre 2005 (Gabriele *et al.*, 2006)

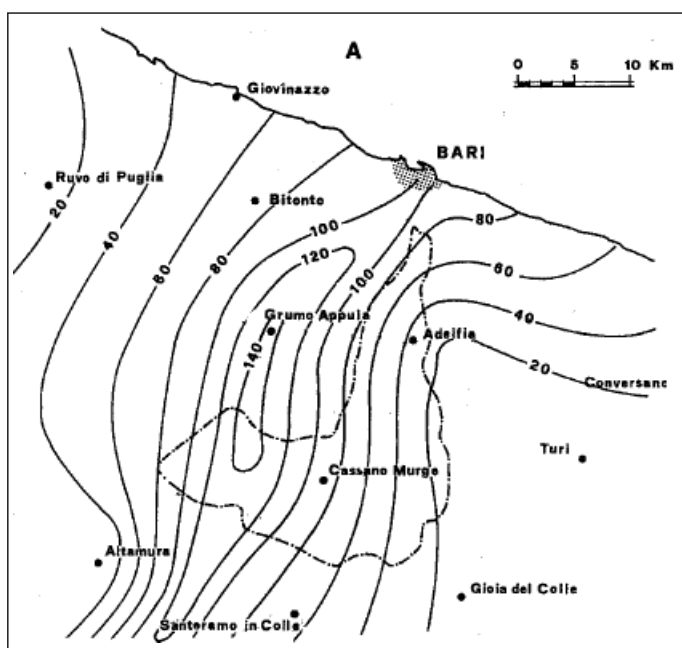


Figura 10.6 - Carte delle isoiete relative all'evento del 4 e 5 Novembre 1926 (da Puglisi *et al.*, 1991)

eventi del passato per un tempo di ritorno di 100 anni.

Ciò trova spiegazione nelle seguenti considerazioni:

la portata è stata calcolata in una sezione situata a valle delle due cave (Cava di Maso e Cava Brandonisio) che, in occasione dell'evento di piena, sono state allagate per un volume complessivo di 2,5 milioni di m<sup>3</sup> (Gabriele *et al.*, 2006). Pertanto, il volume raccolto dalle cave ha sicuramente laminato la piena abbassandone la portata al colmo, che in assenza di esse sarebbe stata maggiore;

in più tratti, l'alveo è risultato parzialmente occluso e l'acqua ha allagato ampie zone nella parte medio-alta del bacino finendo col laminare la piena;



la precipitazione ha colpito maggiormente il ramo Badessa, come si può rilevare dalla carta delle isoiete (Fig. 10.3) e non l'intero bacino Picone di cui è stata calcolata la portata di massima piena;

la durata dell'evento piovoso è stato inferiore al tempo di corrivazione.

In base alla ricostruzione dell'evento di piena di Gabriele *et al.* (2006), il tempo di corrivazione, che si ricava dall'intervallo tra il massimo pluviometrico (ore 24 del 22/10/'05) e il culmine della piena (ore 07 del 23/10/'05), è di 7 ore come si può osservare dalla fig.10.5. Tale valore è inferiore al tempo di corrivazione calcolato con la formula di Giandotti ( $t_c = 8,5$  ore) che, come è noto, tende a sovrastimare tale grandezza (Ferro *et al.*, 2006). Inoltre, Gabriele *et al.* (2006) hanno stimato in 8,5 milioni di  $m^3$  il volume complessivo di acqua defluita.

Anche se stimato di una maggiore intensità, l'evento in studio presenta molte analogie con quanto avvenuto il 4 e 5 novembre 1926. Come evidenziato dalla carta delle isoiete, realizzata dall'Alfieri (Fig 10.6), la precipitazione temporalesca, simile a quella in esame, si è localizzata maggiormente tra Grumo Appula e le Murge. Furono ottenuti i seguenti risultati:

$$Q_{max} = 0,277 (K_i \cdot S \cdot hc) / t_c = 310 \text{ mc/sec (Badessa)}$$

$$Q_{max} = 0,277 (K_i \cdot S \cdot hc) / t_c = 350 \text{ mc/sec (Picone)}$$

specificando che l'evento meteorico colpì solo il ramo Badessa e la parte destra del bacino del T. Lamasinata e affermando che se l'evento avesse colpito tutta l'area del bacino del T. Picone, la portata di massima piena sarebbe stata superiore ( $570 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Il volume di acqua defluita calcolato dall'Alfieri era risultato pari a 7 milioni di  $m^3$  (Alfieri, 1927) e ciò costituisce una ulteriore prova della maggiore intensità dell'evento del 2005.

La pioggia a carattere temporalesco che si è abbattuta sull'area barese, ha presentato similitudini con la categoria dei cicloni mediterranei, la cui genesi è legata all'eccesso di energia termica accumulata sulla superficie del mare (Gabriele *et al.*, 2006). Il periodo dell'anno in cui si possono verificare è di solito tra Agosto e Settembre, ma possono anche formarsi fino a Dicembre come nel caso in esame.

I danni sono stati numerosi ed, oltre alle decine di feriti, hanno perso la vita sei persone. Gli incidenti maggiori si sono verificati a Cassano, dove l'onda di piena ha travolto due auto lungo la Strada Provinciale 184 (Foto 10.1 a, b), tra Cassano e Bitetto, mentre tra Acquaviva e Sannicandro l'Eurostar Lecce-Milano è deragliato per aver per-



Fig. 10.1 a,b – L'onda di piena, in corrispondenza della SP Bitetto-Cassano, ha portato via il rilevato stradale





Fig. 10.1 c,d – A valle del rilevato stradale crollato, il deflusso di piena è stato sbarrato dal muro di recinzione di un impianto di lavorazione di inerti calcarei (c) estratti da una cava in fregio all'alveo del T. Badessa. Sullo sfondo è visibile il tubo “armaco” divelto e trasportato a notevole distanza dall'onda di piena



Foto 10.2 - Deragliamento dell'Eurostar Lecce-Milano



Foto 10.3 - Danni causati dalla forza erosiva



Fig. 10.4 - Crollo del fabbricato di un'azienda del viadotto S. Rita



Fig. 10.5 - Danni ai campi coltivati

corso un tratto di strada ferrata privato della massicciata portata via dall'acqua (Foto 10.2). Molte strade sono state danneggiate dalla forza erosiva dell'acqua come nel caso della Strada Provinciale per Mercadante, priva di un canale di guardia per la raccolta e l'allontanamento delle acque piovane defluite in modo selvaggio da monte (Foto 10.3).



Foto 10.6 a, b – Danni causati dall'alluvione al parco realizzato nella Cava di Maso



Foto 10.7 a, b - Canale deviatore: passaggio della piena nella fase di esaurimento, all'altezza dello stadio S. Nicola (a) e del viadotto della linea metropolitana (b)

Ci sono stati danni alle abitazioni civili ed in particolare all'azienda Giannelli-Latorre realizzata in vicinanza del viadotto S. Rita (Foto 10.4); inoltre sono stati distrutti ettari di campi coltivati (vigneti ed uliveti) (foto 10.5) e danneggiate diverse linee elettriche ed alcune condotte di gas. Come dimenticare i danni prodotti dalla piena alla ex Cava di Maso, sita nel quartiere S.Rita (Foto 10.6). Il capoluogo Pugliese è stato protetto dal canale deviatore che fa confluire l'acqua del T. Picone nel T. Lamasinata a salvaguardia dei quartieri di Poggiofranco, Picone e Libertà. Tale canale, costruito dopo l'alluvione del 1926, nonostante alcuni ostacoli, è riuscito a convogliare la corrente d'acqua verso il mare (Foto 10.7 a, b). I danni si sono verificati nei punti in cui l'alveo del T. Picone è risultato essere parzialmente sbarrato da costruzioni o materiale di risulta. La piena è stata in parte laminata dalle capacità naturali e artificiali presenti nel bacino ed, in particolare, dalle Cave di Maso e Brandonisio che, essendo posizionate in fregio dell'alveo della lama, hanno funzionato da serbatoi di laminazione.

## 11. VULNERABILITÀ DEL TERRITORIO IN RELAZIONE AI FENOMENI NATURALI E AGLI INTERVENTI ANTROPICI

L'evento alluvionale verificatosi il 22-23 Ottobre 2005 ha determinato effetti disastrosi, oltre che per l'intensità dell'evento meteorico, anche per gli interventi antropici che hanno profondamente modificato lo stato dei luoghi obliterando in più punti le linee di impluvio naturali.



Sulla base delle caratteristiche fisiche è possibile affermare che il territorio barese ha una naturale predisposizione ad essere interessato dai fenomeni alluvionali, aggravata dai cambiamenti climatici in atto indotti dall'effetto serra che hanno come conseguenza una crescita degli eventi meteorologici estremi.

È indiscutibile che l'urbanizzazione di vaste aree e l'uso agrario degli alvei abbiano causato notevoli alterazioni dell'assetto idraulico e morfologico del bacino del T. Picone. Sono stati di grande utilità, ai fini del contenimento dell'onda di piena, i lavori di sistemazione idraulico-forestali realizzati dopo la disastrosa alluvione del 1926. Il canale deviatore è stato in grado di smaltire la piena in poche ore nonostante la cattiva manutenzione.

Un altro intervento di natura idraulico-forestale che ha contribuito alla laminazione della piena è stata la realizzazione della Foresta di Mercadante, iniziata nei primi anni '30 con la funzione di conservare e proteggere il suolo dai processi erosivi e di regimare i deflussi di piena.

L'efficacia di tali opere è stata però vanificata da interventi antropici poco rispettosi della funzionalità del reticolo idrografico sia nella parte collinare sia in quella costiera. In più tratti l'alveo è risultato occupato da campi coltivati e discariche, costruzioni in alveo (Foto 10.4-11.1-11.2), da rilevati stradali perpendicolari alla direzione di deflusso (Foto 11.3,11.4) e da ponti con luci insufficienti (Foto 11.6-11.7-11.8-11.9) che hanno



Foto 11.1 - Azienda avicola a monte del Viadotto S. Rita



Foto 11.2 - Muro di recinzione che sbarrava l'alveo T. Badessa all'altezza di Carbonara



Foto 11.3 - Attraversamento della Lama Badessa da Buteritto a valle ponte canale



Foto 11.5 - Attraversamento pedonale dell'alveo del T. Picone, a monte del canale deviatore, che ha fatto da ostacolo all'onda di piena



Foto 11.4 a, b - Passaggio dell'acqua, nella fase di esaurimento dell'onda di piena, in corrispondenza dell'attraversamento della strada di accesso al Quartiere S. Rita (a). Il rilevato stradale ha ostacolato il deflusso dell'acqua che, esondando, ha allagato una vasta zona a monte dello sbarramento e causato una parziale esondazione (b)



Foto 11.6 - Alveo del T. Badessa in corrispondenza dell'attraversamento della linea metropolitana all'altezza di Bitritto



Foto 11.7 - Tombinatura della Strada Provinciale Bitritto-Loseto parzialmente ostruita dal materiale per insufficienza di luce



Foto 11.8 a, b - Tombinatura della Strada Provinciale Bitritto-Loseto parzialmente ostruita dal materiale solido trasportato dal T. Badessa (a). L'insufficienza delle opere idrauliche ha causato la tracimazione della sede stradale e lesioni alla struttura del ponte (b)





Foto 11.9 - Letto del T. Badessa a valle del ponte della Strada Provinciale Cassano-Sannicandro. L'incremento della forza erosiva dell'acqua, dovuto al restringimento della sezione di flusso ad opera delle luci del ponte, ha causato l'erosione del deposito alluvionale e l'affioramento del substrato calcareo

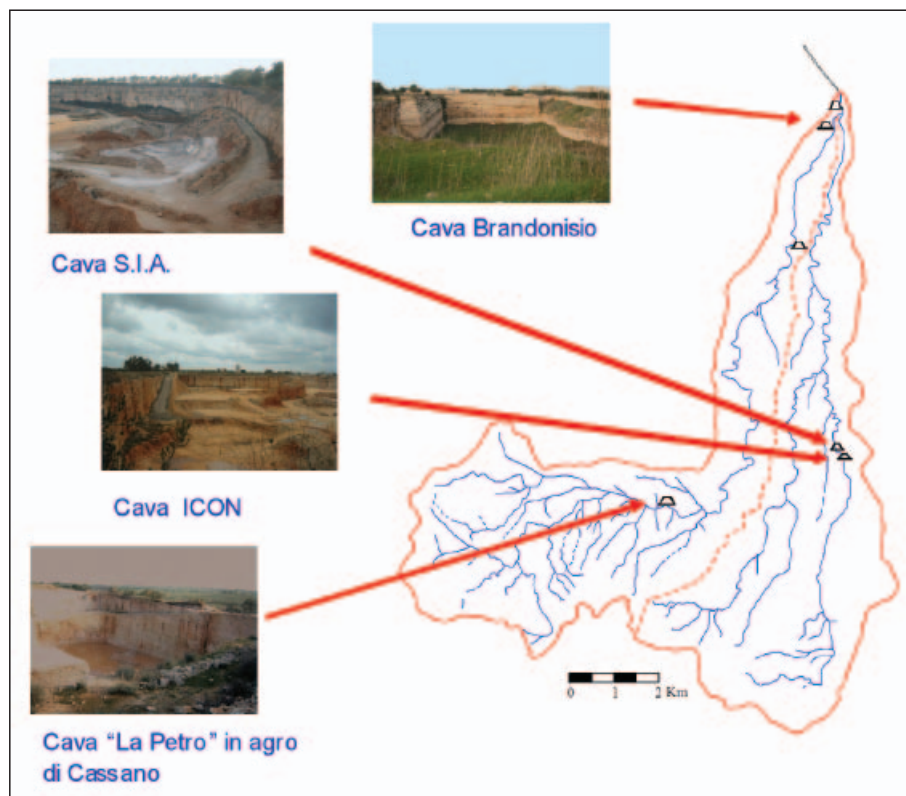


Figura 11.1 - Ubicazione delle cave all'interno del bacino del T. Picone proposte come serbatoi di laminazione

ostacolato il deflusso dell'acqua con notevole incremento della velocità della corrente e della forza erosiva. Anche la manutenzione delle briglie, nella parte collinare del bacino, e delle soglie realizzate a monte del canale deviatore, è stata trascurata limitandone la funzione equilibratrice tra erosione e deposito.

Un ulteriore fattore antropico che ha contribuito a rendere disastroso tale evento riguarda l'uso del suolo. Il territorio ha subito, nel corso del tempo, fondamentali trasformazioni che ne hanno modificato sensibilmente l'orografia e incrementato la vulnerabilità.

In particolare le tecniche di spietramento e frantumazione delle rocce hanno finito con incrementare l'entità del trasporto solido favorendo l'inghiainamento dell'alveo in occasione dell'evento di piena.

Alla luce degli effetti prodotti dall'ultimo evento alluvionale si può asserire che le profonde modifiche, apportate dall'uomo all'assetto del reticolo idrografico del T. Picone, rendono particolarmente vulnerabili i centri abitati e le infrastrutture esistenti nell'intero bacino.

Le difese idrauliche, realizzate a seguito delle alluvioni passate, si dimostrano insufficienti a contenere l'onda di piena. Pertanto, si rendono indispensabili ulteriori interventi di salvaguardia, tra i quali sono da prediligere quelli finalizzati alla laminazione dei deflussi sia nella zona a monte che in quella a valle, in prossimità dell'abitato di Bari. A tale riguardo, in Fig. 11.1 sono ubicate le cave situate in fregio all'alveo del T. Badessa e del T. Picone che potrebbero, per posizioni e capacità, essere utilizzate come serbatoi di laminazione.

Considerata la vicinanza della Cava di Maso alle abitazioni del Quartiere S. Rita e il dislivello esistente tra il letto del T. Badessa e il ciglio della cava di località "Losta di San Giovanni", le cave che meglio si prestano ad essere utilizzate come serbatoi di laminazione sono la Cava Brandonisio, che già ha svolto tale funzione in occasione dell'evento analizzato, la cava SIA e la cava ICON, costruite in fregio della lama Baronale e la cava di località "la Petro" in agro di Cassano (Fig. 11.1).

## **12. CONCLUSIONI**

L'evento alluvionale che ha colpito il territorio barese nel 2005 ha avuto conseguenze disastrose con vittime, danni al patrimonio edilizio e all'agricoltura.

I motivi non riguardano solo l'eccezionalità dell'evento, ma soprattutto il disordine idraulico del bacino del T. Picone frutto della cattiva gestione del territorio operata dall'uomo.

Le indagini svolte hanno permesso di mettere in luce alcuni aspetti che hanno dimostrato come l'assetto idraulico del T. Picone risulti compromesso in maggior misura rispetto al passato.

Sulla base delle osservazioni fatte e degli elementi raccolti è possibile sostenere che gli effetti dell'alluvione siano stati amplificati dagli interventi antropici, non rispettosi dei deflussi naturali delle acque. Essi sono molteplici: l'urbanizzazione di numerosi tratti delle lame, l'attraversamento di queste da parte di strade e ferrovie, l'utilizzazione agricola di terreni incolti in corrispondenza di impluvi naturali, la cattiva manutenzione del canale deviatore, in più tratti ostruito da materiali accumulatisi e mai rimossi, detriti trasportati dalle acque ed infine la mancanza di sistemi di canalizzazione quali canali di scolo lungo le arterie stradali.

Il canale deviatore è riuscito a contenere la piena nonostante la sua capacità di smaltimento fosse inferiore a quella determinata dall'evento del 2005 probabilmente per la presenza della cava di Maso e la cava Brandonisio che hanno funzionato come serbatoi di laminazione.

In definitiva, sarebbe opportuno eseguire una serie di interventi atti a migliorare le condizioni di deflusso naturale come, ad esempio, costruire nuove canalizzazioni, risagomare gli alvei, impedire la costruzione all'interno delle lame, liberare il canalone dai detriti che lo ostruiscono e pensare all'utilizzo delle cave, opportunamente sistemate, come opere di smaltimento dell'onda di piena.

## RINGRAZIAMENTI

*Desidero ringraziare calorosamente tutti coloro che a diverso titolo hanno contribuito allo svolgimento del lavoro: Dott. Geol. N. Palumbo-AdB Puglia, G. Dongiovanni e S. Leone del Servizio idrografico. Un ringraziamento particolare al relatore, Prof. Michele Maggiore, per le proficue discussioni effettuate nel corso dello svolgimento dello studio.*

## BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1905) - "Bari inondata", *Supplemento al numero unico per i danneggiati dell'alluvione, 23 Febbraio - 3 Marzo 1905*, tratto da supplemento de «La Gazzetta del Mezzogiorno», Domenica 13 Marzo 1905.

AA.VV. (1926) - *Scene di terrore e di morte nella città allagata dalla spaventosa alluvione*, «La Gazzetta di Puglia », . 40 (266), Bari.

ALFIERI S. (1927) - *L'Alluvione della zona barese nel Novembre 1926, Studio idrologico, Annali del Ministero dei Lavori Pubblici*, pp. 193-223.

AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA (2005) – *Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico. Relazione di Piano 30/11/05*.

AZZAROLI A., RADINA B., RICCHETTI G. & VALDUGA A. (1968) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), Foglio 189 «Altamura»*. Serv. Geol. d'It., pp. 7-20, Roma.

AZZAROLI A. , VALDUGA A. (1967) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), Fogli 177 «Bari» e 178 «Mola di Bari»*. Serv. Geol. d'It. , pp. 7-24., Roma.

BALDACCI O. (1962) – *Le Regioni d'Italia: Puglia*. Unione Tipografica, Ed. Torinese.

BALDASSARRE G. & FRANCESCANGELI R. (1987) - *Osservazioni e considerazioni sulla inondazione del 6 Novembre 1926 in Bari e su un relativo deposito*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 37, pp. 7 – 16.

CIARANFI N., PIERI P., RICCHETTI G. (1988) - *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centromeridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., Vol. 41, pp. 449-460, 1 tav., Roma.

COLAMONICO C. (1971) - *Aspetti geografici della Puglia*. Scuola Tipografica Ist. Prov.« Apicella », Molfetta.

COLAMONICO C. (1964) - *Lame e gravine di Puglia*. Le vie d'Italia, Touring Club Italiano, vol. XII, Milano.

DI SANTO A., MISCEO S., ROMANAZZI E., (1978) - *Il regime delle piogge intense in terra di Bari*. 19° Convegno Internazionale Associazione Nazionale Ingegneri ed Architetti Italiani, Bari, 29-30 Settembre/ 1-2 Ottobre 1978.

FERRO V. (2006) - *La sistemazione dei bacini idrografici*. Idrologia delle piene, pp. 124-219.

FREVERT R.K., SCHWAB G.O., EDMINSTER T.W., BARNES K.K. (1955) - *Soil and Water Conservation Engineering*. J. Wiley, New York.

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.

GENTILE F., MILILLO F., PUGLISI S., TRISORIO LIUZZI G. (1996) – *La difesa del suolo*. In Grittani G. (a cura di), *Un approccio metodologico alla pianificazione di area vasta. Il caso del sistema urbano della Puglia centrale*, Franco Angeli, Milano.

GIGLIO G., MORETTI M. & TROPEANO M. (1996) - *Rapporto fra uso del suolo ed erosione nelle Murge alte: effetti del miglioramento fondiario*. Geologia Applicata e Idrogeologia, XXXI, pp. 179 - 185.

GRASSI D. (1974) - *Il carsismo della Murgia (Puglia) e sua influenza sull'idrogeologia della regione*. Geologia Applicata e Idrogeologia (Bari), vol. 9, pp. 119-160.

MAGGIORE M., PAGLIARULO P., REINA A. & WALSH N. (1995) - *La vulnerabilità di alcuni centri urbani della Puglia in relazione ai fenomeni di instabilità dei terreni di fondazione nei depositi di copertura quaternaria*. Geologia Applicata e Idrogeologia, XXX, pp. 471-479.

MAGGIORE M., PAGLIARULO P. (2004) - *Circolazione idrica ed equilibri idrogeologici negli acquiferi della Puglia*. Geologi e Territorio, Supplemento al n. 1, pp.13-35, Ordine dei Geologi della Puglia, Bari.

MAIONE U. (1981) - *Appunti di Idrologia*. Parte III, "Le piene fluviali", La Goliardica Pavese, pp. 129 - 211.

MARCHI E., RUBATTA A. (1981) - *Meccanica dei fluidi: principi ed applicazioni idrauliche*. UTET, Torino.

MORETTI M. (2005) - *Le alluvioni in Terra di Bari: cause geologiche ed azione antropica*. Geologi e Territorio, periodico di Scienze della Terra dell'Ordine dei Geologi della Puglia, 3 , pp. 11-22.

MORETTI M., FIORE A., PIERI P., TROPEANO M. & VALLETTA S. (2004) - *Effetti dei "miglioramenti fondiari" nelle Murge alte (Puglia): impatto antropico sul paesaggio carsico e costiero*. Il Quaternario, *Italian Journal of Quaternary Sciences*, vol. 17, pp. 323 - 330.

PIERI P. (1975) - *Geologia della Città di Bari*. Mem. Soc. Geol. It., Vol.14, 379 - 407.

PIERI P. (1975) - *Evoluzione geologica e morfologica dell'area di Bari*, in *Archeologia di una città. Bari dalle origini al X secolo*, Edipuglia, pp. 7 - 14, Bari.

PIERI P. (1980) - *Principali caratteri geologici e morfologici delle Murge*. Murgia Sotterranea, Boll. Gr. Spel. Martinese, pp. 53-68.

PUGLISI S., ARCIULLI E., MILILLO F. (1991) - *Il ruolo primario delle sistemazioni idraulico-forestali nella difesa di Bari dalle inondazioni*. Monti e Boschi 1, pp. 9 - 16, Franco Angeli, pp. 133 - 150.

RANIERI L. (1965) - *Costante incremento nell'ultimo secolo. Bari: ambiente e vita economica*, Tuttitalia, Puglia-Basilicata, pp. 93-99.

RICCHETTI G. (1975) - *Nuovi dati stratigrafici sul Cretaceo delle Murge emersi da indagini nel sottosuolo*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 1083-1108.

RUGGERI P., PULICE P. (2006) - *Viaggio nelle lame tra natura e storia*, pp. 21-76.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1966) - *F° 177 «Bari» e F° 189 «Altamura» della II Ed. della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000*. Libreria di Stato, Parma.

SERVIZIO IDROGRAFICO, REGIONE PUGLIA - *Annali idrologici. Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi di Bari e Cassano Murge, nel periodo 1929-2002*.

TROPEANO M., PIERI P., MORETTI M., FESTA V., CALCAGNILE G., DEL GAUDIO V. & PIERRI P. (1997) - *Tettonica quaternaria ed elementi di sismotettonica nell'area delle Murge (Avampese apulo)*. Il Quaternario, *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 10/2, pp. 543-548.

VALDUGA A. (1965) - *Contributo alla conoscenza geologica delle Murge baresi*. Studi geologici e morfologici nella regione pugliese. Ist. di Geol., Univ. di Bari.

VALENTE G. (1915) - *Correnti Alluvionali del 3 Settembre 1915*. Rassegna Tecnica Pugliese, Anno XIV, Fasc. 12, pp. 189 - 199.

ZITO G., RUGGERO L., ZUANNI F. (1989) - *Aspetti metereologici e climatici della Puglia*, Atti 1° Workshop "Clima Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno" Taormina 11-12 Dicembre, CNR.