



Autorità di Bacino della Puglia

**PIANO DI BACINO
STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO
(PAI)**

RELAZIONE DI PIANO

DICEMBRE 2004

Capitolo I	Il Piano di Bacino come Strumento di Pianificazione Territoriale.....	1
I.1	Il Piano di Bacino	1
I.2	La Pianificazione Stralcio nell'Ambito del Piano di Bacino	3
I.3	Gli Obiettivi e le Finalità del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)	4
I.4	Quadro Normativo di Riferimento	6
I.5	Lo Stato della Pianificazione Territoriale e della Pianificazione Urbanistica.....	8
Capitolo II	Il Quadro Conoscitivo Generale del Territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia.....	9
II.1	Premessa	9
II.2	I Caratteri Morfologici.....	10
II.3	I Caratteri Geologici	11
II.4	I Caratteri Geomorfologici	17
II.5	I Caratteri Climatici ed Idrografici	20
II.6	Gli Schemi Idrici	27
II.7	I Caratteri Storici e Paesaggistici.....	35
II.8	I Caratteri Ambientali: la Vegetazione	36
II.9	Fonti Storiche Utilizzate per la Individuazione delle Aree Critiche Soggette a Pericolosità.....	40
Capitolo III	Studio di Dettaglio dei Bacini Idrografici	43
III.1	Caratteri Generali	43
III.2	I Bacini Idrografici	48
Capitolo IV	Metodologie utilizzate per la analisi del rischio idrogeologico.....	53
IV.1	Definizione del Rischio	53
IV.2	Metodologia per la Definizione delle Aree a Diversa Pericolosità Idrogeologica	55
IV.3	Metodologia per la Definizione delle Classi di Rischio	55
IV.4	Metodo Semplificato per la Determinazione di Aree a Rischio Idrogeologico	57
IV.5	Confronto tra la Metodologia Utilizzata dal PAI Puglia e da Altri PAI	57
Capitolo V	Valutazione della Pericolosità da Frana – Metodologia e Perimetrazione.....	61
V.1	Introduzione.....	61
V.2	Carta Inventario dei Fenomeni Franosi.....	62
V.3	Parametri Fisici Correlati alla Franosità	62
V.4	Metodologie.....	64
V.5	Le Unità Cartografiche Territoriali.....	67
V.6	Metodologia Utilizzata nell'Ambito del PAI.....	68
Capitolo VI	Valutazione della Pericolosità Idraulica – Metodologia e Perimetrazione	73
VI.1	Principali Fasi di Redazione dell'Analisi del Rischio Idraulico	73
VI.2	Perimetrazione delle Aree Storicamente Inondate.....	76
VI.3	Studio Idrologico	79
VI.4	Analisi della Evoluzione Geomorfologica del Reticolo Idraulico	91
VI.5	Studio Idraulico	94
VI.6	Individuazione delle Criticità e Perimetrazione delle Aree Allagabili	97
VI.7	Individuazione Tipologie di Intervento per la Mitigazione del Rischio Idraulico	98
Capitolo VII	Analisi del Rischio da Frana nei Bacini Pilota dei Fiumi Candelaro, Carapelle e Cervaro	100
VII.1	Analisi della Pericolosità nei Bacini Idrografici dei Torrenti Candelaro, Cervaro e Carapelle	100
VII.2	Elaborazione del Rischio da Frana	108
VII.3	Sintesi Rischio da Frana su tutto il Territorio di Competenza dell'AdB Puglia	109
VII.4	Principali Tipologie di Interventi Strutturali per la Mitigazione della Pericolosità da Frana	111
Capitolo VIII	Analisi del Rischio Idraulico nei Bacini Pilota dei Fiumi Lato e Lenne.....	112
VIII.1	Rischio Idraulico.....	112
VIII.2	Fase Conoscitiva.....	114
VIII.3	Analisi Pluviometrica	121
VIII.4	Analisi Idrologica	125
VIII.5	Analisi Idraulica	129
Capitolo IX	Programmazione degli Interventi e Definizione delle Risorse Necessarie.....	147
IX.1	Programmazione Interventi per la Mitigazione del Rischio da Frana.....	147
IX.2	Programmazione Rischio Idraulico	152
IX.3	Quadro Totale Interventi.....	156
Capitolo X	Azione di Adeguamento del Piano e Informazione del Pubblico	158
X.1	Azioni di Adeguamento.....	158
X.2	Informazione del Pubblico.....	159

Indice delle figure

Figura II.3-1	Schema geologico della Puglia.....	11
Figura II.5-1	Isoiete	21
Figura II.5-2	Temperature medie.....	22
Figura II.5-3	Bacini idrografici della Puglia settentrionale.....	25
Figura II.8-1	Quercus pubescens, Quercus coccifera.....	38
Figura III.1-1	Reticolo idrografico.....	44
Figura VI.3-1	Sottozone omogenee.....	80
Figura VIII.3-1	Distribuzione Areale dell'Evento dell'8 settembre 2003.....	122
Figura VIII.4-1	Modellazione idrologica: schema bacino	126
Figura VIII.4-2	Ietogramma ed idrogramma nella sezione di Lenne Monte (Tr 30 anni, precipitazione 12 ore)....	127
Figura VIII.4-3	Idrogrammi confluenza lama Lato e lama Castellaneta (Tr 30 anni, precipitazione 12 ore).....	127
Figura VIII.5-1	Fiumi Lato e Lenne – Corografia aste idrografiche oggetto di studio	129
Figura VIII.5-2	Fiume Lato: schema del modello idraulico utilizzato (sezioni).....	132
Figura VIII.5-3	Fiume Lato: schema del modello idraulico utilizzato (celle accumulo)	133
Figura VIII.5-4	Fiume Lenne: schema del modello idraulico utilizzato (sezioni)	134
Figura VIII.5-5	Fiume Lato (Tr 30 anni, precipitazione 24 ore): idrogrammi immessi nel modello idraulico.....	136
Figura VIII.5-6	Fiume Lato (Tr 30 anni, precipitazione 24 ore): idrogramma risultante dal modello alla foce	136
Figura VIII.5-7	Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): idrogrammi immessi nel modello idraulico.....	137
Figura VIII.5-8	Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): idrogramma risultante dal modello alla foce	137
Figura VIII.5-9	Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): profilo idraulico longitudinale.....	138
Figura VIII.5-10	Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): sezione idraulica SS106.....	138
Figura VIII.5-11	Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): aree ad alta probabilità di esondazione (AP)....	140
Figura VIII.5-12	Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): aree a moderata probabilità esondazione (MP)	140
Figura VIII.5-13	Sezione caratteristica delle lame che attraversano le zone	142
Figura VIII.5-14	Fiume Lato: Interventi per la mitigazione del rischio idraulico.....	144
Figura VIII.5-15	Fiume Lenne: Interventi per la mitigazione del rischio idraulico.....	146

Indice delle tabelle

Tabella II.1-1	Dati vari regione Puglia.....	9
Tabella II.5-1	Caratteristiche generali dei bacini della Puglia settentrionale.....	26
Tabella II.6-1	Schemi idrici interessati per l' approvvigionamento della Regione Puglia.....	34
Tabella IV.3-1	Rischio geomorfologico.....	56
Tabella IV.3-2	Rischio idraulico.....	56
Tabella IV.5-1	Metodologie utilizzate da altre Autorità di Bacino per la redazione del PAI.....	60
Tabella VI.3-1	Zone omogenee per Curve Number.....	85
Tabella VII.1-1	Distribuzione areale classi litologiche.....	102
Tabella VII.1-2	Distribuzione areale classi di acclività.....	103
Tabella VII.1-3	Distribuzione areale litologia per classi di acclività.....	104
Tabella VII.1-4	Pesi UTC.....	105
Tabella VII.1-5	Distribuzione areale pericolosità geomorfologica.....	106
Tabella VII.1-6	Distribuzione areale pericolosità geomorfologica per litologia.....	106
Tabella VII.1-7	Distribuzione areale pericolosità geomorfologica per classi di acclività.....	107
Tabella VII.3-1	Sintesi del rischio da frana.....	110
Tabella VIII.2-1	Caratteristiche Bacino Pilota rischio idraulico.....	117
Tabella VIII.2-2	Dati pluviometrici.....	118
Tabella VIII.2-3	Rilievo topografico.....	120
Tabella VIII.3-1	Massimi pluviometrici registrati l'8 settembre 2003.....	122
Tabella VIII.4-1	Picco dell'idrogramma di piena.....	128
Tabella VIII.5-1	Fiumi Lato e Lenne – Principali caratteristiche aste idrografiche oggetto di studio.....	129
Tabella VIII.5-2	Sezioni rilievo topografico.....	130
Tabella VIII.5-3	Fiume Lato (Tr 30-200 anni, precipitazione 24 ore): portate attese.....	135
Tabella VIII.5-4	Fiume Lenne (Tr 30-200 anni, precipitazione 24 ore): portate attese.....	135
Tabella VIII.5-5	Fiume Lato: Interventi per la mitigazione del rischio idraulico.....	144
Tabella VIII.5-6	Fiume Lenne: Interventi per la mitigazione del rischio idraulico.....	146
Tabella IX.1-1	Interventi intensivi rischio frana.....	148
Tabella IX.1-2	Interventi estensivi rischio frana.....	149
Tabella IX.1-3	Fasi temporali interventi rischio frana.....	151
Tabella IX.2-1	Interventi rischio idraulico.....	154
Tabella IX.3-1	Quadro totale costo interventi.....	157

Capitolo I Il Piano di Bacino come Strumento di Pianificazione Territoriale

I.1 Il Piano di Bacino

La Legge 183/1989 sulla difesa del suolo ha stabilito che il *bacino idrografico* debba essere l'ambito fisico di pianificazione che consente di superare le frammentazioni e le separazioni finora prodotte dall'adozione di aree di riferimento aventi confini meramente amministrativi.

Il bacino idrografico è inteso come *"il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti, nonché il territorio che può essere allagato dalle acque del medesimo corso d'acqua, ivi compresi i suoi rami terminali con le foci in mare ed il litorale marittimo prospiciente"* (art. 1).

L'intero territorio nazionale è pertanto suddiviso in bacini idrografici classificati di rilievo nazionale, interregionale e regionale.

Strumento di governo del bacino idrografico è il *Piano di Bacino*, che si configura quale documento di carattere *conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa e valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.*

Per ogni bacino idrografico dovrà essere elaborato un piano di bacino che abbia i seguenti contenuti:

- a) *il quadro conoscitivo organizzato ed aggiornato del sistema fisico, delle utilizzazioni del territorio previste dagli strumenti urbanistici comunali ed intercomunali, nonché dei vincoli, relativi al bacino, di cui al R.D.L. 30 dicembre 1923, n. 3267, ed alle Leggi 1° giugno 1939, n. 1089 e 29 giugno 1939, n. 1497, e loro successive modificazioni ed integrazioni;*
- b) *l'individuazione e la quantificazione delle situazioni, in atto e potenziali, di degrado del sistema fisico, nonché delle relative cause;*
- c) *le direttive alle quali devono uniformarsi la difesa del suolo, la sistemazione idrogeologica ed idraulica e l'utilizzazione delle acque e dei suoli;*
- d) *l'indicazione delle opere necessarie distinte in funzione dei pericoli di inondazione e della gravità ed estensione del dissesto; del perseguimento degli obiettivi di sviluppo sociale ed economico o di riequilibrio territoriale nonché del tempo necessario per assicurare l'efficacia degli interventi;*
- e) *la programmazione e l'utilizzazione delle risorse idriche, agrarie, forestali ed estrattive;*
- f) *l'individuazione delle prescrizioni, dei vincoli e delle opere idrauliche, idraulico-agrarie, idraulico-forestali, di forestazione, di bonifica idraulica, di stabilizzazione e consolidamento dei terreni e di ogni altra azione o norma d'uso o vincolo finalizzati alla conservazione del suolo ed alla tutela dell'ambiente;*
- g) *il proseguimento ed il completamento delle opere indicate alla precedente lettera f), qualora siano già state intraprese con stanziamenti disposti da leggi speciali e da leggi ordinarie di bilancio;*

- h) le opere di protezione, consolidamento e sistemazione dei litorali marini che sottendono il bacino idrografico;*
- i) la valutazione preventiva, anche al fine di scegliere tra ipotesi di governo e gestione tra loro diverse, del rapporto costi-benefici, dell'impatto ambientale e delle risorse finanziarie per i principali interventi previsti;*
- j) la normativa e gli interventi rivolti a regolare l'estrazione dei materiali litoidi dal demanio fluviale, lacuale e marittimo e le relative fasce di rispetto, specificatamente individuate in funzione del buon regime delle acque e della tutela dell'equilibrio geostatico e geomorfologico dei terreni e dei litorali;*
- k) l'indicazione delle zone da assoggettare a speciali vincoli e prescrizioni in rapporto alle specifiche condizioni idrogeologiche, ai fini della conservazione del suolo, della tutela dell'ambiente e della prevenzione contro presumibili effetti dannosi di interventi antropici;*
- l) le prescrizioni contro l'inquinamento del suolo e la dispersione nel terreno di rifiuti civili ed industriali che comunque possano incidere sulle qualità dei corpi idrici superficiali e sotterranei;*
- m) le misure per contrastare i fenomeni di subsidenza;*
- n) il rilievo conoscitivo delle derivazioni in atto con specificazione degli scopi energetici, idropotabili, irrigui od altri e delle portate;*
- o) il rilievo delle utilizzazioni diverse per la pesca, la navigazione od altre;*
- p) il piano delle possibili utilizzazioni future sia per le derivazioni che per altri scopi, distinte per tipologie d'impiego e secondo le quantità;*
- q) le priorità degli interventi ed il loro organico sviluppo nel tempo, in relazione alla gravità del dissesto.*

Data la vastità e complessità dei contenuti del Piano di Bacino e non potendo attendere una precisa definizione del quadro conoscitivo necessario alla sua redazione, la legge ha previsto uno strumento di carattere transitorio – *lo schema previsionale e programmatico* - che individua gli interventi più urgenti in materia di difesa suolo, i costi per la loro realizzazione, le modalità di attuazione ed i tempi d'intervento.

La Legge 183/1989 prevede che il *Piano di Bacino* debba essere non un semplice studio corredato da proposte di intervento ma un aggiornamento continuo delle problematiche e delle soluzioni.

Esso, tenendo conto dei diversi livelli istituzionali che operano con specifiche competenze di programmazione (Stato, Autorità di Bacino, Regioni, Province), dovrà rappresentare il necessario coordinamento con gli altri strumenti di pianificazione e di programmazione territoriale.

Una volta elaborato ed adottato il Piano di Bacino, infatti, gli strumenti di pianificazione settoriale e territoriale, indicati all'art. 17, comma 4 della Legge 183/1989 (piani territoriali e programmi regionali - L. 984/1977; piani di risanamento delle acque - L. 319/1976; piani di smaltimento dei rifiuti - D.P.R. 915/1982; piani di disinquinamento; piani di bonifica, etc., dovranno essere adeguati ad esso.

I.2 La Pianificazione Stralcio nell'Ambito del Piano di Bacino

L'impianto iniziale della Legge 183/89 ha subito nel tempo integrazioni dovute soprattutto alla constatazione della difficoltà da parte delle *Autorità di Bacino* e delle Regioni di elaborare un Piano di Bacino con la varietà di contenuti previsti, oltre a situazioni di emergenza determinate da eventi meteorologici estremi.

Prima importante modifica alla Legge 183/89 si è avuta con la Legge 493/94 che ha aggiunto i commi 6 bis e 6 ter all'art. 17.

Il primo comma stabilisce che, in attesa della pianificazione di bacino, le Autorità di Bacino adottino misure di salvaguardia immediatamente vincolanti ed in vigore fino all'approvazione del Piano e comunque per non più di tre anni.

Il secondo comma introduce la possibilità di redigere ed approvare i Piani di Bacino per sottobacini o tematismi che in ogni caso devono costituire fasi sequenziali ed interrelate rispetto ai contenuti di cui al comma 3 art. 17 L. 189/89.

Con l'alluvione di Sarno viene emanato il Decreto 180/98 che dà un impulso alla pianificazione stralcio fissando una data per l'adozione dei rispettivi piani al 31/12/1998, poi slittata al 30/6/1999, con la Legge di conversione 267/98, data poi definitivamente fissata al 30/04/2001 con la Legge di conversione del Decreto Soverato n. 279/2000.

Con un successivo atto d'indirizzo e coordinamento (DPCM 29/9/1998) si stabiliscono i criteri per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico, attraverso l'attribuzione di quattro classi di rischio graduate in riferimento ai maggiori danni possibili rispetto alle vite umane ed alle infrastrutture.

La necessità di individuare e perimetrare le aree a rischio idrogeologico "molto elevato" (R4) per l'incolumità delle persone e per la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale e culturale viene recepita nei **Piani Straordinari**, che le Regioni erano tenute ad adottare ai sensi delle Leggi 267/98 e 226/99 per consentire di procedere alla messa in sicurezza delle situazioni di maggiore pericolosità.

Il ricorso alla pianificazione stralcio si configura, pertanto, quale procedura ottimale per arrivare alla complessità della pianificazione di bacino senza attendere la definizione di un quadro conoscitivo che abbraccia contenuti di estrema vastità, trattandosi di ambiti tematici o territoriali più contenuti.

La snellezza dello strumento consente di rispondere in tempi ragionevoli a problematiche territoriali urgenti attraverso la predisposizione di un programma d'interventi basato su studi specifici piuttosto che successivi ad una emergenza.

I.3 Gli Obiettivi e le Finalità del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il PAI della Regione Puglia si pone come obiettivo immediato la redazione di un quadro conoscitivo generale dell'intero territorio di competenza dell'Autorità di Bacino, in termini di inquadramento delle caratteristiche morfologiche, geologiche ed idrologiche. Nel contempo viene effettuata un'analisi storica degli eventi critici (frane ed alluvioni) che consente di individuare le aree soggette a dissesto idrogeologico, per le quali è già possibile una prima valutazione del rischio.

Data l'esiguità di tempo e **sulla base degli elementi di conoscenza disponibili e consolidati** (DPCM 29/9/1998) lo studio di dettaglio è stato condotto sui bacini del Cervaro, Candelaro e Carapelle, relativamente all'assetto geomorfologico, e sui bacini dei fiumi Lato e Lenne, in riferimento all'assetto idraulico. Bacini che si configurano come **Bacini Pilota**, in entrambi i casi, per l'individuazione di una metodologia di analisi della pericolosità, da frana ed idraulica, e dei conseguenti interventi di mitigazione del rischio. Tale studio di dettaglio verrà successivamente esteso all'intero territorio di competenza.

Il PAI della Regione Puglia ha le seguenti finalità:

- la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini idrografici, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari compatibili con i criteri di recupero naturalistico;
- la difesa ed il consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché la difesa degli abitati e delle infrastrutture contro i movimenti franosi e gli altri fenomeni di dissesto;
- il riordino del vincolo idrogeologico;
- la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- lo svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di piena e di pronto intervento idraulico, nonché della gestione degli impianti.

Le finalità richiamate sono perseguite mediante:

- la definizione del quadro del rischio idraulico ed idrogeologico in relazione ai fenomeni di dissesto evidenziati;
- l'adeguamento degli strumenti urbanistico-territoriali;
- l'apposizione di vincoli, l'indicazione di prescrizioni, l'erogazione di incentivi e l'individuazione delle destinazioni d'uso del suolo più idonee in relazione al diverso grado di rischio;
- l'individuazione di interventi finalizzati al recupero naturalistico ed ambientale, nonché alla tutela ed al recupero dei valori monumentali ed ambientali presenti;
- l'individuazione di interventi su infrastrutture e manufatti di ogni tipo, anche edilizi, che determinino rischi idrogeologici, anche con finalità di rilocalizzazione;
- la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture con modalità di intervento che privilegino la conservazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua, con specifica attenzione alla valorizzazione della naturalità dei bacini idrografici;
- il monitoraggio dello stato dei dissesti.

Ai sensi dell'art. 17 comma 4 della L. 183/89 i Piani Stralcio di Bacino sono coordinati con i programmi nazionali, regionali e sub-regionali di sviluppo economico e di uso del suolo. Di conseguenza, le autorità competenti, in particolare, provvedono, entro dodici mesi dall'approvazione del Piano di Bacino, ad adeguare i piani territoriali e i programmi regionali previsti dalla L. 27 dicembre 1977, n. 984; i piani di risanamento delle

acque previsti dalla L. 10 maggio 1976, n. 319; i piani di smaltimento di rifiuti di cui al D.P.R. 10 settembre 1982, n. 915; i piani di cui all'articolo 5, L. 29 giugno 1939, n. 1497, e all'articolo 1-bis, D.L. 27 giugno 1985, n. 312, convertito, con modificazioni, dalla L. 8 agosto 1985, n. 431; i piani di disinquinamento di cui all'articolo 7, L. 8 luglio 1986, n. 349; i piani generali di bonifica.

Di conseguenza, le Autorità competenti, con apposita Conferenza Programmatica da indire ai sensi del comma 3 art. 1-bis della Legge 365/2000, provvedono ad adeguare gli atti di pianificazione e di programmazione territoriale alle prescrizioni contenute nel Piano che, dal momento dell'adozione dello stesso, diventano immediatamente vigenti in variante agli strumenti di pianificazione territoriale vigenti.

Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni più restrittive di quelle previste nelle Norme del Piano, contenute nella legislazione statale in materia di beni culturali e ambientali e di aree naturali protette, negli strumenti di pianificazione territoriale di livello regionale, provinciale e comunale ovvero in altri piani di tutela del territorio ivi compresi i Piani Paesistici.

Le previsioni e le prescrizioni del Piano hanno valore a tempo indeterminato. Esse sono verificate in relazione allo stato di realizzazione delle opere programmate ed al variare della situazione morfologica, ecologica e territoriale dei luoghi ed all'approfondimento degli studi conoscitivi.

L'aggiornamento degli elaborati del Piano è operato con deliberazione del Comitato Istituzionale, sentiti i soggetti interessati.

I.4 Quadro Normativo di Riferimento

La Legge **183/89** getta le basi per una riorganizzazione normativa ed operativa nella difesa del suolo. Finalità della legge è di superare la fase degli interventi emergenziali per avviare una fase di valutazione del rischio idrogeologico con l'imposizione di vincoli e l'attivazione di programmi d'intervento volti ad eliminare o mitigare il rischio.

I Piani di Bacino e successivamente i Piani Stralcio (tra cui il PAI) sono il risultato dell'attività conoscitiva effettuata sul territorio e lo strumento per pianificare gli interventi di difesa del suolo.

Nel corso di un quindicennio la Legge 183/89 ha subito numerose modifiche ed integrazioni, dovute da un lato alla consapevolezza delle difficoltà nella redazione del piano di bacino, dall'altro alle calamità naturali verificatesi che hanno imposto interventi straordinari:

- **L. 493/93** che introduce la possibilità di redigere il piano di bacino per stralci territoriali o tematismi;
- **D.L. 180/98** convertito in **L. 267/98** noto come decreto "Sarno", che ha imposto la individuazione delle aree a più elevata pericolosità idrogeologica (R4) per le persone e le infrastrutture mettendo a disposizione dei fondi straordinari;
- **D.L. 279/2000** convertito in **L. n. 365/2000** noto come decreto "Soverato".

Numerosi provvedimenti legislativi hanno poi stabilito:

- a) la ripartizione dei fondi tra i bacini di rilievo nazionale, interregionale e regionale;
 - **DPCM 1 marzo 1991** (Approvazione del piano di ripartizione per bacini delle risorse statali stanziato per il quinquennio 1989/93 ai sensi della L. 183/89 e 253/90);
 - **DPR 9 ottobre 1997** (Ripartizione dei fondi nel triennio 1997-99 ai fini del finanziamento degli schemi previsionali e programmatici in materia di difesa del suolo);
 - **DPR 27 luglio 1999** (Ripartizione dei fondi finalizzati al finanziamento degli interventi in materia di difesa del suolo per il quadriennio 1998-2001);
 - **DPR 9 maggio 2001** (Ripartizione dei fondi finalizzati al finanziamento degli interventi in materia di difesa del suolo per il quadriennio 2000-2003);
- b) le modalità per la redazione degli schemi previsionali e programmatici nella fase transitoria e per la pianificazione di bacino a regime:
 - **DPCM 23 marzo 1990** (Atto d'indirizzo e coordinamento ai fini dell'elaborazione e adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 L. 183/89, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo);
 - **DPR 7 gennaio 1992** (Atto d'indirizzo e coordinamento recante criteri d'integrazione e coordinamento tra le attività conoscitive dello Stato, delle autorità di Bacino e delle Regioni per la redazione dei Piani di bacino di cui alla L. 183/89);
 - **DPR 14 aprile 1994** (Atto d'indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale e interregionale);
 - **DPR 18 luglio 1995** (Atto d'indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino);

- **DPCM 29 settembre 1998** (Atto d'indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del DL 11 giugno 1998, n. 180).

La Regione Puglia, nell'ambito degli adempimenti previsti dalla L. 183/89 ha:

- definito i bacini regionali (Del.G.R. n. 3128 del 28/05/1990);
- approvato gli schemi previsionali e programmatici elaborati con le Regioni limitrofe per i bacini interregionali, per la ripartizione dei fondi messi a disposizione con DPCM 1/3/1991 per il quinquennio 1989/93 ed elaborato le intese per la costituzione delle autorità di Bacino del fiume Ofanto e del fiume Bradano (Del. C.R. n. 109 e n. 110 del 1991);
- individuato le carenze conoscitive (Del. G.R. n. 1439 del 24/05/1993; Del. G.R. n. 449/1995);
- definito il programma delle attività connesse con la redazione del Piano di Bacino regionale (Del. G.R. n. 1054 del 31/03/1995, Del G.R. n. 5485 del 14/11/1996);
- approvato gli schemi previsionali e programmatici relativi ai bacini regionali ed interregionali per il triennio 94-96 (Del. C.R. n. 125 del 24/09/1996 di modifica della Del. G.R. n. 3944 del 13/9/1995);
- ridefinito gli ambiti territoriali delle singole Autorità di Bacino e i relativi organi, costituendo un unico comitato istituzionale, tre comitati tecnici, tre segreterie tecnico-operative e tre sedi: San Severo, Bari e Grottaglie (Del. C.R. n. 205 del 25/3/1997);
- adottato il Piano Straordinario degli interventi urgenti ai sensi del Decreto "Sarno" convertito in L. n. 267 del 3/9/1998 e modificato dalla L. 226 del 13/7/1999.

Con **legge regionale n. 19/2002** viene istituita l'Autorità di Bacino della Puglia con competenza territoriale sui bacini regionali e su quello interregionale dell'Ofanto, anche in virtù dell'Accordo di Programma sottoscritto il 5/8/1999 con la Regione Basilicata e il Min. LL. PP. che prevedeva la costituzione di due sole Autorità di Bacino.

I.5 Lo Stato della Pianificazione Territoriale e della Pianificazione Urbanistica

Da una ricognizione sui piani territoriali esistenti o in corso di elaborazione e sui piani urbanistici si rileva una generale assenza di indicazioni specifiche in merito alla pericolosità idrogeologica. Unici riferimenti sono i vincoli idrogeologici, ex R.D.L. n. 3267/1923, che impongono particolari limitazioni ai terreni boschivi con funzione di salvaguardia della stabilità dei versanti.

Nel dispositivo di pianificazione previsto dalla Legge Regionale n. 20 del 2001, ossia DRAG, PUTT/P, PTCP e PUG, vi sono dei riferimenti in merito all'assetto del territorio ed al rispetto delle sue caratteristiche ambientali. Tuttavia l'impianto normativo non si spinge oltre generiche limitazioni con un rimando obbligato al Piano di Bacino - ed ai suoi stralci - che si configura come l'unico in grado di registrare lo stato delle conoscenze del territorio e dei suoi squilibri, imponendo un complesso di norme immediatamente cogenti nei confronti delle trasformazioni di ogni tipo.

Ai fini del coordinamento di cui al comma IV dell'art. 17 - Legge n. 183 del 1989, si prenderanno in considerazione, in quanto costituenti lo scenario di riferimento:

- i provvedimenti della programmazione comunitaria e nazionale;
- i piani regionali di sviluppo;
- i piani territoriali regionali di coordinamento ed i piani regionali paesistici;
- i piani territoriali provinciali, i piani comprensoriali ed i piani territoriali di area sub-regionale;
- i piani e programmi regionali e provinciali di settore, ivi compresi quelli riguardanti porzioni sub-regionali e sub-provinciali (ad esempio, il piano regolatore degli acquedotti, il piano di risanamento delle acque, i piani di infrastrutture a rete e puntuali, i piani di smaltimento dei rifiuti solidi urbani e tossico-nocivi, i piani della bonifica e degli insediamenti produttivi, etc., nonché i piani ed i programmi di cui alla Legge 8 giugno 1990 n. 142);
- i programmi di interventi ed i sistemi di progetti relativi ai settori delle attività primarie, secondarie e terziarie (ad esempio, i programmi per l'agricoltura, per la forestazione, per il controllo dell'inquinamento atmosferico, lo sviluppo turistico, per i trasporti, per le idrovie, per il settore energetico, per la portualità, per i parchi e le riserve, etc.).

Capitolo II Il Quadro Conoscitivo Generale del Territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia

II.1 Premessa

Il territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia comprende oltre all'intera estensione della regione pugliese anche la parte nord-orientale dei territori delle regioni Campania (bacini dell'Ofanto, del Cervaro e del Carapelle) e Basilicata (bacino dell'Ofanto). Nella trattazione seguente, pertanto, il termine Puglia non viene utilizzato in stretto riferimento al territorio amministrativo pugliese ma all'intera area di competenza dell'Autorità di Bacino. Qualora si fosse in presenza di caratteristiche comuni dei territori in continuità non verrà operato alcun distinguo, mentre riferimenti specifici verranno fatti laddove tali caratteristiche variassero da regione a regione nell'ambito dello stesso bacino (ad esempio, l'Ofanto).

Situata all'estremità sud orientale dell'Italia, la Puglia si estende per 19.350 kmq con un perimetro di 1.260 km ed uno sviluppo costiero complessivo di 784 km, il maggiore dell'Italia continentale. Cartograficamente, la regione pugliese occupa 23 fogli della Carta Topografica d'Italia dell'I.G.M. di Firenze, in scala 1:100.000. Il torrente Saccione ed il fiume Fortore la separano dal Molise, l'Appennino dauno dalla Campania; più incerto è il limite con la Basilicata, che si affaccia ad Ovest dell'Altopiano delle Murge. Di seguito si riportano schematicamente alcuni "dati" della regione.

	Bari	Brindisi	Foggia	Lecce	Taranto	Regione
superficie (kmq)	5130	1838	7185	2760	2437	19350
perimetro (km)	343	203	399	228	305	1261
abitanti (x 1000)						
nel 1505	---	---	---	---	---	243
nel 1669	---	---	---	---	---	519
nel 1790	---	---	---	---	---	1086
nel 1901	828	===	425	707	---	1960
nel 1951	1192	311	649	613	427	3193
nel 1971	1351	366	657	696	512	3582
nel 1990	1432	374	779	764	512	3861
montagna (kmq)	---	---	290	---	---	290
collina (kmq)	4050	570	3040	---	1100	8760
pianura (kmq)	1080	1270	3850	2760	1340	10300
coste (km)	133	105	196	210	140	784
quota max (m)	686	394	1151	195	484	---

Tabella II.1-1 Dati vari regione Puglia

II.2 I Caratteri Morfologici

La Puglia è caratterizzata da rilievi di modesta entità, infatti solo l'1,4% del territorio (pari a circa 290 kmq) ha quote superiori a 700 m s.l.m., il 45,2% (8.760 kmq) può considerarsi area collinare ed il rimanente 53,7% (10.300 kmq) è costituito da pianura.

Ad Ovest, con i Monti della Daunia lambisce la grande dorsale appenninica presentando quale vetta principale il M.te Cornacchia (1.151 m), da cui nasce il torrente Celone; da segnalare anche il M.te Pagliarone (1.042 m) ed il M.te Crispiniano (1.105 m). Il rilievo più imponente è il Massiccio del Gargano (con quota massima registrata sul M.te Calvo di 1.056 m) che sovrasta da Nord il Tavoliere; questa piana digradante verso l'Adriatico presenta una serie di terrazzi marini in parte cancellati dall'erosione ed in parte ricoperti da sedimenti alluvionali e di versante.

La zona centrale della regione, la Terra di Bari, è caratterizzata dalla presenza del rilievo delle Murge, un altopiano carsico che si estende dal fiume Ofanto al Canale Reale fra Brindisi e Taranto. Le Murge, che raggiungono i 686 m s.l.m. a Torre Disperata, sono anch'esse segnate verso Est da una successione di ripiani d'origine marina ed insieme, probabilmente, tettonica. Basse colline che non superano i 200 m di quota si rinvengono a Nord-Est di Taranto; ad esse viene dato il nome di Murge tarantine.

La penisola salentina, infine, presenta alture d'origine tettonica, dette *Serre*, allineate da Nord-Ovest verso Sud-Est. Le loro quote sono assai modeste, ma acquistano rilievo se rapportate alle aree adiacenti, topograficamente depresse ed anch'esse legate a fatti tettonici.

Oltre che di grandi rilievi, la Puglia è povera di corsi d'acqua. Ciò è imputabile sia alle scarse precipitazioni che caratterizzano il clima della regione, sia alla natura del terreno, in prevalenza carsico, che assorbe rapidamente le acque meteoriche. Fra i fiumi il più importante è l'Ofanto che nasce in Irpinia e dopo un percorso lungo 165 km (di cui 85 km interessano il territorio pugliese) sfocia in Adriatico a Nord di Barletta. Tra i corsi d'acqua che solcano il Tavoliere ricordiamo: il Candelaro (70 km), il Sàlsola (60 km), il Cervaro (80 km), il Carapelle (85 km), il Celone (59 km) ed altri minori.

I *corsi d'acqua del Tavoliere* hanno andamento subparallelo con direzione da Sud-Ovest a Nord-Est, ad eccezione del torrente Candelaro, che, in relazione a fatti tettonici, scorre da Nord-Ovest a Sud-Est. Tutti presentano un tracciato irregolare; nella media e nella bassa valle l'Ofanto, il Carapelle ed il Cervaro assumono, per alcuni tratti, un andamento a meandri. Questi stessi corsi d'acqua, in particolare gli ultimi due, mostrano d'aver subito una graduale deviazione verso Nord testimoniata dalla presenza di alvei abbandonati.

Altri corsi d'acqua d'interesse regionale sono il Fortore (86 km, di cui 25 km in Puglia), il Lato ed il Galaso nel Tarantino ed il Canale Reale presso Brindisi. Trascurabile è il contributo del Bradano che scorre quasi per intero in Basilicata. In corrispondenza degli affioramenti calcarei l'idrografia superficiale è assente: sulle *Murge*, ad esempio, si nota una serie di solchi erosivi di larghezza e lunghezza variabili, in genere a fondo piatto, detti "lame". Questi solchi rappresentano i resti di un'antica idrografia superficiale oggi scomparsa. Solo nel caso di precipitazioni molto abbondanti possono convogliare, per brevi periodi, una certa quantità d'acqua.

Grande importanza riveste in tali condizioni la circolazione idrica sotterranea che varia da zona a zona: nelle Murge, la falda idrica si muove in pressione ad una notevole profondità sotto il livello marino; nel Salento, invece, le acque di falda circolano, a pelo libero, pochi metri sopra il livello del mare. In quest'ultima parte della regione le acque dolci galleggiano su quelle salate dello Ionio e dell'Adriatico e la falda assume una caratteristica forma lenticolare con spessori massimi nella parte centrale della penisola.

II.3 I Caratteri Geologici

Nell'ambito dell'Italia meridionale si possono distinguere, da Ovest verso Est, tre elementi strutturali fondamentali: la Catena appenninica, l'Avanfossa bradanica e l'Avampaese pugliese.

La regione pugliese comprende l'intero Avampaese ed un'esigua parte dell'Avanfossa e della Catena.

Trattasi, perciò, di un territorio che solo in apparenza possiede caratteri geologici poco articolati, ma nel quale è possibile individuare aree geograficamente e *geologicamente* omogenee: Daunia, Gargano, Tavoliere, Murge e Salento.

Nello schema geologico di seguito riportato (Figura II.3-1), oltre ad una descrizione di tipo morfolitologico, verrà brevemente illustrata l'evoluzione tettonica delle singole aree citate.

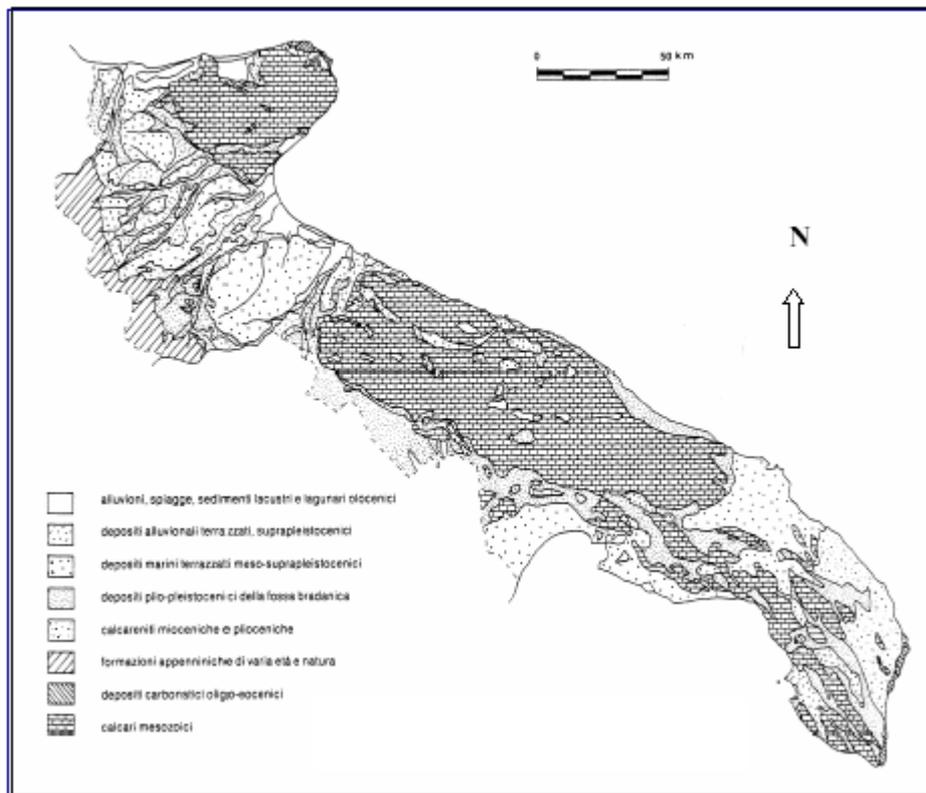


Figura II.3-1 Schema geologico della Puglia

II.3.1 La Catena e l'Avanfossa

La parte di *Catena* appenninica, rappresentata in Puglia dal *Subappennino dauno*, è costituita da successioni terziarie di sedimenti argilloso-marnoso-arenacei con carattere di *flysch*. In essa si possono distinguere, in base alla prevalenza di particolari caratteri litologici e tettonici, almeno due diverse successioni stratigrafiche.

Nella fascia occidentale i terreni più antichi sono rappresentati da termini delle *Unità lagonegresi*: si tratta del *Complesso delle Argille varicolori* passanti verso l'alto, per alternanza, al *Flysch Numidico*. Formato in

maggioranza da argilliti e marne, questo complesso ha potenza di poco inferiore ai 300 m ed un'età oligocenico-aquitana. Il *Flysch Numidico* ad esso sovrapposto ha invece età langhiana ed è rappresentato da banchi quarzarenitici alternati a sottili intercalazioni pelitiche. Lo spessore di quest'ultimo termine è localmente stimato in circa 50 m.

Su questi terreni giacciono i sedimenti del Bacino Irpino: le arenarie arcose del *Flysch di San Bartolomeo* cui seguono stratigraficamente le *Marne di Topo Capuana* aventi una facies prevalentemente argillosa. Gli spessori complessivi di queste formazioni si aggirano intorno ai 400 m per il flysch ed ai 300 m per le marne argillose.

La serie stratigrafica della Daunia orientale è composta, dall'alto verso il basso, dalle *Marne di Topo Capuana*, dal *Flysch di Faeto* e dal *Complesso delle Argille varicolori*.

Quest'ultimo presenta una facies abbastanza diversa da quella predominante nel settore occidentale: sono presenti, soprattutto nella parte superiore della formazione, oltre un centinaio di metri di bentoniti, cui s'intercalano argille, argilliti e biocalcareni. Il *Flysch di Faeto* è costituito da un'alternanza di calcareniti, calcari marnosi e calciruditi con intercalazioni pelitiche per uno spessore di circa 600 m ed è ascrivibile, quanto all'età, al Langhiano-Serravalliano.

Le *Marne di Topo Capuana*, infine, sono formate da marne e marne argillose; del tutto simili a quelle affioranti al margine occidentale della Catena.

Anche l'*Avanfossa* è, nel complesso, poco rappresentata nella regione apula. Quest'elemento strutturale si delineò a partire dal Pliocene quando una costante subsidenza, seguita alla fase tettonica tardo-messiniana, portò alla formazione di un bacino sedimentario allungato parallelamente alla piattaforma carbonatica apula il cui margine esterno fu dislocato in blocchi ed assunse una conformazione tipica "a gradinata".

La fossa subì ulteriori deformazioni a seguito dell'attività medio-pliocenica che, facendo migrare il fronte appenninico, indusse l'accavallamento di sedimenti in facies di flysch sui depositi infrapliocenici della fossa stessa.

La subsidenza presumibilmente continuò per tutto il Pleistocene inferiore-medio e solo successivamente potrebbe esservi stata un'inversione di tendenza.

Le formazioni dell'intera *Avanfossa* sono riferibili a due distinti cicli sedimentari separati da una lacuna stratigrafica. I sedimenti del primo ciclo (Pliocene inferiore e medio) affiorano solo in aree occidentali, in territorio lucano. I depositi del secondo ciclo rappresentano, invece, la serie di riempimento della Fossa bradanica propriamente detta. Sul lato murgiano la successione è aperta dalle *Calcareniti di Gravina*, passanti verso l'alto alla formazione delle *Argille subappennine*, certamente la più potente e diffusa dell'intero secondo ciclo. Essa è costituita da argille e marne siltose grigio-azzurre di età suprapliocenica – infrapleistocenica. Le *Sabbie di M.te Marano* e le coeve *Calcareniti di M.te Castiglione* chiudono questo secondo ciclo.

Il tratto continentale dell'*Avanfossa* adriatica è occupato dal Tavoliere, porzione di territorio delimitato dall'Avampaese Apulo e dalla Catena Appenninica: in particolare collocato tra i Monti della Daunia (ad Ovest), il Promontorio del Gargano (a Nord) e l'Altopiano delle Murge (a Sud-Est).

La costituzione litologica del Tavoliere può essere così riassunta:

- una formazione argillosa, con orizzonti e livelli lentiformi di argille - sabbiose, affiora per spessori rapidamente decrescenti, fino a scomparire, a mano a mano che ci si allontana dal margine appenninico; la sua potenza

complessiva, determinata con l'analisi di stratigrafie di perforazioni, risulta molto variabile da luogo a luogo e compresa tra circa 200 e oltre 1.000 m;

- la formazione argillosa di base è coperta da sedimenti ghiaioso - sabbiosi, in lenti molto stirate e appiattite; nelle zone prossime all'Appennino, dove sono esposti completamente, questi sedimenti hanno spessore complessivo variabile da pochi metri a qualche decina di metri. Si tratta di ghiaie ad elementi di varie dimensioni, con prevalenza statistica di quelli con diametro fra i 10 e i 30 cm, essenzialmente di natura calcarea e di provenienza appenninica, a luoghi alternate con orizzonti di calcarenite, altrove con subordinati letti di sabbie fini più o meno calcaree.

Allontanandosi dall'Appennino, l'unità copre e nasconde progressivamente i corpi geologici sottostanti; nella stessa direzione presenta al tetto e a varie altezze frequenti e spessi orizzonti di crostoni di carbonato di calcio (*caliche*) di origine chimica che nell'immediato entroterra del Golfo di Manfredonia possono superare lo spessore di 15 metri.

L'unità si appoggia sulla formazione argillosa descritta in precedenza, lungo una superficie debolmente inclinata verso mare, la cui regolarità è più volte interrotta da poco elevati gradini, probabilmente prodotti da fasi di stazionamento del livello del mare durante il Quaternario.

II.3.2 L'Avampaese Apulo

Trattasi di una vasta piattaforma carbonatica di età prevalentemente cretacea evidenziatasi, come unità strutturale, soprattutto durante le fasi orogenetiche tardo mioceniche. L'Avampaese (che in superficie è identificabile con il Gargano, le Murge ed il Salento) nel complesso appare scarsamente deformato. Esso possiede una impalcatura poggiante direttamente sulla crosta continentale, costituita da sedimenti calcareo-dolomitici di età triassico-cretacea sui quali si possono rinvenire sottili coperture detritiche neogeniche e quaternarie.

Nell'ambito dei tre elementi strutturali fondamentali ricadenti nel territorio pugliese, è possibile individuare alcune aree *geologicamente* omogenee: Gargano, Tavoliere, Murge e Salento.

II.3.2.1 Il Promontorio del Gargano

Costituisce la parte più settentrionale e più elevata dell'Avampaese. Separato dal resto della originaria piattaforma apula da potenti faglie tuttora attive, è formato da termini evaporitici non affioranti, attribuiti al Carnico, da dolomie e calcari giurassico-cretacei di piattaforma associati a calcari di scogliera. Le coperture terrigene di età successiva sono di tipo organogeno-calcarenitico con caratteri tipicamente locali.

Il Promontorio del Gargano presenta, da Ovest verso Est, tre differenti tipi di terreni calcarei.

Il margine occidentale, fra Sannicandro Garganico e Coppa Guardiola, è costituito da calcari oolitici e calcari bioclastici, riferibili ad un ambiente di retroscogliera: si ricordano la *Formazione di Sannicandro*, i *Calcari di Rignano Garganico*, la *Formazione di M.te La Serra*, i *Calcari di M.te Quadrone*, i *Calcari di S. Giovanni Rotondo*, i *Calcari di M.te Spigno* ed, infine, i *Calcari oolitici di Coppa Guardiola*. L'età di questi terreni è compresa tra il Malm ed il Cretaceo inferiore.

In trasgressione su queste formazioni se ne rinvennero altre di età fino al Cretaceo superiore: i *Calcari di M.te Acuto*, i *Calcari organogeni di M.te Sant'Angelo* ed i *Calcari di Casa Lauriola*.

Nella parte mediana del Massiccio affiorano le formazioni contraddistinte da una facies di scogliera, collocate secondo una linea diretta da Nord-Ovest a Sud-Est tra il lago di Varano, la Foresta Umbra e la costa a Sud di Mattinatella. Appartengono a questo secondo gruppo di terreni i *Calcari organogeni di M.te Sacro*, i *Calcari di M.te Pizzuto*, la *Formazione di Carpino*. L'età più probabile è compresa fra il Giurassico superiore ed il Cretaceo inferiore.

La parte terminale del promontorio è formata da calcari clastici di tipo organogeno, da dolomie calcaree e da calcareniti. La facies sembra essere quella di termini di passaggio verso terreni tipicamente di avanscogliera; essi in effetti risultano eteropici con i calcari di scogliera dianzi citati. La *Formazione di Rodi Garganico*, la *Formazione di Cagnano Varano*, i *Calcari dolomitici di M. Jacotenente* ed i *Calcari di Mattinata* hanno in comune la presenza di liste e noduli di selce. La loro età è compresa tra il Giurassico superiore ed il Cretaceo superiore. Per quel che concerne gli spessori, in affioramento si possono apprezzare fino a circa un migliaio di metri e non meno di un centinaio per ciascun corpo. Dati di perforazione consentono tuttavia di affermare che la potenza complessiva (per alcune formazioni) è non inferiore a 4.000-5.000 m.

Ai terreni giurassico-cretacei sono sovrapposte in trasgressione, in particolare nelle aree marginali, formazioni di età paleogenica variamente estese: calcari a coralli e calcareniti a macroforaminiferi (*Calcari a nummuliti di Peschici*), il cui spessore raggiunge i 400 metri.

Il Neogene è rappresentato lungo i versanti settentrionale del Promontorio del Gargano da sedimenti trasgressivi di età tortoniana. In alcune cave nei dintorni di Apricena, entro livelli di terre rosse poste alla base dei depositi miocenici, sono stati ritrovati abbondanti resti di vertebrati (piccoli mammiferi, uccelli e rettili) riferiti al Vallesiano-Turoniano.

Infine, procedendo in direzione Sud verso il Tavoliere si incontra la parte basale della successione bradanica trasgressiva sui terreni calcarei: la *Calcarenite di Gravina* passante in alto alle *Argille subappennine*.

II.3.2.2 Le Murge

Questo altopiano, che occupa la parte centrale della regione, costituisce il blocco più esteso della piattaforma apula. Vi affiorano calcari e calcari dolomitici cretacei ascrivibili a due distinte formazioni.

Nei quadranti di Nord-Ovest si rinviene il *Calcare di Bari* (Neocomiano sup. - Turoniano inf.) con circa 2.000 m di potenza. Nelle Murge di Sud-Est su questo corpo si rinviene in trasgressione il *Calcare di Altamura*: lo spessore stimato è di poco superiore ai 1.000 m, la sua età è senoniano-maastrichtiana. La trasgressione è marcata da orizzonti bauxitici ben evidenti soprattutto fra Spinazzola e Minervino.

Lungo il margine murgiano occidentale su queste due formazioni poggiano calcareniti ed argille di età plio-pleistocenica in parte corrispondenti a termini della serie murgiana dell'Avanfossa. Mancano del tutto sedimenti cenozoici paleogenico-miocenici.

II.3.2.3 La Penisola Salentina

Il basamento carbonatico della penisola salentina, correlabile per età e per facies con il *Calcare di Altamura*, è non solo la parte meno sollevata della piattaforma apula, ma anche quella maggiormente interessata dall'attività tettonica. Essa appare in gran parte ricoperta da sedimenti calcarenitici di età terziaria.

In discordanza angolare, ma senza lacuna, sui calcari cretaci della costa adriatica si rinvengono i *Calcari di Castro*, di tipo clastico-organogeno e di età paleocenico-oligocenica, caratterizzati dalla presenza quasi costante di brecce intraformazionali e da uno spessore molto variabile.

Sedimenti miocenici in trasgressione sia sui calcari mesozoici che su quelli cenozoici ricoprono estese aree della parte meridionale della penisola (lato adriatico). Si tratta di due formazioni terrigene, tra loro parzialmente eteropiche, di età compresa tra il Langhiano e il Messiniano: le *Calcareniti di Andrano* e la cosiddetta *Pietra Leccese*.

La prima è formata da calcareniti organogene e da calcari bioclastici, la seconda è una calcarenite a grana fine localmente marnosa. Trasgressive su formazioni più antiche, sono presenti, inoltre, coperture più o meno estese di depositi pliocenici e pleistocenici sia in facies marina costiera che in facies continentale (*Sabbie di Uggiano*, *Calcareniti di Gravina*, *Argille subappennine*, etc.).

II.3.3 Lineamenti Tettonici

La regione pugliese ha subito processi evolutivi diversi nei vari elementi che la costituiscono.

Il *Subappennino dauno*, ha assunto una configurazione prossima all'attuale solo durante le fasi tettoniche plio-pleistoceniche. La linea tettonica Carlantino-Volturara Appula, diretta da Nord-NordOvest a Sud-SudEst, separa i sedimenti più interni della Catena (Unità Irpine pseudotrasgressive su Unità Lagonegresi) da quelli della fascia orientale più continui negli episodi di sedimentazione.

Durante l'orogenesi subappenninica (fase tettonica messiniana) si delineò l'Avanfossa adriatica meridionale, sede di una attiva sedimentazione terrigena dal Pliocene a tutto il Pleistocene. Lungo margine interno dell'Avanfossa si è determinato un ulteriore accavallamento tettonico di unità appenniniche sui depositi infrapliocenici durante le fasi deformative medio-tardoplioceniche: si è prodotta così la migrazione verso Est sia del fronte attivo compressivo, sia del bacino della zona bradanica.

L'attività tettonica tardo-postpliocenica è consistita dapprima in una marcata subsidenza, convertitasi, a partire dal Siciliano, in un graduale sollevamento. In questo periodo si è costituita la successione della Fossa bradanica in precedenza descritta.

II.3.3.1 Il Promontorio del Gargano

Il *Promontorio del Gargano* è strutturalmente definibile come un *horst* allungato in direzione Est-Ovest. I principali allineamenti di faglie sono raggruppabili in tre diversi sistemi orientati rispettivamente Est-Ovest, NordOvest-SudEst e NordEst-SudOvest. Quasi tutte le dislocazioni consistono in piani subverticali.

Il primo sistema mostra maggiori evidenze fra San Marco in Lamis e Mattinata ed è caratterizzato da una componente verticale maggiore di un centinaio di metri, mostra segni di trascorrenza destra dell'ordine di qualche chilometro. Un'importante linea di faglia, che ha prodotto una scarpata di altezza superiore ai 200 m, collega i centri di Rignano e Manfredonia.

Lungo il margine di Sud-Ovest si scorge la "faglia del Candelaro", facente parte del sistema NordOvest-SudEst, che ha prodotto un gradino alto alcune centinaia di metri. Le principali faglie del sistema NordEst-SudOvest sono invece localizzate sul bordo settentrionale del Gargano, tra Apricena ed il lago di Varano, tra Cagnano Varano e Peschici. Altre faglie dello stesso sistema sono presenti sul margine sudorientale lungo la costa.

II.3.3.2 Le Murge

L'altopiano delle *Murge* possiede uno stile tettonico simile a quello garganico, benché meno esasperato. Anche in questo caso le strutture hanno direzione appenninica, quindi da NordOvest a SudEst, con la presenza di blocchi variamente sollevati per la presenza di faglie minori con direzione Est-Ovest e NordEst-SudOvest. Le faglie hanno prevalente tendenza distensiva con piani di scorrimento subverticali.

Questo assetto strutturale giustifica la tipica morfologia a gradinata delle Murge sia sul versante adriatico sia su quello rivolto verso la Fossa bradanica. La morfologia che si sviluppa sul versante bradanico è quasi del tutto sepolta sotto i depositi plio-pleistocenici dell'Avanfossa, ad eccezione dell'*horst* di Matera-Laterza-Ginosa. A Nord-Ovest le Murge sono separate dal Tavoliere dalla presenza della linea di faglia dell'Ofanto, anch'essa sepolta sotto i depositi plio-pleistocenici. A Sud-Ovest, invece, il blocco carbonatico murgiano è separato da quello salentino da un'altra importante linea, detta *soglia messapica* con direzione da Taranto a Brindisi, caratterizzata da una scarpata alta circa un centinaio di metri. Dislivelli anche maggiori si registrano frequentemente tutt'intorno alle Murge Alte.

II.3.3.3 La Penisola Salentina

Il *Salento* ha uno schema tettonico molto diverso da quello del Gargano e delle Murge. La penisola è costituita da una successione di *horst* e *graben* di varia grandezza ed estensione, morfologicamente corrispondenti, rispettivamente, alle attuali *serre salentine* ed alle depressioni che le separano.

Le ultime fasi tettoniche cretache crearono nella regione deformazioni disgiuntive e compressive principalmente lungo due direttrici: una "appenninica" e l'altra SudOvest-NordEst. È probabile che questa fase tettonica abbia costituito la premessa per la formazione del sistema horst-graben e che abbia fatto emergere larga parte della penisola.

I movimenti tettonici miocenici riportarono in condizione di sommersione le terre emerse, favorendo la sedimentazione di estesi corpi calcarenitici. Le fasi tardo mioceniche e plioceniche, riattivarono le faglie cretache interessando anche i terreni di età miocenica.

Nel corso di questi ultimi due periodi e del Pleistocene inferiore, fenomeni di subsidenza e di innalzamento portarono più volte ampie zone del Salento al di sotto ed al di sopra del livello marino, favorendo la deposizione di materiali terrigeni erosi dalle terre emerse o l'erosione delle coperture più recenti ad opera degli agenti atmosferici.

Nel Pleistocene medio, una nuova fase tettonica conferì alla regione una configurazione assai simile all'attuale anche se fenomeni di ingressione e regressione, a seguito delle fasi glaciali (in particolare Riss e Wurm), consentirono il deposito di sedimenti costieri in aree marginali.

La formazione della faglia Porto Cesareo - San Cataldo ha diviso la penisola in due parti: quella settentrionale mostra in prevalenza allineamenti Est-Ovest (come nei vicini lembi murgiani), mentre la meridionale mostra linee tettoniche più marcate e con varia orientazione.

II.4 I Caratteri Geomorfologici

In Puglia, come si è detto in precedenza, s'individuano almeno cinque *subregioni* naturali: il Subappennino dauno, il Tavoliere, il Gargano, le Murge ed il Salento, ciascuna caratterizzata da peculiari caratteri geomorfologici.

II.4.1 Il Subappennino Dauno

Si tratta di un'area che, dal punto di vista geomorfologico, è soggetta ad una continua trasformazione dovuta alla presenza di piccole e grandi frane favorite dalla natura dei terreni affioranti, dalla sismicità dell'area, dall'acclività dei luoghi, da una inadeguata copertura arborea e dal clima. Numerosi centri del Subappennino dauno vedono minacciata la propria esistenza da dissesti profondi a cui solo una sistematicità negli interventi può porre rimedio.

Fra le forme del paesaggio prevalgono quelle dolci, incise morbidamente in terreni argillosi, rese articolate solo dai movimenti di frana. La rete idrografica appare poco evoluta. I corsi d'acqua sono in prevalenza di tipo obsequente, fra di loro paralleli e con un regime tipicamente torrentizio legato alle piogge tardo autunnali e primaverili.

II.4.2 Il Tavoliere

Tra l'Appennino ad Ovest, il Gargano a Nord, il mare Adriatico ad Est e le Murge a Sud, il Tavoliere rappresenta la più vasta pianura dell'Italia meridionale.

I terreni in esso affioranti sono costituiti soprattutto da sedimenti clastici plio-quadernari sui quali si estendono grandi manti alluvionali pleistocenici ed olocenici.

In relazione, dunque, alle sue condizioni geologiche, nel Tavoliere si possono distinguere, da Ovest verso Est, le seguenti *subzone*: un'area collinare, una seconda area costituita da più ripiani, una vasta pianura alluvionale antica, una piana costiera ed una zona litorale.

La prima borda il Subappennino ed è rappresentata da rilievi collinari (300-400 m di quota) sui cui versanti sono ben visibili gli effetti di fenomeni erosivi superficiali e profondi.

La zona a ripiani deve la sua attuale conformazione al ritiro del mare che ha lasciato una serie di terrazzi marini digradanti verso l'Adriatico, a luoghi delimitati verso Est da scarpate poco elevate, corrispondenti a ripe d'abrasione. Si tratta di morfologie ben conservate soprattutto nella parte meridionale del Tavoliere, mentre altrove le azioni erosive hanno ridotto tali terrazzi in piccoli residui lembi, completamente circondati in qualche caso da depositi alluvionali.

Quest'ultimo tipo di sedimenti si sviluppa prevalentemente nella parte nord-orientale della subregione, ad esempio presso Foggia, dove costituisce un'estesa pianura. Tale pianura è stata sede, a partire dal Neolitico, di numerosissimi insediamenti improvvisamente abbandonati fra la fine del IV e gli inizi del III millennio a.C. forse anche a causa di una decisa mutazione del clima in senso arido.

La piana costiera si raccorda con la superficie dei sedimenti alluvionali recenti ed attuali che colmano il fondovalle dei principali corsi d'acqua. Essa corrisponde, in alcune aree, ad antiche paludi successivamente colmate per fatti naturali ed antropici. In particolare, nell'area di Siponto (presso Manfredonia) in tempi storici (I

secolo d.C.), a causa di una graduale emersione di una barra costiera, si sono prodotte dapprima una laguna e quindi una palude, solo di recente bonificata.

Il litorale, infine, si presenta basso, sabbioso e ricco di dune allungate parallelamente alla riva.

II.4.3 Il Gargano

Costituisce un poderoso massiccio, elevato oltre i 1.000 m s.l.m. ed emergente con sbalzi di centinaia di metri dal mare e dalla pianura circostanti. Su tutto il promontorio, specie sulle parti occidentale e centrale, ben evidente appare l'influenza della tettonica sulla morfologia; si nota, infatti, un susseguirsi di rilievi e di depressioni corrispondenti, rispettivamente, a blocchi sollevati ed abbassati. Esempi di depressioni tettoniche sono il Pantano di S. Egidio, che può essere considerato un polje, e più ad Est, la valle Carbonara allungata all'incirca da Ovest ad Est con versanti abbastanza ripidi ed un fondo piatto ricolmo di terra rossa. Sono molto diffusi, del resto, su questa parte sommitale, i fenomeni carsici rappresentati in prevalenza da doline di varia forma e dimensione.

Su alcuni dei tratti più elevati del Gargano (fra gli 800 ed i 1.000 m di quota) si notano lembi poco estesi di un'antica superficie subpianeggiante. Inoltre, se si osservano i versanti meridionale ed occidentale del rilievo, si riconosce la presenza di ripiani (almeno due) delimitati verso valle da scarpate di chiara origine tettonica; quello più alto è ubicato sui 500-600 m s.l.m., quello più basso sui 100-150 metri.

Secondo vari autori, tali ripiani possono essere ricollegati alla superficie sommitale, che, in seguito a fatti tettonici, è stata dislocata a varie quote. La scarpata, che limita a Sud il primo ripiano (500-600 m s.l.m.), è incisa da profondi solchi sfocianti in grossi conoidi di deiezione recenti ed attuali.

Grazie alle loro caratteristiche litologiche, i tratti di Nord-Ovest del Gargano presentano forme più dolci con rilievi dalla sommità subarrotondata digradanti verso il mare.

La costa del promontorio è abbastanza articolata: nella parte settentrionale va segnalata la presenza dei due laghi costieri di Lesina e di Varano separati dal mare da barre sabbiose. Da Peschici a Mattinata, invece, la costa si presenta alta, tipo falesia, saltuariamente intervallata da piccole insenature. In questo tratto si manifestano diffusamente gli effetti dell'azione morfogenetica del mare, rappresentati da frane in roccia e da grotte a luoghi piuttosto profonde.

II.4.4 L'Altopiano delle Murge

La sommità dell'altopiano mostra lembi di una superficie di spianamento modificata da fatti erosivi. Esso, come si è già accennato, è delimitato a Sud-Ovest ed a Nord-Est da scarpate di piani di faglia, che azioni erosive hanno fatto arretrare.

Ovunque è assai diffuso il fenomeno carsico sia epigeo, rappresentato da grandi doline a contorno subcircolare (Pulo di Altamura, Pulicchio di Gravina, etc.) e da polje (Canale di Pirro), che ipogeo (Grotte di Castellana, di Putignano, etc.). Sullo sviluppo del fenomeno carsico la tettonica ha avuto un ruolo certamente molto importante; non deve essere comunque trascurata l'incidenza climatica in quanto la regione pugliese ha dovuto attraversare fasi climatiche anche assai diverse tra loro.

L'altopiano è bordato, parallelamente al mare Adriatico ed al mar Ionio, da una serie di terrazzi marini, i più elevati dei quali sono ubicati, in media, sui 300 metri di quota ed i più bassi sui 4-5 metri. Questi terrazzi, creati dal graduale sollevamento delle Murge nel corso del Quaternario, sono delimitati da scarpate molto elevate, corrispondenti a ripe d'abrasione o a piani di faglia rielaborati dall'azione del mare.

Un lembo di calcari cretaci, appartenenti al rilievo murgiano ma completamente racchiuso fra sedimenti quaternari, costituisce la cosiddetta Murgia di Matera e di Laterza. Questo affioramento calcareo è stato profondamente inciso da solchi erosivi, a pareti assai ripide, chiamati *gravine*, diretti all'incirca da Nord a Sud. In genere si tratta di corsi d'acqua sovrainposti e, a tratti, condizionati da linee di faglia.

II.4.5 La Penisola Salentina

La parte estrema della regione mostra un paesaggio basso ed uniforme, con quote medie prossime ai 100 m.

Un elemento morfologico di rilievo, strettamente connesso a fatti tettonici, è rappresentato da dorsali poco elevate, note localmente con il nome di *serre*. Queste dorsali, la cui caratteristica principale consiste nell'asimmetria del profilo trasversale con il versante orientale più ripido di quello occidentale, sono allungate in genere da Nord-Ovest a Sud-Est e risultano intervallate da aree depresse subpianeggianti. Le Serre si sviluppano in particolare nei quadranti sud-occidentali del Salento, costituendo un unico e continuo rilievo che sfiora i 200 m di quota; esso è esteso all'incirca da Galatone a Gagliano del Capo ed è conosciuto con il nome di *Murge salentine*.

Differenze morfologiche si rilevano fra la costa adriatica e quella ionica. La prima, in particolare nel tratto compreso fra Otranto e S. Maria di Leuca, è caratterizzata da una costa alta e ripida, una vera e propria falesia, a luoghi incisa da profonde forre (ad esempio, il Vallone del Ciolo). La costa ionica è invece bassa e mostra un susseguirsi di spiagge separate da piccoli promontori calcarenitici appena elevati sul mare. Nell'immediato retroterra ionico si notano, inoltre, lembi di terrazzi marini disposti a varie quote: le più basse di queste superfici, ubicate sui 10-15 m e sui 3-4 m sul mare possono essere collegate a variazioni glacioeustatiche del livello marino prodottesi nel corso dell'ultima glaciazione.

Nel Salento il carsismo epigeo è generalmente meno sviluppato rispetto al Gargano ed alle Murge: non mancano, tuttavia, esempi di ampie doline e profondi inghiottitoi. Su alcuni tratti costieri adriatici, infine, le pareti della falesia sono segnate da numerose grotte, alcune delle quali, ad esempio la Grotta Romanelli o le Grotte di Porto Badisco, di grande interesse geologico e preistorico.

II.5 I Caratteri Climatici ed Idrografici

II.5.1 Clima

La Puglia è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo, con inverno mite e poco piovoso e stagione estiva calda e secca; appartiene dunque alle aree con climi marittimi temperati (o climi sub-tropicali ad estate secca). L'Appennino offre alla regione un certo riparo dai venti occidentali, mentre essa rimane esposta alle correnti atmosferiche provenienti dall'Adriatico e da Sud. Questo le conferisce una minore piovosità rispetto alle regioni del versante tirrenico ed è anche causa di frequenti passaggi bruschi tra tempi meteorologici diversi. I mesi estivi sono caratterizzati da siccità dovuta alle masse d'aria calda e secca tropicale che dominano sul bacino del Mediterraneo. I mesi invernali e autunnali presentano frequente nuvolosità e piogge relativamente abbondanti, recate in genere da venti sciroccali, avvicendate con periodi sereni e piuttosto freddi provocati da venti settentrionali e di NordEst. In primavera s'intercalano anche correnti da SudOvest, di provenienza africana, apportando caldi precoci ed aria soffocante.

I giorni piovosi sono scarsi: il loro numero è compreso tra 60 e 80. La neve è fugace eccetto che per l'alto Gargano e per il Subappennino dauno. Annualmente la regione riceve in media poco più di 600 mm di pioggia; la maggiore piovosità si osserva sul Gargano con 1.100-1.200 mm totali annui, interessato da piogge di tipo orografico a cui si aggiungono quelle d'origine frontale legate alla ciclogenese del Mediterraneo orientale. La minore piovosità si osserva sul Tavoliere, con valori totali annui al di sotto dei 450 mm ed in una ristretta fascia costiera intorno a Taranto. Nel Subappennino dauno si avvicina a 900 mm annui e la maggior parte delle aree pianeggianti ha meno di 700 mm annui. In tutta la regione, le precipitazioni si concentrano per oltre il 60% nei mesi autunno-invernali, con massimi nel Salento dove raggiungono l'80%.

Il ciclo annuo mostra un solo massimo di piovosità ben distinto in novembre o in dicembre, mentre il minimo quasi sempre ricade in luglio per tutta la regione.

La stagione estiva è caratterizzata da una generale aridità su tutto il territorio: infatti, ad eccezione del Gargano e del Subappennino dove si hanno precipitazioni di poco superiori a 50 mm, i valori sono inferiori a 30 mm; in alcuni anni i mesi estivi sono stati del tutto privi di pioggia. Succede, tuttavia, che non siano infrequenti i brevi ed intensi rovesci estivi con punte 30-50 mm in pochi minuti. Elevata è, infine, la variabilità interannuale delle piogge: si può passare in una qualunque stazione dai 300 mm di un anno ai 900-1.000 mm dell'anno seguente, come è accaduto a Bari nel 1913 (371 mm) e nel 1915 (1.095 mm).

Nella Figura II.5-1, tratta da un rapporto dell'Archivio cartografico della Regione Puglia, è riportata la mappa delle isoiete relative all'intero territorio regionale.

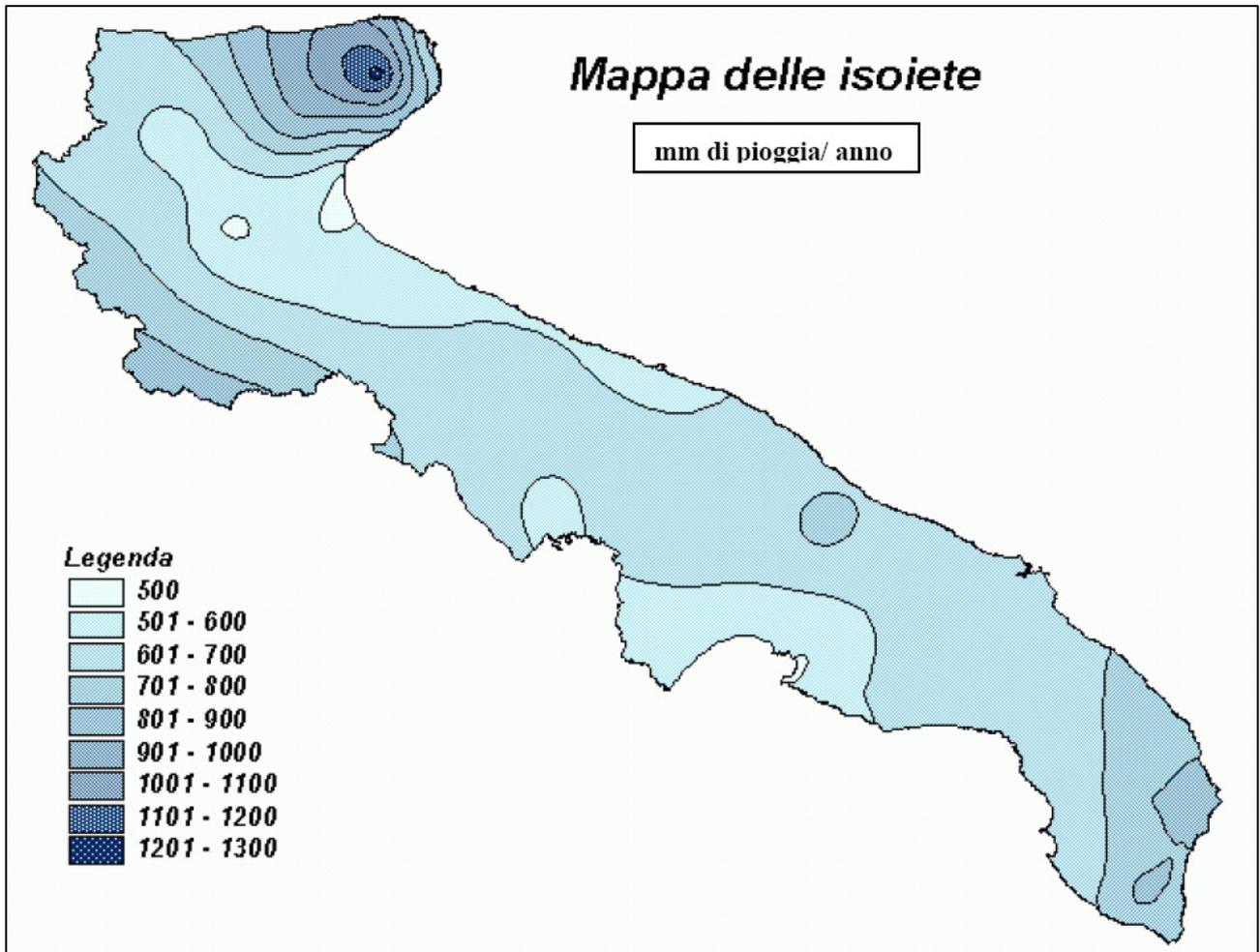


Figura II.5-1 Isoiete

La maggior parte della regione ha una temperatura media annua compresa tra 15° C e 17° C. Il mese più freddo è gennaio. I valori più bassi si registrano sul Gargano e sul Subappennino dauno con 3° C, mentre quelli più alti nelle zone costiere della penisola salentina. I mesi più caldi sono luglio e agosto con temperature medie di 27° C -28° C. Foggia, con medie estive intorno ai 29° C e con frequenti punte intorno ai 40° C è una delle città più calde d'Italia. I giorni di "gelo", con temperature sotto 0° C, sono 15-16 nel Subappennino, meno nelle altre aree. I giorni "tropicali", quelli cioè con temperature superiori a 30°C sono mediamente 30 lungo la costa barese ed 80 nella zona compresa tra Taranto e Lecce.

Nella Figura II.5-2, tratta da un rapporto dell' Archivio cartografico della Regione Puglia, è rappresentata la mappa delle temperature medie per il territorio regionale.

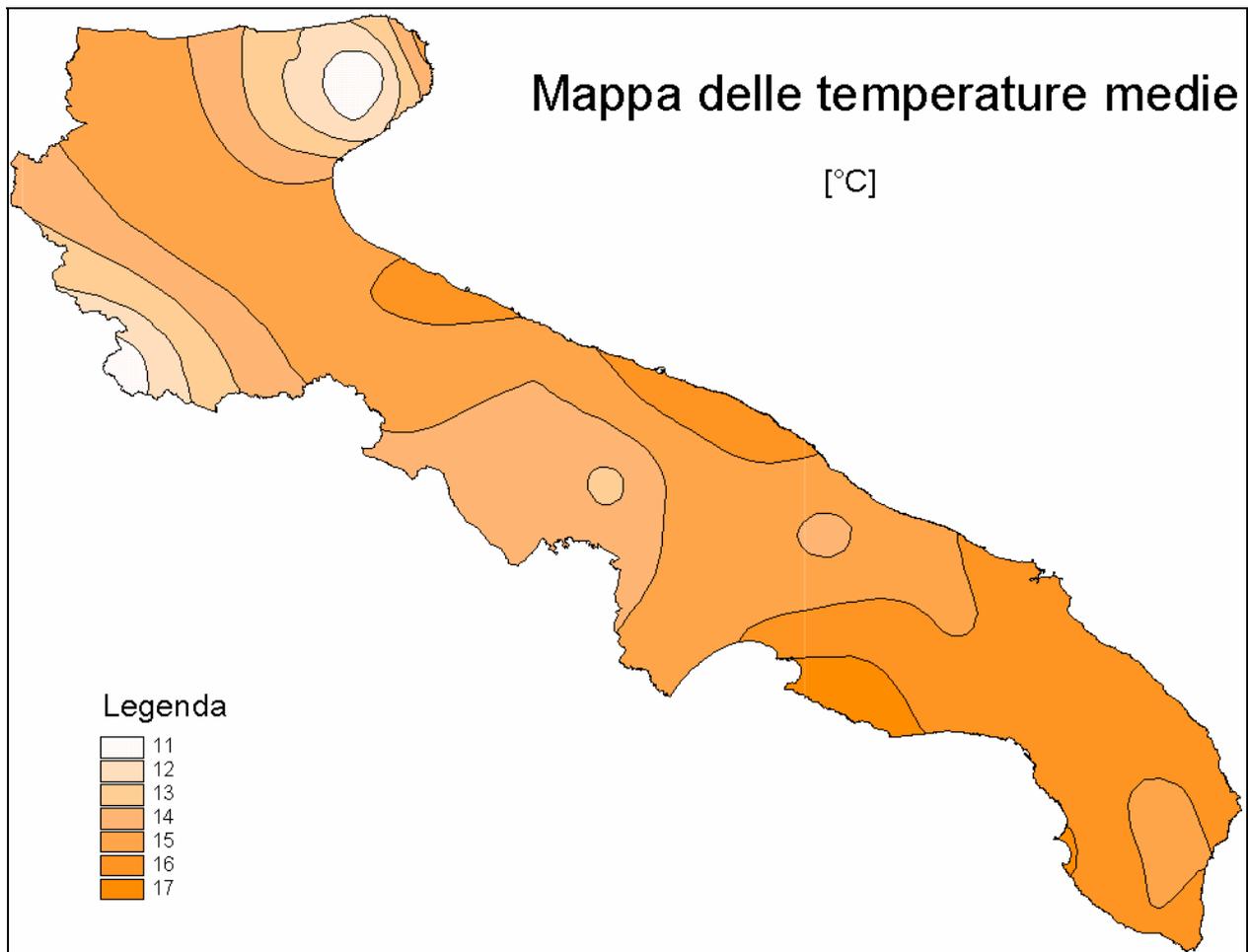


Figura II.5-2 Temperature medie

II.5.2 Idrografia

Il paesaggio pugliese è dominato quasi dovunque dal calcare che può essere affiorante, coperto da formazioni rocciose o da strati più o meno sottili di terreno agrario. Proprio nella diffusione delle rocce calcaree stanno le radici di un autentico problema pugliese, tanto che Ovidio la chiamò "*siticulosa*". La natura prevalentemente carsica del territorio, eccezione fatta per il Tavoliere, rende la regione estremamente povera di risorse idriche superficiali. Nel contempo, il territorio è dotato di risorse idriche sotterranee anche notevoli, che hanno a tutt'oggi consentito per vaste aree il mantenimento della vocazione prevalentemente agricola ed in

qualche caso l'integrazione di quelle risorse idropotabili ed industriali addotte in Puglia da regioni limitrofe, oggi sicuramente insufficienti rispetto alla domanda.

Priva di montagne, la Puglia è dunque povera di corsi d'acqua: la "protezione" appenninica da Ovest e la sua esposizione ad Est la rendono, inoltre, soggetta a scarse precipitazioni che il terreno, quasi tutto di natura carsica, assorbe copiosamente. Per secoli gli abitanti della regione hanno dovuto far ricorso alle poche acque sorgive ed a quelle carsiche sotterranee. In effetti sotto costa non mancano polle ed emergenze anche di tipo termale: in tutta la regione si contavano fino a qualche decennio addietro ben 175 sorgenti. Oggi con la perforazione di pozzi profondi si è indotto l'inaridimento di scaturigini millenarie.

Fra le principali manifestazioni sorgentizie si possono ricordare quelle che bordano il Gargano, alcune alimentando i laghi di Lesina e Varano, altre confluendo direttamente in mare. Fra quelle interne merita un cenno particolare la scaturigine di San Nazario presso Sannicandro Garganico con acque termali (26° C). L'entità delle emergenze è piuttosto modesta, ascrivibile a pochi l/sec tranne qualche raro caso, come ad esempio quello della sorgente del Caruso presso Vieste. Altre sorgenti si rinvennero naturalmente nel Subappennino nei dintorni di Alberona, Bovino, Accadia ed altri centri. Anche queste hanno portate assai modeste. Le Murge, come il Gargano ma in misura molto minore, hanno emergenze carsiche sottocosta: fra tutte va ricordata quella di Torre Canne che alimenta antiche famose Terme. Il Salento, infine, è ricco di sorgenti: nel tarantino alcune contornano il Mar Piccolo e pur avendo buone portate (la sorgente Galese arriva anche oltre i 500 l/s) non sono adeguatamente sfruttate anche per la scarsa altezza sul livello del mare. Altre emergenze importanti sono quelle dell'Idume (minimo 700 l/s), di Chidro presso Manduria (anche 3.000 l/s come portata massima) e di Santa Cesaria Terme a Sud di Otranto. Alcune di queste determinano la formazione di piccoli laghi e di brevi corsi d'acqua. La natura di tali risorse idriche sotterranee, le particolari fenomenologie che ne regolano i processi d'alimentazione, deflusso e scarica, e l'influenza che, per essere la Puglia una regione costiera, è esercitata dal mare sulle acque sotterranee, rendono quanto mai delicato il problema di una loro oculata gestione e di un loro corretto impiego.

Sono dunque di attualità problemi relativi alla degradazione delle acque sotterranee, sia per quanto riguarda fenomeni di contaminazione salina, che interessano ormai vaste aree specialmente nel Salento, sia per quanto riguarda fenomeni di inquinamento antropico, derivanti dalla pratica di utilizzare il sottosuolo come ricettacolo finale di reflui ed altri corpi inquinanti che, solo in ridotta misura rispetto alle reali esigenze, sono trattati.

Un'altra caratteristica dell'idrografia pugliese è rappresentata dalla presenza di frequenti bacini endoreici, per i quali lo spartiacque forma una linea chiusa, nel cui interno l'area del bacino forma una depressione. Detti bacini sono caratterizzati da assenza di corsi d'acqua, perduta per infiltrazione ed evapotraspirazione, che altrimenti darebbero luogo alla formazione di laghi.

Fra i fiumi il più importante è l'Ofanto che nasce presso Nusco in Irpinia e dopo 165 Km si versa nell'Adriatico a Nord di Barletta. Gli altri corsi d'acqua che solcano il Tavoliere sono: il Candelaro (70 Km), il Salsola (60 Km), il Cervaro (80 Km), il Carapelle (85 Km), il Celone (59 Km) ed altri. Tutti questi, hanno avuto per gli abitanti della Piana di Foggia importanza vitale.

Altri corsi d'acqua di interesse regionale sono il Fortore (86 Km, di cui 25 Km in Puglia), il Lato ed il Galese nel tarantino, il Canale Reale presso Brindisi. Praticamente trascurabile il Bradano che scorre quasi per intero in Basilicata.

Le portate medie dei torrenti sono assai esigue. Il regime è fortemente irregolare e torrentizio caratterizzato da magre estive e da piene autunnali-invernali, che in passato hanno dato luogo a rovinose esondazioni.

Tra i pochi bacini lacustri pugliesi, di una certa estensione sono quelli costieri a Nord del Gargano, caratterizzati da ridotta profondità. Essi sono: i laghi di Lesina (area di 51 Km² e profondità massima di 1,5 m) e di Varano (60 Km² e 5,5 m rispettivamente), costituiti da antiche lagune. La costituzione di barre costiere, alimentate dai detriti trasportati dal Fortore, dal Saccione, dal Biferno e dagli altri corsi appulo-molisani, ha creato in epoca preistorica il bacino di Lesina e successivamente in epoca romana quello di Varano.

Alcune altre conche costiere risultano di notevoli dimensioni, come ad esempio l'area lagunare fra Manfredonia e Barletta (laghi di Salpi, Verzentino e della Contessa), della quale, dopo secolari tentativi di bonifica, sopravvive l'area destinata alle saline di Margherita di Savoia. Altri bacini sono di piccole e minuscole dimensioni, come ad esempio i laghi Alimini presso Otranto, tuttora esistenti, e circa 40 piccoli laghi, in gran parte costieri (il lago Sant'Egidio presso Vieste, le Paludi presso Trani, il laghetto di Torre Canne a Nord di Brindisi, le aree palustri delle Cesine e di San Cataldo ad Est di Lecce), da tempo prosciugati.

II.5.2.1 I bacini della Puglia settentrionale: fiumi Ofanto, Carapelle, Cervaro, Candelaro e i bacini del Gargano

Come detto, il reticolo idrografico superficiale del territorio pugliese è scarsamente sviluppato, a causa della natura fondamentale calcarea dei terreni, tranne che nella zona pedegarganica e del Tavoliere, dove una minore permeabilità consente la formazione di diversi corsi d'acqua. Caratterizzati da regime torrentizio, essi hanno origine nella parte nord-occidentale della regione, ai confini con il Molise, la Campania e la Basilicata, e sviluppano il loro corso prevalentemente nel Tavoliere.

I bacini principali della Puglia settentrionale sono quelli dei fiumi Ofanto, Carapelle, Cervaro, Candelaro, nonché i bacini minori del Gargano. I limiti dei bacini suddetti sono rappresentati nella figura successiva, dove è riportata anche l'ubicazione delle stazioni idrometrografiche. Il regime dei deflussi è principalmente condizionato da quello degli afflussi, data la mancanza di forti precipitazioni nevose e di apporti glaciali. Nella successiva tabella sono riportate le caratteristiche generali dei bacini (superficie, perimetro, densità di drenaggio, precipitazione media annua del periodo 1921-70).

La prevalente appartenenza dei bacini suddetti all'unica area idrogeologica del Tavoliere non impedisce tuttavia una netta differenziazione delle loro configurazioni idrografiche: mentre il bacino dell'Ofanto si sviluppa in massima parte nel complesso e tormentato ambiente geologico e morfologico dell'Appennino lucano, degli altri bacini solo le parti più montane, e per brevi tratti, sono incise nelle unità del bordo orientale esterno alla catena appenninica.

I bacini idrografici più estesi risultano quelli dell'Ofanto e del Candelaro. La valle dell'Ofanto segna grosso modo il confine tra le due unità morfologico-strutturali dell'altopiano della Murgia e del bassopiano del Tavoliere di Foggia.

Il fiume Ofanto ha un bacino che interessa il territorio di tre regioni, Campania, Basilicata e Puglia, ed ha forma pressoché trapezoidale, superficie di 2.790 Km² e altitudine media di 450 m. La lunghezza dell'asta principale è di circa 165 Km, l'afflusso medio annuo è di circa 720 mm; la temperatura media annua è di poco superiore a 14 °C. I corsi d'acqua secondari del fiume Ofanto si sviluppano in un ambiente geologico e morfostrutturale chiaramente appenninico, con rare eccezioni (per esempio il torrente Locone).

Il bacino del torrente Candelaro, invece, è quasi esclusivamente impostato sul tipico ambiente geomorfologico del Tavoliere di Puglia. Solo le parti più montane dei corsi d'acqua risultano essere incise, peraltro per brevi tratti, nei terreni flysciodi appartenenti alle Unità del bordo orientale esterno della Catena

appenninica. Il torrente scorre ai piedi del Gargano, con direzione NordOvest-SudEst, in corrispondenza di una faglia di distensione instauratasi durante l'emersione del promontorio, ha una lunghezza di 67 Km circa e accoglie le acque di un bacino di 2.050 Km².

Poco sviluppato è il versante sinistro, in corrispondenza della parete di faglia, mentre molto più esteso è il versante destro, solcato da vari affluenti. I principali sono i torrenti Triolo, Salsola e Celone che hanno origine nel Subappennino dauno e, dopo aver ricevuto numerosi subaffluenti, talvolta importanti (quali il canale S. Maria per il Triolo, il Vulgano e il Casanova per il Salsola, lo Jorenzo per il Celone), attraversano la piana di Capitanata in direzione SudOvest-NordEst, conflueno nel Candelaro all'altezza del suo corso medio.

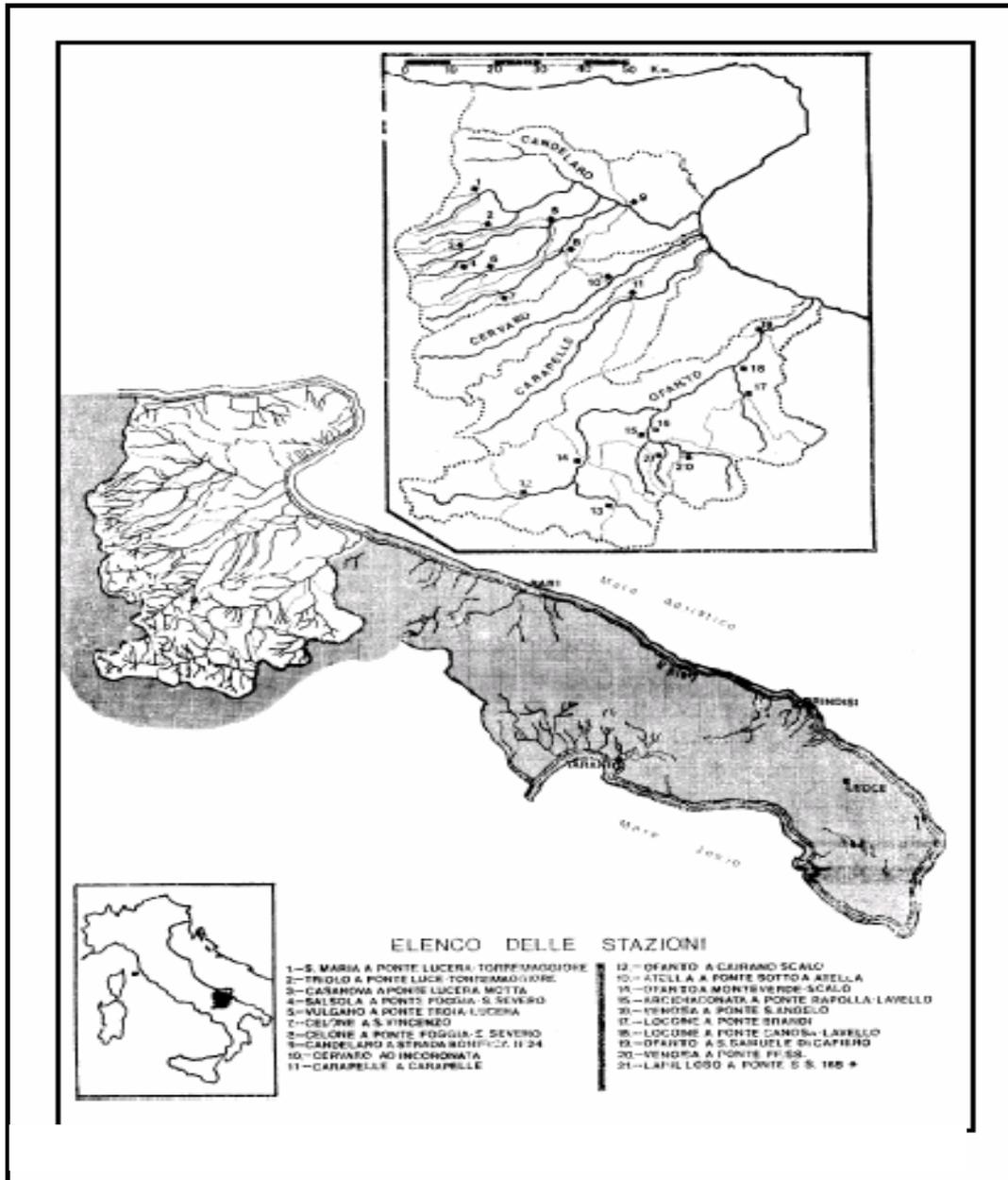


Figura II.5-3 Bacini idrografici della Puglia settentrionale

Bacino	Area (Km ²)	Perimetro (Km)	Densità di Drenaggio (Km/Km ²)
Ofanto	2702.8	319.9	2.16
Cervaro	539.2	148.6	1.90
Carapelle	714.9	171.1	1.59
Candelaro	1777.9	221.0	1.55

Tabella II.5-1 Caratteristiche generali dei bacini della Puglia settentrionale

II.5.2.2 Idrografia dell'Arco Ionico

La porzione settentrionale del territorio della provincia di Taranto rispecchia i caratteri tipici dell'intero territorio pugliese e cioè la sostanziale assenza di idrografia superficiale attiva. Ad esclusione delle gravine e di altre incisioni di minore entità, mancano precise direttrici superficiali di deflusso e lo smaltimento delle acque di precipitazione avviene attraverso forme carsiche ipogee. Tuttavia, il reticolo idrografico sotterraneo non è sempre in grado di smaltire i volumi d'acqua derivanti da eventi piovosi di notevole entità: in tali casi le gravine, che in condizioni normali sono asciutte, diventano attive convogliando anche portate elevate. La maggior parte delle gravine sfocia nella piana costiera caratterizzata da pendenze bassissime e dalla mancanza di un reticolo idrografico superficiale che raccolga il deflusso superficiale; l'area costiera rappresenta anche la zona di recapito delle acque sotterranee che fluiscono nell'acquifero carbonatico.

I principali corsi d'acqua della zona del tarantino sono il Tara, il Lenne ed il Lato.

Il fiume Tara nasce presso Valenza (torrente Gravina Gennarini). Scorre dalla località Gennarini alla confluenza del canale Maestro col nome di canale Stornara. Sfocia nel golfo di Taranto in località "il Pino Solitario".

Il fiume Lenne nasce in contrada la Giunta (torrente Lama di Lenne) e sfocia nel golfo di Taranto fra i boschi Romanazzi e i boschi di Marziotta. Riceve a destra il canale Marziotta.

Il fiume Lato raccoglie le acque provenienti dalla gravina grande di Castellaneta e dalla Gravina di Laterza. Si forma nella parte finale della lama di Castellaneta, all'altezza di Masseria Perrone e scorre per circa 5 km lambendo il territorio di Palagiano; sfocia nel golfo di Taranto, a Torre del Lato.

II.5.2.3 I Laghi

I due maggiori laghi pugliesi, di Varano e di Lesina, sono di origine lagunare e, pertanto, di scarsa profondità; entrambi si estendono lungo il versante settentrionale del Gargano sul livello del mare. Il Lago di Varano ha un'estensione di 60,5 kmq (è al settimo posto fra i laghi italiani), uno sviluppo costiero di 33 km ed una profondità massima di 6 m. Il Lago di Lesina ha una superficie di 51,36 kmq (è al nono posto tra i laghi d'Italia), un perimetro costiero di 50 km ed una profondità massima di 2 m. Lungo la costa orientale del Tavoliere, c'erano due lagune malariche: il Lago Salso e il Lago Salpi, ora non più laghi. Il secondo è stato interamente bonificato.

A nord di Otranto ci sono i laghi Alimini e Fontanelle. Il Lago Alimini è molto più lungo (2,5 km) che largo (di solito mezzo chilometro). Nasce dal Canale Stritto che, a sua volta, deriva dal Lago Fontanelle. Il Lago Fontanelle è lungo quasi due chilometri e largo circa 300 m.

II.6 Gli Schemi Idrici

Di seguito vengono illustrati i principali schemi idrici, costituiti da opere idrauliche con le quali sono stati effettuati collegamenti tra le fonti di approvvigionamento e gli utilizzatori finali delle risorse idriche destinate a qualsiasi uso, che interessano il territorio di competenza della Autorità di Bacino della Puglia e non, indicando le più rilevanti opere esistenti lungo le aste dei fiumi o dei loro affluenti nonché le disponibilità idriche derivabili dalle singole opere.

A causa delle caratteristiche idromorfologiche della Regione Puglia, gli schemi idrici principali interessati sono in maggioranza a carattere interregionale; questi, tutti ad uso plurimo (potabile, irriguo ed industriale), sono:

- lo schema dell'Ofanto che interessa la Puglia, la Campania e la Basilicata;
- lo schema del Candelaro che interessa la Puglia e la Campania;
- lo schema Jonico-Sinni che interessa la Puglia, la Calabria e la Basilicata;
- lo schema del Fortore che interessa la Puglia ed il Molise;

Sono inoltre presenti schemi idrici di minore sviluppo, utilizzati prevalentemente per soddisfare l'esigenze idriche per uso irriguo, che sfruttano risorse superficiali e di falda, quali gli schemi dell'Idume, del Chidro-Sinni, del Carapelle e Gravine-Pentecchia, questi ultimi due in fase di costruzione.

Di seguito si riportano, in breve, le definizioni utilizzate per caratterizzare le opere principali degli schemi:

- capacità massima di un invaso (espressa in milioni di mc): esprime il volume massimo di acqua che può essere accumulato nel serbatoio;
- capacità utile di un invaso (espressa in milioni di mc): rappresenta la capacità massima meno la capacità morta (volume non disponibile, al di sotto della quota di presa nell'invaso);
- disponibilità di acqua delle opere facenti parte di uno schema (espressa in milioni di mc/anno): rappresenta la disponibilità di risorsa idrica determinata in funzione del grado di rischio che si intende accettare e delle curve di regolazione degli invasi in funzione dell'uso. Ove possibile, in base alla disponibilità dei dati, si farà riferimento ai valori di T=5 e di T=50¹ riportati nell'Accordo di Programma del 05/08/99 per la gestione della risorsa idrica tra le Regioni Puglia e Basilicata. Nel caso delle traverse, per disponibilità si intende il volume annuo di acqua che può essere regolato dalle stesse (espressa in milioni di mc/anno);
- disponibilità potenziale: il volume di acqua che sarebbe disponibile se le opere oggetto di studio fossero completamente funzionanti.

Nella tabella a fine paragrafo si riporta un quadro di sintesi, nel quale si evidenziano la disponibilità potenziale e quella effettiva, dello stato degli schemi idrici ad uso plurimo che interessano il territorio regionale.

II.6.1 Schema del Fortore

Lo schema è di tipo interregionale e la rete di distribuzione interessa il territorio di competenza della Autorità di Bacino della Puglia in Capitanata.

L'invaso è denominato diga di Occhito ed è intercettato sul fiume Fortore.

¹ I valori T=5 e T=50 rappresentano la frequenza con cui si verifica un deficit pari quindi rispettivamente a 2 volte in 10 anni ed 1 volta in 50 anni.

II.6.1.1 Opere e disponibilità

L'invaso di Occhito sottende un bacino di circa 1.000 km²; lo sbarramento è realizzato in materiali sciolti e determina una capacità massima di 333 Mmc ed una capacità utile di 250 Mmc. La gestione della fonte è attualmente affidata al Consorzio per la Bonifica della Capitanata.

II.6.1.2 Sviluppo della rete primaria dello schema

Lo schema Fortore, per diversità orografica del territorio da esso sotteso, è suddiviso in due comprensori: Nord Fortore e Sud Fortore.

L'acqua viene derivata dalla diga di Occhito alla rete di distribuzione attraverso una galleria di adduzione (lunga 16 km) con portata di 30 mc/s. In località Finocchito una vasca di capacità pari a 30.000 mc costituisce il nodo idraulico per la ripartizione dell'acqua tra Nord Fortore, gli impianti Ente Autonomo Acquedotto Pugliese, distretto Staina e Sud Fortore.

Nel Nord Fortore l'adduzione primaria fa capo a 35 vasche di carico e compenso che servono a gravità 5 distretti irrigui, per una estensione complessiva di circa 40.000 ettari.

Nel comprensorio Sud Fortore, attraverso il canale del Tavoliere (lungo 22 km e con portata massima di 24 mc/s), l'acqua giunge ad una vasca (in attesa della realizzazione della diga sul Triolo), dalla quale si dipartono le reti di adduzione primaria. Vengono serviti 9 distretti irrigui a gravità per una estensione complessiva di circa 65.000 ettari.

La complessità idraulica di tale sistema è aggravata dalla necessità di ridurre, per ragioni di quota, la notevole pressione gravante sulla rete, per cui sono stati introdotti tre torrini piezometrici di disconnessione, con valvole di regolazione atte a ridurre i carichi di esercizio entro valori accettabili (minori di 10 bar).

II.6.2 Schema Ofanto

Lo schema Ofanto è di interesse interregionale e ricade nel territorio di competenza della Autorità di Bacino della Puglia.

Gli invasi presenti sono cinque: Conza e Osento, in Campania, Rendina, in Basilicata, Marana Capacciotti e Locone, in Puglia. Le risorse idriche rese disponibili da tale schema soddisfano i fabbisogni irrigui ed industriali dei territori lucani e pugliesi del medio e basso Ofanto.

II.6.2.1 Opere e disponibilità

La disponibilità effettiva è condizionata dallo stato in cui si trovano le principali opere dello schema. La mancanza di serie storiche di dati relativi alle disponibilità idriche non consente di individuare le disponibilità potenziali ed effettive relative al valore T=50.

L'invaso di Conza è ubicato sull'asta principale del fiume Ofanto in Campania e presenta una capacità utile di 54 Mmc. La gestione della fonte è attualmente affidata all'Ente per l'Irrigazione di Puglia Lucania ed Irpinia. La disponibilità potenziale, pari a 59,2 Mmc, si riferisce al deflusso D0,20 (T=5) annuo. La disponibilità effettiva attuale è pari a 27 Mmc poiché l'invaso è in fase di riempimento sperimentale.

L'invaso di Osento, ubicato sull'omonimo affluente del fiume Ofanto, presenta una capacità utile di 14 Mmc.

La gestione della fonte è attualmente affidata al Consorzio per la Bonifica della Capitanata. La disponibilità potenziale, pari a 9 Mmc, si riferisce al deflusso D0,20 annuo. La diga presenta un problema di natura strutturale e necessita di interventi di manutenzione straordinaria; pertanto la disponibilità effettiva attuale di acqua è pari a 7 Mmc.

L'invaso di Rendina è ubicato in località Abate Alonia, sull'omonimo affluente in destra idraulica del fiume Ofanto. Presenta una capacità utile di 21,8 Mmc ed è gestito dal Consorzio di Bonifica Vulture Alto Bradano. La disponibilità potenziale, pari a 32 Mmc, si riferisce al deflusso D0,20 annuo. La diga presenta una incrinatura e nei prossimi anni non verrà utilizzata per consentirne la riparazione. Pertanto la disponibilità effettiva di acqua è attualmente nulla.

L'invaso di Locone è sito nella parte bassa del corso del fiume Ofanto e intercetta le acque del torrente Locone. Presenta una capacità utile di 105 Mmc ed è gestito dal Consorzio di Bonifica Terre d'Apulia. La disponibilità potenziale del torrente Locone è pari a 8 Mmc e si riferisce al deflusso D0,20 annuo. La disponibilità effettiva del bacino idrografico del torrente Locone sarà integrata, sino al raggiungimento della capacità utile d'invaso, dalle fluenze del fiume Ofanto captate dalla traversa Santa Venere e trasportate alla diga per mezzo dell'adduttore Santa Venere - Locone. Attualmente l'invaso è in fase di riempimento sperimentale, pertanto è autorizzato ad invasare sino ad un massimo di 38 Mmc di risorsa idrica. In deroga alla fase di riempimento sperimentale, l'invaso del Locone negli ultimi anni ha reso disponibile 12,5 Mmc per soddisfare i fabbisogni irrigui dei comprensori Minervino Alto e Loconia nella parte pugliese della destra Ofanto.

L'invaso di Marana Capacciotti è sito in Puglia sulla sponda sinistra del fiume Ofanto; presenta una capacità utile di 46 Mmc ed è gestito dal Consorzio per la Bonifica della Capitanata. La disponibilità potenziale è nulla, in quanto la risorsa proveniente dal proprio bacino idrografico è trascurabile. L'acqua invasata dipende quasi esclusivamente dalle fluenze del fiume Ofanto captate dalla traversa Santa Venere e trasportate all'invaso per mezzo dell'adduttore Santa Venere - Capacciotti. Ugualmente la disponibilità effettiva è nulla.

L'invaso di Lampeggiano è sito in Basilicata e realizzato sull'omonimo torrente; ha una capacità utile di 3,4 Mmc ed è attualmente in fase di riempimento sperimentale.

La Traversa Santa Venere costruita sull'asta principale del fiume Ofanto, nell'omonima località dell'agro di Melfi, ha una capacità di captazione pari a 12 mc/s. Attuale gestore dell'opera è il Consorzio di Bonifica Vulture Alto Bradano. La traversa rappresenta il punto nodale dello schema Ofanto, in quanto, durante la stagione invernale, contribuisce ad integrare le disponibilità dei bacini idrografici dell'invaso del Rendina, del Locone e di Capacciotti.

Durante la stagione primaverile - estiva, invece, l'acqua captata alimenta una parte dei comprensori irrigui della destra e della sinistra Ofanto. L'adduttore Santa Venere - partitore è un canale a pelo libero lungo 7 km con una capacità di trasporto pari a 12 mc/s. L'acqua, captata dalla traversa Santa Venere defluisce al partitore. Da quest'ultimo, gestito dall'Ente Irrigazione, si diramano le adduzioni verso gli invasi del Rendina, del Locone e della Marana Capacciotti.

L'adduttore partitore - invaso Marana Capacciotti ha una lunghezza di 22 km ed una capacità di trasporto di 8 mc/s. Trasporta, durante la stagione invernale, una parte della risorsa idrica captata dalla traversa Santa Venere all'invaso di Capacciotti. Durante la stagione irrigua, invece, soddisfa direttamente i fabbisogni irrigui della parte alte del comprensorio della sinistra Ofanto.

L'adduttore partitore - invaso del Rendina ha una lunghezza di 12 km ed una capacità di trasporto di 4 mc/s. Trasporta una parte della risorsa idrica captata dalla traversa Santa Venere all'invaso del Rendina. Anche questo adduttore soddisfa, durante la stagione irrigua, i fabbisogni irrigui di una parte del comprensorio destra Ofanto

lucano.

L'adduttore partitore - invaso del Locone ha una lunghezza di 37 km; trasporta una parte della risorsa idrica captata dalla traversa Santa Venere all'invaso del Locone.

II.6.2.2 Sviluppo della rete primaria dello schema

Sull'asta principale del fiume Ofanto, in località Conza (Campania), e sul suo affluente Oseno, in località S. Pietro (Avellino), sono stati realizzati due invasi le cui acque vengono rilasciate in alveo durante il periodo irriguo.

A valle degli stessi invasi, in località Santa Venere in agro di Melfi nella parte inferiore del fiume, è stata realizzata una traversa che intercetta le portate fluenti dal bacino idrografico del fiume Ofanto e gli scarichi delle dighe di monte.

Dalla traversa Santa Venere ha origine un canale a pelo libero (adduttore Santa Venere – partitore), sul quale, in località Pantanelle, è posizionato un manufatto (partitore in destra Ofanto) che convoglia le acque intercettate dalla traversa in tre adduttori tubati verso gli invasi di Rendina, Locone e Marana Capacciotti.

L'adduttore partitore - Marana Capacciotti serve il Consorzio di Bonifica della Capitanata e attraversa (in ponte-tubo) il fiume Ofanto fino all'impianto di sollevamento di Canestrello (dove alimenta due distretti irrigui), prosegue poi (in canale a pelo libero) sulla sinistra Ofanto dove raggiunge (in condotta tubata) l'invaso di Marana Capacciotti, dopo aver attraversato una galleria.

II.6.3 Schema Candelaro

Lo schema del Candelaro interessa gran parte del territorio di Capitanata e, pertanto, ricade nel territorio di competenza della Autorità di Bacino della Puglia. A tale schema idrico appartiene l'invaso del Celone (tributario del torrente Candelaro), sull'omonimo torrente. Lo sbarramento è denominato Torre Bianca ed è realizzato in terra con un nucleo centrale di tenuta e determina una capacità utile di 17 Mmc. La gestione della fonte è attualmente affidata al Consorzio per la Bonifica della Capitanata.

II.6.4 Schema Jonico-Sinni

Lo schema Jonico-Sinni interessa un territorio vasto, comprendente l'arco ionico lucano e pugliese, il salento e, parzialmente, la zona ionica calabrese, ricadente, in parte, nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia. L'utilizzazione della risorsa idrica resa disponibile dallo schema interessa gli usi potabile, agricolo ed industriale.

II.6.4.1 Opere e disponibilità

L'invaso del Sinni a Monte Cotugno è sito in Basilicata e riceve le libere fluenze del fiume Sinni, le acque derivate dal torrente Sarmento e quelle provenienti dal fiume Agri. L'invaso, gestito dall'Ente Irrigazione, è l'opera centrale dell'intero schema idrico e presenta una capacità utile di 430 Mmc. La sua disponibilità potenziale annuale è pari a 413 Mmc per T=5 e 360 Mmc per T=50.

La traversa Sarmento è sita in Basilicata, sull'omonimo torrente, presenta una potenzialità di derivazione verso l'invaso di Monte Cotugno che è legata alla funzionalità della gronda di collegamento (portata massima 25 mc/s). La gestione della traversa è affidata al Consorzio di Bonifica Bradano - Metaponto.

La disponibilità potenziale annuale è pari ad un volume di 67 Mmc per T=5 e 46 Mmc, per T=50.

La disponibilità effettiva è nulla in quanto la traversa è in fase di completamento, così come la gronda di collegamento all'invaso di Monte Cotugno. Pertanto, al momento non vi sono disponibilità effettive per uso irriguo per i Consorzi di bonifica pugliesi.

La traversa Santa Laura è ubicata in Basilicata. Attualmente è sifonata e la sua disponibilità idrica attuale è nulla (disponibilità potenziale 3 Mmc).

L'invaso del Pertusillo è ubicato in Basilicata sul fiume Agri. E' gestito dall'Ente Irrigazione.

La disponibilità potenziale annua, in funzione della regolazione pluriennale dell'invaso, è pari a 250 Mmc per T=5 e 205 Mmc per T=50. La disponibilità effettiva è pari a quella potenziale.

La traversa Agri è localizzata in Basilicata sull'omonimo fiume; per mezzo di una gronda di collegamento (portata massima 18 mc/s) convoglia le acque nell'invaso di Monte Cotugno.

La traversa ha una potenzialità di derivazione pari a un volume annuo di 50 Mmc per T=5 e 37 Mmc, per T=50. La disponibilità effettiva è pari a quella potenziale.

La traversa Sauro è ubicata in Basilicata sull'omonimo torrente e presenta una portata massima di 12 mc/s. La capacità di derivazione è pari a un volume annuo di 47 Mmc per T=5 e 28 Mmc; per T=50. La traversa è in fase di completamento, così come la relativa gronda di collegamento con l'invaso di Monte Cotugno. Pertanto la disponibilità effettiva è attualmente nulla.

La traversa di Gannano è ubicata in Basilicata lungo il fiume Agri e assicura una disponibilità potenziale di 10 Mmc. Attualmente l'utilizzazione a monte della traversa da parte del Consorzio di Bradano - Metaponto è pari a 6 Mmc.

L'invaso di San Giuliano è sito in Basilicata, riceve le libere fluenze del fiume Bradano e presenta una capacità utile di 90 Mmc. La gestione è affidata al Consorzio di Bradano - Metaponto. La disponibilità potenziale annuale, al netto dei volumi intercettati dagli invasi di Acerenza, Genzano e Basentello, è pari ad un volume di 55 Mmc per T=5 e 52 Mmc per T=50. La disponibilità effettiva per l'invaso di San Giuliano, secondo quanto riportato dall'Accordo di Programma, è pari a 81 Mmc per T=5 e 72 Mmc per T=50. In base alle osservazioni dei dati di afflusso registrati alla sezione d'invaso forniti dal Consorzio di Bradano - Metaponto, che ha la gestione diretta dell'opera, la disponibilità garantita dallo stesso è pari a 30 Mmc con frequenza dell'80% e di 25 Mmc con frequenza del 90%.

II.6.4.2 Sviluppo della rete primaria dello schema

Dall'invaso di Monte Cotugno l'adduzione è realizzata per mezzo della cosiddetta canna del Sinni il cui tracciato, lungo 134 km circa, raggiunge la località di Monteparano (in provincia di Taranto). Questo adduttore è costituito da tre tronchi realizzati in epoche diverse.

Il primo comprende un tracciato di circa 65 km che dalla diga di Monte Cotugno raggiunge la vasca di Ginosa, svolgendo la duplice funzione di trasporto all'estremità e di distribuzione. Lungo il percorso, infatti, sono presenti 23 derivazioni irrigue, ad uso irriguo del Metapontino alto (Consorzio di Bradano e Metaponto), e derivazioni per usi industriali. Dalla vasca di Ginosa, oltre al canale di alimentazione del secondo tronco della canna del Sinni, si dipartono tre derivazioni: una irrigua per il Consorzio di Stornara e Tara, una per l'uso potabile gestito dall'EAAP

ed una per il collegamento con l'invaso di San Giuliano (Bradano e Metaponto). In corrispondenza del nodo di Ginosa è anche ubicato il centro di supervisione e controllo del sistema di telecontrollo dell'intero impianto.

Il secondo tronco si sviluppa dalla vasca di Ginosa fino a Macchia delle Caselle, per circa 55 km, e comprende un tratto intermedio in condotta tubata (38 km) e due canali a pelo libero, posti all'inizio ed alla fine della condotta stessa. L'immissione in condotta dal canale avviene attraverso una vasca di carico posta in località Gaudella (in agro di Castellaneta) mentre, al terminale della condotta, le valvole di regolazione con annessa torre piezometrica (posta in agro di Statte) mantengono il carico idraulico e regolano il deflusso delle acque nel secondo canale. Al termine del secondo tronco è ubicata una vasca che immette l'acqua nel successivo tronco di condotta. Lungo il tracciato sono ubicate sei derivazioni ad uso irriguo nel Consorzio di Stornara e Tara ed una presa per uso industriale (ILVA).

Il terzo tronco inizia dalla vasca di Macchia delle Caselle e si sviluppa per oltre 13 km sino al nodo idraulico terminale di Monteparano. Da quest'ultimo partono le opere di irrigazione del Salento che utilizzano anche le acque prelevate dalla sorgente Chidro. Parte dello schema Jonico - Sinni, per le peculiari caratteristiche e problematiche che emergono, è descritta più avanti, nell'ambito del sottoschema Chidro-Sinni.

II.6.5 Schemi Idrici Minori

Gli schemi idrici minori sono stati messi a punto per soddisfare il fabbisogno irriguo, per mezzo di reti pubbliche, in aree più o meno limitate, in cui per la pratica irrigua si utilizza prevalentemente acqua di falda prelevata per mezzo di pozzi privati, spesso in maniera eccessiva ed incontrollata. Questi schemi, che interessano quasi tutti i Consorzi della Puglia, si caratterizzano essenzialmente per lo sfruttamento di risorse idriche regionali convenzionali (acque superficiali e di falda) e non (acque reflue depurate e sorgenti salmastre), ma non sono attualmente in funzione.

II.6.5.1 Schema Idume

Lo schema Idume, quando completato, permetterà l'estendimento irriguo nell'area a nord di Lecce, per circa 12.000 ettari, attraverso la realizzazione di opere di captazione, di compenso annuale (invasi corona) e di trattamento terziario delle acque reflue di Lecce. Attualmente sono state completate le opere (primo stralcio) che consentono lo sfruttamento a scopo irriguo delle acque della sorgente Idume (in grado di fornire una portata di 0.30 mc/s) e delle acque reflue dell'abitato di Lecce (che possono assicurare una risorsa idrica per 0.35 mc/s). Queste opere permetteranno l'irrigazione di una superficie di circa 2.300 ettari nel Consorzio di Bonifica di Ugento e Li Foggi. L'impianto non è funzionante per via degli elevati costi di affinamento terziario delle acque reflue e di miscelazione con quelle salmastre provenienti dalla sorgente dell'Idume.

II.6.5.2 Schema Chidro-Sinni

Questo sottoschema, previsto nell'ambito del progetto speciale n.14 (P.S. 14) dell'Intervento Straordinario per il Mezzogiorno, si inquadra nelle opere previste in maniera specifica per l'Irrigazione del Salento con acque dell'acquedotto Sinni e risorse locali. Con questo progetto si prevedeva di utilizzare risorse idriche convenzionali (quali quelle del Sinni invase a Monte Cotugno, quelle della falda idrica sotterranea dei calcari delle "Serre Salentine" e delle sorgenti costiere) e acque non convenzionali (provenienti dagli impianti depurativi).

In dettaglio, il PS 14 per il Progetto Irrigazione Salento prevedeva l'impiego delle seguenti risorse idriche:

- Sinni: 160 milioni di mc;
 - falda idrica sotterranea: 39 milioni di mc;
 - sorgenti: 61 milioni di mc;
 - impianti epurativi (P.R.A.): 53 milioni di mc;
- per un totale di 313 milioni di mc.

Attualmente sono state realizzate solo parte delle opere previste dal progetto di massima, che interessano i comprensori irrigui dei Consorzi di Bonifica Arneo e Ugento-Li Foggia.

Le opere già realizzate sono:

- la condotta adduttrice fino a Leverano (località Perruzzi) di 60 Km, più la rete secondaria di compenso (6 Km) con le vasche e piezometri;
- l'invaso Pappadai (13 Mmc di capacità utile d'invaso) con il relativo impianto di sollevamento;
- le vasche di regolazione di Monteparano, Sava, San Paolo e Monteruga;
- i torrini piezometrici di Sava, Avetrana, Monteruga e Zanzara;
- l'attrezzamento di circa 9.500 ettari nel Consorzio di Bonifica Arneo.

La vasca di Monteparano rappresenta il nodo cruciale per il riempimento invernale dell'invaso Pappadai e per l'utilizzazione estiva delle acque da accumulare in esso, nonché per l'alimentazione di parte dell'area di Taranto. Lo schema Chidro-Sinni non è entrato in esercizio, perché per il suo funzionamento era prevista la disponibilità dell'acqua del Sinni.

II.6.5.3 Schema Carapelle

Lo schema, localizzato nella parte centro-meridionale del Tavoliere (consorzio della Capitanata) e le cui fonti di approvvigionamento sono rappresentate dai torrenti Carapelle e Cervaro e dai loro affluenti, non è stato ancora realizzato.

È prevista la creazione di un invaso a Palazzo d'Ascoli con una capacità utile di 67 milioni di mc (di cui 40 milioni di mc saranno destinati agli usi agricoli, mentre la rimanente parte avrà utilizzi industriali, distribuiti su un comprensorio di 30.000 ettari), dell'invaso sul Carapelle, in prossimità della Masseria Tufarelle, e della traversa di derivazione sul torrente Cervaro (queste opere dovrebbero consentire un accumulo di acqua per circa 85 milioni di mc, da destinare per il 50% all'irrigazione e per il restante 50% alle industrie).

II.6.5.4 Schema idrico Gravina-Pentecchia

Questo schema (non ancora realizzato), andrebbe ad integrare quello interregionale Jonico Sinni, utilizzando le acque dei torrenti Gravina, Pentecchia e Capodacqua, affluenti del Bradano a valle dell'invaso di S. Giuliano. La quantità di risorsa idrica che si potrebbe accumulare sarebbe pari a circa 39 milioni di mc, destinati a soddisfare le esigenze idriche e civili del comprensorio di bonifica montana della Murgia, oltre a quelli dei comprensori irrigui individuati lungo il corso dei bacini in provincia di Bari e Matera per una superficie di circa 8.400 ettari.

Schema idrico	Invaso o Traversa	Capacità Utile Mm ³	Disponibilità Totale		Disponibilità Effettiva	
			Potenziale Mm ³ T=50	T=5	Attuale in Mm ³ T=50	T=5
Jonico-Sinni	Invaso del Sinni a Monte Cotugno	430	413	360	413	360
	Traversa Sarmiento		67	46		
	Traversa Sauro		47	28		
	Invaso del Pertusillo		250	205	250	205
	Traversa Agri		50	37	50	37
	Traversa Santa Laura		3			
	Traversa Gannano		10		6	
	Invaso di S. Giuliano	90	55	52	30 ⁽¹⁾	
	Medio Basento (fiume libere)					
Tot. schema Jonico-Sinni			895	728	719	602
Ofanto	Invaso di Conza	54	59.2		27	
	Invaso dell'Osento	14	9		7	
	Traversa S.Venere		80.4 ⁽²⁾		80.4 ⁽²⁾	
	Invaso di Marana Capacciotti	46				
	Invaso del Locone ⁽³⁾	105	8		8	
	Invaso del Rendina ⁽⁴⁾	21.8	32			
	Invaso di Lampeggiano	3.4	3.4			
Totale schema Ofanto			192	0	122.4	0
Fortore	Invaso di Occhito	250	160		160	
Totale schema Fortore			160	0	160	0
Candelaro	Invaso Celone (Torre Bianca)	17	17		17	
Totale schema Fortore			17	0	17	0

Tabella II.6-1 Schemi idrici interessati per l' approvvigionamento della Regione Puglia

(1) Il dato relativo alla disponibilità registrata all'invaso di San Giuliano è il risultato di elaborazione effettuata sulla base delle misurazioni condotte direttamente dal Consorzio di Bonifica Bradano - Metaponto e si riferisce ad una probabilità di frequenza dell'80%. La disponibilità della risorsa di questo invaso è ripartita in parti uguali tra il Consorzio di Bonifica Bradano-Metaponto e quello Stornara e Tara come da specifica convenzione esistente.

(2) Rappresenta il volume di acqua intercettabile alla traversa S. Venere (esclusa l'acqua rilasciata dagli invasi a monte) e che viene in buona parte trasferita negli invasi posti a valle della stessa quali Marana Capacciotti, Locone e Rendina. Per quest'ultimi invasi la disponibilità potenziale ed effettiva è riferita solo alla risorsa idrica derivante dai propri bacini idrografici.

(3) L'invaso è in fase di riempimento sperimentale.

(4) Attualmente l'invaso è in fase di ristrutturazione.

Fonti e studi di riferimento

Consorzio di Bonifica delle Capitanate

Autorità di Bacino della Basilicata

INEA -Stato dell'irrigazione in Puglia -2002 -

II.7 I Caratteri Storici e Paesaggistici

La caratterizzazione storico-paesaggistica del territorio pugliese è un'operazione di particolare complessità che deve considerare da un lato l'esteso arco temporale in cui l'elemento antropico ha determinato modificazioni nell'assetto territoriale, dall'altro la struttura geomorfologia e la posizione geografica della regione.

Nel primo millennio a.C. si costituisce un'area culturale abbastanza omogenea – la Japigia – che entra in contatto con le colonie magno greche pur continuando a contrapporsi. Solo con la conquista romana si attua un processo di integrazione in una compagine più ampia, che ne valorizza il ruolo di collegamento con l'oriente; l'influenza romana si attua attraverso le grandi vie di comunicazione, la via Appia e la via Traiana, la fondazione di nuove città e la centuriazione, ossia la suddivisione del territorio in maglie quadrate di 710 m per 50 ettari di estensione.

Con la decadenza dell'Impero si registra un ritorno alle forme di insediamento sparse sul territorio e a forme di produzione legate all'attività silvo-pastorale ed ad un'agricoltura primitiva. E' questo il periodo che vede fiorire una civiltà rupestre fortemente legata ai caratteri del territorio, in concomitanza con il clima di insicurezza determinato dallo scontro tra Bizantini e Longobardi. Non si tratta di un fenomeno localizzato, bensì di un carattere comune all'intero territorio pugliese, che solo in parte si giustifica con gli apporti dei monaci basiliani.

La conquista normanna ed il successivo periodo federiciano costituiscono un momento di riorganizzazione del territorio attraverso cui si impone un modello di sviluppo che assicura una stretta relazione tra centri costieri ed entroterra. Segni della rinascita sono il ripopolamento delle città interne, la fondazione di masserie regie e casali, legate a formare un tessuto produttivo in equilibrio tra attività agricola e pastorizia.

Nei secoli che vanno dal XV al XVIII lo spostamento dei circuiti commerciali dal Mediterraneo all'Atlantico e una generale militarizzazione del territorio nei confronti della potenza turca sono motivo del crollo dell'economia pugliese, che torna ad essere incentrata sull'allevamento e su una agricoltura di tipo estensivo. La necessità di controllare capillarmente le esigue fonti di fiscalità è alla radice di una trasformazione imponente del territorio che viene organizzata in funzione dei centri agricoli esistenti e delle infrastrutture necessarie per l'esercizio delle attività legate alla pastorizia. Con l'istituzione della Regia Dogana delle pecore nel 1443 ad opera di Alfonso il Magnanimo viene dato l'avvio ad un sistema organizzato di spazi e percorsi necessari alle esigenze delle greggi, per cui il territorio si arricchisce di numerosi manufatti quali masserie, poste, jazzi, piscine, pozzi, neviere e tratturi che sono giunti fino a noi pur con importanti modifiche.

Al centro degli estesi latifondi in cui il territorio era diviso si ponevano in posizione strategica le masserie, variabili per dimensione, destinazione d'uso, articolazione e dotate di una varietà di spazi che le rendeva autosufficienti. Nel seicento e nel settecento, con l'acuirsi dei fenomeni legati al brigantaggio, si rende necessario munirle di opere difensive quali torrette e caditoie. Altra tipologia di manufatto è la Posta, presente nei territori doganali di Andria, Ruvo, Spinazzola e Minervino, le cui strutture sono state trasformate in vere e proprie masserie, o lo jazzo che ne costituisce l'evoluzione e che consiste in un complesso per l'allevamento ovino, normalmente esposto a Sud e dotato di stalle al coperto, stanze per gli operatori, spazi per la mungitura e recinti per la raccolta delle pecore. Molto spesso lo jazzo si associava alla masseria come spazio complementare e talvolta come spazio integrato. Infine i tratturi, Barletta-Grumo e Melfi-Castellaneta, vere e proprie autostrade al servizio delle greggi, che, provenendo dai monti abruzzesi e lucani, svernavano nelle terre destinate a pascolo (le locazioni, ossia terreni fiscali di dimensioni notevoli) attribuite dal doganiere.

II.8 I Caratteri Ambientali: la Vegetazione

La Puglia, dal punto di vista biogeografico rientra in quella regione del globo definita "bioma mediterraneo", collocata intorno al 40° di latitudine, il cui clima è fortemente influenzato dal bacino del Mediterraneo (Whittaker, 1970): le precipitazioni sono modeste rispetto alla media nazionale e per di più concentrate in un ben determinato periodo dell'anno in cui possono verificarsi anche fenomeni estremamente intensi; le temperature hanno un massimo estivo ed un minimo invernale con escursioni diurne abbastanza limitate.

La particolare tipologia del regime climatico è strettamente connessa ai fattori fisici che caratterizzano il territorio pugliese. Infatti, la Puglia presenta un perimetro costiero estremamente elevato (condizione che influenza l'umidità dell'aria e la piovosità), mentre dal punto di vista orografico la regione non presenta particolari rilievi montuosi. I principali rilievi sono concentrati nell'area Garganica e del Subappennino dauno; passando verso Sud si incontra un'area pianeggiante (il Tavoliere), attraversata dai principali corsi d'acqua della Puglia, Candelaro ed Ofanto; segue poi la zona delle Murge, piuttosto estesa, in cui prevalgono aree collinari con quote che talvolta raggiungono i 650 metri; infine vi è la penisola salentina, costituita da un'area estremamente pianeggiante e dotata di un debole corrugamento di natura tettonica con quote che al più raggiungono i 250 m.

A questi caratteri climatici fa riscontro una notevole varietà della vegetazione che comprende 20.000 specie, delle quali ben il 38% sono endemiche (Sigismondi e Tedesco, 1990).

Le specie vegetali che vivono in ambiente mediterraneo presentano una caratteristica fisionomia, acquisita come strategia adattativa alle condizioni climatiche, in particolare alla prolungata aridità estiva, alla morfologia del substrato ed alla tipologia del suolo.

I principali adattamenti sono: la sclerofillia (comparsa di un tessuto meccanico di sostegno nell'apparato fogliare -lo sclerenchima - che, instaurando una tensione capillare, determina l'aumento della forza con cui la pianta preleva l'acqua dal terreno), lo xeromorfismo (aumento della capacità di assorbimento e della ritenzione dell'acqua), la persistenza del fogliame e la ripresa autunnale dell'attività vegetativa.

La tipica vegetazione a macchia della Puglia è una degradazione della originaria copertura a sclerofille sempreverdi della regione mediterranea, derivante dalla sostituzione delle foreste con boschi o con formazioni arbustive, a causa della forte pressione antropica; le aree naturali nella regione occupano, infatti, solo il 7-10% del territorio e sono costituite da isolate e degradate fitocenosi: ciò è dovuto essenzialmente alla crescente occupazione delle superfici di vegetazione spontanea con colture agrarie sempre più specializzate, come ad esempio mandorlo, ulivo e vite.

Per avere un quadro di riferimento territoriale, è opportuno trattare i biotopi all'interno delle cinque aree geografiche in cui si è soliti suddividere la regione.

II.8.1 Il Gargano

Il promontorio del Gargano, con i 1.065 m di M. Calvo e i 1.009 di M. Spigno, interrompe la monotonia del paesaggio costiero del medio Adriatico.

Lo sperone d'Italia, costituito di bianca roccia calcarea, si protende per circa 30 km nell'Adriatico verso i Balcani: ciò ha consentito il diffondersi nella regione di essenze vegetali di origine balcanica, quali la vallonea (*Quercus macrolepis* Kotschy) e il fragno (*Quercus troiana* Webb), due specie quercine presenti esclusivamente in Puglia (nel Gargano, nelle Murge e nel Salento).

Il Gargano è la subregione pugliese con il più alto indice di boscosità: all'elevata successione altimetrica e all'eterogenea fisiografia corrisponde un complesso mosaico di tipologie vegetazionali determinato dall'incontro delle componenti mediterranee con aspetti moderatamente continentali. Sulle ripide scogliere si estendono ricche formazioni a pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*), intrecciate con formazioni sempreverdi mediterranee come il mirto (*Myrtus communis* L.), il rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.), il leccio (*Quercus ilex* L.), il lentisco (*Pistacia lentiscus* L.), il caprifoglio (*Lonicera capifolium* L.); allontanandosi dal mare, con l'aumento di quota, il clima si fa più continentale e si riscontrano formazioni a roverella (*Quercus pubescens* Willd) e cerreti (*Quercus cerris* L.).

A quote più elevate appaiono le formazioni di faggio (*Fagus sylvatica*), che sul Gargano è presente alle più basse altitudini italiane; questa specie infatti, che in ambiente appenninico compare in genere al di sopra dei 900-1.000 m, si trova nel bosco di Ischitella e nella foresta Umbra, a quote di 270 m e 370 m, frammisto a specie arboree ed erbacee tipiche della macchia.

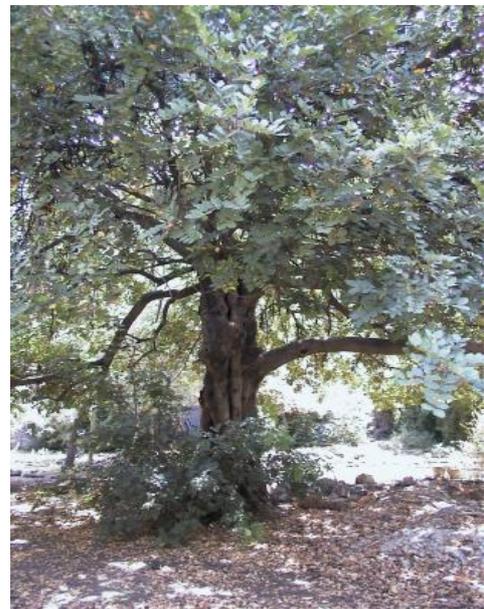


Figura II.8- *Pinus Halepensis, Quercus ilex*

II.8.2 Il Subappennino Dauno

La Puglia comprende la parte più orientale della catena appenninica, costituita da una dorsale allineata in direzione Nord-Ovest-SudEst (Monti della Daunia), che degrada prima rapidamente e poi dolcemente sino all'estesa pianura del Tavoliere. È l'unica area che non si affaccia sul mare, risentendo così di un clima più continentale: le temperature medie annue, infatti, sono le più basse della regione (11,1° C a Monteleone di Puglia).

Il prolungato periodo di basse temperature determina una vegetazione di tipo montano, con dominio di caducifoglie arboree; sulle basse e medie pendici compaiono formazioni a roverella, mentre a quote più alte predominano formazioni a cerro. Lungo gli argini e nelle aree depresse umide e impaludate dei corsi d'acqua che dalle alture appenniniche, decorrendo da SudOvest a NordEst, alimentano i principali corsi d'acqua che solcano il Tavoliere di Foggia (Ofanto, Carapelle, Cervaro e Candelaro), è presente una vegetazione arborea e arbustiva costituita da salici, pioppi bianchi, olmi campestri. Oggi però questa vegetazione idrofila risulta fortemente depauperata a causa della cementificazione degli argini, del prelievo eccessivo di acqua e della presenza di sbarramenti sui corsi d'acqua per la realizzazione di invasi artificiali.



Figura II.8-1 *Quercus pubescens*, *Quercus coccifera*

II.8.3 Il Tavoliere

È una estesa piana alluvionale che si estende in direzione SudEst-Nord-Ovest dal fiume Ofanto sino al lago di Lesina. Il clima si mantiene pressoché uniforme, a parte il tratto sud-orientale aperto sul mare Adriatico, sensibilmente più mite per l'effetto barriera del promontorio Garganico a Nord-NordEst. La temperatura media annua è di 15,5° C, con un massimo estivo di 25,5° C ed un minimo invernale di 6° C e la quantità media annua di pioggia è la più bassa di tutta la regione (<400 mm)

La vegetazione spontanea è praticamente assente, perché sostituita da colture cerealicole e orticole, diffuse in tutta l'area da tempi assai remoti. L'essenza arborea più diffusa è la roverella che frequentemente si presenta in forma arbustiva e cespugliosa, a causa sia del disboscamento e del pascolamento eccessivo sia della scarsa disponibilità idrica del suolo.

II.8.4 Le Murge

Si tratta di un bastione calcareo che dal Tavoliere giunge fino alla piana di Brindisi, per continuare poi nelle Serre Salentine e precipitare nel mar Ionio. Presenta un clima mediterraneo modificato in senso continentale per effetto sia del settore nord-orientale europeo che occidentale appenninico, con temperature invernali relativamente basse ed una accentuata aridità estiva. È possibile distinguere due settori: quello di nord-ovest e quello di sud-est, contraddistinti da una diversa identità floristica, faunistica e storico-culturale.

L'alta Murgia si presenta come un piatto e arido pascolo pietroso, con lievi ondulazioni che culminano nei 679 m s.l.m. del M. Caccia, fortemente segnata da fenomeni carsici (grandi doline, lame e inghiottitoi). Le precipitazioni vengono immediatamente assorbite e riposano in cavità carsiche oppure entrano in reti di circolazione sotterranea: il terreno viene eroso e trasportato a valle lasciando scoperto il basamento calcareo. L'attuale aspetto dell'alta Murgia, caratterizzato da una bassa vegetazione erbacea, deriva da attività antropiche, quali il disboscamento, il pascolo e gli incendi che hanno prodotto il dilavamento superficiale dello strato di terreno fertile, impedendo la ricrescita del bosco. Lungo il versante Adriatico, tuttavia, sono presenti formazioni arboree a pino d'Aleppo e specie quercine, quali la roverella e la spinosa (*Quercus coccifera* L.), tipiche dell'area.

Le Murge sud-orientali si presentano con altitudini meno elevate, intorno ai 400-500 m, e piccoli avvallamenti; le grandi doline sono sostituite da piccole doline in cui si raccoglie la terra rossa che con la sua fertilità ha facilitato la messa a coltura.

La vegetazione naturale è assai più ricca; si conservano grandi boschi in cui domina il fragno (*Quercus troianus*), mentre la roverella si presenta come specie secondaria. Gli endemismi principali si trovano nelle gravine, caratterizzate da una maggiore disponibilità idrica, per la presenza di acqua circolante nella roccia, e da una maggiore quantità di luce e calore per la particolare posizione e inclinazione delle pareti. Fra questi sono rilevanti: la campanula pugliese (*Campanula Versicolor*), la rara *Salvia Triloba*, la rara graminacea *Aegilops uniaristata*, e molte specie di Orchidacee. Con il decrescere della quota, il clima si fa più caldo e secco ed appaiono tipiche formazioni mediterranee dominate dal leccio. Tracce di formazioni a quercia da sughero (*Quercus suber* L.) sono presenti sul versante adriatico tra Savelletri e Ostuni e nel tratto dell'altopiano che degrada verso le piane del brindisino.

II.8.5 La Penisola Salentina

Protesa per circa 120 km nel Mediterraneo, tra il mar Adriatico e lo Ionio, la penisola salentina è caratterizzata da una ridotta altitudine e da un microclima tipicamente mediterraneo, con le più miti temperature invernali regionali e la più accentuata aridità estiva.

L'interno è abbastanza uniforme e segnato dalle coltivazioni, soprattutto ulivi e vigneti, che ricoprono quasi tutto il territorio. Gli ambienti naturali sono quasi scomparsi e la superficie boschiva è la più bassa d'Italia, meno dell'1%. Per la sua posizione di ponte proteso verso l'Oriente, il Salento presenta un ricco patrimonio naturale costituito da molte specie trans-adriatiche quali: Quercia vallonea, *Periploca greca*, *Erica manipuliflora* e varie orchidee. Le essenze arboree dominanti sono essenzialmente sclerofille sempreverdi fra cui le più rappresentative sono il leccio e la spinosa che un tempo dovevano costituire estesi boschi.

II.9 Fonti Storiche Utilizzate per la Individuazione delle Aree Critiche Soggette a Pericolosità

L'individuazione e la perimetrazione delle aree soggette a pericolosità idraulica e geomorfologica (intese rispettivamente nel senso di aree inondabili e/o aree soggette ad allagamento ed aree interessate da movimenti di pendio) del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia è stato attuato, in questa fase, sulla base delle informazioni storiche relative ad eventi calamitosi verificatisi nel passato.

Il ricorso a tale criterio può considerarsi certamente utile ed irrinunciabile allorché non si dispone di studi idraulici o idrologici estesi con lo stesso grado di dettaglio a tutto il territorio oggetto di studio. Ciò è ancora più vero nel caso dell'Autorità di Bacino della Puglia, il cui territorio risulta notevolmente esteso (circa 20.000 kmq) e caratterizzato da evidenti disomogeneità o differenze sostanziali nelle caratteristiche intrinseche dei reticoli idrografici e dei caratteri geomorfologici dei terreni costituenti le superfici di versante.

Il ricorso all'informazione storica quale strumento di riconoscimento delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica e geomorfologica è altresì suggerito dalla normativa di riferimento in materia di difesa del suolo. Il D.P.C.M. 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" indica che le "Autorità di Bacino e le regioni potranno utilizzare, a corredo delle informazioni disponibili presso le loro strutture tecniche, reperibili in loco o raccolte con l'interpretazione geomorfologica delle osservazioni di campagna, delle foto aeree etc., le informazioni archiviate dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche (GNDCI-CNR), nell'ambito del progetto Aree Vulnerate Italiane (AVI), i cui risultati sono presentati sinteticamente in rapporti regionali editi a cura del GNDCI-CNR" e disponibili on-line per la consultazione.

Per la finalità di elaborazione del Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del territorio di competenza dell'Autorità di bacino della Puglia, le fonti di informazioni storiche che si sono rese disponibili e che sono state implementate sono:

- Banca dati Progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane);
- Banca dati Progetto VAPI (Valutazione Piene);
- Banca dati Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani);
- Piani Straordinari Interventi Urgenti (ai sensi della L. 267/98 e 226/99);
- Carta geologica d'Italia, in scala 1:100.000;
- Studi territoriali di settore e documentazione tecnica prodotta da Amministrazioni locali.

Di seguito è riportata una sintetica descrizione delle accennate banche dati.

II.9.1 Banca Dati Progetto AVI

Nel progetto AVI, redatto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche (GNDCI-CNR) l'indagine storica è consistita in un censimento delle informazioni di cronaca relative alle fonti giornalistiche, in particolare quelle locali, che riportavano notizie relative ad eventi calamitosi di origine idraulica o geomorfologia. Il periodo della ricerca copre l'intervallo temporale compreso tra gli

anni 1919 e 1996. I dati raccolti sono confluiti in un apposito data base, oggetto di continuo aggiornamento ed integrazione con altre informazioni geologiche ed ideologiche che si rendono disponibili.

L'archivio ed il catalogo degli eventi calamitosi, pur non rappresentando una mappa del rischio o della pericolosità idrogeologica, consentono di avere una visione sinottica, la più accurata ed aggiornata ad oggi possibile, della distribuzione delle catastrofi idrogeologiche avvenute nel paese.

In particolare, il database AVI consta al momento di segnalazioni di eventi relativamente a calamità idraulica (AVI idraulica) e segnalazioni relativamente a frane (AVI geologico).

II.9.2 Banca Dati Progetto VAPI

Il progetto VAPI (Valutazione Piene), redatto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche (GNDCI-CNR) è un programma speciale operativo di valutazione delle portate di piena, corrispondenti ad assegnati periodi di ritorno, per i corsi d'acqua italiani. Lo studio si propone di utilizzare in maniera ottimale l'informazione idropluviometrica raccolta dal Servizio Idrografico ricorrendo a tecniche di analisi statistica su base regionale. In tal modo esso vuole rappresentare non solo una guida ma anche un supporto operativo, attraverso l'elaborazione di migliaia di dati idrologici, a singoli studi e progetti a scala di bacino.

Il Progetto VAPI per la Puglia, redatto dal CNR-GNDCI regionale, si è basato su una ricerca giornalistica relativa ad eventi alluvionali e fenomeni di piena verificatisi dal 1921 al 1985 nella Puglia Settentrionale.

II.9.3 Progetto IFFI

Il Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), finanziato con fondi del Comitato dei Ministri per la Difesa del Suolo ai sensi della Legge 183/89 e realizzato in collaborazione con le Amministrazioni Regionali e le Province Autonome, vuole supplire alla scarsità di dati omogenei e condivisi sulla distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio nazionale.

Gli obiettivi del progetto IFFI possono essere sintetizzati nei punti seguenti:

1. fornire un quadro certo ed aggiornato dei fenomeni di dissesto gravitativo sull'intero territorio nazionale attraverso la revisione e l'omogeneizzazione dei dati già disponibili e la loro integrazione nelle aree scarsamente indagate;
2. realizzare un Sistema Informativo Nazionale costituito da una cartografia informatizzata alla scala 1:25.000 ed il relativo database alfanumerico e iconografico, contenente tutti i dati censiti sulle frane in Italia;
3. fornire un contributo conoscitivo nel quadro più ampio degli strumenti necessari alla pianificazione territoriale a scala nazionale, nella valutazione qualitativa, quantitativa e tipologica del rischio da frana.

La metodologia utilizzata per la raccolta dei dati prevede l'interpretazione di foto aeree, l'analisi di fonti d'archivio e bibliografiche e le indagini dirette sul terreno.

II.9.4 Piani Straordinari Interventi Urgenti (ai sensi della L. 267/98 e 226/99)

L'ufficio Difesa del Suolo - Assessorato ai LL.PP. della Regione Puglia ha elaborato il Piano straordinario per l'assetto idrogeologico ai sensi della Legge 267/98 e della L. 226/99 avvalendosi del supporto tecnico-scientifico

dell'Istituto di Ricerca sulle Acque del C.N.R., del Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari, dell'Istituto Pugliese Ricerche Economiche e Sociali (IPRES) e del Dipartimento di Ingegneria delle Acque del Politecnico di Bari.

Questo piano individua, in forma preliminare, le aree a rischio molto elevato (secondo le procedure stabilite dall'DPCM 29.11.98 "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", ossia le zone R4).

I Piani Straordinari contengono, in particolare, l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato per l'incolumità delle persone e per la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale e culturale.

II.9.5 Carta Geologica d'Italia

La Carta geologica d'Italia dell'intero territorio nazionale, in scala 1:100.000, redatta dal Servizio Geologico Nazionale, è costituita da 278 fogli a copertura dell'intero territorio nazionale ed è stata completata nel 1976.

In tali carte, oltre ad informazioni di carattere geologico, sono riportate e perimetrare le aree del territorio che, a seguito del rilevamento eseguito, risultano interessate da frane o da dissesti geomorfologici di diverso tipo (fenomeni calanchivi, creep, etc.).

II.9.6 Studi territoriali di settore e documentazione tecnica prodotta da Amministrazioni locali

Sono state prese in esame, infine, tutte le informazioni relativamente ad eventi calamitosi desumibili da studi territoriali di settore o particolareggiati o da documenti ufficiali prodotti direttamente dalle amministrazioni locali competenti (Regioni, Province, Comuni, Enti pubblici, etc.) in relazione a specifiche esigenze (richiesta di stato di calamità naturale, relazioni danni a seguito di eventi calamitosi, etc.).

Il complesso delle informazioni desunte dalle sopra accennate fonti è stato utilizzato per l'individuazione, all'interno del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, delle aree soggette a pericolosità idraulica e geomorfologica. L'implementazione e la trasposizione delle stesse in formato cartografico, al fine di giungere ad una rappresentazione grafica della distribuzione delle suddette aree, è stata realizzata per mezzo di elaboratori elettronici corredati di software del tipo "Geographic Information System". La base cartografica di riferimento utilizzata per le operazioni è stata la cartografia topografica IGMI in scala 1:25.000, georeferenziata nel sistema di riferimento cartografico UTM, WGS-84, fuso 33. Quale ausilio sono state utilizzate anche la cartografia IGMI in scala 1:50.000 e le ortofoto pancromatiche (volo AGEA 1997) e a colori (volo IT 2000), quest'ultima limitatamente alle sole province di Foggia e Taranto.

Capitolo III Studio di Dettaglio dei Bacini Idrografici

III.1 Caratteri Generali

L'intero territorio pugliese è caratterizzato dalla presenza di bacini idrografici diversi per estensione e regime di afflussi e deflussi a loro volta ricollegabili al clima ed ai caratteri morfologici ed idrogeologici.

In prima approssimazione occorre operare una distinzione tra l'idrografia superficiale, che nel territorio pugliese è scarsamente sviluppata a causa della natura prevalentemente calcarea dei terreni (eccetto che nella zona pedegarganica e del Tavoliere, dove una minore permeabilità consente la formazione di diversi corsi d'acqua) e la circolazione idrica sotterranea, che, proprio a causa della stessa natura carbonatica dei terreni, riveste grande importanza nella regione.

Quest'ultimo tipo di circolazione varia localmente: nelle Murge, le acque della falda idrica profonda si muovono in pressione ed a profondità decrescente procedendo verso la costa; nel Salento, invece, le acque di falda circolano a pelo libero, pochi metri al di sopra del livello del mare; le acque dolci galleggiano su quelle salate dello Ionio e dell'Adriatico e la falda assume una caratteristica forma lenticolare.

In base alla estensione superficiale si individuano bacini maggiori come, ad esempio, il bacino dell'Ofanto, seguito nell'ordine dagli altri bacini del subappennino che versano in Adriatico (bacini del Candelaro, Cervaro e Carapelle).

Di minore estensione sono i bacini idrografici che tributano nel Mar Ionio (Lato, Lenne e Tara), i quali peraltro sono caratterizzati da differenti regimi e da peculiarità geomorfologiche: si tratta, infatti, di corsi d'acqua stagionali che raccolgono le acque pluviali sul fondo di strette e profonde incisioni carsiche (le cosiddette gravine) intagliate nelle rocce calcaree. Le acque di tali torrenti penetrano in parte attraverso le rocce calcaree alimentando le falde idriche e, ove sussistono le condizioni stratigrafiche, possono emergere in forma di sorgenti.

Alla stessa tipologia di bacino afferisce anche l'idrografia superficiale delle Murge unicamente rappresentata da una serie di solchi erosivi localmente denominati "lame", di varia lunghezza e larghezza, con fondo generalmente piatto: si tratta di resti di un'antica idrografia superficiale oggi scomparsa, che solo in occasione di precipitazioni abbondanti convogliano temporaneamente le acque di ruscellamento, assumendo il nome di "mene".

Un altro tipo di bacino è rappresentato dai bacini endoreici che rivestono una grande importanza per il territorio pugliese dato che interessano una notevole porzione di regione. Le acque fluenti in tali bacini non trovano recapito a mare; in essi vi è assenza di idrografia superficiale in quanto prevale la circolazione sotterranea. L'acqua che in essi affluisce superficialmente in parte subisce evapotraspirazione ed in parte penetra per infiltrazione entro i terreni permeabili e viene recapitata in falda attraverso le numerose e diversificate forme carsiche epigee ed ipogee.

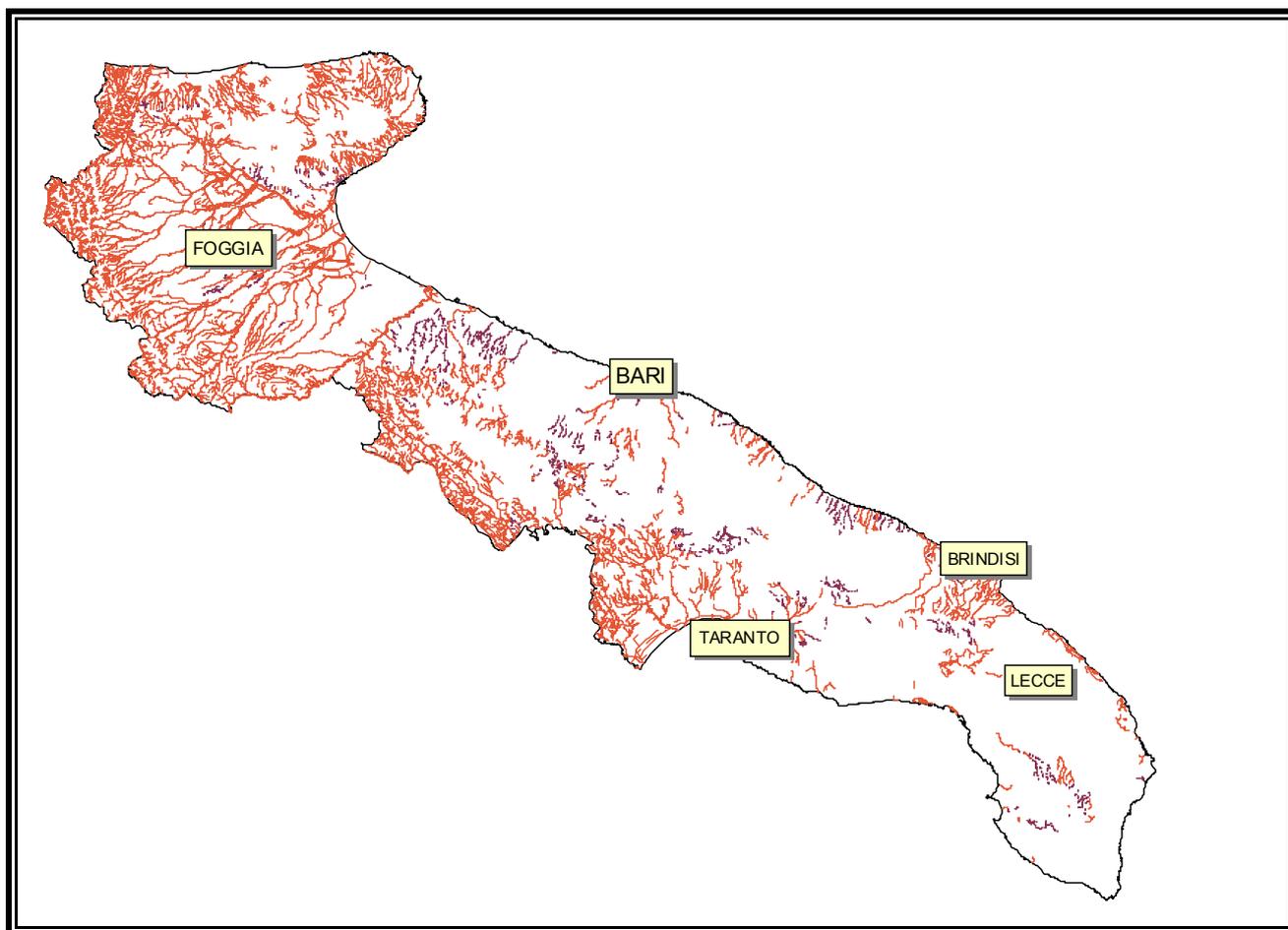


Figura III.1-1 Reticolo idrografico

III.1.1 La Puglia Settentrionale

La morfologia del **Subappennino dauno**, con quote che vanno dai 500 ai 1.150 m s.l.m nella sua parte settentrionale (che si estende grosso modo sino ad Orsara di Puglia) e comprese tra i 500 e i 950 m s.l.m. nella sua porzione più meridionale, è caratterizzata da un reticolo idrografico ben sviluppato.

Nel Subappennino settentrionale la discreta densità di drenaggio e la notevole pendenza determinano la formazione, nei periodi invernali, di piene improvvise e di breve durata, che esercitano una notevole azione erosiva nei confronti di formazioni geologiche a prevalente matrice sabbioso-limoso-argillosa. I terreni permeabili, invece, una volta saturi di acqua di infiltrazione, cedono la stessa in alveo, determinando deflussi idrici anche in periodi invernali siccitosi.

In definitiva, la maggior parte dei corsi d'acqua del Subappennino dauno, sia settentrionale che meridionale, evidenziano una generale tendenza all'erosione ed al conseguente trasporto torbido.

L'area è caratterizzata a Nord e Nord-Ovest dal bacino del fiume Fortore ed a Sud e Sud-Ovest dal bacino del torrente Candelaro.

La rete idrografica del Subappennino dauno meridionale è rappresentata dai due bacini idrografici principali del torrente Cervaro e del torrente Carapelle.

Sempre nell'ambito del settore settentrionale della Puglia, un discorso specifico merita la fascia subcostiera adriatica settentrionale, caratterizzata dalla presenza di una fitta rete idrografica. Anche in quest'area, infine, si evidenzia, da parte dei corsi d'acqua, una generale tendenza all'erosione ed al

conseguente trasporto solido; è evidente che la zona risulta particolarmente complessa e sensibile in relazione alla coesistenza (a livello stagionale) di acque superficiali, acque sotterranee ed acque marine di invasione continentale.

La porzione più settentrionale del **Tavoliere** è delimitata da una linea tettonica che localmente si estende da Torre Mileto fino alla diga di Occhito sul Fortore. Tale discontinuità strutturale ha determinato la formazione di uno spartiacque diretto parallelamente alla struttura ed un drenaggio delle acque verso Nord. In tempi successivi, la formazione di strutture minori trasversali rispetto alla principale, ha favorito il rimontare, verso Nord-Ovest, di taluni affluenti del torrente Candelaro, la cattura dei tratti alti dei corsi d'acqua del Tavoliere settentrionale e la conseguente migrazione verso Nord dello spartiacque. Una caratteristica di quest'area è data dal notevole approfondimento degli alvei fluviali attualmente in fase di notevole erosione regressiva.

Il Tavoliere centrale è attraversato dai torrenti Triolo, Salsola, Vulgano e Celone, affluenti del torrente Candelaro, il quale scorre da Nord-Ovest verso Sud-Est costeggiando il Promontorio del Gargano e riversa le proprie acque nel Golfo di Manfredonia. Qui i corsi d'acqua nascono dall'Appennino e, nel settore più occidentale, a ridosso dei rilievi del Subappennino dauno, scorrono in direzione da Ovest-NordOvest ad Est-NordEst per poi subire una piccola deviazione verso Nord-Est ed immettersi, per la maggior parte, nel torrente Candelaro. Nella porzione più orientale del Tavoliere centrale, che parte dai 100 m di quota e si raccorda con la piana costiera attuale, i corsi d'acqua che oggi la solcano nel passato dovevano divagare a lungo prima di immettersi nel torrente Candelaro, come testimoniano i numerosi tratti di paleoalvei con andamento meandriforme. Nel corso degli ultimi due secoli le variazioni di percorso di questi torrenti sono state anche determinate dalle numerose opere di sistemazione idraulica che si sono succedute, a volte, con effetti contrastanti.

Il basso Tavoliere è invece percorso dal Cervaro, dal Carapelle e da una serie di canali minori che sfociano, quando non si impantanano, nel mare Adriatico. Tale reticolo idrografico minore è costituito da corsi d'acqua che scorrono secondo una direzione ortogonale alla linea di costa sino all'altezza di Cerignola, dove subiscono una rotazione verso Nord legata probabilmente a recenti fasi di sollevamento differenziale. In definitiva si tratta di incisioni povere d'acqua, poco approfondite, che hanno esercitato una debole attività erosiva. Generalmente le prime precipitazioni intense autunnali non determinano deflussi idrici di interesse, tant'è che l'alveo resta asciutto a volte fino a dicembre. Soltanto quando i terreni affioranti nel bacino imbrifero risultano saturati dalle precipitazioni liquide e solide stagionali, allora improvvisamente si formano onde di piena caratterizzate da portate e coefficienti di deflusso elevati e di durata contenuta.

Nel **Gargano** non è presente alcun corso d'acqua perenne. Sugli estesi pianori a doline, situati sulle aree più elevate, è addirittura difficile individuare accenni di idrografia superficiale. Nelle altre porzioni del promontorio, numerosi sono invece i brevi corsi vallivi e le incisioni più ampie e profonde percorsi da acque torrentizie con abbondante trasporto solido in occasione di eventi meteorologici di forte intensità e breve durata.

Nel Gargano occidentale, a Sud-Ovest della linea Rodi Garganico-Mattinata, è evidente che l'istaurarsi della rete idrografica è stata in massima parte condizionata dalle dislocazioni tettoniche e che, data la forte permeabilità delle rocce che favorisce l'infiltrazione in profondità della maggior parte delle acque di pioggia, il ciclo erosivo si trova tuttora nella fase giovanile. Si osservano, infatti, ripide e profonde incisioni vallive in corrispondenza delle maggiori linee di faglia. A questo proposito esempi classici offrono la Valle Stignano e

la Valle Carbonara, impostatesi lungo la stessa linea di faglia con direzione Est-Ovest. La stessa cosa avviene per le valli (ad esempio, per la Valle Stretta), che con andamento da Sud-Est verso Nord-Ovest, in corrispondenza di faglie e fratture di direzione appenninica, scaricano le loro acque torrentizie, cariche di materiali solidi, nel Lago di Lesina. Anche le innumerevoli lame e gravine cataclinali, solcanti da Nord a Sud le ripide scarpate di faglia dirette Est-Ovest, sono una conseguenza diretta delle dislocazioni tettoniche.

Il Gargano orientale, a Nord-Est della linea Rodi Garganico-Mattinata, è invece solcato da innumerevoli valli cataclinali, ad andamento pressoché radiale, in genere ripide e più fortemente incise nelle testate, a debole pendenza e svasate nelle loro parti terminali; queste ultime non di rado sono colmate da depositi alluvionali. Il gran numero e la disposizione delle valli, in questa parte del promontorio, dipende dal fatto che il grado di permeabilità dei terreni è in media molto minore che nel Gargano occidentale e che le dislocazioni tettoniche non hanno visibilmente influenzato l'instaurazione della rete idrografica superficiale. Per le stesse ragioni il ciclo erosivo ha potuto qui raggiungere una fase di maturità.

III.1.2 La Puglia Centrale

L'idrografia della **Murgia** risulta essere caratterizzata: nel versante adriatico da una serie cospicua di bacini stretti e di modesto sviluppo che si estendono in senso longitudinale dando così origine ad avvallamenti di breve sviluppo, naturalmente trasversali alla linea di costa (massima pendenza); nel versante ionico da un tessuto fluviale gerarchizzato sempre modesto ma sensibilmente più marcato.

Tali avvallamenti, in regolare successione parallela da NordOvest a SudEst e sempre perpendicolare alla costa, prendono il nome di "lame": sono solchi erosivi di larghezza e lunghezza variabili, in genere a fondo piatto, detti anche "gorre" o "gravine" e rappresentano i resti di una antica idrografia superficiale oggi scomparsa. In essi si raccolgono e ruscellano le acque di origine meteorica, in special modo quelle relative a precipitazioni intense e di breve durata.

La rete idrografica più interessante si rinviene sul **versante ionico**, dove il tessuto fluviale è sempre modesto, ma più marcato rispetto a quello della Murgia del **versante adriatico**, ed in particolare nel Golfo di Taranto, dove sono presenti i fiumi Lenne, Lato, Patemisco ed il Tara; ed ancora al confine tra la Puglia e la Basilicata si trova il fiume Bradano, in particolar modo i suoi affluenti in sinistra: torrente Gravina, torrente Gravina di Matera e torrente Sagliocchia.

III.1.3 La Puglia Meridionale

Nella **penisola salentina** i caratteri di elevata permeabilità dei litotipi affioranti limitano il deflusso delle acque di origine meteorica verso il mare; consentono altresì una cospicua alimentazione degli acquiferi. Si rinviene, però, un cospicuo numero di bacini delimitati completamente da spartiacque di esigua altitudine: si tratta di bacini endoerici che, in molti casi, data la presenza di coperture argillose anche di discreto spessore, danno origine a zone di allagamento (sempre in relazione al regime pluviometrico).

I bacini di un certo rilievo presenti nel comparto geografico salentino sono rappresentati dal bacino del fiume Grande, piuttosto stretto ed allungato in direzione Nord-Est in corrispondenza della città di Brindisi. Il bacino afferente al Canale dell'Asso, nel leccese, molto esteso da Sud-Est a Nord-Ovest, aperto verso il

mare Ionio in corrispondenza di Porto Cesareo ed infine il bacino dei laghi costieri Alimini, parecchio ampio ma di modestissimo sviluppo, aperto verso il mare Adriatico, ad Est di Martano.

III.1.4 I Bacini Lacustri

In merito agli aspetti morfostrutturali dei bacini lacustri pugliesi di una certa estensione, sono da segnalare quelli costieri ubicati a Nord del Gargano, caratterizzati da una minima profondità: sono i laghi di Lesina (area di 51 Km² e profondità massima di 1,5 m) e di Varano (60 Km² e 5,5 m rispettivamente di superficie e profondità), antiche lagune ora totalmente separate dal mare. La costituzione di barre costiere, alimentate dai detriti trasportati dal Fortore, dal Saccione, dal Biferno e dagli altri corsi appulo-molisani, ha creato in epoca preistorica il bacino di Lesina e successivamente in epoca romana quello di Varano. Di altre conche costiere, in passato di notevoli dimensioni, come ad esempio l'area lagunare fra Manfredonia e Barletta (laghi di Salpi, Verzentino, della Contessa) restano, dopo secolari tentativi di bonifica, sole le aree destinate alle saline di Margherita di Savoia.

Altri bacini sono di piccole e minuscole dimensioni, come ad esempio i laghi Alimini, presso Otranto, tuttora esistenti, e circa 40 piccoli laghi, in gran parte costieri (il lago Sant'Egidio presso Vieste, le Paludi presso Trani, il laghetto di Torre Canne a Nord di Brindisi e le aree palustri delle Cesine e di San Cataldo ad Est di Lecce) da tempo prosciugati.

III.2 I Bacini Idrografici

Nei paragrafi seguenti verranno descritte le caratteristiche fondamentali dei principali bacini idrografici superficiali del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

III.2.1 Il Bacino del Fiume Ofanto

L'Ofanto è il più importante dei fiumi italiani del versante adriatico, a Sud del Reno. Per il suo bacino idrografico si colloca al 16° posto tra i fiumi italiani.

Anticamente chiamato Aufidus, l'Ofanto nasce in Campania nei pressi dell'abitato di Nusco, passa per la Basilicata e sfocia in Puglia, dopo aver attraversato, con tortuosi meandri, le province di Avellino, Potenza, Foggia e Bari. In particolare, esso si origina a Sud del crinale appenninico, nell'altopiano irpino, dalle falde del piano dell'Angelo dei Lombardi, in provincia di Avellino, a quota 715 m. s.l.m. Si dirige prima verso Nord-Est, lungo il margine settentrionale dell'altopiano delle Murge pugliesi e, dopo un percorso complessivo di 165 Km, si versa nell'Adriatico a Nord di Barletta, con foce del tipo originariamente a delta, in rapido arretramento verso un estuario. Attraversa quindi la regione Puglia per circa 85 Km, mentre per altri 20 km il suo decorso segna il confine tra Puglia e Basilicata.

Il fiume Ofanto ha un bacino che interessa il territorio di tre regioni, Campania, Basilicata e Puglia ed ha forma pressoché trapezoidale, superficie di 2.790 Km², perimetro di 320 km, altitudine media di 450 m ed una pendenza media pari a 5,33%. L'altezza del bacino varia da un massimo di 1.453 metri, raggiunti in Campania nell'alta valle di Conza, passando dai 700 metri in Basilicata, fino alla bassa valle in Puglia dove l'altezza media si aggira sui 200-300 m. Il valore della piovosità media del bacino idrografico è di 780 mm annui.

Il regime dei deflussi è principalmente condizionato da quello degli afflussi, data la mancanza di forti precipitazioni nevose e di apporti glaciali. La portata delle sue acque è molto modesta, ad andamento stagionale, con punte di massimo afflusso durante il mese di settembre e di dicembre e di minimo afflusso nei mesi estivi di luglio ed agosto. In particolare la sua portata varia da un minimo di 1 mc/s in agosto ad un massimo di 35-40 mc/s in gennaio, con media annuale di poco superiore ai 15 mc/s.

La densità di drenaggio è 22,16 km/km², l'afflusso medio annuo è di circa 720 mm. La temperatura media annua è di poco superiore a 14 °C.

Gli affluenti più importanti sono: in destra, il torrente Ficocchia, la fiumara di Atella, il torrente Olivento, il torrente Locone, mentre in sinistra il torrente Isca, il torrente Sarda, il torrente Orata, il torrente Osento, e Marana Capaciotti.

Di particolare rilevanza dal punto di vista idrogeologico è il bacino idrominerario del Vulture.

III.2.1.1 Caratteri morfologici

Dal punto di vista morfologico il fiume Ofanto, dal tratto iniziale alla sua foce nel Mar Adriatico, percorre e condiziona diversi ambienti morfologici. Nel tratto iniziale del suo corso attraversa la catena sud-

appenninica, nel suo corso medio borda il versante occidentale del massiccio vulcanico del Monte Vulture che si erge sul margine orientale della Catena appenninica.

Nella parte media e nel tratto finale del suo corso attraversa la parte più meridionale del Tavoliere che, come si è già detto, rappresenta la più vasta pianura dell'Italia meridionale. Il corso d'acqua nel bassopiano del Tavoliere presenta un tracciato ad andamento subparallelo con direzione da Sud-Ovest a Nord-Est.

Nel tratto di Tavoliere attraversato dal fiume Ofanto si distinguono, da Ovest verso Est, le seguenti *subzone*: una zona che borda l'Appennino caratterizzata da rilievi collinari (300-400 m di quota); un'area a terrazzi digradanti verso l'Adriatico, creati dal progressivo ritiro del mare; una vasta pianura alluvionale antica; una piana costiera che si raccorda con la superficie dei sedimenti alluvionali recenti ed attuali, che colmano il fondovalle dell'Ofanto e dei principali corsi d'acqua; una zona litorale.

La parte più occidentale dell'altopiano delle Murge ricade nel bacino idrografico del fiume Ofanto. L'Altopiano delle Murge in questo tratto è delimitato a Nord-Ovest da scarpate di piani di faglia ed a Nord-Est da scarpate di piani di faglia, arretrate per erosione parallelamente al mare Adriatico. I terrazzi marini, i più elevati dei quali sono ubicati in media sui 300 metri di quota ed i più bassi sui 4-5 metri, sono stati creati dal graduale sollevamento delle Murge nel corso del Quaternario. Essi sono delimitati da scarpate molto elevate, corrispondenti a ripe d'abrasione o anche a piani di faglia rielaborati dall'azione del mare.

III.2.1.2 Caratteri geologici

Il reticolo idrografico del bacino dell'Ofanto si sviluppa in massima parte nel complesso ambiente geologico e morfostrutturale dell'Appennino, i cui caratteri geologici sono stati già descritti nel capitolo II. La valle dell'Ofanto segna grosso modo il confine tra le due unità morfologicostrutturali dell'altopiano della Murgia e del bassopiano del Tavoliere di Foggia. Il letto dell'Ofanto è formato in gran parte da terreni quaternari molto permeabili.

Nell'area della media valle del fiume Ofanto affiorano successioni di età plio-pleistocenica sedimentatesi in un bacino satellite polifasico (piggy back) formato sui thrust esterni della Catena appenninica. La successione sedimentaria fa parte dell'Unità di Ariano costituita prevalentemente da depositi argillosi di prodelta e piattaforma (argille grigio azzurre) e subordinatamente ai margini del bacino da sabbie e conglomerati.

III.2.2 Il Bacino del Fiume Candelaro

Il bacino del torrente Candelaro è quasi esclusivamente impostato sul tipico ambiente geomorfologico del Tavoliere di Puglia. Solo le parti più montane dei corsi d'acqua risultano essere incise, peraltro per brevi tratti, nei terreni flyscioidi appartenenti alle Unità del bordo orientale esterno della catena appenninica.

Il torrente Candelaro scorre ai piedi del Gargano con direzione NordOvest-SudEst in corrispondenza di una faglia di distensione instauratasi durante l'emersione del promontorio. Ha una lunghezza di 67 Km circa e accoglie le acque di un bacino di 2.050 Km². Poco sviluppato è il versante sinistro, in corrispondenza della parete di faglia, mentre molto più esteso è il versante destro, solcato da vari affluenti.

Tra questi i principali sono i torrenti Triolo, Salsola e Celone, che hanno origine nel Subappennino dauno e, dopo aver ricevuto numerosi subaffluenti, talvolta importanti (quali il canale S. Maria per il Triolo, il

Vulgano e il Casanova per il Salsola, lo Jorenzo per il Celone), attraversano la piana di Capitanata in direzione SudOvest-NordEst, confluendo nel Candelaro all'altezza del suo corso medio.

Il Candelaro nasce nella zona collinosa di San Paolo di Civitate; a destra riceve il tributo degli affluenti Canale Radiosa, torrente Triolo, torrente Salsola e Celone. E' lungo 70 Km.

I primi rilievi di portata risalgono al 1928: il regime dei deflussi è principalmente condizionato da quello degli afflussi, data la mancanza di forti precipitazioni nevose e di apporti glaciali.

I bacini di primo ordine individuabili in quello principale del torrente Candelaro sono riconducibili, sempre da Nord a Sud, al Canale del Macchione, al torrente Triolo, al torrente Casanova, al torrente Salsola, al torrente Vulgano ed al Torrente Celone.

L'analisi dei dati idrometrografici rilevabili per il torrente Candelaro alle stazioni di:

- Ponte Lucera Torre Maggiore (Triolo);
- Ponte Lucera Motta M. (Casanova);
- Casanova (Salsola);
- Ponte Lucera-Troia (Vulgano);
- S. Vincenzo (Celone);

evidenzia il regime torrentizio di questi corsi d'acqua, frequentemente asciutti nel periodo estivo per mancanza di alimentazione sorgiva.

III.2.3 Il Bacino del Fiume Cervaro

Il torrente Cervaro nasce dal monte Le Felci (853 m di quota) presso Monteleone di Puglia, si immette in provincia di Avellino e rientra in quella di Foggia fra Panni e Montaguto; incanalato nell'ultimo tratto, prende il nome di canale Cervaro Nuovo e sfocia, dopo circa 80 km di percorso, nel golfo di Manfredonia, mentre due rami si immettono nelle vasche di colmata del Cervaro. Costeggiato, da Radogna a Stradola, dalla SS 90, riceve a sinistra il torrente Lavella e il torrente Sannoro, a destra il torrente Bilerà.

I sottobacini del 1° ordine sono, da Nord a Sud, per il Cervaro:

- Torrente Sannoro;
- Torrente Lavella;
- Torrente Avella;
- Torrente Iazzano;
- Torrente Biletra;
- Fosso Valle dell'Angelo;
- Fosso Pozzo Vitolo.

L'analisi dei dati idrometrografici (rilevabili per il torrente Cervaro alla stazione di Inconronata) evidenzia anche per questo corso d'acqua un regime torrentizio.

III.2.4 Il Bacino del Fiume Carapelle

Il torrente Carapelle nasce dall'Appennino campano, in provincia di Benevento; ha origine dall'unione del torrente Calaggio col torrente San Gennaro. Canalizzato verso il suo sfocio in mare, dà origine al canale

Carapellotto ed al canale Regina. Sfocia, dopo circa 85 km di percorso, nel golfo di Manfredonia a Nord di Torre Rivoli.

Affluente di sinistra è il torrente Carapellotto; di destra il canale Marana La Pidocchiosa e il canale Pozzo Pascuccio.

I sottobacini del 1° ordine sono, da Nord a Sud, per il Carapelle:

- Torrente Carapellotto;
- Vallone Legnano;
- Fosso Viticoni;
- Canale Colotti;
- Torrente Frugno;
- Torrente Calaggio.

L'analisi dei dati idrometrografici, rilevabili per il torrente Carapelle alla stazione di Ponte Ortona-Castelluccio dei Sauri, evidenzia un regime torrentizio.

III.2.5 Il Bacino del Fiume Lato

Il tessuto fluviale del fiume Lato è più marcato rispetto a quello murgiano contiguo e rappresenta una delle reti idrografiche più consistenti dell'entroterra del Golfo di Taranto.

Le acque pluviali si raccolgono sul fondo delle gravine formando torrenti e ruscelli che tendono a raggiungere il mare. Penetrando nella tenera roccia calcarea, l'acqua alimenta falde sotterranee che scorrono attraverso gli strati carsici; quando incontrano terreni impermeabili affiorano in superficie dando vita a nuovi corsi d'acqua.

Così nasce il fiume Lato, che raccoglie le acque provenienti dal torrente Lama di Castellaneta e dal torrente La Lama (alimentato a monte dalla Gravina del Varco, Gravina di Laterza e Fosso dell'Alloro), nei pressi di Masseria Sant'Andrea Grande, e scorre per circa 5 Km, lambendo il territorio di Palagianò prima di sfociare nel mar Ionio a Torre del Lato.

III.2.6 Il Bacino del Fiume Lenne

Il fiume Lenne risponde alla caratteristica idrografica tipica delle Murge ovvero da un tessuto fluviale gerarchizzato e di modesto sviluppo, trasversale alla linea di costa. In esso si raccolgono e ruscellano le acque di origine meteorica, in special modo quelle relative a precipitazioni intense e di breve durata. Il regolare deflusso delle acque di origine meteorica verso il mare viene limitato dalla caratteristica di elevata permeabilità dei litotipi affioranti, che si traduce in una diretta alimentazione del sistema idrico sotterraneo.

Il Lenne nasce dalla gravina di Palagianello, in Contrada la Giunta dal Torrente Lama di Lenne, e, ricevendo in destra il canale Marziotta, dopo il suo breve corso, sfocia nel golfo di Taranto fra i boschi Romanazzi e i boschi di Marziotta.

III.2.7 Il Bacino del Fiume Tara

Il fiume Tara nasce ad Ovest di Statte, nelle murge tarantine presso Vallenza (torrente Gravina Gennarini), scorre dalla località Gennarini alla confluenza del Canale Maestro con il Canale della Stornara (alimentato a monte dalla Gravina Gennarini).

Sfocia dopo il suo breve tratto, di circa 3,5 Km, nel Golfo di Taranto in corrispondenza di località "Pino Solitario".

Capitolo IV Metodologie utilizzate per la analisi del rischio idrogeologico

IV.1 Definizione del Rischio

Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico costituisce uno strumento di pianificazione, per tale motivo si è ritenuto opportuno impostare l'intero impianto normativo sulla pericolosità idrogeologica piuttosto che sul rischio. Ciò nondimeno nell'ambito del PAI vengono individuate le aree soggette a rischio idrogeologico, attraverso la metodologia descritta nel presente capitolo, in quanto si ritiene che tale individuazione sia indispensabile per la programmazione degli interventi per la mitigazione del rischio ed in particolare per stabilirne la priorità sia che si tratti di interventi strutturali che non strutturali, quali Piani di Protezione Civile e Misure di Salvaguardia.

Il rischio idrogeologico è una grandezza che mette in relazione la pericolosità, intesa come caratteristica di un territorio che lo rende vulnerabile a fenomeni di dissesto (frane, alluvioni, etc) e la presenza sul territorio di beni in termini di vite umane e di insediamenti urbani, industriali, infrastrutture, beni storici, artistici, ambientali, etc.

Solo la conoscenza del livello di rischio, legato alla dimensione del fenomeno, all'uso del territorio ed ai tempi di ritorno di un evento atteso, permette di programmare gli interventi strutturali e non strutturali per la riduzione del rischio. Questi, in relazione al livello di rischio e, conseguentemente, alla sua accettabilità o meno, potranno spaziare dalla delocalizzazione del bene, alla realizzazione di opere di messa in sicurezza dello stesso, alla imposizione di idonei accorgimenti tecnici in fase di realizzazione di nuovi interventi ed alla predisposizione di piani di emergenza.

Il rischio (R) è definito come l'entità del danno atteso in seguito al verificarsi di un particolare evento calamitoso, in un intervallo di tempo definito, in una data area; esso è correlato a:

- pericolosità (P) ovvero alla probabilità di accadimento dell'evento calamitoso entro un definito arco temporale (frequenza), con determinate caratteristiche di magnitudo (intensità);
- vulnerabilità (V), espressa in una scala variabile da zero (nessun danno) a uno (distruzione totale), intesa come grado di perdita atteso, per un certo elemento, in funzione della intensità dell'evento calamitoso considerato;
- valore esposto (E) o esposizione dell'elemento a rischio, espresso dal numero di presenze umane e/o dal valore delle risorse naturali ed economiche che sono esposte ad un determinato pericolo.

In termini analitici, il rischio idrogeologico può essere espresso attraverso una matrice funzione dei tre fattori suddetti, ovvero:

$$R = R (P, V, E)$$

Le tipologie di elementi a rischio (Er) sono definiti dal 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" che stabilisce che debbano essere considerati come elementi a rischio innanzitutto l'incolumità delle persone e, inoltre, con carattere di priorità, almeno:

- gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica;
- le aree su cui insistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo, in particolare quelli definiti a rischio ai sensi di legge;
- le infrastrutture a rete e le vie di comunicazione di rilevanza strategica, anche a livello locale;
- il patrimonio ambientale e i beni culturali di interesse rilevante;
- le aree sede di servizi pubblici e privati, di impianti sportivi e ricreativi, strutture ricettive ed infrastrutture primarie.

IV.2 Metodologia per la Definizione delle Aree a Diversa Pericolosità Idrogeologica

I criteri per la definizione e la perimetrazione delle aree a pericolosità idrogeologica si rifanno a specifiche metodologie in rapporto agli eventi alluvionali e franosi. Per la descrizione di dettaglio delle metodologie adottate si rimanda ai relativi capitoli.

IV.3 Metodologia per la Definizione delle Classi di Rischio

Con riferimento al 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" è possibile definire quattro classi di rischio, secondo la classificazione di seguito riportata:

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

Nell'analisi di dettaglio del rischio idrogeologico, l'individuazione delle aree a rischio idrogeologico si ricava, sintetizzando la procedura descritta in precedenza, per sovrapposizione delle zone soggette a pericolosità (intesa come prodotto della intensità per la probabilità) con gli elementi a rischio (intesi come prodotto del valore per la vulnerabilità), attraverso le matrici esposte nelle tabelle che seguono, rispettivamente per il rischio geomorfologico (Tabella IV.3-1) ed il rischio idraulico (Tabella IV.3-2), in cui le colonne indicano le diverse classi di pericolosità idrogeologica e le righe esprimono i valori degli elementi a rischio secondo un indice crescente:

- E5 = agglomerati urbani, aree industriali e/o artigianali, centri abitati estesi, edifici isolati, dighe e invasi idrici, strutture ricreative e campeggi;
- E4 = strade statali, strade provinciali, strade comunali (unica via di collegamento all'abitato) e linee ferroviarie;
- E3 = linee elettriche, acquedotti, fognature, depuratori e strade secondarie;
- E2 = impianti sportivi con soli manufatti di servizio, colture agricole intensive;
- E1 = assenza di insediamenti, attività antropiche e patrimonio ambientale.

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA		
		PG3	PG2	PG1
ELEMENTI A RISCHIO	E5	R4	R3	R2
	E4	R4	R3	R2
	E3	R3	R2	R1
	E2	R2	R2	R1
	E1	R2	R1	R1

Tabella IV.3-1 Rischio geomorfologico

Dove le sigle corrispondono rispettivamente a :

- PG1 = aree a suscettibilità da frana bassa e media (pericolosità media e bassa);
- PG2 = aree a suscettibilità da frana alta (pericolosità elevata);
- PG2 = aree a suscettibilità da frana molto alta (pericolosità molto elevata).

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA		
		AP	MP	BP
ELEMENTI A RISCHIO	E5	R4	R3	R2
	E4	R4	R3	R2
	E3	R3	R2	R1
	E2	R2	R2	R1
	E1	R2	R1	R1

Tabella IV.3-2 Rischio draulico

Dove le sigle corrispondono rispettivamente a :

- BP = aree a bassa probabilità di esondazione (pericolosità bassa e media);
- MP = aree a moderata probabilità di esondazione (pericolosità elevata);
- AP = aree allagate e/o a alta probabilità di esondazione (pericolosità molto elevata).

IV.4 Metodo Semplificato per la Determinazione di Aree a Rischio Idrogeologico

In considerazione del tempo disponibile, e della cartografia esistente con uniformità sull'intero territorio (scala 1:25.000), non è stato possibile valutare con precisione la vulnerabilità e il valore degli elementi esposti, per l'individuazione del rischio su tutto il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia; pertanto si è ritenuto necessario utilizzare un metodo semplificato.

Per porsi in condizioni di massima cautela, si è considerata un'unica classe di elementi vulnerabili che corrisponde agli insediamenti abitativi e produttivi (E5) ed alle infrastrutture (E4), per questo motivo le tabelle relative al rischio esposte in precedenza vengono semplificate e ne derivano le tabelle che seguono:

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA		
		PG3	PG2	PG1
ELEMENTI A RISCHIO	E5 – E4	R4	R3	R2

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA	
		AP	MP
ELEMENTI A RISCHIO	E5 – E4	R4	R3

Dove i simboli hanno lo stesso significato visto in precedenza.

Di conseguenza nella cartografia allegata alla attuale elaborazione del PAI, non sono rappresentate la classe di rischio R1 per la pericolosità geomorfologica, e le classi di pericolosità idraulica BP e di rischio idraulico R2 ed R1, pur risultando le stesse classi presenti nella legenda.

IV.5 Confronto tra la Metodologia Utilizzata dal PAI Puglia e da Altri PAI

La metodologia che è stata adottata per la valutazione della pericolosità idrogeologica del territorio oggetto del PAI risulta in linea, per forma e contenuti, con quelle già utilizzate per la redazione di PAI da altre Autorità di Bacino, come si deduce dalla seguente Tabella IV.5-1.

CRITERI PER LA PERIMETRAZIONE DELLE AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA					CRITERI PER LA PERIMETRAZIONE DELLE AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA		
Autorità di Bacino	I CLASSE	II CLASSE	III CLASSE	IV CLASSE		Metodologia	Rischio
BASILICATA	Tr 30	Tr 200	Tr 500	Tr 500	Moto vario su modello uni-bidimensionale	A partire dalla Carta Inventario si è proceduto alla stima degli "Areali di Pericolosità" sulla base di fattori predisponenti. Gli Areali sono definiti come porzioni di territorio che individuano il fenomeno franoso unitamente ad elementi dedotti dalla fotointerpretazione grazie ai quali si possono prevedere i cinematismi di riattivazione.	Sovrapponendo gli Areali di pericolosità agli elementi a rischio si individuano 4 classi di rischio secondo il DPCM 1998
SARNO	Fascia A: trasporto di almeno l'80% della piena standard (piena di progetto)	Fascia B: individuata con riferimento alla piena con Tr <100 anni	Fascia C: individuata con riferimento alla piena con Tr 300 anni o alla massima piena registrata		Per i torrenti montani moto uniforme; per i torrenti pedemontani e di fondovalle moto permanente; per i torrenti incassati in pianura formule di fononomia o modelli bidimensionali di moto vario	Lo studio della pericolosità è impostato sulla suscettività al dissesto operata attraverso l'attribuzione di pesi ai fattori predisponenti considerati (Geomorfologia, Litologia, Idrogeologia, Uso del suolo, Spessori depositi di copertura, Acclività, esposizione, Curvatura).	Il passaggio al rischio viene effettuato sovrapponendo la carta della pericolosità con gli elementi a rischio secondo il DPCM 1998
LIRI VOLTURNO GARIGLIANO	Fascia A: trasporto di almeno l'80% della piena standard (piena di progetto)	Fascia B: individuata con riferimento alla piena con Tr = 30 e 100 anni	Fascia C: individuata con riferimento alla piena con Tr 300 anni o alla massima piena registrata		La pericolosità all'interno delle aree inondabili viene fatta dipendere separatamente da T e da un fattore di pericolo FPA funzione a sua volta di h e di v		

TEVERE	aree a ridosso del corso d'acqua, contenute all'interno del limite della piena con Tr = 50 anni	aree comprese tra la linea precedente ed estesa fino al limite della piena con Tr = 200 anni	aree comprese tra la linea precedente ed estesa fino al limite della piena con Tr = 500 anni		Metodologia (Hec-Ras e Frescure)	L'analisi della pericolosità è stata impostata sulla suscettività al dissesto del territorio, suddiviso in UTR (Unità territoriali di Riferimento) ottenute sovrapponendo i fenomeni franosi alla litologia affiorante e calcolando un IFT (Indice di Franosità Totale) pari al rapporto tra area in dissesto e area totale dell'UTR	Il passaggio al rischio viene effettuato avvalendosi di una procedura messa a punto dal CNR-IRPI di Perugia rispondente al DPCM 1998
ARNO	P.I.4: aree di accumulo (a) per Tr30	P.I.3: aree di accumulo (a) per 30< Tr 100 + aree trasferimento e accumulo (b) per Tr 30	P.I.2: aree di trasferimento e accumulo per 100<Tr 200+aree di trasferimento e accumulo (b) per 30< Tr100	P.I.1: aree di trasferimento e accumulo per 200<Tr500	La perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica è stata fatta distinguendo le aree soggette a trasferimento e quelle soggette unicamente a invaso statico	Lo studio viene effettuato con metodo statistico-quantitativo a partire dalla suscettività al dissesto calcolata per un UTO (Unità Territoriale Omogenea), assumendo come fattori predisponenti l'Acclività, Uso suolo, la Litologia. Le UTO sono definite come porzioni elementari di territorio in cui i tre fattori si mantengono costanti.	Il passaggio al rischio viene effettuato con la sovrapposizione delle aree a pericolosità con gli elementi a rischio secondo il DPCM 1998.
SERCHIO	A.P. (alta probabilità di esondazione): Tr = 30 anni	M.P. (moderata probabilità di esondazione): Tr 200 anni	B.P. (moderata probabilità di esondazione): Tr 500 anni		modello matematico uni-bidimensionale	Vengono distinte 5 tipi di aree franose ciascuna composte da sottotipi a cui vengono attribuiti dei valori distinti di pericolosità (P4,P3, P2,P1)	Il passaggio al rischio viene effettuato con la sovrapposizione delle aree a pericolosità con gli elementi a rischio secondo il DPCM 1998.
PO	Fascia A Fascia di deflusso della	Fascia B Fascia di esondazione	Fascia C Area di inondazione	Limite di progetto tra la fascia B e la		L'analisi della pericolosità è basata essenzialmente sui dissesti censiti, prende in considerazione 5 tipologie di dissesti: frane,	Il passaggio al rischio viene effettuato suddividendo in

Autorità di Bacino della Puglia - Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico

	piena: Tr 200 anni		per piena catastrofica: max piena registrata (se> Tr200 anni) altrimenti Tr 500 anni	fascia C		esondazioni, trasporto di massa su conoide, valanghe, dissesti morfologici a carattere torrentizio. I valori della pericolosità sono stati calcolati in base ad alcuni parametri associati alle 5 tipologie.	ZONA 1 e ZONA 2 a seconda della maggiore propensione al dissesto.
BACINO NORD- OCCIDENTALE CAMPANIA	Molto elevata (P4): evento di piena con Tr = 20 anni, h20> 1m, oppure Tr = 100 anni e h100>1m	Elevata (P3): evento di piena con Tr = 300 anni e h300>1m oppure Tr = 20 anni e 0.5m<h20<1m	Media (P2): evento di piena con Tr = 100 anni e 0.5m<h100<1m oppure Tr = 300 anni e 0.5m<h300<1m oppure Tr = 20 anni e h20<0.5m	Moderata (P1): evento di piena con Tr = 300 anni e h300<0.5m oppure Tr = 100 anni e h100<0.5m	Per la propagazione delle piene in alveo: modello di moto permanente monodimensionale (modello di calcolo MIKE11) Nelle aree soggette ad allagamenti: differenti criteri a seconda delle caratteristiche morfologiche degli alvei e dell'entità dei fenomeni, (modelli semplificati basati sulla valutazione della distribuzione statica dei volumi esondati e sulla conservazione del carico idraulico nelle sezioni di esondazione)	A partire dalla carta Inventario, attraverso la sovrapposizione con la geolitologia, la geologia e gli elementi strutturali, si è prodotta una carta della Suscettività da frana, sostitutiva di quella della pericolosità, per la difficoltà di ricostruire i tempi di ritorno degli eventi storici. Vengono distinti tre gradi di pericolosità: P3 Alta, P2 Media, P1 Bassa	Il passaggio al rischio viene effettuato con la sovrapposizione delle aree a pericolosità con gli elementi a rischio secondo il DPCM 1998.
CALABRIA	R4 20-50 anni	R3 100-200 anni	R2-R1 500 anni		Moto permanente unidimensionale	La redazione della Carta Inventario dei fenomeni franosi costituisce un primo livello di pericolosità cui seguirà un'analisi di tipo statistico da compiersi su aree campione.	

Tabella IV.5-1 Metodologie utilizzate da altre Autorità di Bacino per la redazione del PAI

Capitolo V Valutazione della Pericolosità da Frana – Metodologia e Perimetrazione

V.1 Introduzione

La valutazione della pericolosità geomorfologica è legata alla **franosità del territorio** in esame e si basa sulla combinazione di analisi di previsione dell'occorrenza dei fenomeni franosi, in termini spaziali e temporali, e di previsione della tipologia, intensità e tendenza evolutiva di tali fenomeni. La stima della pericolosità geomorfologica di un'area è dunque un'operazione molto complessa che richiede differenti fasi di studio e di approfondimento.

In una prima analisi, data la difficoltà che si incontra nel valutare i tempi di ritorno degli eventi franosi, ci si può limitare a fare una previsione spaziale della franosità sostituendo il concetto di pericolosità con quello di **suscettibilità** ovvero di propensione al dissesto franoso del territorio esaminato (in tutta la relazione i due termini *Pericolosità* e *Vulnerabilità* verranno utilizzati come sinonimi). Lo studio della propensione al dissesto è mirato all'elaborazione di una carta dove il territorio risulta suddiviso in aree caratterizzate da differenti gradi di suscettibilità al dissesto. Su tale carta saranno quindi evidenziate (ubicata e perimetrata) non solo le aree in frana ma anche le aree finora mai interessate da fenomeni franosi, e che, sulla base delle analisi effettuate, risultano probabili siti di innesco di tali fenomeni.

Per valutare la suscettibilità da frana di un territorio, dunque, ci si basa innanzitutto su un'accurata analisi volta alla comprensione di tutte le possibili cause di innesco delle frane. Una volta individuati i fattori causativi delle frane rilevate si estenderà l'analisi a tutta l'area in esame e le porzioni di territorio che risulteranno caratterizzate dalle stesse condizioni ambientali riscontrate nelle aree in frana saranno considerate potenzialmente instabili.

In questo modo saranno valutati come elementi discriminanti, al fine della perimetrazione della pericolosità da frana, tutte quelle peculiarità del territorio (fattori climatici, antropici, geologici, etc.) riconosciute nelle aree dissestate come responsabili dirette o indirette degli eventi franosi.

Da quanto detto si evince che la prima base di informazioni necessaria per affrontare un'analisi di pericolosità da frana consiste in una carta della distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio. Tale carta permette di valutare le situazioni territoriali che possono essere considerate critiche ai fini dell'instabilità.

Indipendentemente dalla metodologia specifica che si intende utilizzare, le fasi di lavoro per la perimetrazione delle aree a pericolosità da frana possono essere così schematizzate:

- realizzazione di una carta inventario dei fenomeni franosi della regione di studio o di un sottoinsieme di essa;
- preparazione di carte tematiche per quei parametri fisici del territorio che sono ritenuti, direttamente o indirettamente, correlati con l'instabilità dei versanti;
- valutazione del contributo di ogni parametro all'instabilità del versante;
- classificazione della regione di studio in domini di diverso grado di suscettibilità da frana.

V.2 Carta Inventario dei Fenomeni Franosi

La carta della distribuzione dei dissesti rappresenta la base su cui elaborare la pericolosità da frana di un territorio. La distribuzione spaziale dei dissesti in atto consente, infatti, di indagare i contesti fisici che maggiormente si prestano a situazioni di rottura dell'equilibrio e di avere, così, un primo quadro conoscitivo dei fattori che contribuiscono al dissesto nel territorio in esame. Inoltre, i fenomeni franosi sono spesso soggetti a riattivazione, giacché i caratteri geotecnici delle terre o delle rocce, da cui dipende la resistenza al taglio, variano in senso peggiorativo dopo la rottura. La stessa distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio può perciò già da sola indicare aree fortemente instabili.

V.3 Parametri Fisici Correlati alla Franosità

I fattori ambientali che concorrono alla franosità del territorio possono essere suddivisi in due gruppi:

- Fattori predisponenti. Si intendono i caratteri propri del territorio quali geometria, condizioni litologico-strutturali, idrografia, acclività ed altri che rendono i versanti suscettibili a rottura.
- Fattori scatenanti. Singoli eventi come piogge intense, sismi ed attività antropiche che innescano i fenomeni franosi.

I fattori predisponenti sono anche definiti come caratteri intrinseci del territorio, mentre quelli scatenanti come estrinseci. Dato che la stima delle caratteristiche estrinseche di un territorio risulta estremamente complessa, sia in termini di identità che di occorrenza, si può affermare che la distribuzione spaziale delle caratteristiche intrinseche, in una certa zona, determina sostanzialmente la distribuzione spaziale della relativa "suscettibilità al dissesto" nella regione stessa (Carrara *et al.*,1995). Su queste basi *un'area è dichiarata suscettibile al dissesto quando le sue caratteristiche intrinseche risultino confrontabili con quelle di una seconda area nella quale si sia già verificato un fenomeno di dissesto.*

I principali fattori intrinseci che concorrono alla franosità del territorio sono elencati di seguito:

- geologia (peculiarità litologiche e stratigrafico-strutturali): la risposta ai processi erosivi delle formazioni geologiche affioranti in un territorio dipende, in modo predominante, dalle caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche dei terreni che le costituiscono, ma anche dall'assetto tettonico e dai rapporti che sussistono tra le differenti litologie;
- uso del suolo: in funzione del tipo di copertura del suolo questo può risultare più o meno di protezione ai versanti;
- acclività: a tale fattore sono legate una serie di condizioni che regolano la dinamica dei versanti quali l'entità del ruscellamento e dell'infiltrazione delle acque meteoriche ed il valore della componente della gravità che agisce parallelamente alla superficie topografica;
- densità di drenaggio (ossia il rapporto tra la lunghezza delle aste fluviali che scorrono in una determinata area e l'estensione areale di quest'ultima): le acque di scorrimento superficiale accelerano i processi erosivi sui versanti;

- orientazione dei versanti: questo è un fattore legato ad elementi climatici, nei versanti meridionali, impostati su sedimenti argillosi, soggetti ad una maggiore insolazione, spesso, infatti, si notano maggiori dissesti;
- orografia: l'orografia dà informazioni circa la distribuzione areale delle fasce altimetriche, che, a sua volta, condiziona la distribuzione climatica in un territorio;
- geomorfologia: la geomorfologia descrive le forme del territorio e fornisce perciò indicazioni circa la dinamica morfologica in atto; alcune forme, proprio in virtù della loro natura, sono molto più soggette a fenomeni di dissesto rispetto ad altre.

V.4 Metodologie

I metodi presenti in letteratura per valutare la pericolosità ai dissesti dei versanti sono riconducibili a tre diversi approcci: euristico-qualitativo, statistico-quantitativo e deterministico.

- **Approccio euristico-qualitativo:**

E' una metodologia di cartografazione diretta o semidiretta, poiché implica che già durante la costruzione dell'archivio dei dissesti venga stabilita una relazione diretta tra il loro verificarsi ed i parametri predisponenti del territorio. Pertanto è necessaria, nella procedura decisionale, una conoscenza a priori delle cause del dissesto.

Si articola essenzialmente in due fasi di studio. Nella prima fase si analizzano le tipologie del dissesto e le cause predisponenti. Nella seconda fase lo studio analitico qualitativo serve a dare un "peso" ai fattori predisponenti sui quali si elabora la carta di pericolosità.

Durante la fase analitica ci si avvale del rilievo in campagna, dell'aereofotointerpretazione, delle analisi di laboratorio e di quanto altro necessario per la valutazione dei tipi di processi attivi nell'area di studio e dei fattori predisponenti a tali processi. L'analisi mediante i GIS dei dati così raccolti può essere d'ausilio nella valutazione delle relazioni intercorrenti tra "causa" ed "effetto" e nella scelta dei pesi ad essi attribuibili.

L'analisi sintetica utilizza questa elaborazione dei dati per giungere ad una zonazione del territorio in aree omogenee secondo il grado di suscettibilità al dissesto. L'utilizzo del GIS offre la possibilità di assegnare agevolmente i pesi ai parametri in gioco e quindi di classificarli secondo il criterio ritenuto più opportuno.

Il maggior limite di tale tipo di approccio è comunque la soggettività, legata all'operatore, nell'assegnazione dei pesi ai parametri e nella scelta dei criteri da usare.

- **Approccio statistico**

Le metodologie statistiche si avvalgono di tecniche di cartografazione di tipo indiretto. Tutti i possibili parametri predisponenti (caratteristiche intrinseche) del terreno vengono sovrapposti alla carta della distribuzione del dissesto. Con differenti metodi statistici si determina il contributo di una determinata classe di un parametro al verificarsi di un dissesto. Successivamente, sovrapponendo arealmente le classi di pesi di una serie di parametri, si realizza una carta di pericolosità da frana.

Le metodologie suddette possono essere suddivise ulteriormente in:

- a) analisi statistiche multivariate basate su dati;
- b) analisi statistiche bivariate.

Utilizzando i metodi multivariati tutti i parametri caratterizzanti il territorio soggetto ad instabilità vengono analizzati secondo tecniche statistiche di regressione multipla. Le singole carte di distribuzione dei parametri vengono sovrapposte a quella della distribuzione del dissesto, così da determinare la presenza o l'assenza dei dissesti per ciascuna classe di parametri.

Tale metodologia è basata sull'analisi in ambiente GIS con l'estrazione automatica dei dati, il che la rende un'analisi altamente oggettiva. La difficoltà, in questo tipo di approccio, consiste nella scelta dell'Unità Cartografica di Riferimento, infatti scegliendo valori dei pixel molto bassi, la relazione statistica sarà

maggiormente affidabile, ma le matrici per gestire le operazioni matematiche risulteranno molto voluminose. Al contrario, l'utilizzo di celle molto grandi induce errori nella valutazione dell'effettiva presenza o assenza di un fenomeno di dissesto qualora questo interessi solo una piccola parte dell'unità di riferimento, e, di conseguenza, induce errori anche nella valutazione delle relazioni tra fattori predisponenti e dissesti.

Con l'analisi statistica bivariata il ruolo dei singoli parametri in relazione ai dissesti dei versanti viene calcolato statisticamente. I metodi statistici bivariati rappresentano una soddisfacente combinazione di metodi di cartografazione diretta, basati sulla soggettività del ricercatore, e capacità oggettive ed analitiche dei GIS per il trattamento dei dati.

Il principale vantaggio di questo tipo di analisi risiede proprio nel fatto che la combinazione dei vari parametri, usati nel processo di valutazione della pericolosità, è effettuata in maniera automatica per mezzo del GIS. Per avere un modello statistico più preciso, bisognerebbe disporre di carte multitemporali dei dissesti, in modo da poter confrontare la carta di pericolosità, risultante dall'analisi dei dissesti passati, con quella dei dissesti allo stato attuale. In questo modo si avrebbe una valutazione della precisione e della validità del modello costruito.

Un inconveniente dei metodi statistici è legato alla necessità di dover raccogliere un gran quantitativo di dati, sia in termini di estensione areale che temporale, che riguardano sia i singoli dissesti che i fattori predisponenti. Per questo motivo sono state elaborate e testate metodologie che utilizzano aree campione (dove per area campione si intende un'area ridotta all'interno di quella totale di studio che sia comunque rappresentativa della sua variabilità). La probabilità che si verifichi un dissesto in relazione alle condizioni del terreno viene analizzata in dettaglio nell'area campione ed estrapolata all'intera area del territorio di interesse

- Approccio deterministico

I metodi deterministici negli studi di pericolosità geomorfologica si basano sull'utilizzo di modelli fisici. Modelli di stabilità, utilizzati in geologia applicata, consentono il calcolo della stabilità di un versante mediante l'analisi delle forze in gioco e delle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni (coesione, angolo di attrito interno, pressione interstiziale, etc.). Il risultato è la determinazione di un **fattore di sicurezza** (*safety factor*) che può essere utilizzato direttamente nelle fasi di progettazione delle infrastrutture o delle opere di contenimento.

A causa dell'elevata variabilità spaziale dei parametri geotecnici e dei laboriosi metodi per la loro determinazione, un'accettabile approssimazione dei loro valori è ottenibile solo mediante indagini in sito, il che implica serie limitazioni nell'utilizzo di questi modelli per la zonazione della pericolosità da frana.

L'approccio deterministico risulta efficace solo se vengono correttamente identificati e modellizzati i meccanismi scatenanti e di rottura dei versanti per i differenti tipi di dissesto.

La fase finale della valutazione della stabilità dei versanti, mediante metodi deterministici, comporta l'elaborazione di carte della probabilità di rottura dei versanti. Per convertire le mappe del fattore di sicurezza in dette carte vengono considerati i tempi di ritorno degli eventi scatenanti (probabilità temporale) come pure la *varianza* del fattore di sicurezza, ovvero la probabilità che il fattore di sicurezza, basato sulla distribuzione dei dati di input, sia minore o uguale a 1. Un fattore di sicurezza maggiore di 1 indica aree stabili, uno minore di 1 aree instabili e, infine, $F=1$ identifica versanti in condizioni di stabilità critica.

Uno dei modelli deterministici più semplici, il modello dei versante infinito (*infinite slope model*) (Ward *et al.*, 1982; Brass *et al.*, 1989), di tipo quantitativo, valuta il *fattore di sicurezza* F come il rapporto tra forze reagenti, che si oppongono alla rottura dei versante, e forze attive che invece tendono a farlo franare. Viene così denominato poiché ipotizza un versante con un piano di rottura infinito; tale piano viene identificato con la superficie di sovrapposizione di strati a diverse caratteristiche fisico-meccaniche o in superfici di discontinuità.

Il modello ipotizza come cause scatenanti (*trigger event*) la piovosità ed i terremoti e, tenendo conto dei tempi di ritorno degli eventi piovosi e sismici, crea degli scenari realistici nei quali valuta il fattore di sicurezza.

Nella valutazione della stabilità dei versanti, i GIS giocano un ruolo importante proprio grazie alle loro notevoli potenzialità computazionali, che consentono la strutturazione ed implementazione di database spaziali per l'archiviazione, la visualizzazione e l'aggiornamento dei dati, nonché l'elaborazione dei DEM (Digital elevation model) e di mappe derivate, come carte delle pendenze e carte dell'esposizione dei versanti.

V.5 Le Unità Cartografiche Territoriali

La valutazione del rischio geomorfologico richiede l'individuazione di un'unità cartografica. Tale unità è definita come: "una unità del territorio caratterizzata da una serie di condizioni tali da differire dalle unità adiacenti attraverso limiti definiti" (Hansen, 1984).

Le condizioni che caratterizzano le unità sono date da tutti i fattori predisponenti al dissesto per uno specifico territorio (quali, ad esempio, idrologia, densità del reticolo idrografico, pendenza ed esposizione del versante, etc.) che differiscono da quelli delle unità adiacenti. In questo modo le Unità Cartografiche Territoriali (UTC) possono essere trattate come domini spaziali omogenei in funzione sia dei suddetti fattori predisponenti che del grado di pericolosità o rischio geomorfologico. La scelta del tipo di UTC influenza la struttura e la caratteristica del database e l'affidabilità e la precisione delle metodologie di analisi.

Sono stati definiti diversi metodi per la definizione delle UTC, riferibili ai seguenti quattro gruppi:

- Cella (Grid cells);
 - Unità geomorfologica (Terrain units);
 - Unità monocondizionata (Unique condition units);
 - Unità di versante (Slope unit).
-
- Cella: è l'unità usata quando si dispone di un serie di dati di tipo "raster"(insieme rettangolare o quadrato di unità geometricamente regolari ed identiche che rappresentano il territorio). Le celle, dunque, dividono il territorio in poligoni regolari di dimensioni predefinite; ad ogni cella è assegnato un valore per ogni fattore preso in considerazione. La scelta delle dimensioni della cella definiscono la risoluzione dei dati.
 - Unità geomorfologica: è l'unità tradizionalmente preferita dai geomorfologi e si basa sull'osservazione che negli ambienti naturali le relazioni intercorrenti tra la composizione e la forma del terreno ed i processi morfologici danno luogo ad aree geomorfologicamente omogenee, distinte, da quelle adiacenti, sulla base di differenze geologiche e geomorfologiche.
 - Unità monocondizionata: implica la classificazione dei fattori di instabilità dei versanti in poche classi significative che sono poi raccolte in una mappa o in un layer. La successiva sovrapposizione delle mappe o dei layers consente di estrapolare domini omogenei il cui numero, le cui dimensioni e la cui natura dipendono dai criteri usati nella classificazione dei fattori di input.
 - Unità di versante: si basa sul concetto che esiste una relazione fisica diretta tra i fenomeni di dissesto e gli elementi morfologici fondamentali che caratterizzano un versante, in particolare il reticolo idrografico e le linee di spartiacque. La difficoltà nell'individuazione manuale di questa unità è mitigata dall'applicazione di procedure automatiche che la estraggono direttamente.

V.6 Metodologia Utilizzata nell'Ambito del PAI

Il presupposto su cui si basa la metodologia adottata nell'ambito della redazione del presente Piano è che i processi morfologici in atto sul territorio analizzato ed i fattori geologici, geomorfologici e climatici ad essi connessi rimangano, nel tempo, rappresentativi dei futuri scenari di franosità. Si fa riferimento ad una **previsione unicamente spaziale della franosità**, tralasciando sia quella temporale che quella relativa alla tipologia ed all'intensità dei fenomeni franosi. Infatti, per questo tipo di previsione si dovrebbe disporre di una banca dati multitemporale, relativa cioè alla franosità in differenti periodi. Solo così si potrebbero stimare sia i tempi di riattivazione dei singoli fenomeni franosi sia la loro velocità di espansione areale. Non avendo allo stato attuale tali di informazioni, si è preferito sostituire al concetto **di pericolosità da frana** quello di **suscettibilità all'inesco** di fenomeni franosi

V.6.1 Analisi

Nella fase di analisi il territorio di studio è analizzato nelle sue componenti fisiche e di dinamica geomorfologica, tale fase si suddivide a sua volta nelle due seguenti sottofasi:

1a – Predisposizione strati informativi di base

Data l'eccessiva frammentarietà e disomogeneità di alcune cartografie di base si è resa necessaria, in una prima fase, la predisposizione di carte omogenee relativamente ad alcune caratteristiche intrinseche del territorio quali geologia, litologia ed idrografia superficiale. E' stato realizzato un modello digitale del terreno, sulla base delle informazioni topografiche relative alla cartografia disponibile (cartografia I.G.M. in scala 1:25:000); da questo modello è stata estratta la carta dell'acclività.

1.b – Analisi della dinamica morfologica

Sulla base della carta inventario dei fenomeni franosi è stato effettuato uno studio mirato sia alla comprensione del meccanismo dinamico dei dissesti sia all'individuazione delle caratteristiche fisiche che maggiormente contribuiscono al loro verificarsi.

Con valutazioni relative all'assetto geomorfologico del territorio, è stata estratta dall'intera area di studio la porzione territoriale effettivamente interessata da processi di dinamica dei versanti e solo su questa porzione è stata condotta l'analisi di pericolosità al dissesto. Il procedimento adottato, di tipo statistico quantitativo, ha previsto la sovrapposizione, in ambiente GIS, della carta dei dissesti franosi con le carte tematiche relative ai principali caratteri intrinseci del territorio

Banche Dati per l'elaborazione della carta dei dissesti.

La carta inventario dei fenomeni franosi, che rappresenta la cartografia di base per l'analisi della pericolosità e del rischio geomorfologico da frana, è stata elaborata tenendo conto delle informazioni

riportate nei progetti ufficiali disponibili che sono, a partire dal più recente: l'IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), i Piani Straordinari, l'AVI (Aree Vulnerate Italiane) e la Carta Geologica d'Italia.

IFFI (1999)

Il Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) è finanziato con fondi del Comitato dei Ministri per la Difesa del Suolo ai sensi della Legge 183/89 e realizzato in collaborazione con le Amministrazioni Regionali e le Province Autonome.

Gli obiettivi del progetto IFFI possono essere sintetizzati nei punti seguenti:

- fornire un quadro certo ed aggiornato dei fenomeni di dissesto gravitativo sull'intero territorio nazionale attraverso la revisione e l'omogeneizzazione dei dati già disponibili e la loro integrazione nelle aree scarsamente indagate;
- realizzare un Sistema Informativo Nazionale costituito da una cartografia informatizzata alla scala 1:25.000 ed il relativo database alfanumerico e iconografico, contenente tutti i dati censiti sulle frane in Italia;
- fornire un contributo conoscitivo nel quadro più ampio degli strumenti necessari alla pianificazione territoriale a scala nazionale, nella valutazione qualitativa, quantitativa e tipologica del rischio per frana.

La metodologia utilizzata per la raccolta dei dati prevedeva l'interpretazione di foto aeree, l'analisi di fonti d'archivio e bibliografiche e le indagini dirette sul terreno.

STRUTTURA DEL DATABASE IFFI

La banca dati del progetto IFFI è costituita dai dati alfanumerici (Scheda frane) e da dati cartografici.

La scheda frane è strutturata su tre livelli di approfondimento, per poter tenere conto del diverso grado di conoscenza dei singoli eventi.

Il primo livello è obbligatorio e contiene il numero minimo di informazioni necessarie a rendere la segnalazione significativa. I livelli successivi, che rappresentano un maggiore approfondimento della conoscenza dei fenomeni stessi e sono il frutto di sopralluoghi diretti sul terreno (secondo livello) o di studi specifici sul fenomeno stesso (terzo livello), sono invece facoltativi.

La Cartografia prevede i seguenti elementi:

- PIFF (Punto Identificativo Fenomeno Franoso): è il punto, per convenzione, a quota più alta del coronamento della frana e contiene le informazioni principali quali codice identificativo, tipologia di movimento, etc.;
- poligono: il fenomeno franoso con superficie superiore all'ettaro viene cartografato anche con un poligono, definendone l'area;
- linea: viene utilizzata per rappresentare frane lineari che possiedono una larghezza non cartografabile;
- direzione: indica la direzione ed il verso del movimento franoso.

Ogni frana è univocamente identificata sull'intero territorio nazionale da un codice "ID frana" che rappresenta l'elemento di collegamento tra la Scheda frane (database alfanumerico) ed il PIFF - Punto Identificativo Fenomeno Franoso - (database cartografico). La proiezione cartografica utilizzata nel progetto è UTM ED50 fuso 32.

In pratica l'IFFI ha rappresentato la maggiore fonte di informazioni sui fenomeni franosi, dato che è il database più recente e perché già restituito in formato digitale. L'unico problema è legato al fatto che l'IFFI è un progetto regionale mentre il territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia è interregionale, e non tutte le Regioni di competenza lo hanno ancora redatto.

PIANI STRAORDINARI (1998)

I Piani Straordinari sono connessi all'entrata in vigore della legge Sarno.

Il D.L. n°180/98 convertito nella legge 3 agosto 1998 n°267 prevede le seguenti operazioni:

- individuazione dell'evento franoso tramite la carta inventario e la scheda di censimento dei fenomeni franosi proposti dallo stesso decreto legge;
- perimetrazione delle aree a rischio tramite:
 - realizzazione della carta delle frane;
 - realizzazione della carta delle infrastrutture con la perimetrazione delle aree relative agli insediamenti umani o produttivi, alle linee di comunicazione, ai beni culturali, etc.;
 - sovrapposizione qualitativa delle carte suddette;
- derivazione della carta del rischio.

Per inciso, va detto che le successive modifiche legislative hanno limitato l'acquisizione di tutti questi elementi alla sola perimetrazione delle aree a rischio elevato e molto elevato, rinviando le altre operazioni alla compilazione del Piano Stralcio.

La classificazione del rischio viene effettuata secondo i seguenti criteri:

- R1 (moderato) per il quale i danni socio-economici sono marginali;
- R2 (medio) per il quale il danno arrecato agli edifici ed alle infrastrutture non nuoce all'incolumità delle persone o alle attività economiche;
- R3 (elevato) per il quale sono riscontrati danni alle persone, agli edifici, al patrimonio ambientale ed alle attività socio-economiche;
- R4 (molto elevato) per il quale il danno agli edifici è grande e determina la perdita di vite umane con la totale paralisi delle attività socio-economiche.

La metodologia utilizzata per la raccolta dei dati sugli eventi franosi prevedeva:

- la collezione delle segnalazione effettuate in passato dai singoli Comuni ai Geni Civili Provinciali e allo stesso Assessorato LL. PP. Regionale che aveva inviato agli stessi Comuni e agli altri Enti interessati un dettagliato questionario;
- la raccolta di tutti i dati pubblicati su riviste scientifiche nazionali ed internazionali;
- la raccolta degli atti e della relazione conclusiva concernenti le ricerche effettuate dal C.N.R – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche;
- l'analisi aerofotogrammetrica di tutto il territorio interessato;
- il rilevamento ex-novo in campagna.

In realtà, nel Piano Straordinario vengono riportati solo gli eventi classificati R3 ed R4; tali eventi sono restituiti solo in formato cartaceo, corredati di schede informative e, non sempre, di stralcio topografico in scala 1:25.000.

AVI (1989)

Il progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane) fu commissionato dal Dipartimento della Protezione Civile al GNDCI (Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche) del CNR con l'obiettivo di effettuare un censimento delle aree colpite da frane e da inondazioni per il periodo 1918-1990. I dati furono recuperati essenzialmente da quotidiani, pubblicazioni tecniche e scientifiche e da interviste ad esperti. Il risultato è confluito in un archivio digitale contenente circa 17.000 informazioni sui fenomeni franosi in Italia. E' stata elaborata, inoltre, una tavola sinottica delle località colpite, localizzate come punti in scala 1:100.000. Ad ogni località è stato assegnato un grado di certezza nella localizzazione.

Degli eventi segnalati dal progetto AVI, caratterizzati da un maggior grado di certezza nella localizzazione, si è proceduto, tramite osservazioni di carattere prettamente geomorfologico, effettuate con l'ausilio delle ortofoto (in scala 1:10.000), delle carte topografiche (in scala 1:25.000), del Modello Digitale del Terreno, dei rilievi in campagna e dell'aerofotointerpretazione, alla ricostruzione del perimetro dell'evento franoso. Perimetro che è stato successivamente riportato sulla base cartografica delle ortofoto (in scala 1:10.000).

Carta Geologica d'Italia (1960 – 1965)

Si tratta della seconda edizione di tale carta, in scala 1:100.000, prodotta negli anni '60, in cui sono perimetrate le principali aree a frana. Tali aree, sempre con l'ausilio di tecniche di analisi geomorfologica, sono state riportate su cartografia a scala maggiore (ortofoto in scala 1:10.000).

Piani di Protezione Civile

Per le aree comprese nella provincia di Potenza, i fenomeni franosi sono stati estrapolati dal Piano Provinciale di Protezione Civile.

V.6.2 Fase II: Sintesi

Durante la fase di sintesi, si è proceduto alla valutazione quantitativa del contributo apportato dai singoli parametri intrinseci alla pericolosità da frana del territorio in esame, tramite l'assegnazione di pesi. In particolare, è stata valutata, in termini areali, nell'ambito delle differenti classi in cui è stato suddiviso ciascun parametro, l'occorrenza delle frane. Questa prima operazione ha permesso di valutare se i parametri considerati fossero in qualche modo relazionati al verificarsi dei dissesti.

Alla base delle operazioni di sintesi vi è la scelta dell'Unità Cartografica Territoriale (UTC) definita come: "una unità del territorio caratterizzata da una serie di condizioni tali da differire dalle unità adiacenti attraverso limiti definiti). Le UTC possono, pertanto, essere trattate come domini spaziali omogenei, in funzione sia dei caratteri intrinseci che del grado di pericolosità o rischio geomorfologico.

Dato che lo studio è stato condotto in ambiente GIS è risultato più semplice adottare come UTC la cella coincidente con il pixel delle GRID di Arc-View.

Per ogni UTC si è proceduto al calcolo dell'area in frana. Il valore di quest'ultima, normalizzato rispetto all'area totale dell'UTC di riferimento, ha consentito di calcolare gli Indici di franosità parziali (I_{fp}) relativi ad ogni UTC. Dal confronto tra gli I_{fp} e l'Indice di franosità totale del territorio in esame (I_{ft}), derivato dal rapporto tra l'area in frana totale e l'estensione del territorio di studio, si è poi ottenuto il peso di ogni UTC, legato alla maggiore o minore propensione al dissesto di quella porzione di territorio rispetto alla tendenza generale dell'intera area di studio. I pesi sono stati successivamente accorpati in tre classi (PG1, PG2 e PG3) che corrispondono a gradi crescenti di pericolosità da frana, mediante la sovrapposizione con la carta delle frane. In particolare, il valore PG3 corrisponde alle aree già coinvolte da fenomeni di dissesto. La carta di pericolosità così ottenuta è stata sottoposta ad una successiva operazione (funzioni di neighborhood analysis) con lo scopo di eliminare UTC piccole e isolate, in modo da dare una maggiore continuità al passaggio tra una classe e l'altra.

Capitolo VI Valutazione della Pericolosità Idraulica – Metodologia e Perimetrazione

VI.1 Principali Fasi di Redazione dell'Analisi del Rischio Idraulico

La normativa principalmente impiegata come riferimento per la definizione delle metodologie da utilizzare per l'analisi del rischio idrogeologico è il DPCM del 29.09.1998. In conformità a tale normativa l'analisi del rischio idrogeologico deve essere strutturata in 3 fasi :

- fase uno: individuazione delle aree soggette a rischio idrogeologico, attraverso l'acquisizione delle informazioni disponibili sullo stato del dissesto;
- fase due: perimetrazione, valutazione dei livelli di rischio e definizione delle conseguenti misure di salvaguardia;
- fase tre: programmazione della mitigazione del rischio.

Le attività previste nelle tre fasi variano in funzione della tipologia di rischio, idraulico o da frana, che si sta esaminando. Nel seguito saranno descritte le procedure da utilizzare per l'analisi del rischio idraulico; come introdotto dalla legge 183/1989, è necessario che l'analisi del rischio idrogeologico sia condotta a scala di bacino, ciò è valido in particolar modo per il rischio idraulico.

La prima fase dell'analisi del rischio idraulico prevede una raccolta dei dati storici di esondazioni ed allagamenti che hanno interessato l'area oggetto di studio. E' possibile reperire tali dati in primo luogo dall'Archivio delle Aree Vulnerate Italiane (AVI), progetto del Gruppo Nazionali di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche. Occorre quindi condurre uno studio geomorfologico, con l'ausilio della cartografia (IGM e/o Carta Tecnica Regionale) e delle foto aeree, se disponibili.

Tale fase preliminare ha lo scopo di individuare le aree di pertinenza fluviale o lacuale e le zone che già in passato sono state interessate da eventi alluvionali. In questa fase occorre, inoltre, evidenziare tutti i possibili punti di crisi lungo il reticolo idraulico principale, rappresentati da ostacoli al deflusso come restringimenti di sezione e attraversamenti (ponti).

Nella seconda fase si devono svolgere le seguenti attività:

- studio idrologico a livello di bacino per la determinazione delle portate attese con diversi tempi di ritorno¹; tale studio deve essere condotto in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionali Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) e deve, in ogni caso, tener conto dei dati raccolti dagli Uffici periferici dell'ex Servizio Mareografico e Idrografico Nazionale e da eventuali elaborazioni dei dati prodotti dagli stessi Uffici;
- qualora le caratteristiche del bacino idrografico e/o le condizioni del reticolo idraulico siano tali da prevedere la possibilità che in occasione di una piena si verifichi un importante deflusso di materiale

solido, tale da pregiudicare la capacità del tronco di smaltire le portate liquide attese, allora occorre condurre anche un'analisi dell'evoluzione geomorfologica del corso d'acqua, tesa ad individuare sia la capacità di produzione di sedimenti da parte del bacino idrografico che la capacità di trasporto di sedimenti nel tratto del corso d'acqua oggetto d'analisi;

- verifiche idrauliche condotte sulla rete idrografica che è potenzialmente soggetta a criticità. Tale verifica idraulica deve di norma essere condotta in condizioni di moto permanente; in situazioni di particolare complessità, quando i fenomeni esondativi assumono una importanza rilevante nella propagazione della piena, è necessario l'utilizzo di una modellistica idraulica a moto vario; al contrario quando è possibile dimostrare che le condizioni idrauliche dell'asta idrografica in esame sono prive di complessità è possibile utilizzare semplici formule di moto uniforme;
- a seguito delle valutazioni dei punti precedenti, individuazione delle criticità lungo il reticolo idraulico: in pratica occorre individuare i tratti del reticolo idraulico principale in cui la sezione idraulica non è sufficiente a smaltire la portata attesa, e quindi perimetrazione delle aree allagabili con diversi tempi di ritorno;
- individuazione degli elementi vulnerabili (infrastrutture, insediamenti abitativi e produttivi, etc.) e, per sovrapposizione con le aree soggette a diversa pericolosità idraulica, individuazione delle aree a rischio.

La terza ed ultima fase è invece volta all'individuazione delle tipologie di interventi da mettere in atto per la mitigazione del rischio; in tale fase devono essere date delle indicazioni di carattere generale sulle caratteristiche degli interventi strutturali (creazione di zone di laminazione, rialzamenti d'argine, adeguamento della rete idrografica, rimozione di ostacoli al deflusso, scolmatori, etc) e non strutturali (limitazione dell'edificabilità nelle zone a rischio, piani di protezione civile, etc.). Tali indicazioni devono essere comunque sufficienti a determinare quali sono gli interventi prioritari da attuare ed inoltre devono essere dati tutti gli elementi utili per procedere ad una progettazione di massima di tali interventi.

Nell'individuazione degli interventi strutturali da attuare, occorre ricordare che ogni intervento va ad interagire con il bacino idrografico nel suo complesso, occorre quindi evitare che esso, pur mitigando il rischio in una zona, possa fare aumentare il livello di rischio in altre zone del bacino. E' necessario inoltre evitare che, al termine della sistemazione del bacino² nel suo complesso, gli interventi realizzati abbiano l'effetto di peggiorare le caratteristiche di risposta del bacino in termini di aumento di portata massima e di diminuzione del suo tempo di risposta.

Un'attenzione particolare va utilizzata inoltre nei riguardi dei bacini endoreici, cioè quelli in cui il reticolo idraulico non sfocia a mare o in un altro corso d'acqua ricettore, ma dove il reticolo idraulico improvvisamente sparisce in una zona depressa infiltrandosi nel sottosuolo; tale fenomeno, dovuto principalmente al carsismo della zona, è una prerogativa delle Puglie ed interessa una grossa porzione del suo territorio soprattutto nelle province di Bari, Lecce e Brindisi.

¹ Conformemente al già citato DPCM del 29.09.1998, l'Autorità di Bacino della Puglia ha individuato i tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni per l'individuazione rispettivamente delle aree soggette ad Alta Probabilità (AP), Media Probabilità (MP) e Bassa Probabilità (BP) di esondazione.

² L'effetto della sistemazione finale sul bacino idrografico è il risultato dell'interazione degli effetti dei singoli interventi, come può essere il caso degli interventi finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico lungo un corso d'acqua. In questo caso può essere necessario realizzare una serie di tipologie diverse di interventi che vanno dalla realizzazione di opere idraulico-forestali e di piccole casse d'espansione nella zona alta del bacino idrografico alla realizzazione di grossi invasi di laminazione e di arginature nelle zone di valle.

Procedendo ad un'analisi del rischio idraulico in tali bacini, occorre, oltre che tener conto delle indicazioni date in precedenza, prestare la massima attenzione alla sistemazione della zona in cui le acque si infiltrano (inghiottitoio o gora) in modo da evitare, per quanto possibile, problemi di intasamento e quindi di riduzione della capacità di smaltimento delle acque nel sottosuolo; inoltre è necessario condurre un'analisi approfondita del sottosuolo in modo da valutare la capacità di assorbimento da parte dell'inghiottitoio. In ogni caso tutta la zona depressa posta in prossimità dell'inghiottitoio va opportunamente salvaguardata.

Nei paragrafi seguenti vengono descritte nel dettaglio le procedure da utilizzare per condurre l'analisi del rischio idraulico articolata nelle fasi descritte in precedenza.

VI.2 Perimetrazione delle Aree Storicamente Inondate

L'individuazione delle possibili situazioni di pericolosità è stata effettuata attraverso l'individuazione, la localizzazione e la caratterizzazione degli eventi alluvionali che abbiano prodotto effetti sul territorio, in particolare danni a persone o cose, o, semplicemente, abbiano creato condizioni di disagio o allarme. Tale individuazione è un importante strumento per la delimitazione delle aree a potenziale rischio di inondazione.

La perimetrazione delle aree soggette a rischio idraulico e la quantificazione della pericolosità, in via preliminare, è stata incentrata su una metodologia basata sull'utilizzo delle informazioni raccolte, organizzate e rese disponibili dal progetto AVI e dal progetto VAPI, nonché tutte le informazioni storiche eventualmente rese disponibili da istituzioni territoriali, quali uffici competenti regionali, provinciali o comunali o da altre fonti di informazioni.

I risultati di tale metodologia, che trova riscontro nella legge n. 267/98, emanata a seguito degli eventi alluvionali della Campania del maggio del 1998, non sono da considerarsi statici, ma soggetti a continui aggiornamenti, man mano che le notizie di eventi si rendano disponibili.

La metodologia di base adottata ha previsto le seguenti fasi operative, di seguito descritte in dettaglio:

- censimento degli eventi storici alluvionali e di piena;
- validazione di ogni singolo evento censito;
- perimetrazione preliminare;
- perimetrazione definitiva.

VI.2.1 Censimento degli eventi storici alluvionali e di piena

In questa prima fase si è previsto il censimento degli eventi alluvionali e di piena verificatisi in passato, che abbiano causato danni o disagi, mediante acquisizione di informazioni provenienti da fonti ufficiali quali:

- 1) il Progetto VAPI (Valutazione Piene) per la Puglia, redatto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR, che si è basata su una ricerca giornalistica, relativa ad eventi alluvionali e fenomeni di piena verificatisi dal 1921 al 1985 in Puglia Settentrionale;
- 2) il progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane), redatto sempre dal GNDCl, indagine storica che copre il periodo dal 1919 al 1996;
- 3) il Piano straordinario per l'assetto idrogeologico redatto dalla Regione Puglia ai sensi della legge 267/98 e della L. 226/99, avvalendosi del supporto tecnico-scientifico dell'Istituto di Ricerca sulle Acque del C.N.R., del Dipartimento di geologia Geologia e Geofisica dell'Università degli Studi di Bari, dell'Istituto Pugliese Ricerche Economiche e Sociali (IPRES), e del Dipartimento di Ingegneria delle Acque del Politecnico di Bari;
- 4) gli atti e i documenti tecnici resi disponibili dagli Uffici competenti della Regione Puglia, in particolare le relazioni redatte dal Genio Civile in occasione di eventi alluvionali rilevanti nonché da tutti gli Enti territoriali competenti;
- 5) Le fonte giornalistiche (in particolare quelle locali).

I dati raccolti sono stati strutturati in modo che confluissero in un apposito database, definito in modo da risultare compatibile con quelli costituiti dall'AVI. Il database è stato oggetto di continuo aggiornamento in tutte le fasi della perimetrazione.

VI.2.2 Validazione critica di ogni singolo evento censito.

Ogni singolo evento presente nel database è stato oggetto di attenta ed accurata analisi critica. In tale valutazione si è tenuto conto dell'attendibilità della fonte, valutando la qualità della notizia di per sé.

Le notizie sono state esaminate secondo criteri spazio-temporali: questa attività ha permesso di ignorare nel seguito le informazioni storiche poco attendibili, caratterizzate da un grado di incertezza tale da renderle inutilizzabili nelle successive elaborazioni, nonché quelle ripetute.

In seguito, si è verificato che la notizia rendesse possibile la localizzazione del territorio effettivamente interessato dall'evento. Ogni singola zona interessata dall'evento, a questo punto, è stata associata ad uno o più punti di riferimento, quali toponimi, manufatti o altri punti singolari distinguibili sugli strumenti cartografici disponibili.

VI.2.3 Perimetrazione preliminare

La perimetrazione persegue l'individuazione del poligono che circoscrive l'area interessata dall'evento alluvionale, con la massima precisione possibile, definendola, pertanto, a rischio idraulico, senza che se ne indichi la classe.

Questa attività è stata svolta in due fasi successive caratterizzate da un livello di dettaglio sempre maggiore.

1) Individuazione di macroaree

Attraverso una prima perimetrazione si sono individuate le macroaree oggetto di eventi alluvionali. Su cartografia a scala 1:25.000, si è delimitato, per ogni singolo evento analizzato autonomamente dai restanti, anche contermini o spazialmente sovrapposti, il poligono dei punti critici contigui o delle zone di probabile criticità; inoltre si è provveduto a redigere una apposita scheda con indicazioni di massima per la successiva perimetrazione.

2) Perimetrazione preliminare di dettaglio

In questa seconda fase si è passati dalla perimetrazione speditiva del territorio interessato da un singolo evento (fase precedente), all'analisi unitaria delle macroaree relative alla medesima porzione critica di territorio.

Su cartografia in scala 1:25.000, utilizzando criteri geologici, geomorfologici ed idrogeologici, e operando su molteplici livelli informativi (carte geologiche, reticolo idrografico, reti viarie, etc.), si è individuata, per ogni porzione critica di territorio, l'area critica relativa ad una o più macroaree contermini.

Nei casi in cui si disponeva di eventi con indicazioni di localizzazione puntuali del livello raggiunto dall'acqua durante uno specifico evento alluvionale, la perimetrazione è stata effettuata individuando l'area sommersa.

Per eventi con indicazioni di localizzazione puntuali senza indicazione del livello raggiunto dall'acqua, ma in presenza di attraversamenti quotati che possano aver causato ostacolo al normale deflusso delle acque, la perimetrazione è stata effettuata tanto accettando l'ipotesi che l'attraversamento stesso sia stato sormontato dalle acque fluenti, quanto tenendo in conto le evidenze geomorfologiche.

In mancanza di conoscenze idrometriche ed in assenza di attraversamenti quotati, si è proceduto con un criterio geomorfologico, incrociando le conoscenze topografiche, geologiche e morfologiche con quelle derivanti dalla fotointerpretazione, attraverso l'individuazione delle pertinenze fluviali.

In ultimo, attraverso l'utilizzo delle ortofoto (in scala 1:10.000), ciascuna area critica è stata perimetrata con il massimo dettaglio possibile allo stato delle conoscenze.

VI.2.4 Perimetrazione definitiva

Le perimetrazioni delle aree critiche sono state sottoposte all'attenzione dei Comuni competenti, affinché formulassero osservazioni o suggerissero modifiche ed integrazioni. Valutate le osservazioni formulate dai Comuni, si è provveduto ad aggiornare le aree perimetrare, così da poterle considerare definitive, allo stato delle conoscenze disponibili.

Le aree così individuate potranno subire successive revisioni ed integrazioni, secondo quanto previsto dalle norme vigenti, in funzione del progredire delle conoscenze del territorio che si renderanno disponibili.

In tali aree l'Autorità di Bacino, in ogni caso, si prefigge lo scopo di condurre l'analisi di dettaglio del rischio idraulico, in modo da valutare con maggior precisione le aree allagabili e di conseguenza le aree a rischio, utilizzando la procedura che verrà descritta nei paragrafi successivi.

VI.3 Studio Idrologico

Lo studio idrologico a livello di bacino per la determinazione delle portate attese con diversi tempi di ritorno è da condurre in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionali di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) e deve in ogni caso tener conto dei dati raccolti dagli Uffici periferici dell'ex Servizio Mareografico e Idrografico Nazionale e da eventuali elaborazioni dei dati prodotti dagli stessi Uffici.

Conformemente al già citato DPCM del 29.09.1998, l'Autorità di Bacino della Puglia ha individuato i tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni per l'individuazione, rispettivamente, delle aree soggette ad Alta Probabilità (AP), Media Probabilità (MP) e Bassa Probabilità (BP) di esondazione.

VI.3.1 Individuazione caratteristiche pluviometriche dell'evento di progetto

Per quanto concerne l'analisi pluviometrica, "l'analisi regionale delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 ora e 1 giorno è stata effettuata per il territorio della Puglia centro-meridionale ad integrazione di quanto effettuato in Puglia settentrionale da Claps et al., (1994). Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987). Per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello si è fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Iritano, 1994). I risultati hanno evidenziato (Castorani e Iacobellis, 2001) per l'area esaminata la consistenza di zona unica di primo e secondo livello. L'intero territorio di competenza del compartimento di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale risulta quindi diviso, al primo e secondo livello, in due sottozone. La prima (Claps et al, 1994) comprende la Capitanata, il Sub-appennino Dauno, il Gargano e l'Alta Murgia, la seconda include la restante parte del Tavoliere e della Murgia e la penisola Salentina. L'analisi di terzo livello basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota ha portato alla individuazione, oltre alle quattro zone omogenee in Claps et al. (1994), di altre due zone e delle rispettive curve di possibilità climatica."²

In definitiva, dal punto di vista dell'approccio pluviometrico, il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

$$\text{Zona 1: } x(t,z) = 26.8 t^{[(0.720+0.00503 z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 2: } x(t) = 22.23 t^{0.247}$$

$$\text{Zona 3: } x(t,z) = 25.325 t^{[(0.0696+0.00531 z)/3.178]}$$

$$\text{Zona 4: } x(t) = 24.70 t^{0.256}$$

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

$$\text{Zona 6: } x(t,z) = 33.7 t^{[(0.488+0.0022 z)/3.178]}$$

² Da **rapporto sintetico** sulla Valutazione Piene redatto dal CNR-GNDCI, a cui si rimanda per ogni opportuno approfondimento e confronto (<http://caronte.gndci.cs.cnr.it/GNDCI/rapporti/Bari.htm>)

Come si può osservare, per 4 aree omogenee sulle 6 totali, è preso in considerazione il parametro geomorfologico “z” della quota assoluta sul livello del mare (espressa in metri).



Figura VI.3-1 Sottozone omogenee

Ai valori così ottenuti, vanno applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell’evento di progetto, espresso in anni), ed al Fattore di Riduzione Areale K_A (funzione della superficie del bacino espressa in kmq, e della durata dell’evento di progetto espressa in ore).

Per quanto concerne il Fattore di Crescita nelle zone 1-2-3-4 (Puglia Settentrionale):

$$K_T = 0.5648 + 0.415 \ln T$$

Di seguito si riportano i valori singolari tabellati dal rapporto sintetico, e i valori ricavati dalla formula su esposta:

		Tempo di Ritorno (anni)											
		2	5	10	20	25	30	40	50	100	200	500	1000
Tabella	K_T	0.91	1.26	1.53	1.81	1.9		2.1	2.19	2.48	2.77	3.15	3.43
Formula	K_T	0.85	1.23	1.52	1.81	1.90	1.98	2.10	2.19	2.48	2.76	3.14	3.43

Per le zone 5-6 (Puglia Centro-Meridionale)

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 \ln T$$

Di seguito si riportano i valori singolari tabellati dal rapporto sintetico, e i valori ricavati dalla formula su esposta:

		Tempo di Ritorno (anni)											
		2	5	10	20	25	30	40	50	100	200	500	1000
Tabella	K_T	0.91	1.26	1.53	1.81	1.9		2.1	2.19	2.48	2.77	3.15	3.43
Formula	K_T	0.85	1.23	1.52	1.81	1.90	1.98	2.10	2.19	2.48	2.76	3.14	3.43

Nel caso in cui si debba condurre uno studio idrologico in una area estesa, la precipitazione deve essere ragguagliata alla superficie del bacino idrografico considerato per tener conto del fatto che la precipitazione, calcolata come descritto in precedenza, è un valore puntuale e quindi va opportunamente ridotta di un valore (Fattore di Riduzione Areale) che dipende dall'estensione dell'area studiata e dalla durata dell'evento.

Per quanto concerne il Fattore di Riduzione Areale K_A :

$$K_A = 1 - (1 - e^{(-0.0021 A)}) e^{(-0.53 d^{0.25})}$$

Si ritiene sempre opportuno affiancare la analisi pluviometrica appena descritta, basata sulla regionalizzazione, con analisi localizzate (in caso di disponibilità di dati e serie storiche corpose) secondo alcune distribuzioni di probabilità (Tipo Gumbel o GEV), la cui efficacia deve essere valutata sulla base di test statistici.

Nel caso in cui nell'area oggetto dello studio siano avvenute precipitazioni eccezionali rispetto alla serie storica registrata ed utilizzata nella analisi di regionalizzazione, questa deve essere aggiornata, o, in alternativa, devono essere effettuate analisi localizzate secondo almeno due distribuzioni di probabilità la cui efficacia deve essere valutata sulla base di test statistici. I risultati così ottenuti devono essere raffrontati criticamente con l'analisi pluviometrica descritta precedentemente.

Nel caso in cui l'area oggetto dello studio possa essere a cavallo di due zone omogenee, oltre alla analisi pluviometrica descritta (effettuata per entrambe le zone omogenee), devono essere effettuate analisi localizzate secondo almeno due distribuzioni di probabilità la cui efficacia deve essere valutata sulla base di test statistici. I risultati così ottenuti devono essere raffrontati criticamente. Dovranno in ogni modo essere ampiamente giustificati eventuali coefficienti di ragguaglio o di riduzione o modificatori in genere.

Nell'individuazione delle caratteristiche pluviometriche dell'evento di progetto occorre tener conto delle indicazioni date in precedenza per quanto riguarda l'altezza di pioggia in relazione alla durata dell'evento. E' necessario però che tale altezza di pioggia non sia distribuita uniformemente in funzione del tempo ma piuttosto presenti un picco centrale per meglio simulare le precipitazioni reali, a tale proposito si consiglia l'utilizzo del modello di distribuzione Chicago con picco centrale o il Modello a Blocchi alternati che sono i metodi più utilizzati in letteratura.

Particolare cura va utilizzata nella scelta della durata dell'evento pluviometrico di progetto che di norma deve essere pari al tempo di risposta (tempo di corrivazione) del bacino idrografico oggetto di studio. Quando però lungo il reticolo idrografico il deflusso è caratterizzato da importanti fenomeni di laminazione dell'onda di piena allora il tempo di risposta del bacino idrografico può risultare anche sensibilmente aumentato fino a 3-6 quello originario in funzione dell'entità dei fenomeni di laminazione. Tali fenomeni di laminazione possono essere naturali, cioè dovuti ad esondazioni del corso d'acqua in vaste aree golenali o in ogni caso di pertinenza del corso d'acqua, oppure artificiali, cioè dovuti alla presenza di casse d'espansione realizzate proprio allo scopo di laminare i deflussi. In questi casi la durata dell'evento pluviometrico di progetto va opportunamente prolungata utilizzando varie durate in modo da evidenziare quale sia quella che da origine alle condizioni più critiche nella sezione di interesse.

Nel caso che l'analisi del rischio idraulico sia condotta su un bacino molto esteso ed articolato allora è necessario utilizzare delle durate di pioggia anche sensibilmente più ridotte rispetto al tempo di risposta del bacino complessivo, in modo da evidenziare eventuali criticità presenti in sezioni intermedie del reticolo

idraulico da verificare, a cui afferiscono sottobacini idrografici sensibilmente più ridotti rispetto al bacino principale.

In generale, occorre quindi considerare nell'analisi del rischio idraulico eventi di progetto con durate di pioggia di 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 e 48 ore. In questo caso la perimetrazione delle aree allagabili sarà il risultato dell'inviluppo delle aree allagabili ottenute utilizzando eventi pluviometrici di progetto con le diverse durate di pioggia.

VI.3.2 Individuazione caratteristiche della piena di progetto

Il metodo da utilizzare per la determinazione delle caratteristiche della piena di progetto dipende, in primo luogo, dal tipo di verifica idraulica che si intende condurre. Come illustrato nel paragrafo relativo allo studio idraulico, infatti, in alcuni casi può essere sufficiente condurre un'analisi in moto permanente o addirittura uniforme per cui è sufficiente conoscere la portata massima. In questi casi lo studio idrologico può essere condotto con metodi semplificati sul tipo del metodo cinematico o razionale. In altri casi più complessi, quando è richiesta una verifica idraulica in moto vario, occorre invece conoscere la forma dell'idrogramma di piena: in questo caso sarà necessario ricorrere a metodi analitici per condurre lo studio idrologico sul tipo della teoria dell'idrogramma unitario.

In ogni caso, il metodo utilizzato deve dapprima prevedere un metodo per la separazione delle piogge nella componente che partecipa al deflusso ed in quella che invece risulta persa (trattenuta dal suolo o dalla vegetazione, evaporata o infiltrata) e quindi per la trasformazione afflussi-deflussi per il calcolo delle caratteristiche della piena.

VI.3.2.1 Metodo di calcolo della pioggia efficace

Vari sono i metodi riportati in letteratura per la stima della pioggia efficace, nel seguito vengono brevemente descritti il metodo della perdita iniziale e costante ed il metodo del Curve Number del Soil Conservation Service che sono tradizionalmente quelli più utilizzati; si farà quindi riferimento ad alcune formule empiriche da utilizzare per la stima del coefficiente di ruscellamento.

Perdita iniziale e costante

Come accennato in precedenza, è necessario conoscere la pioggia netta per utilizzare un qualunque metodo di trasformazione afflussi-deflussi, cioè quella parte di precipitazione che effettivamente partecipa al deflusso. La parte di pioggia che non partecipa al deflusso è quella che si perde per evaporazione, durante l'evento, più quella che rimane infiltrata nel terreno e quella che rimane immagazzinata in piccole depressioni del suolo o viene assorbita inizialmente dalla vegetazione e che, per la maggior parte, evapora in un secondo tempo.

Per la determinazione della pioggia netta occorre quindi prendere in considerazione vari fattori quali:

- capacità di infiltrazione e ritenzione del terreno (litologia), che può anche essere influenzata da precipitazioni precedenti quella considerata;
- uso de suolo e copertura vegetale;

- da come il suolo si presenta in superficie (presenza di depressioni, tipo di sistemazione, etc.).

In pratica occorre calcolare, a partire dallo ietogramma originario, la pioggia netta per ogni intervallo di tempo. Per la separazione della pioggia si possono utilizzare diversi metodi:

- *metodo dell'ordinata phi*: che considera che la quantità di pioggia che non partecipa al deflusso sia costante nel tempo e consiste quindi nel diminuire tutte le altezze di precipitazione di un valore costante

$$\phi = P_t (1-K)/n$$

dove:

P_t è la precipitazione totale;

K è il coefficiente di deflusso;

n è il numero di intervalli di tempo dello ietogramma,

e quindi

$$P_{netta_i} = P_i - \phi \quad (P_i \text{ e } P_{netta_i}, \text{ altezze di pioggia nell'intervallo } i\text{-mo}).$$

- *metodo della soglia temporale tau*: consiste nel supporre che tutte le perdite si abbiano all'inizio della precipitazione fino ad esaurire la capacità di invaso del bacino, quindi in seguito tutta la precipitazione partecipa al deflusso,

- *metodo percentuale*: che considera che la pioggia che si perda per ogni intervallo di tempo sia pari in percentuale a quella persa in totale, per cui si ha che la

$$P_{netta_i} = K P_i$$

La situazione reale risulta, in generale, da una composizione dei primi due metodi, cioè all'inizio tutta la pioggia viene assorbita ma con il passare del tempo la capacità di infiltrazione del terreno diminuisce e quindi aumenta la componente di pioggia netta. Il metodo di questo tipo più utilizzato consiste nel considerare una perdita iniziale (I_a) che dipende esclusivamente dall'uso del suolo ed una perdita costante (k) che dipende esclusivamente dalla litologia.

Curve Number

Il Curve Number è un parametro adimensionale decrescente in funzione della permeabilità, intesa come caratteristica globale del tipo e dell'uso del suolo. La sua determinazione è ottenuta in base al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato, alla tipologia pedologica e litologica dei suoli ed all'uso del suolo. Il suo valore è compreso tra 0 e 100 ed è diffusamente tabulato, specialmente nella letteratura scientifica americana, come frutto dell'analisi di molti esempi applicativi.

Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi, rispettivamente la I, la II, e la III del grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre

110 mm). Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena e considerato che in occasione di queste ultime molto spesso il terreno del bacino in questione si presenta in condizioni di elevato imbibimento, si è preferito adottare il valore di CN corrispondente alla classe AMC-tipo III, legato a quella normale dalla relazione:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

La classificazione dei tipi di suolo è funzione delle caratteristiche di permeabilità secondo la suddivisione proposta dal Soil Conservation Service che prevede quattro classi aventi, rispettivamente, potenzialità di deflusso scarsa (A), moderatamente bassa (B), moderatamente alta (C) e molto alta (D). La suddivisione in base al tipo di copertura o uso del suolo comprende, invece, diverse situazioni di aree caratterizzate da differenti morfologie (pascoli, terrazzamenti, etc.) varie coperture vegetali (boschi, praterie, parchi), condizioni di conservazione e destinazione d'uso (coltivazioni, parcheggi, distretti industriali o altro).

Nel caso in esame, ogni sottobacino scolante è stato analizzato suddividendo l'intera superficie, in base al tipo e all'uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso: si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino è stato ricavato poi un valore medio del parametro CN , ottenuto come "media pesata" dei valori singolari imposti sulle i -esime sub-aree:

$$CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + \dots + p_nCN_n$$

dove p_1, p_2, \dots, p_n sono le percentuali dell'area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a CN_1, CN_2, \dots, CN_n .

Analogamente, la valutazione del CN equivalente per le aree scolanti risultanti dalla somma di altre, per la confluenza di due o più corsi d'acqua, è stata effettuata sommando via via le aree ad uguale caratterizzazione del Curve Number. Nella individuazione e caratterizzazione delle zone omogenee si fa riferimento alla Carta dell'uso del suolo ed alle Carte litologica. Le zone omogenee individuate sono riportate nella Tabella VI.3-1:

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella VI.3-1 Zone omogenee per Curve Number

Il calcolo della precipitazione efficace al fine dello scorrimento superficiale è stato effettuato depurando gli ietogrammi dalle perdite per infiltrazione e per immagazzinamento nelle depressioni superficiali. Si è adottato il metodo di depurazione della pioggia noto come *Curve Number* proposto dal Soil Conservation Service basato sul modello Hortoniano di descrizione del fenomeno dell'assorbimento; come noto, tale procedura consente di calcolare il volume di pioggia defluito nella sezione di chiusura sulla base dell'espressione:

$$h_n = \frac{(h_r - I_a)^2}{h_r - I_a + S}$$

dove:

- h_n [mm] è il volume specifico complessivamente defluito durante l'evento;
- h_r [mm] è il volume specifico di pioggia lorda;
- S [mm] è il potenziale specifico massimo di assorbimento del terreno, cioè il volume immagazzinabile a saturazione nello stesso;
- I_a [mm] rappresenta la quota parte del volume affluito che si infiltra prima che il deflusso abbia inizio.

La determinazione di S viene effettuata sulla base della relazione:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

La stima del parametro CN è stata effettuata secondo le procedure già descritte al paragrafo precedente. Quale valore di I_a , al posto della relazione suggerita dal Soil Conservation Service ($I_a = 0,2 \times S$), si è adottato un valore pari a 2 mm, come consigliato da diversi autori nelle applicazioni pratiche, al fine di non sottostimare eccessivamente il volume di piena.

VI.3.2.2 Metodo di formazione dell'onda di piena

Il problema del calcolo del deflusso di un bacino idrografico sottoposto ad un evento di pioggia di determinate caratteristiche può essere risolto con vari metodi che possono ricondursi a tre teorie principali:

- *modello cinematico o metodo della corrivazione;*
- *metodo razionale;*
- *metodo dell'idrogramma unitario.*

Di seguito si darà una descrizione del metodo dell'idrogramma unitario, in particolare nelle formulazioni di Nash e del Soil Conservation Service, e saranno brevemente illustrati alcuni metodi semplificati per la determinazione del tempo di corrivazione di un bacino, che è l'elemento principale per l'uso del modello cinematico e del metodo razionale. Si riportano, quindi, i principali risultati applicativi ottenuti dallo studio sulla regionalizzazione delle piene condotto nell'ambito del progetto VaPi. Infine sono elencate alcune formule empiriche da utilizzare per la stima della portata massima.

Metodo dell'idrogramma unitario istantaneo.

La teoria dell'idrogramma unitario, introdotta da Sherman nel 1932, prevede che per una data sollecitazione di pioggia la risposta del bacino sia dipendente unicamente dalle caratteristiche del bacino, a tale proposito si presuppone un comportamento del bacino stazionario e lineare. Un sistema si dice stazionario se a due sollecitazioni uguali, sfasate di un intervallo di tempo dt , fa corrispondere due uscite uguali, sfasate dello stesso intervallo dt .

Un sistema si dice lineare, se corrisponde alla rispondenza del principio di sovrapposizione degli effetti, quando ad una sollecitazione U , combinazione lineare di due sollecitazioni U_1 e U_2 ($U = a \times U_1 + b \times U_2$), fa corrispondere una risposta Q ($Q = a \times Q_1 + b \times Q_2$) pari ad una combinazione lineare di Q_1 e Q_2 che sono, rispettivamente, le risposte alle sollecitazioni U_1 e U_2 .

In particolare secondo la teoria di Sherman si definisce idrogramma unitario istantaneo (IUH) del bacino, la risposta del bacino, in termini di deflusso, ad una sollecitazione di pioggia impulsiva ed unitaria cioè di durata dt tendente a 0. Ai fini pratici, poi, è preferibile passare ad una discretizzazione dei tempi e quindi si utilizza l'idrogramma unitario (UH) che è la risposta del bacino, per unità di superficie, ad una pioggia di durata unitaria ed altezza unitaria.

All'interno della teoria dell'idrogramma unitario è possibile utilizzare diverse schematizzazioni del bacino per ricavare l'espressione dell'idrogramma, la più utilizzata delle quali è quella di Nash che prevede la rappresentazione del bacino con una serie di serbatoi, cilindrici e tutti uguali, ognuno dei quali versa in quello successivo, in questo caso l'idrogramma unitario istantaneo può essere espresso nella forma:

$$h(t) = \frac{1}{K(n-1)!} (t/K)^{n-1} e^{-t/k}$$

dove n è il numero di serbatoi e K la loro costante temporale, per considerare n non intero si passa alla formulazione

$$h(t) = \frac{1}{KG(n)} (t/K)^{n-1} e^{-t/k}$$

dove G(n) è la funzione gamma espressa come $G(n) = \int_0^\infty e^{-x} (n-1) dx$ e per n intero $G(n) = (n-1)!$.

In questo caso il tempo di concentrazione dell'idrogramma unitario, cioè il tempo a cui corrisponde la massima portata, è espresso dalla relazione $t_c = (n-1)K$. Per calcolare la risposta complessiva del bacino occorre quindi fare l'integrale

$$q(t) = \int_0^t p(t-v) h(v) dv$$

passando poi ad una discretizzazione si ha la seguente formulazione

$$Q_n = A \sum h_i P_{n-i+1}$$

dove:

Q_n è la portata nell'intervallo di tempo n;

A è la superficie del bacino;

h_i è il valore dell'idrogramma al tempo i;

P_{n-i+1} è la precipitazione netta nell'intervallo n-i+1.

Un'altra schematizzazione del bacino più completa, che considera il bacino come composto da due serie di serbatoi in parallelo, può essere utilizzata per simulare un deflusso superficiale istantaneo ed un deflusso ritardato ipodermico, cioè quello che avviene subito sotto la superficie del suolo, che a volte può essere predominante. In alcune zone del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia il deflusso ritardato può essere addirittura preponderante rispetto a quello superficiale e quindi occorre analizzare tale fenomeno in dettaglio.

L'idrogramma unitario istantaneo geomorfologico (GIUH)

Il metodo dell'idrogramma unitario istantaneo geomorfologico (I.U.H.G.) discende dalla tradizionale teoria del I.U.H. nella formulazione di Nash e deriva i principali parametri in funzione della parametrizzazione

del bacino versante e del suo reticolo idrografico. Per la determinazione delle caratteristiche del bacino versante e del suo reticolo idrografico si utilizza il modello digitale del terreno ricostruito in base ai dati cartografici acquisiti.

Non disponendo di dati utili per una taratura del modello idrologico utilizzato, si possono assumere valori dei vari parametri stimati sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del bacino in oggetto e derivati anche dalla letteratura. Nella tabella seguente sono riportate le espressioni utilizzate per il calcolo dell'idrogramma unitario istantaneo, nella formulazione di Nash, e quelle utilizzate per la valutazione dei coefficienti del IUH in funzione di alcune caratteristiche geomorfologiche del bacino e del suo reticolo idrografico.

$$h(t) = \frac{1}{k\Gamma(n)} \left(\frac{t}{n}\right)^{n-1} e^{-\frac{t}{k}}$$

con:

$$n = 3.29 \left(\frac{R_b}{R_a}\right)^{0.78} R_l^{0.07} \quad \text{e} \quad k = 0.7 \left(\frac{R_a}{R_b R_l}\right)^{0.4S} \frac{L_c}{V_m}$$

IUH del Soil Conservation Service

Il metodo consigliato dal Soil Conservation Service per la trasformazione afflussi-deflussi è riconducibile alla teoria dell'idrogramma unitario istantaneo la cui formulazione è possibile ritrovare in letteratura e dove gli unici parametri da inserire per ogni bacino sono tlag (tempo di ritardo) e Curve Number (lo stesso da utilizzare per la stima della pioggia efficace).

Metodi semplificati

Risultati regionalizzazione delle piene dal progetto VaPi³

Per quanto concerne l'analisi idrometrica, "vengono sintetizzati i risultati salienti del Progetto VAPI per la stima delle portate di assegnato tempo di ritorno, per qualsiasi sezione del reticolo idrografico dei corsi d'acqua della Puglia, con particolare riguardo ai bacini compresi tra il fiume Ofanto a sud e il torrente Candelaro a nord. La sintesi è stata articolata con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, *Valutazione delle Piene in Puglia [Copertino e Fiorentino, 1994]*".

In definitiva, dal punto di vista dell'approccio idrometrico, per i bacini della Puglia Settentrionale, si procede ad una stima indiretta della piena media annua nella sezione di chiusura del bacino oggetto dello studio, attraverso l'utilizzo opportuno di un modello concettuale (formula razionale), sulla base della seguente equazione:

³ Da **rapporto sintetico** sulla Valutazione Piene redatto dal CNR-GNDCl, a cui si rimanda per ogni opportuno approfondimento e confronto

(<http://caronte.gndci.cs.cnr.it/GNDCl/rapporti/Bari.htm>)

$$Q = \frac{C_* K_A(t_r) I(t_r) A}{3.6}$$

in cui:

Q è la piena media annua espressa in mc/s;

C* è il coefficiente di piena, così definito:

$$C_* = 0.09 + 0.47 (1 - pp)$$

con pp frazione ad elevata permeabilità del bacino (rapporto tra area ad elevata permeabilità e l'area complessiva del bacino);

t_r , in ore, è il tempo di ritardo del bacino, così definito:

$$t_r = 0.344 A^{0.5}$$

con A superficie del bacino in kmq;

$I(t_r)$, espressa in mm/h, è la intensità di precipitazione calcolata come descritto nella sezione pluviometria della analisi regionalizzata, ottenuta come $h(t_r)/t_r$.

Al valore così ottenuto va applicato il coefficiente moltiplicativo relativamente al Fattore di Crescita KT (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni),

Zone 1-2-3-4 (Puglia Settentrionale)

$$KT = -0.4007 + 0.904 \ln T$$

Di seguito si riportano i valori singolari tabellati dal rapporto sintetico, e i valori ricavati dalla formula su esposta:

		Tempo di Ritorno (anni)											
		2	5	10	20	25	30	40	50	100	200	500	1000
Tabella	K_T	0.83	1.39	1.85	2.37	2.55		2.95	3.15	3.76	4.39	5.22	5.84
Formula	K_T	0.23	1.05	1.68	2.31	2.51	2.67	2.93	3.14	3.76	4.39	5.22	5.84

Stima della portata massima con formule empiriche

L'utilizzo di formule empiriche, per quanto possano essere approssimate, è sempre molto utile per lo studio di piccoli e grandi bacini idrografici, in particolar modo quando non si dispone di misure dirette di deflusso per la taratura del modello ideologico utilizzato. Nell'ottica quindi di verificare i risultati ottenuti dal modello ideologico è opportuno utilizzare varie formule empiriche alcune che si trovano in letteratura, tra le quali quelle di Gherardelli, Marchetti, Mongiardini, Forti, De Marchi, Pagliaro, etc.

Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione t_c di un bacino è definito genericamente come il tempo che impiega una singola particella d'acqua a giungere alla sezione di controllo del bacino considerato dal punto più lontano del bacino stesso; diversi Autori hanno fornito formule di origine empirica, che permettono di stimare tale valore.

Ognuna di tali formule è nata sulla base di analisi di bacini campione, che possono avere caratteristiche più o meno analoghe, sia in termini di ampiezza che di morfologia ed uso del suolo, a quello oggetto di studio. Alcune formule tendono a sovrastimare ed altre a sottostimare il tempo di corrivazione, si è quindi effettuata una selezione dei metodi più frequentemente usati e ritenuti accettabili per i bacini appenninici o pedemontani, di ampiezza contenuta (intorno a 100 kmq).

Con riferimento ai simboli dei parametri precedentemente descritti, il tempo di corrivazione t_c [minuti] di ciascun bacino può essere stimato attraverso varie formulazioni che si trovano in letteratura, tra le quali quelle di Giandotti, Ventura, Pasini, Viparelli, CN-SCS, Kirpich, etc.

Il valore del tempo di corrivazione calcolato con le formule sopra accennate rappresenta una media tra la celerità di percorrenza nella parte montana del bacino, dove addirittura non esiste un vero e proprio alveo e il deflusso superficiale si presenta ancora in modo disordinato ($v \approx 0,2 \div 0,3$ m/s) e la velocità di transito nell'alveo sistemato della parte valliva, dove le sezioni appaiono più estese e minore la scabrezza ($v \approx 3 \div 4$ m/s).

VI.4 Analisi della Evoluzione Geomorfologica del Reticolo Idraulico

Qualora le caratteristiche del bacino idrografico e/o le condizioni del reticolo idraulico siano tali da prevedere la possibilità che in occasione di una piena si verifichi un importante deflusso di materiale solido tale da pregiudicare la capacità del tronco di smaltire le portate liquide attese, occorre condurre anche un'analisi dell'evoluzione geomorfologica del corso d'acqua, tesa ad individuare sia la capacità di produzione di sedimenti da parte del bacino idrografico che la capacità di trasporto di sedimenti nel tratto del corso d'acqua oggetto d'analisi.

Il trasporto solido è il principale fenomeno che regola le tendenze morfologiche evolutive dei corsi d'acqua nel lungo periodo: sia il tracciato di un corso d'acqua naturale che la sua sezione sono infatti determinati sulla base della capacità di trasporto solido dell'acqua e dalla produttività di sedimenti del bacino idrografico sotteso. Tale capacità di trasporto varia in funzione delle caratteristiche di deflusso nella sezione e dipende in particolare da: pendenza, larghezza, granulometria del materiale di fondo e velocità dell'acqua oltre che dalle caratteristiche del bacino idrografico.

In riferimento al trasporto solido, nei corsi d'acqua si possono in genere distinguere zone in accumulo e zone in erosione. In alcuni casi accumuli eccessivi di materiale litoide in alveo possono provocare anche situazioni di criticità limitando notevolmente la portata smaltibile: in questo caso il fenomeno del trasporto solido è strettamente legato al problema del rischio idraulico e durante le alluvioni i principali danni non sono causati solo dal deflusso delle acque di piena ma anche dalle portate solide che le accompagnano.

Dal trasporto solido dei corsi d'acqua dipende anche la tendenza evolutiva delle unità fisiografiche costiere nelle quali tali corsi d'acqua sfociano; infatti, gli apporti di materiale solido che provengono dai corsi d'acqua vanno ad alimentare il trasporto litoraneo che modella le coste: evidentemente i problemi di erosione dei litorali spesso derivano dai mancati apporti di trasporto solido dai corsi d'acqua.

Da quanto detto in precedenza emerge che il fenomeno del trasporto solido, essendo strettamente connesso alle problematiche legate al rischio idraulico e di erosione delle coste, deve essere tenuto in giusta considerazione dalla pianificazione di bacino.

A tale proposito occorre ricordare che le principali normative nazionali che riguardano il trasporto solido sono la legge 37/1994 e la legge 677/1996. La prima, la cosiddetta legge 'Cutrera', assoggetta la possibilità di effettuare una ricalibratura dei corsi d'acqua, con o senza rimozione di materiali inerti, a idonee valutazioni preventive e studi di impatto. La seconda legge, la cosiddetta legge 'Barberi', recentemente prorogata fino a fine 2005, prevede che tali interventi siano soggetti ad approvazione da parte delle Autorità di bacino.

Di seguito vengono date indicazioni sulle principali metodologie da utilizzare nella progettazione degli interventi di sistemazione e manutenzione idraulica e nell'individuazione delle aree a pericolosità e rischio idraulico con particolare riferimento a quelle situazioni dove il trasporto solido può costituire un fattore determinante.

L'Autorità di Bacino inoltre, al fine di esprimere un parere ai fini della legge 677/1996 su interventi di ricalibratura dei corsi d'acqua, necessita di disporre degli elementi necessari a valutare le problematiche legate alla sistemazione dei corsi d'acqua riguardo al trasporto solido ma anche ai problemi più strettamente naturalistici e di qualità delle acque.

La prima fase consiste nell'effettuare un censimento dei principali fenomeni di trasporto solido verificatisi nel passato. In seguito dovranno essere condotte alcune analisi propedeutiche sul territorio per ottenere la stima della produttività di sedimenti media annuale e durante un evento di piena per bacino idrografico, sulla base di metodologie consolidate derivate dalla letteratura e adattate al contesto locale.

In una seconda fase dovranno essere condotte analisi di dettaglio sul bacino idrografico oggetto di studio per individuare le tendenze evolutive del corso d'acqua, dal punto di vista geomorfologico. In casi di particolare complessità nel corso d'acqua dovrà essere implementata una modellistica idraulica a fondo mobile in grado di prevedere l'evoluzione del corso d'acqua sia durante un evento di piena che sul lungo periodo; in particolare durante l'evento di piena saranno individuate le zone di erosione e quelle di accumulo di sedimenti che potranno essere utilizzate per prevedere rispettivamente fenomeni di scalzamento al piede di opere idrauliche in alcuni punti e di sopralluvionamento in altri tratti, tutti fenomeni strettamente connessi al rischio idraulico.

Di seguito sono elencate brevemente le varie attività da svolgere.

Censimento dei principali fenomeni di trasporto solido

Si procederà al censimento dei principali fenomeni di trasporto solido verificatisi lungo il reticolo idrografico del bacino oggetto di studio. Per ogni evento si raccoglierà il materiale disponibile quali cartografie, rilievi e progetti, al fine di caratterizzare l'evento dal punto di vista del volume di materiale movimentato e della pluviometria che ha causato il fenomeno.

Carta della produttività media annuale di sedimenti

Viene fatta in base all'elaborazione dei dati territoriali, riguardanti geologia, litologia, uso del suolo, pendenze, pluviometria, etc., con metodi del genere di "Universal Soil Loss Equation" (USLE).

Metodologia di calcolo della produttività di sedimenti durante un evento di piena

Viene utilizzata una metodologia simile a quella utilizzata per realizzare la carta di produttività dei sedimenti, elaborando sia i dati territoriali citati in precedenza che altri dati più di dettaglio, ma in questo caso viene preso in considerazione un singolo evento di piena e l'analisi è estesa ad un piccolo bacino idrografico con metodi del genere di "Water Erosion Prediction Project" (WEPP).

Identificazione delle tendenze evolutive sul corso d'acqua oggetto di studio con individuazione interventi pilota per la sistemazione dell'asta fluviale e l'eventuale ripristino dell'efficienza idraulica

Prevede le seguenti fasi:

- elaborazione delle misure di trasporto esistenti;
- implementazione della modellistica idraulica a fondo mobile;
- installazione di un sistema di monitoraggio delle tendenze evolutive del corso d'acqua;

- individuazione di interventi sperimentali per la sistemazione dell'asta fluviale e il ripristino delle capacità di smaltimento delle portate liquide e/o solide.

Criteri da utilizzare per tenere in considerazione il trasporto solido nelle verifiche idrauliche

Tramite opportune valutazioni basate su studi idraulici si dovrà arrivare a quantificare gli effetti che il risultato dell'elaborazione di cui al punto precedente ha sulla propagazione delle piene nei corsi d'acqua ed in particolare su come influenza lo smaltimento delle portate massime attese nei vari tronchi.

VI.5 Studio Idraulico

Una volta completato lo studio idrologico ed aver eventualmente valutato l'importanza del trasporto solido nell'area oggetto di studio è necessario condurre le verifiche idrauliche sulla rete idrografica che è potenzialmente soggetta a criticità. Tale verifica idraulica deve di norma essere condotta in condizioni di moto permanente; in situazioni di particolare complessità, quando i fenomeni esondativi assumono una importanza rilevante nella propagazione della piena, è necessario l'utilizzo di una modellistica idraulica a moto vario; al contrario quando è possibile dimostrare che le condizioni idrauliche dell'asta idrografica in esame sono prive di complessità è possibile utilizzare semplici formule di moto uniforme.

La verifica idraulica va sempre allargata ad un tratto sufficientemente esteso del corso d'acqua in oggetto e soprattutto rappresentativo delle caratteristiche del deflusso che si instaura nel tronco. In particolare, quando si conduce una verifica idraulica in moto permanente o vario occorre che agli estremi del tronco oggetto di studio le condizioni al contorno siano univocamente determinabili.

Nella verifica idraulica occorre sempre considerare quelle che sono le attuali condizioni del reticolo idraulico. Nella stima del coefficiente di scabrezza occorre però valutare le condizioni di manutenzione in cui versa il corso d'acqua ed in particolare è necessario tener conto di un possibile peggioramento delle condizioni di manutenzione e quindi di un aumento del coefficiente di scabrezza, con ripercussioni sulla capacità di smaltimento del deflusso da parte della sezione.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche delle schematizzazioni da utilizzare per condurre lo studio idraulico.

VI.5.1 Moto uniforme

In casi estremamente semplici dal punto di vista idraulico, quando, per esempio, si deve studiare un canale che presenta un alveo cilindrico ed una pendenza costante e nel quale il deflusso non è influenzato dalle condizioni di monte e/o di valle, si può ricorrere alle classiche formule di moto uniforme (Manning, Gaukler-Strickler, Chezy, etc.) per la verifica idraulica.

VI.5.2 Moto permanente

Le equazioni di moto e di continuità, nello schema permanente, si riducono alla sola dipendenza dalla coordinata spaziale. Eliminando la dipendenza dal tempo si ottengono le seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}dQ/dx &= q(x) \\ dH/dx &= -J\end{aligned}$$

La risoluzione di tali equazioni è stata effettuata mediante la loro schematizzazione alle differenze finite, utilizzando le stesse equazioni richiamate al paragrafo seguente per la stima delle perdite distribuite e concentrate.

VI.5.3 Moto vario

La schematizzazione da adottare è quasi-bidimensionale del tipo proposto da Cunge (1975) che associa a un modello idraulico, non stazionario monodimensionale sull'asta principale, una rappresentazione "a celle di accumulo" delle aree inondabili adiacenti al corso d'acqua opportunamente schematizzate e connesse idraulicamente. L'individuazione e la rappresentazione di tali celle, per le quali risulta prevalente il fenomeno di invaso rispetto a quello di trasporto, è descritta nel paragrafo relativo alla modellazione idraulica delle aree inondabili.

Lo schema adottato per il modello monodimensionale si basa sulle classiche equazioni del moto e di continuità per una corrente unidimensionale, associate ad una opportuna equazione per la stima delle dissipazioni energetiche sia a carattere concentrato sia di tipo distribuito. Le equazioni, nella loro formulazione generale di De Saint Venant, esprimono le caratteristiche idrauliche (portata, carico piezometrico, altezza d'acqua e velocità) in funzione del tempo e dello spazio.

Qualora si elimini la dipendenza dal tempo, lo schema di moto è in grado di simulare fenomeni che si svolgono a portata costante (nel tempo), ignorando pertanto gli effetti non stazionari dei meccanismi di propagazione ed attenuazione delle stesse portate in alveo. Tale schema, seppur apparentemente limitativo, consente tuttavia analisi significative in tutti quei casi in cui gli effetti di laminazione delle portate possono essere ignorati.

Ovviamente, per i tratti ove gli effetti di laminazione indotti anche da eventuali aree e casse di espansione possono risultare non trascurabili, occorre adottare lo schema di moto vario. La risoluzione dello schema di moto viene ottenuta per via numerica, discretizzando le equazioni nel dominio spazio-temporale mediante opportuni schemi numerici. La soluzione viene pertanto ottenuta solo nei punti di discretizzazione (e non con continuità su tutto il dominio). Tali punti sono rappresentati dalla sezioni geometriche rilevate (*discretizzazione spaziale*) e dalla scansione temporale utilizzata nella rappresentazione dei fenomeni (*discretizzazione temporale*).

VI.5.3.1 La modellazione idraulica delle aree inondabili

La propagazione dei livelli idrici nelle celle avviene attraverso la sola legge di continuità. A tale scopo è necessario considerare il volume accumulato nella singola cella e le sue variazioni dovute agli scambi di portata con le celle circostanti. Pertanto, ad ogni passo temporale l'equazione di continuità impone il bilancio tra i volumi netti transitati attraverso la cella e la variazione di volume locale, sotto le ipotesi che il volume accumulato in ciascuna cella è univocamente correlato all'altezza idrica nella cella stessa, e le portate scambiate sono funzione dei livelli a monte e a valle delle connessioni idrauliche.

Il trasferimento dei volumi di esondazione, sia dall'alveo alle celle di accumulo sia tra le stesse celle avviene tramite soglie sfioranti assimilabili a stramazzi in parete grossa, con possibilità di funzionamento bidirezionale, in condizioni di deflusso libero oppure rigurgitato in funzione dei livelli a monte e a valle dello stramazzo.

Si assume pertanto per gli sfioratori alveo-aree potenzialmente inondabili un funzionamento di stramazzo in parete grossa, anziché di parete laterale. Per le ipotesi suddette, il fenomeno dell'allagamento di ciascuna area avviene in modo sincrono, cioè non viene messo in conto il tempo effettivo connesso alla

reale propagazione sul territorio dei volumi esondati. L'approssimazione adottata è tanto più accettabile quanto maggiore è il numero di celle in cui vengono suddivise le aree complessivamente soggette a esondazione. Infatti, in tal modo, il riempimento di ciascuna cella è regolato dalle caratteristiche degli sfioratori di collegamento tra le celle che, in funzione della quota e della lunghezza, influenzano la velocità di riempimento della cella successiva. Si trascurano comunque gli effetti della non stazionarietà e bidimensionalità connessi al fenomeno di propagazione del fronte di inondazione.

La simulazione del fenomeno esondativo si basa inoltre sulle seguenti ipotesi:

- i volumi idrici di inondazione si generano esclusivamente per tracimazione delle sommità arginali del corso d'acqua. Non sono considerati altri fenomeni quali, ad esempio, il collasso delle strutture arginali o fenomeni di rigurgito diversi da quelli già considerati nel presente studio;
- le aree suscettibili di inondazione sono preventivamente delimitabili sulla base delle caratteristiche morfologiche ed infrastrutturali del territorio, anche tenendo conto dei risultati ottenuti dai precedenti studi, si definiscono in tal modo le aree potenzialmente inondabili;
- l'identificazione delle aree potenzialmente inondabili si basa sull'analisi delle sezioni fluviali, della cartografia di maggior dettaglio disponibile e delle foto aeree;
- il fenomeno dell'allagamento di ciascuna area avviene in modo sincrono. Si trascurano in questo modo gli effetti della non stazionarietà e bidimensionalità connessi al fenomeno di propagazione del fronte di inondazione;
- gli elementi infrastrutturali delimitanti le aree di potenziale inondazione, quali rilevati stradali, ferroviari, etc, si considerano, al pari degli argini fluviali, tracimabili senza collasso.

VI.6 Individuazione delle Criticità e Perimetrazione delle Aree Allagabili

A seguito delle valutazioni dei punti precedenti, occorre passare all'individuazione delle criticità lungo il reticolo idraulico, in pratica occorre individuare i tratti del reticolo idraulico principale in cui la sezione idraulica non è sufficiente a smaltire la portata attesa, e quindi alla perimetrazione delle aree allagabili con diversi tempi di ritorno.

Il tracciamento delle aree inondabili avviene sulla base dei livelli di piena stimati con la modellazione idrologica ed idraulica per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Per la perimetrazione si utilizzano le seguenti cartografie:

1. carta I.G.M. scala 1:25.000;
2. ortofotocarte AIMA alla scala 1:10.000;
3. Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 dove disponibile.

Durante la fase di perimetrazione occorre individuare i tratti critici principali e quei tratti per i quali le informazioni a disposizione non risultano esaustive e che necessitano, pertanto, di un approfondimento soprattutto relativo alla definizione della esatta geometria dell'alveo.

Le aree inondabili da portate associate a diversi tempi di ritorno sono da tracciare e colorare in maniera distinta secondo le seguenti indicazioni:

- una prima fascia, la più stretta, di colore giallo, è quella relativa all'alveo attivo, interessato da portate di magra o di morbida, solitamente frequenti e prive di alcun rischio (AA: alveo attivo);
- la seconda fascia, colorata in blu, rappresenta il limite di esondazione della portata con tempo di ritorno 30 anni (AP: area ad alta probabilità di esondazione);
- la terza fascia, segnata in azzurro, riporta l'inviluppo dei fenomeni di inondazione per la portata duecentennale (MP: area a moderata probabilità di esondazione);
- la quarta fascia, la più esterna, in celeste, rappresenta il limite raggiungibile in caso di portata di piena con tempo di ritorno 500 anni (BP: area a bassa probabilità di esondazione).

Per il tracciamento delle suddette perimetrazioni si deve far ricorso, oltre che al mero calcolo idraulico, anche all'esame critico di documenti storici sia di tipo tecnico (relazioni e studi) che di tipo descrittivo (estratti di articoli comparsi sui giornali), ma soprattutto dal controllo sul luogo. Sulla mappatura delle aree inondabili sono inoltre da indicare i "punti di esondazione singolare", rappresentati con un freccia di colore rosso. Con tale simbolo si vuole indicare i tratti insufficienti a smaltire la portata in transito in corrispondenza dei quali si verifica il fenomeno di tracimazione dalle sponde; ad esempio argini di insufficiente altezza, imbocchi di tombinature inadeguati o ponti aventi impalcati interferenti con il deflusso. Le conseguenti aree inondabili possono in qualche caso distribuirsi su terreni laterali all'alveo che, pur essendo protetti da argini sufficienti, risultano raggiungibili da acque fuoriuscite dai suddetti punti di esondazione singolari ubicati più a monte.

La carta delle fasce di inondabilità riporta la perimetrazione delle zone a pericolo di inondazione per eventi corrispondenti a diversi tempi di ritorno. Si è ritenuto opportuno inglobare le aree soggette a inondazioni storiche nella classe ad alta probabilità di esondazione.

VI.7 Individuazione Tipologie di Intervento per la Mitigazione del Rischio Idraulico

Nella fase volta all'individuazione delle tipologie di interventi da mettere in atto per la mitigazione del rischio, sulla base delle condizioni locali specifiche (morfologia orografica e geologica, demografia, situazione socio-economica di sviluppo, etc.) occorre dare delle indicazioni di carattere generale sulle caratteristiche degli interventi strutturali (creazione di zone di laminazione, rialzamenti d'argine, adeguamento della rete idrografica, rimozione di ostacoli al deflusso, scolmatori, etc) e non strutturali (limitazione dell'edificabilità nelle zone a rischio, piani di protezione civile, etc.). Tali indicazioni devono essere comunque sufficienti a determinare la scelta degli interventi prioritari da attuare ed inoltre devono consentire di procedere ad una progettazione di massima di tali interventi.

Nell'individuazione degli interventi strutturali da attuare occorre ricordare che ogni intervento va ad interagire con il bacino idrografico nel suo complesso, per cui occorre evitare, con i procedimenti progettuali di ingegneria idraulica e fluviale, che esso, pur mitigando il livello di rischio in una zona, possa farlo aumentare pericolosamente in altre zone del bacino. E' necessario, inoltre, evitare che al termine della sistemazione del bacino nel suo complesso gli interventi realizzati abbiano l'effetto di peggiorare le caratteristiche di risposta del bacino in termini di aumento di portata massima e di diminuzione del suo tempo di risposta. L'effetto della sistemazione finale sul bacino idrografico è il risultato dell'interazione degli effetti dei singoli interventi, come può essere il caso degli interventi finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico lungo un corso d'acqua. In questo caso può essere necessario realizzare una serie di interventi di diversa tipologia che vanno dalla realizzazione di opere idraulico-forestali e di piccole casse d'espansione nella zona alta del bacino idrografico alla realizzazione di grossi invasi di laminazione e di arginature nelle zone di valle.

L'analisi dei fenomeni esondativi e dei relativi tratti critici, condotta secondo le metodologie descritte in precedenza, permette di evidenziare le condizioni di inadeguatezza diffuse lungo la rete idrografica. Nei riguardi del rischio da esondazione, tale inadeguatezza è spesso riconducibile a sezioni di deflusso insufficienti, rappresentate spesso da strutture di attraversamento, che a loro volta rendono insufficienti le opere di contenimento.

Gli interventi per la mitigazione del rischio possono avere il duplice obiettivo di:

- ridurre la portata al colmo e quindi le corrispondenti altezze idriche;
- incrementare la capacità di smaltimento e contenimento dell'alveo.

L'individuazione degli interventi va quindi orientata da un lato al reperimento di aree di laminazione per l'abbattimento dei colmi di piena e, dall'altro, alla riprofilatura dei tratti insufficienti. Con riferimento alla portata di progetto, assunta pari a quella generata con evento duecentennale, occorre quindi individuare varie tipologie di interventi la cui efficacia va successivamente verificata con il modello idraulico.

Occorre peraltro premettere le seguenti considerazioni riguardo gli interventi identificati con la metodologia sopradescritta:

- l'individuazione degli interventi si basa sull'analisi idrologico-idraulica svolta in precedenza, mediante la quale sono state definite e quantificate le condizioni critiche;

- l'analisi risente, ovviamente, della qualità e quantità dei dati disponibili utilizzati che, per l'intero bacino, non possono che fornire indicazioni correlate alla scala spazio-temporale caratteristica dei dati stessi;
- è pertanto possibile che, ad un dettaglio maggiore, le caratteristiche degli interventi possano differire in maniera più o meno sensibile in funzione del grado di approssimazione che necessariamente si basa sul livello conoscitivo di partenza. E' altresì possibile che, sempre per gli stessi motivi, situazioni critiche non siano state evidenziate nell'indagine fin qui effettuata.

Un'attenzione particolare è necessaria, inoltre, nei riguardi dei **bacini endoreici**, cioè quelli in cui il reticolo idrografico o idraulico non sfocia a mare o in un altro corso d'acqua ricettore, ma quasi repentinamente "scompare" in una zona depressa, infiltrandosi nel sottosuolo.

Tale fenomeno, dovuto principalmente al carsismo della zona, è una prerogativa della Puglia ed interessa una grossa porzione del suo territorio soprattutto nelle province di Bari, Lecce e Brindisi.

Procedendo ad un'analisi del rischio idraulico in tali bacini, occorre, oltre che tener conto delle indicazioni date in precedenza, prestare la massima attenzione alla sistemazione della zona in cui le acque si infiltrano (**inghiottitoio** o **vora**) in modo da evitare, per quanto possibile, problemi di intasamento e quindi di riduzione della capacità di smaltimento delle acque nel sottosuolo.

Occorre inoltre condurre un'analisi approfondita del sottosuolo (geomorfologia, idrogeologia, situazioni locali specifiche) in modo da valutare la capacità più attendibile possibile di assorbimento da parte dell'inghiottitoio. In ogni caso tutta la zona depressa posta in prossimità dell'inghiottitoio va opportunamente esattamente individuata e salvaguardata.

VI.7.1 Principali tipologie di interventi

VI.7.1.1 – Interventi non strutturali

- Limitazione edificabilità nelle zone soggette a pericolosità idrogeologica;
- predisposizione di idonee misure di protezione civile.

VI.7.1.2 – Interventi strutturali

- Riforestazione e miglioramento dell'uso del suolo al fine della difesa idrogeologica;
- sistemazioni idraulico – forestali;
- casse di espansione e invasi di laminazione;
- possibilità di utilizzo degli invasi Enel per la laminazione delle piene del fiume Ofanto;
- eliminazione dei tratti critici;
- ricalibratura alveo;
- sistemazione tratti strutturalmente insufficienti;
- sistemazione tratti sopralluvionati;
- verifica ed adeguamento degli argini;
- adeguamento attraversamenti;
- realizzazione diversivi e scolmatori.

Capitolo VII Analisi del Rischio da Frana nei Bacini Pilota dei Fiumi Candelaro, Carapelle e Cervaro

VII.1 Analisi della Pericolosità nei Bacini Idrografici dei Torrenti Candelaro, Cervaro e Carapelle

Nell'ambito dell'intero territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia è stata scelta un'area campione su cui mettere a punto la metodologia per la valutazione della pericolosità da frana descritta nel capitolo V. L'area campione corrisponde ai bacini idrografici dei torrenti Candelaro, Carapelle e Cervaro. La scelta è ricaduta su quest'area per motivi prettamente geomorfologici. La dinamica franosa è, infatti, un particolare tipo di dinamica morfologica che si manifesta prevalentemente in aree caratterizzate da rilievi collinari e montuosi. Nelle testate dei tre bacini campione, in quella dell'Ofanto e nell'area del Promontorio del Gargano, si trovano i maggiori rilievi dell'Autorità di Bacino della Puglia.

L'analisi della pericolosità da frana è stata condotta considerando i fattori *litologia* e pendenza quali fattori predisponenti ai dissesti franosi.

Lo studio è stato suddiviso in due fasi secondo lo schema :

- FASE ANALITICA
 - Realizzazione di una carta inventario dei fenomeni franosi della regione di studio;
 - preparazione di carte tematiche per quei parametri fisici del territorio che sono ritenuti direttamente o indirettamente correlati con l'instabilità dei versanti.
- FASE SINTETICA
 - Valutazione del contributo di ogni parametro all'instabilità del versante;
 - classificazione della regione di studio in domini di diverso grado di suscettibilità da frana.

VII.1.1 Inquadramento generale dell'area dei tre bacini pilota

L'area occupata dai bacini idrografici dei torrenti Candelaro, Carapelle e Cervaro ha un'estensione pari a 4.459 kmq e ricade nei limiti provinciali di Foggia (per il 98%) ed Avellino (per il restante 2%). Da un punto di vista geomorfologico è caratterizzata, da occidente verso oriente, dai rilievi del Subappennino dauno, dalle colline della Fossa bradanica e dall'area subpianeggiante, terrazzata e dolcemente degradante verso mare, del Tavoliere. A Nord l'area è bordata dal Promontorio del Gargano, a Sud il suo limite è rappresentato dallo spartiacque che la separa dal bacino del fiume Ofanto.

La quota massima è rappresentata dal Monte Cornacchia (1.150 m s.l.m.) nel bacino del torrente Candelaro.

Ai fini dell'analisi di pericolosità da frana non è stata considerata l'intera area dei tre bacini idrografici ma solo quella parte che morfologicamente può essere caratterizzata da una dinamica dei versanti. Dall'intera area sono state escluse tutte le morfologie, come le coste basse o le pianure alluvionali, in cui la dinamica

geomorfologica si esplica con altre modalità. Alla luce di questa parcellizzazione, l'effettiva area di studio occupa una superficie di circa 1.950 kmq e solo a questa si fa riferimento nel corso della successiva trattazione.

VII.1.2 Fase Analitica

VII.1.2.1 Carta Inventario dei Fenomeni Franosi

La carta inventario dei fenomeni franosi, che rappresenta la cartografia di base per l'analisi della pericolosità da frana, è stata elaborata tenendo conto delle informazioni riportate nei progetti ufficiali disponibili cioè: l'IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) della Regione Puglia, i Piani Straordinari, l'AVI (Aree Vulnerate Italiane), la Carta Geologica d'Italia e gli studi preliminari per la redazione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Avellino.

Le frane sono in numero di 533 ed occupano un'area di 98,4 kmq pari al 5,8% dell'intero territorio analizzato. Ai fini dell'analisi della pericolosità i corpi delle frane sono stati divisi dalle aree di testata e solo queste ultime sono state computate nei calcoli statistici.

VII.1.2.2 I Fattori Predisponenti Analizzati

Litologia

La carta litologica dell'area di studio è stata elaborata *ex-novo* a partire dai fogli geologici in scala 1:100.000 che rappresentano l'unica fonte omogenea per tutto il territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia. Le diverse formazioni geologiche affioranti sono state accorpate o divise sulla base delle caratteristiche litologiche e della risposta agli agenti morfogenetici.

Nella seguente tabella sono riportate la frequenza areale delle 16 classi litologiche in cui l'area di studio risulta suddivisa.

CODICE	Area (kmq)	Area (%)	LITOLOGIA
Ag	338,1	17,3	Argille più o meno siltose e/o marnose con intercalazioni di livelli sabbiosi
AgVC_Mr	208,1	10,7	Argille e marne scagliose con intercalazioni di calcari, calcareniti, breccie, arenarie, conglomerati e diaspri
Alt_Ar_Ag	25,8	1,3	Alternanza di arenarie e argille
Alt_Car_Ca	264,2	13,5	Alternanza di calcareniti e calcari con intercalazioni di marne, argille e breccie
Ca	27,5	1,4	Calcari con intercalazioni di calcareniti e breccie
Ca_Do	218,5	11,2	Calcari, calcari dolomitici e dolomie
Car	34,3	1,8	Calcareniti
cg_br	185,2	9,5	Conglomerati e breccie
diat	0,1	0,0	Diatomiti ed argille diatomitiche
dt	43,4	2,2	Blocchi, ghiaie e sabbie
Gh_Sb_Ag	281,4	14,4	Ghiaie, sabbie e argille
gs	0,8	0,0	Gessi
Lm_Ag	69,2	3,6	Limi e argille
Mr_Ag	22,4	1,1	Marne e argille siltose con intercalazioni di breccie e/o arenarie
Sb	229,3	11,8	Sabbie con intercalazioni di ghiaie e argille
tb	2,1	0,1	Torbe
TOTALE	1.950,4	100	

Tabella VII.1-1 Distribuzione areale classi litologiche

Circa il 50% dell'area di studio è interessata dall'affioramento di litologie tipiche dell'Appennino meridionale quali i flysch cretaceo-miocenici (Argille Varicolori e Formazione della Daunia) ed i sedimenti pliocenici. I primi sono costituiti da alternanze di calcari e marne, di arenarie e marne oppure da Unità prevalentemente argillose; tali litologie hanno subito una storia tettonica complessa che ne ha compromesso le caratteristiche fisico-meccaniche. I sedimenti pliocenici sono costituiti da conglomerati, ghiaie, sabbie e argille, poco o per niente cementati. Le scadenti proprietà fisico-meccaniche, unite al particolare assetto stratigrafico strutturale ed alla posizione orometrica, rendono queste litologie propense ai fenomeni di dissesto.

Acclività

L'acclività è stata ricavata in automatico dal DEM e poi suddivisa in nove classi con intervallo di 4°; l'ultima classe raggruppa tutte le pendenze superiori a 39°. E' stato scelto l'intervallo di 4° perché molti dei litotipi affioranti sono caratterizzati da bassi valori di resistenza al taglio, tali che il passaggio tra due classi di acclività siffatte può comprometterne la stabilità. Analizzando la carta delle pendenze si è notato che le classi caratterizzate da elevati valori di acclività si allineano secondo una direzione Sud-SudEst. Tale direzione sembra influire anche sul pattern idrografico del territorio analizzato; spesso valori elevati delle pendenze si riscontrano in corrispondenza di valli fluviali o stretti interfluvi.

Nella tabella che segue è mostrata la distribuzione areale delle nove classi di acclività.

ACCLIVITÀ	Area (kmq)	Area (%)
≤4°	891	45,7
5°÷9°	387	19,9
10°÷14°	335	17,2
15°÷19°	124,2	6,4
20°÷24°	99,1	5,1
25°÷29°	40,9	2,1
30°÷34°	34,1	1,7
35°÷39°	17,6	0,9
>39°	21,6	1,0
TOTALE	1.950,4	100

Tabella VII.1-2 Distribuzione areale classi di acclività

VII.1.3 Fase Sintetica

VII.1.3.1 Unità Cartografica Territoriale

L'Unità Cartografica di riferimento, ovvero la porzione di territorio i cui valori dei parametri predisponenti sono omogenei, è rappresentata dal pixel di lato 70 m.

VII.1.3.2 Valutazione dei pesi

Per valutare l'effettivo contributo apportato dai parametri *litologia* e *pendenza* all'occorrenza della franosità, si è reso necessario valutare, in termini areali e nell'ambito di ciascuna classe litologica, il range di acclività (intervallo di 4° per un totale di nove classi, dove l'ultima raggruppa tutte le aree caratterizzate da pendenze maggiori di 39°).

LITOLOGIA	≤4°	5°÷9°	10°÷14°	15°÷19°	20°÷24°	25°÷29°	30°÷34°	35°÷39°	>39°	TOT
Ag	137,7	94,2	68,2	20,2	12,6	2,9	1,3	0,5	0,5	338,1
AgVC_Mr	53,5	57	67,9	18,7	8,3	1,6	0,7	0,2	0,2	208,1
Alt_Ar_Ag	5,1	6,1	8,8	2,9	1,9	0,6	0,3	0,1	0	25,8
Alt_Car_Ca	30,7	40,3	73,2	39,1	38,3	17,1	13,4	5,8	6,3	264,2
Ca	22,8	2,6	1,2	0,4	0,3	0,1	0,1	0	0	27,5
Ca_Do	85,6	42	24,5	10,5	13,3	9,6	12,5	8,7	11,8	218,5
Car	27,6	4,9	1,4	0,3	0,1	0	0	0	0	34,3
cg_br	109,6	34,2	19,3	8,1	6,9	2,8	2,2	1	1,1	185,2
diat	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1
dt	13,6	14,3	10,5	2,4	1,5	0,6	0,3	0,1	0,1	43,4
Gh_Sb_Ag	237,7	33,8	6,7	1,4	0,9	0,4	0,2	0,1	0,3	281,4
Gs	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,8
Lm_Ag	52,4	12,6	2,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0	0,1	69,2
Mr_Ag	5,3	5,9	7,2	2	1,2	0,4	0,2	0,1	0,1	22,4
Sb	108,4	38,3	42,6	17,4	13,3	4,5	2,7	1	1,1	229,3
tb	0,9	0,7	0,4	0,1	0	0	0	0	0	2,1
TOTALE	891	387	335	124,2	99,1	40,9	34,1	17,6	21,6	1950,4

Tabella VII.1-3 Distribuzione areale litologia per classi di acclività

In pratica è stata elaborata una matrice di 16 righe e 9 colonne (classi di acclività) dove ogni elemento rappresenta una porzione di territorio con caratteristiche litologiche e di acclività omogenee, ovvero una UTC. Successivamente per ogni UTC è stato calcolato l'Indice di franosità parziale (lfp), ovvero il rapporto tra l'area in frana nella UTC e la superficie della stessa, che è stato confrontato con gli Indici di franosità totali (lft) derivati dai rapporti tra:

- area in frana totale rispetto all'estensione dell'intero territorio;
- area in frana totale in ognuna delle 9 classi di acclività rispetto all'estensione della classe di acclività nell'ambito dell'intero territorio;
- area in frana totale riscontrata in ogni litotipo rispetto all'area totale di affioramento del litotipo.

Operando una sottrazione tra gli lfp e, alternativamente, i tre lft sono stati ricavati tre pesi che danno indicazioni circa la maggiore o minore propensione a franare di ogni UTC rispetto alla franosità media del territorio, valutata tenendo conto dei parametri franosità totale: *pendenza* e *litologia*. I tre pesi sono stati sommati in modo che ad ogni UTC corrispondesse un peso totale (Wt).

La tabella che segue mostra la matrice dei pesi attribuiti alle singole UTC.

LITOLOGIA	≤4°	5°÷9°	10°÷14°	15°÷19°	20°÷24°	25°÷29°	30°÷34°	35°÷39°	>39°
Ag	-0,034	-0,021	0,008	0,054	0,100	0,178	0,397	0,663	-0,124
AgVC_Mr	-0,038	0,14	0,29	0,35	0,426	0,767	2,222	2,806	-0,163
Alt_Ar_Ag	-0,041	0,027	0,058	0,032	0,032	0,126	0,133	0,149	---
Alt_Car_Ca	-0,040	0,020	0,053	0,059	0,064	0,089	0,108	0,098	0,045
Ca_Do	-0,043	-0,059	-0,086	-0,079	-0,051	-0,012	0,061	0,152	0,202
Car	-0,033	-0,049	-0,041	-0,009	-0,099	---	---	---	---
cg_br	-0,048	-0,056	-0,010	0,122	0,213	0,389	0,660	0,688	0,108
dt	-0,066	-0,047	0,119	0,080	0,414	1,218	2,843	-0,174	-0,143
Gh_Sb_Ag	-0,029	-0,039	-0,019	-0,049	-0,101	-0,115	-0,122	-0,138	-0,107
Lm_Ag	-0,036	-0,039	0,118	0,108	-0,031	0,133	1,001	---	-0,109
Mr_Ag	-0,052	-0,036	0,047	0,188	0,133	0,147	0,154	0,170	0,139
Sb	-0,062	0,029	0,114	0,119	0,165	0,375	0,189	-0,095	-0,146

Tabella VII.1-4 Pesi UTC

I valori negativi dei pesi esprimono situazioni in cui la propensione al dissesto è minore rispetto a quella generale dell'area di studio ed identificano, quindi, le aree dove è meno probabile che accadano frane. Nella tabella rientrano solo le litologie che sono state coinvolte da movimenti franosi (in pratica sono stati esclusi i calcari, i gessi e le torbe nelle cui aree di affioramento non risulta cartografata nessuna frana).

Come si può vedere dalla tabella, tutti i litotipi mostrano una maggiore tendenza a franare all'aumentare dell'acclività. In particolare, le formazioni a carattere prettamente argilloso hanno una propensione alta già a partire dalla II e III classe di acclività.

VII.1.4 Classificazione della regione di studio in domini di diverso grado di suscettibilità da frana

I pesi sono stati successivamente accorpati in tre classi sulla base di un ulteriore confronto con la carta inventario dei fenomeni franosi (il valore 3 è stato attribuito all'intervallo di pesi caratterizzati dalla maggiore percentuale areale di fenomeni franosi). La carta così ottenuta è stata sottoposta ad una funzione di neighborhood analysis (per rendere più omogenea la suddivisione in classi sull'intero territorio) che, in pratica, ha accorpati alcune celle e ha assegnato a quelle di output il valore medio calcolato in quelle di input. Questa operazione è stata monitorata tramite il confronto con le ortofoto e la cartografia disponibile, in modo da verificarne l'attendibilità e da consentire l'analisi di situazioni particolarmente critiche.

La successiva sovrapposizione della carta inventario dei fenomeni franosi è servita per la perimetrazione della classe più alta rappresentata, appunto, dalle aree dove si sono già verificati fenomeni di dissesto (valore 4). Le quattro classi così ottenute sono state ulteriormente ridotte a tre tramite l'accorpamento della prima e della seconda. Il territorio è stato così suddiviso in tre fasce a pericolosità geomorfologica crescente: PG1, PG2 e PG3; la PG3 comprende tutte le aree già coinvolte da un fenomeno di dissesto franoso.

La tabella successiva riporta la distribuzione areale delle fasce a diversa pericolosità nell'area di studio.

CLASSI DI PERICOLOSITÀ	Area (kmq)	Area (%)
PG1	1.348,7	70
PG2	497	25
PG3	104,4	5
TOTALE	1.950,1	100

Tabella VII.1-5 Distribuzione areale pericolosità geomorfologica

La distribuzione areale delle classi di pericolosità ricalca quella delle principali morfologie presenti nell'area di studio. Versanti più o meno acclivi (a secondo della litologia affiorante), creste strette ed allungate, solchi di erosione ed in genere tutte quelle situazioni in cui si riscontrano bruschi salti di acclività sono aree PG2. Le aree PG1 si riscontrano in corrispondenza di depositi alluvionali (terrazzi, letti fluviali, piane di esondazione) o di aree morfologicamente spianate (paleosuperfici).

Nella tabella seguente sono riportati i valori delle classi di pericolosità per litotipo affiorante.

LITOLOGIA	PG1 (Kmq)	PG2 (Kmq)	PG3 (Kmq)	TOTALE
Ag	315,00	7,00	16,00	338
AgVC_Mr	11,80	169,60	26,60	208
Alt_Ar_Ag	18,40	6,60	0,80	25,8
Alt_Car_Ca	33,90	201,00	29,10	264
Ca	26,90	0,60	0,00	27,5
Ca_Do	214,00	1,90	2,80	218,70
Car	34,40	0,00	0,00	34,4
Cg_br	166,00	14,30	4,90	185,2
diat	0,00	0,10	0,00	0,1
dt	36,10	4,70	2,50	43,3
Gh_Sb_Ag	276,90	1,80	2,60	281,3
gs	0,20	0,60	0,00	0,8
Lm_Ag	60,50	8,00	0,70	69,2
Mr_Ag	16,20	4,40	1,80	22,4
Sb	136,30	76,40	16,60	229,3
tb	2,1	0	0	2,1
TOTALE	1348,70	497,00	104,40	1950,10

Tabella VII.1-6 Distribuzione areale pericolosità geomorfologica per litologia

Come si può vedere sono le litologie flyscioidi le più propense a franare, mentre i depositi alluvionali terrazzati, insieme alle litologie più puramente carbonatiche risultano abbastanza stabili.

Di seguito è riportata la tabella che incrocia le classi di pericolosità con quelle di acclività.

CLASSI DI ACCLIVITÀ	CLASSI DI PERICOLOSITÀ			
	PG1 (kmq)	PG2 (kmq)	PG3 (kmq)	TOT (kmq)
I	797	81	13	891
II	274,2	94,4	18,5	387,1
III	150,7	149,6	35,1	335,4
IV	44,8	64,2	15,4	124,4
V	33,8	54	11,2	99
VI	14,7	21,9	4,2	40,8
VII	14,3	16,5	3,2	34
VIII	8,7	7	1,6	17,3
IX	10,5	8,4	2,2	21,1
TOTALE	1348,7	497	104,4	1950,1

Tabella VII.1-7 Distribuzione areale pericolosità geomorfologica per classi di acclività

Nella III classe ($10^{\circ}\div 14^{\circ}$) si trova la maggiore estensione di area in frana (PG3) che corrisponde poi al maggior affioramento delle litologie flyscioidi maggiormente propense al dissesto franoso.

La metodologia qui esposta ha tenuto conto solo dei parametri litologia e acclività, perché la fase di analisi aveva mostrato come le variazioni nell'ambito di questi due parametri, più che altre caratteristiche, influenzassero la distribuzione spaziale dei fenomeni di dissesto. Altri parametri che saranno considerati per caratterizzare in modo più particolareggiato le porzioni territoriali in base al loro grado di pericolosità, saranno quelli relativi alle caratteristiche stratigrafico-strutturali delle formazioni affioranti e all'assetto idrografico.

E' importante sottolineare che la fase di analisi ha il fine principale di individuare le caratteristiche intrinseche al territorio che maggiormente influenzano la distribuzione spaziale dei dissesti franosi. Tali fattori possono variare nell'ambito del territorio dell'Autorità di Bacino Puglia.

VII.2 Elaborazione del Rischio da Frana

Sulla base della carta di pericolosità è stato calcolato il rischio nell'area pilota tramite la matrice sintetica di seguito riportata, in cui gli elementi a rischio E4 ed E5 rappresentano, rispettivamente, le infrastrutture (strade e ferrovie) ed i centri urbani.

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA		
		PG3	PG2	PG1
ELEMENTI A RISCHIO	E4 - E5	R4	R3	R2

Considerato che le infrastrutture ed i centri urbani hanno lo stesso valore in termini di rischio, la suddivisione in classi dipenderà dalla pericolosità.

La tabella che segue riporta la distribuzione areale del rischio nei Bacini Pilota.

ELEMENTI A RISCHIO (KMQ)	AREE R4	AREE R4 (%)	AREE R3	AREE R3 (%)	AREE R2	AREE R2 (%)
48,7	2,7	5,5	9,1	18,7	36,9	75,8

La tabella che segue riporta una sintesi della pericolosità e del rischio nei Bacini Pilota:

BACINI PILOTA								
PROVINCIA	A (kmq)	PG3	PG2	PG1	Infrastrutture e centri abitati	R4	R3	R2
AVELLINO	250,2	38,6	145,9	65,7	8,3	0,7	4,3	3,4
FOGGIA	1699,9	65,7	350,6	1283,6	40,4	2,0	4,8	33,5
TOT	1950,1	104,3	496,5	1.349,3	48,7	2,7	9,1	36,9

VII.3 Sintesi Rischio da Frana su tutto il Territorio di Competenza dell'AdB Puglia

La pericolosità da frana in un territorio rappresenta la possibilità che in quel territorio si manifesti una dinamica dei versanti con processi di rottura sui pendii. Una frana è, infatti, per definizione “un movimento controllato dalla gravità, superficiale o profondo, rapido o lento di materiale costituente un versante o un intero rilievo”.

La dinamica franosa riguarda, perciò, solo porzioni di territorio caratterizzate morfologicamente dalla presenza di versanti. Questa premessa è necessaria prima di affrontare un riepilogo del rischio da frana nel territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia affinché vengano meglio compresi i valori riportati nelle tabelle riassuntive.

L'Autorità di Bacino della Puglia ha competenza su un territorio che occupa una superficie di circa 20.000 kmq e di essi meno del 20% ha una morfologia da collinare a montuosa; il resto del territorio è morfologicamente subpianeggiante e solo in alcune zone, limitate e particolari, si riscontrano variazioni di pendenza tali da innescare fenomeni franosi. Tali morfologie sono per lo più imputabili all'azione concomitante dell'erosione fluviale e della tettonica (lame e gravine) o all'azione antropica (cave e altri tagli), oppure coincidono con le coste alte. Dei circa 190 kmq di frane cartografate (1.259 frane) solo il 10% interessa aree che si trovano al di sotto dei 400 m di quota, il restante 90% è concentrato in una fascia di circa 4.000 kmq che comprende l'area dell'Appennino e del Subappennino, del Promontorio del Gargano, delle scarpate dell'alta Murgia e della Fossa bradanica. Bisogna tener conto, poi, che alla luce della scala di lavoro (1:25.000), coincidente con la scala dei progetti acquisiti per il censimento delle frane, la maggior parte delle frane da crollo (che pur rappresentano una dinamica gravemente nota soprattutto sulla costa alta pugliese ed in tutto il Promontorio del Gargano) non è contemplata, giacché caratterizzata da estensione non cartografabile. Pertanto, se si considera l'intero territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia la percentuale in frana risulta bassa (meno dell'1%), il valore sale al 7,5% se si rapporta l'area in frana della fascia appenninica e subappenninica (per cui la statistica a questa scala di lavoro ha più senso) con l'estensione totale della fascia.

Le aree a rischio sull'intero territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia sono state calcolate secondo una procedura sintetica di sovrapposizione tra elementi a rischio (strade, ferrovie e centri urbani) ed aree in frana (PG3), secondo la matrice di seguito riportata.

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA		
		PG3	PG2	PG1
ELEMENTI A RISCHIO	E4 - E5	R4	—	—

La tabella mostra la distribuzione delle frane e del rischio ad esse connesso nelle differenti province dell'Autorità di Bacino della Puglia. La provincia maggiormente interessata da fenomeni franosi risulta essere

quella di Avellino (il 46% delle frane totali, il 10% del territorio provinciale), seguita da quelle di Foggia (il 37% della franosità totale ma solo l'1% del territorio provinciale) e Potenza (il 16% della franosità totale ed il 2,3% del territorio provinciale), ciò in accordo con quanto detto in premessa, giacché tali province insistono sull'area appenninica e subappenninica dell'Autorità di Bacino della Puglia. Il restante 1% delle frane si distribuisce nelle province di Bari e Lecce, mentre Taranto e Brindisi non sono interessate da dinamica franosa.

Della totalità della superficie delle frane più della metà (98.4 kmq) interessa infrastrutture e/o centri abitati ed è perciò causa di rischio. Se si vuole quantificare in termini areali il rischio connesso a un fenomeno franoso il calcolo va esteso all'intera area della frana piuttosto che all'area di interesse antropico (infrastruttura o centro urbano) realmente coinvolta dal dissesto. Intervenire sull'infrastruttura danneggiata senza eliminare la causa che ne ha determinato il collasso non risolve il problema e non mitiga il rischio. Allo stesso modo non si può pensare di agire solo sulla parte di frana (testata, piede o corpo) che ha coinvolto l'opera antropica. Le opere strutturali per la mitigazione del rischio idrogeologico, nel caso dei fenomeni franosi, dovranno prevedere, pertanto, la sistemazione dell'intera frana.

REGIONE	PROVINCIA	SUPERFICIE TOTALE PROVINCIA	SUPERFICIE INFRASTRUTTURE E CENTRI ABITATI PROVINCIA	RISCHIO GEOMORFOLOGICO		
				sup. aree ad alta pericolosità geomorfologica (PG3)	sup. aree ad alta pericolosità geomorfologica (PG3) interessate da elementi vulnerabili	sup. aree a rischio
		kmq	kmq	kmq	kmq	kmq
BASILICATA	POTENZA	1.310,3	48,4	30,1	13,7	0,8
CAMPANIA	AVELLINO	855,9	38,2	85,5	41,6	1,2
PUGLIA	BARI	4.228,9	367,6	1,1	1	1,0
	BRINDISI	1.839,4	166,0	0,0	0,0	0,0
	FOGGIA	6.462,0	219,9	67,6	42,1	2,2
	LECCE	2.763,0	363,1	0,1	0,0	0,0
	TARANTO	2.291,1	262,7	0,0	0,0	0,0
	TOTALE PUGLIA	17.584,4	1.379,3	68,7	43,1	3,2
TOTALE AdB PUGLIA			1.465,9	184,4	98,4	5,2

Tabella VII.3-1 Sintesi del rischio da frana

VII.4 Principali Tipologie di Interventi Strutturali per la Mitigazione della Pericolosità da Frana

Gli interventi per la mitigazione della pericolosità da frana devono avere come obiettivo principale quello dell'eliminazione delle cause che sono alla base dei fenomeni di dissesto. Qualsiasi campagna di interventi, pertanto, non potrà prescindere dalla conoscenza dei fattori predisponenti all'instabilità dei versanti.

La scelta delle opere di intervento da realizzare dipende da numerosi fattori legati al tipo di frana, al contesto fisico, agli effetti sul territorio etc.; in grandi linee si possono distinguere 2 tipi di intervento e cioè quelli di prevenzione sui pendii e quelli di risanamento.

Gli interventi di prevenzione sui pendii, riguardano essenzialmente la prevenzione dall'erosione del suolo che è alla base dei processi morfogenetici dei versanti; tenuto conto che l'erosione del suolo dipende in modo predominante dall'azione delle acque, si potrà intervenire innanzitutto cercando di rendere meno aggressive le acque di ruscellamento superficiale, mediante la regolazione del regime delle acque dilavanti. Questo scopo può essere raggiunto modificando la geometria del versante attenuandone l'acclività (gradonate, terrazzamenti etc.), o ancora attraverso opere di drenaggio superficiale che allontanino le acque di ruscellamento dal pendio e le convogliano in un canale naturale; un'altra soluzione può essere quella di agire sulla copertura vegetale del terreno attraverso rimboschimenti o inerbimenti (o altre tecniche di ingegneria naturalistica): la copertura riveste, infatti, una doppia funzione nella prevenzione dell'erosione del suolo, da un lato attenua con le foglie l'aggressività delle gocce battenti, dall'altro con l'apparato radicale funge da sostegno al suolo.

Gli interventi di risanamento sono strettamente connessi a situazioni dove si è già verificato un fenomeno di dissesto: l'obiettivo principale di questi interventi è dunque mirato al ripristino delle condizioni di equilibrio del pendio, intervenendo sulle forze "agenti" (mitigandole) o su quelle "resistenti" (incrementandole).

Per quanto concerne la mitigazione delle forze "agenti", si potranno effettuare asportazioni di materiale dalla porzione sommitale del versante, o riduzione della pendenza del versante (riduzione degli sforzi tangenziali lungo la superficie di rottura), oppure ancora si potrà trasferire lo sforzo tangenziale a elementi non interessati dal movimento (muri di sostegno, ancoraggi, chiodature).

Per quanto concerne l'incremento delle forze "resistenti", si potrà agire sulle pressioni neutre all'interno e nel dintorno della massa in movimento mediante opere di drenaggio (trincee, gallerie, pozzi etc.) oppure migliorando le caratteristiche del materiale mediante tecniche di iniezioni di particolari miscele, reti di protezione etc.

Nella scelta dell'intervento il particolare dovrà essere privilegiato rispetto al generale, e perciò grande importanza deve essere data alla campagna di indagini conoscitive del fenomeno franoso e delle condizioni fisiche in cui esso si è sviluppato.

Capitolo VIII Analisi del Rischio Idraulico nei Bacini Pilota dei Fiumi Lato e Lenne

VIII.1 Rischio Idraulico

Per l'individuazione delle aree a rischio idraulico non si dispone ad oggi di metodologie standardizzate o comunque di uso consolidato alle quali fare riferimento sia per la definizione delle aree a diversa pericolosità di inondazione sia per la quantificazione del danno e, conseguentemente, per la valutazione del rischio.

Nel presente lavoro si adotta un approccio già utilizzato da altre Autorità di Bacino, finalizzato alla delimitazione delle aree a pericolosità idraulica, ben sapendo, come peraltro previsto dal DPCM del 29.09.1998, che l'individuazione e la perimetrazione delle aree soggetto a rischio deve essere intesa come suscettibile di revisione e perfezionamento, tanto nella metodologia quanto nella collocazione e classificazione delle aree, al progredire delle conoscenze.

Data la complessità dello studio, e trattandosi della prima applicazione nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, si è considerato opportuno individuare un Bacino Pilota, di dimensioni relativamente contenute, nel quale testare diverse metodologie di valutazione del rischio, da estendere, una volta individuato il protocollo operativo, alla rimanente parte del territorio.

Le procedure da applicare possono ricondursi alle seguenti fasi di lavoro:

- 1. Fase Conoscitiva**
- 2. Analisi Idrologica**
- 3. Analisi Idraulica**
- 4. Elaborazione della Carta delle Aree Inondabili**
- 5. Elaborazione della Carta del Rischio**

In particolare, si elencano le principali attività ricadenti nelle diverse fasi di lavoro:

- 1. Fase Conoscitiva**
 - Acquisizione della cartografia a disposizione, cartografia I.G.M. scala 1:25.000 UTM33-WGS84, ortofoto CGR scala 1:10.000;
 - acquisizione di ulteriori strati informativi;
 - analisi geomorfologiche;
 - delimitazione bacino idrografico di appartenenza;
 - individuazione reticolo idrografico;
 - acquisizione dati pluviometrici e idrometrici;
 - acquisizione degli studi esistenti;
 - censimento di eventi storici, alluvionali e di piena, da fonti ufficiali;
 - attività di campo;
 - acquisizione dati geometrici e topografici delle sezioni di interesse su ogni corso d'acqua di studio.

2. Analisi Pluviometrica

- Dati pluviometrici;
- analisi idrologico-statistiche delle serie storiche delle stazioni disponibili;
- definizione delle curve di possibilità climatica.

3. Analisi Idrologica

- Implementazione del modello idrologico da utilizzare;
- taratura del modello idrologico sugli eventi di piena noti;
- calcolo degli idrogrammi di piena nelle sezioni monitorate per i prefissati tempi di ritorno, di cui al DPCM del 29.09.1998.

4. Analisi Idraulica

- Implementazione del modello idraulico;
- taratura del modello idraulico sugli eventi di piena noti;
- modellazione idraulica e valutazione dei livelli idrometrici e delle portate in alveo nelle sezioni di interesse.

5. Elaborazione della Carta delle Aree Inondabili

- Delimitazione aree di pertinenza fluviale;
- elaborazione della carta delle aree inondabili, per i prefissati tempi di ritorno, di cui al DPCM del 29.09.1998.

6. Elaborazione della Carta del Rischio

- Elaborazione della carta dell'uso del suolo in scala 1:25.000;
- elaborazione della carta della vulnerabilità in scala 1:25.000;
- elaborazione della carta del rischio.

VIII.2 Fase Conoscitiva

Un evento alluvionale di notevole entità, l'8 settembre 2003, ha interessato estensivamente (più di 1.000 kmq colpiti) il versante occidentale della provincia di Taranto ed in particolare i comuni di Palagiano, Palagianello, Mottola, Castellaneta, Massafra e la frazione di Taranto Lido Azzurro.

A causa delle caratteristiche eccezionali del fenomeno idrologico, dello stato di manutenzione del reticolo idrografico e delle condizioni geomorfologiche della zona in oggetto, è entrato in crisi il reticolo idrografico, costituito da lame, gravine, incisioni, nonché canali artificiali di scolo ed irrigui, che fanno capo ai quattro corsi d'acqua riconoscibili (Lato, Lenne, Patemisco e Tara).

Si sono pertanto verificati consistenti fenomeni di piena, di ruscellamento diffuso e canalizzato, di alluvionamento ed inondazione, che, nell'insieme, hanno provocato ingenti danni e prolungati disagi: due vittime, lesioni e alterazioni rilevanti alle infrastrutture, inondazione ed allagamenti delle campagne e dei centri abitati, impraticabilità delle vie di comunicazione principali e secondarie.

In seguito a tale evento la Regione Puglia ha richiesto al Settore di Protezione Civile - Presidenza del Consiglio dei Ministri, la dichiarazione di "stato di emergenza" per sette comuni (Castellaneta, Ginosa, Massafra, Mottola, Palagianello, Palagiano e Taranto), sollecitando i conseguenti finanziamenti straordinari per l'attuazione degli interventi di emergenza.

L'area colpita era già stata di recente interessata da eventi idrogeologici catastrofici alquanto simili, come accaduto, ad esempio, nei giorni del 29 e 30 gennaio 1996, nei quali fu diffusamente colpita la provincia di Taranto, in particolar modo la fascia costiera tra Taranto e Palagiano; l'evento eccezionale del 1996, sia per l'entità delle precipitazioni che per l'ampiezza del territorio coinvolto, aveva già evidenziato, secondo gli esperti, un "rischio relativamente elevato in relazione ai fenomeni di allagamento" per l'area in questione. A riprova di ciò, ancora, il territorio dell'arco ionico è stato colpito in maniera simile da altre alluvioni molto recenti (novembre 2004).

A seguito di tutto quanto sopra detto, si è stabilito di effettuare uno studio di carattere idraulico per una parte dell'area interessata dall'evento alluvionale e, pertanto, di individuare la stessa come Bacino Pilota per la valutazione del rischio idraulico.

Di seguito si illustra l'avanzamento delle fasi e delle attività precedentemente descritte, relativamente al Bacino Pilota.

VIII.2.1 Cartografia e Livelli Informativi

Per questioni di omogeneità nella distribuzione cartografica del Bacino Pilota e dell'intero territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, si è utilizzato come supporto di base la cartografia IGM scala 1:25.000 UTM33-WGS84 del 1949, le ortofoto scala 1:10.000 CGR del 2000 e AIMA del 1997, tutte attraverso il portale "atlanteitaliano.it"; sull'intero territorio regionale, in più, è stato possibile utilizzare gli strati informativi prioritari (DB PRIOR 10K, realizzati nell'ambito dell'intesa Stato-Regioni), relativi all'idrografia superficiale, alle infrastrutture stradali e ferroviarie ed ai centri abitati. Inoltre, nel Bacino Pilota si sono rese disponibili le ortofoto CGR scala 1:10.000 del 2000.

Gli elementi individuabili all'interno degli strati prioritari come infrastrutture (stradali e ferroviarie) e centri abitati e produttivi, saranno considerati come unica classe di elementi vulnerabili per la valutazione del rischio.

VIII.2.2 Analisi Geomorfologiche

VIII.2.2.1 Lineamenti di geomorfologia

Sulla scorta dell'utilizzo delle carte geologiche e sulla base dei rilievi effettuati in campo, il bacino oggetto dello studio risulta divisibile, geologicamente e geomorfologicamente, in tre aree distinte.

- Una prima area, posta a Nord, è la propaggine meridionale dell'area murgiana, con rete idrografica alquanto definita. L'area è costituita da un altopiano carsico con piccole doline che favoriscono l'infiltrazione delle acque e da potenti incisioni, dette "gravine", a pareti assai ripide, che costituiscono una direttrice preferenziale da Nord verso Sud e si presentano in continuo idraulico con il reticolo di valle. A Nord-Est dell'abitato di Palagiano, invece, per una serie di gravine di minore estensione si riscontra una discontinuità idraulica con il reticolo di valle.
- La seconda area è posta a valle della SS7 "Appia", dove si ha il passaggio dalle rocce calcaree permeabili per fratturazione e carsismo ai depositi marini terrazzati (costituiti da sabbie, conglomerati e calcareniti) permeabili per porosità. Questa area è caratterizzata da una forte riduzione di pendenza e dalla discontinuità del reticolo, anche per azione antropica.
- La terza ed ultima area è a pendenza molto bassa, con consistente componente di rete artificiale con scopi di deflusso e bonifica. Si tratta di una area alluvionale, con contropendenza in alcune zone, chiusa a valle da un sistema di dune che in alcuni punti superano, come altezze, le quote della SS7. In tale zona la falda idrica è superficiale (in alcuni punti arriva a 30 cm dal piano campagna), e contestualmente esistono diverse bocche sorgentizie diffuse sul territorio.

VIII.2.2.2 Considerazioni

Lo smaltimento delle acque di pioggia nell'area murgiana avviene normalmente attraverso forme carsiche che, per il loro sviluppo ipogeo, consentono l'infiltrazione di buona parte delle acque nel sottosuolo per la presenza di rocce calcaree fratturate e carsificate. In concomitanza di piogge brevi ed intense le "lame" e le "gravine", di solito asciutte, convogliano tutte le acque che non si sono infiltrate nel sottosuolo, "recapitandole" celermente alla piana costiera.

Nella piana, a causa della diminuzione di pendenza, della natura alluvionale dei terreni, della presenza di falda idrica superficiale e, localmente, dell'inadeguatezza del reticolo idrografico, le acque possono dar vita a fenomeni alluvionali dannosi.

Sulla base dello studio del bacino, del reticolo idrografico, della individuazione delle aree di pertinenza fluviale e del recente evento alluvionale, sono emerse alcune inadeguatezze della rete idrografica nella parte valliva. In tali aree la vulnerabilità idrogeologica è aggravata dalla contigua presenza di attività antropiche, che, localmente, provocano l'alterazione delle sezioni e delle linee di flusso naturali, esposte alla periodica minaccia degli eventi alluvionali.

VIII.2.2.3 Aree di pertinenza fluviale

Per aree di pertinenza fluviale si intendono le aree principalmente interessate dal deflusso concentrato delle acque, individuate in base a criteri geomorfologici; tali aree sono coinvolte sia dal deflusso ordinario che dai deflussi legati ad eventi eccezionali.

Parallelamente all'analisi geomorfologica, è stata valutata l'evoluzione storica del reticolo idrografico, a cominciare dai punti di maggiore evidenza (infrastrutture, deviazioni, aree urbanizzate), confrontando la cartografia I.G.M. scala 1:25.000 UTM33-WGS84 del 1949 con le ortofoto CGR in scala 1:10.000 del 2000; pertanto, l'analisi delle aree di pertinenza, nel suo insieme, prevede lo studio dell'evoluzione che le stesse hanno subito, soprattutto a causa di interventi antropici.

VIII.2.3 Delimitazione Bacino e Rete Idrografica

In accordo con quanto riportato nell'elenco delle attività che compongono le fasi dello studio del rischio idraulico, utilizzando come supporto di base la cartografia I.G.M. scala 1:25.000 UTM33-WGS84 del 1949, si è proceduto alla delimitazione del Bacino Pilota. Lo stesso si sviluppa per circa 880 kmq (sui 19.750 kmq circa dell'intera superficie di competenza dell'AdB Puglia), ed è composto da due sottobacini principali, che prendono il nome dai corsi d'acqua alla foce, vale a dire i fiumi Lato e Lenne; a loro volta, in corrispondenza di sezioni di chiusura significative, è stato possibile effettuare un'ulteriore suddivisione.

La seguente Tabella VIII.2-1 riporta le caratteristiche fisiche dei bacini:

BACINO	SOTTOBACINO	SUPERFICIE kmq	SUPERFICIE TOTALE %	SUPERFICIE SOTTOBACIN O %	QUOTA MIN (m_slm)	QUOTA MAX (m_slm)	QUOTA MEDIA (m_slm)
LATO	FOCE LATO	23	2.6	3.6	0	55	20
LATO	LATO MEDIO	27	3.0	4.2	5	85	55
LATO	CANNECCHIE	47	5.4	7.5	20	400	180
LATO	CASTELLANETA	291	33.1	46.1	5	470	300
LATO	LA LAMA	243	27.7	38.5	20	510	325
TOTALE LATO		630	71.9	100			
LENNE	FOCE DI LENNE	2	0.2	0.8	0	15	6.5
LENNE	LENNE MEDIO	140	15.9	59.5	5	500	270
LENNE	MARZIOTTA	14	1.6	6.1	5	35	20
LENNE	VITE	29	3.3	12.2	10	290	70
LENNE	PALAG. NORD	20	2.3	8.5	40	350	165
LENNE	UVA	30	3.4	12.9	10	450	230
TOTALE LENNE		235	26.8	100			
PALUDE DI VEGA	PALUDE DI VEGA	12	1.4		5	45	20
TOTALE		877	100.0				

Tabella VIII.2-1 Caratteristiche Bacino Pilota rischio idraulico

All'interno del Bacino Pilota la rete idrografica è molto sviluppata; si possono distinguere:

- incisioni molto profonde rispetto al piano campagna (gravine), e pertanto difficilmente oggetto di interventi o ingerenze antropiche;
- incisioni profonde rispetto al piano campagna (lame), e quindi oggetto sia di connessione con infrastrutture che di utilizzo antropico;
- incisioni superficiali, naturali o artificiali, e quindi assolutamente interconnesse con attività antropiche (ad esempio nella parte valliva, laddove è molto sviluppata una rete di canali con funzione di bonifica).

Utilizzando come supporto di base la cartografia I.G.M. scala 1:25.000 UTM33-WGS del 1949, le ortofoto CGR scala 1:10.000 del 2000 e con l'ausilio degli strati informativi prioritari relativi all'idrografia superficiale, si è proceduto alla digitalizzazione della rete idrografica superficiale.

VIII.2.4 Dati Pluviometrici

L'archivio dei dati pluviometrici del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN, Annali Idrologici, Parte 1) è stato consultato sino al più recente volume pubblicato, relativo all'anno 1996; tuttavia è stato possibile, grazie alla collaborazione del SIMN sezione di Bari ed in particolare del dirigente Ing. G. Tedeschi, degli Ingg. G. Amoruso e P. Loiacono e del Geom V. Marzano, aggiornare le serie storiche con i dati disponibili e non ancora pubblicati fino al 2000 per tutte le stazioni e fino al 2001 per alcune di esse. Il numero totale di stazioni considerate è pari a 20, con almeno quindici anni di misure, disponendo di serie variabili da un minimo di 21 dati ad un massimo di 68 dati.

In Tabella VIII.2-2 sono riportati per ciascuna stazione l'anno di inizio funzionamento, le serie storiche disponibili e, per ciascuna durata, il numero dei dati disponibili. Occorre tener presente che il numero di dati disponibili per determinate durate non sempre coincide con il numero di anni contenuto nella serie storica, a causa della mancanza del rilevamento dei dati.

Stazione	Anno Inizio Funzionamento	Serie Storica Disponibile	Numero Dati				
			1h	3h	6h	12h	24h
Avetrana	1967	1967-2001	26	26	26	26	26
Castellaneta	1877	1962-2003	40 (2003)	41 (2003)	41 (2003)	41 (2003)	41(2003)
C. Messapica	1922	1962-2000	23	26	26	26	26
M. Chiancarello	1970	1971-2003	21 (2001)	23 (2003)	23 (2003)	23 (2003)	23 (2003)
Crispiano	1911	1958-2001	32	33	33	34	33
Ginosa	1922	1932-2001	58	59	59	59	59
Ginosa Marina	1927	1928-2001	46	46	45	46	46
Gioia del Colle	1921	1961-2001	35	34	33	33	33
Grottaglie	1924	1958-2001	37	37	38	38	38
Lizzano	1912	1957-2001	35	35	34	35	35
Locorotondo	1829	1964-2000	30	31	32	34	34
Manduria	1927	1962-2000	32	34	35	34	34
Massafra	1880	1958-2003	39 (2001)	39 (2001)	40 (2003)	40 (2033)	41 (2003)
Mass. Monteruga	1930	1967-2000	25	26	26	26	26
Noci	1921	1929-2000	66	65	68	68	68
S. Giorgio Jonico	1956	1934-2001	29	30	30	29	29
Sant.mo in Colle	1922	1963-2000	31	31	31	30	31
Talsano	1975	1976-2001	26	26	26	26	26
Taranto	1891	1935-2001	54	55	55	55	56
Turi	1917	1960-2001	33	33	33	33	34

Tabella VIII.2-2 Dati pluviometrici

VIII.2.5 Dati Storici

Al fine della individuazione delle possibili situazioni di pericolosità, è stata effettuata l'individuazione, la localizzazione e la caratterizzazione degli eventi alluvionali che abbiano prodotto effetti sul territorio, in particolare danni a persone o cose, o, semplicemente, abbiano creato condizioni di disagio o allarme. Tale individuazione è un importante strumento per la delimitazione delle aree a potenziale rischio di inondazione.

La perimetrazione delle aree soggette a rischio idraulico e la quantificazione della pericolosità, in via preliminare, è stata incentrata su una metodologia basata sull'utilizzo delle informazioni raccolte, organizzate e rese disponibili dal progetto AVI e dal progetto VaPi, nonché di tutte le informazioni storiche eventualmente rese disponibili da istituzioni territoriali, quali uffici competenti regionali, provinciali o comunali o da altre fonti di informazioni.

VIII.2.6 Attività di Campo

VIII.2.6.1 Censimento delle Criticità

Al fine della valutazione delle criticità occorse durante l'evento dell'8 settembre 2003, si è provveduto a realizzare una scheda tipo per l'inserimento dei dati rilevabili in campo.

Le schede hanno al loro interno una parte riservata a dati oggettivi (composta dai seguenti campi: rilevatore, data, comune, località, bacino, corso d'acqua, carta IGM 1:50.000, carta IGM 1:25.000, ortofoto, altra carta, punti di riferimento carta) e una parte riservata a dati soggettivi (composta dai seguenti campi: punti di riferimento campo, criticità principale (4 campi), danni rilevati (5 campi), interventi (5 campi), osservazioni (2 campi), note, foto).

In particolare, per quanto concerne i campi "criticità", si è convenuto di codificare 5 tipologie di criticità standard, secondo il seguente elenco:

- A. aree sovralluvionate;
- B. aree di ristagno;
- C. attraversamenti ostruiti;
- D. attraversamenti danneggiati;
- E. sistemazioni idrauliche danneggiate.

Occorre ricordare che le schede si compilano in base a quanto effettivamente osservabile; pertanto al momento dei rilievi, principalmente a causa della distanza temporale tra il fenomeno oggetto dello studio e lo sviluppo dell'indagine, nel caso dei campi "criticità" e "danni rilevati", vi possono essere elementi non più riscontrabili, ma testimoniati, e che vengono eventualmente segnalati nei campi "osservazioni" o "note".

Laddove possibile, si sono rilevate, in maniera speditiva, informazioni idrauliche, quali: direzione del flusso della piena, sezioni degli attraversamenti e soprattutto tiranti idrici raggiunti durante l'evento alluvionale, al fine di utilizzare le stesse per la taratura del modello idrologico ed idraulico.

VIII.2.6.2 Problematiche riscontrate

Il censimento degli effetti dell'evento, con la relativa classificazione delle criticità nelle 5 classi, consente di individuare le problematiche diffuse sul territorio; in sintesi queste sono riferibili sia alle caratteristiche naturali dello stesso, sia agli effetti negativi connessi all'uso del territorio:

- locale inadeguatezza del reticolo idrografico;
- discontinuità naturale del reticolo;
- insufficienza delle sezioni idrauliche degli attraversamenti fluviali;
- occupazione delle aree di pertinenza fluviale;
- interruzione artificiale del reticolo idrografico;
- criticità del reticolo artificiale;
- mancata manutenzione del reticolo.

VIII.2.7 Acquisizione Dati Geometrici e Topografici delle Sezioni di Interesse

Si è acquisito il rilievo topografico delle sezioni di interesse, per uno sviluppo di circa 50 km di aste fluviali, così distribuito nel bacino:

Bacino	Nome Asta	Codice Asta	Lunghezza (km)
Lato	Lato valle	2	5.282
Lato	Lato centrale	3	6.734
Lato	lana Castellaneta	5	8.322
Lenne	Lenne valle	7	15.850
Lenne	canale Marziotta	10	6.740
Lenne	lana di Vite	8	5.019
Lenne	lana d'Uva	9	5.624

Tabella VIII.2-3 Rilievo topografico

VIII.3 Analisi Pluviometrica

VIII.3.1 Dati Pluviometrici

L'analisi degli eventi piovosi di massima intensità riveste un ruolo fondamentale nello studio dei fenomeni legati alle piene fluviali; lo studio delle piogge intense viene effettuato attraverso l'analisi statistica dei dati storici rilevati nelle varie stazioni di misura pluviometriche. Analogamente, la determinazione dei tempi di ritorno delle portate di piena richiederebbe l'elaborazione statistica delle serie storiche delle portate fluviali, non disponibili nel territorio interessato, in quanto nello stesso non sono installate stazioni idrometrografiche.

Tale circostanza rende interessante lo studio di questo bacino quale "pilota", in quanto l'assenza di dati di deflusso, stante la peculiarità idrologica e climatica del territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia, è alquanto diffusa nel territorio medesimo.

Lo studio per la determinazione delle curve di possibilità climatica utilizza i dati delle stazioni pluviometriche ricadenti all'interno o prossime al Bacino Pilota.

VIII.3.2 Evento Meteorologico dell'8 settembre 2003

VIII.3.2.1 Caratterizzazione Idrologica

La caratterizzazione idrologica dell'evento dell'8 settembre è basata sull'analisi dei dati pluviometrici forniti dal Servizio Idrografico della Regione Puglia. Tali dati riguardano le distribuzioni orarie delle precipitazioni, registrate nelle stazioni di Castellaneta, Massafra, Masseria Chiancarello, Talsano, Gioia del Colle, Montursi, Ginosa, Martina Franca, San Giorgio Jonico, Masseria Monteruga e Crispiano, e le precipitazioni orarie di massima intensità, registrate in altre stazioni dell'area interessata dall'evento alluvionale o in aree limitrofe, in particolare nelle stazioni di Taranto, Noci e Ginosa Marina.

In tabella sono riportati i valori delle precipitazioni di massima intensità; inoltre sono stati calcolati in percentuale, in corrispondenza di ciascun intervallo orario, i rapporti tra l'altezza di pioggia dell'evento dell'8 settembre ed il massimo storico per la stessa durata registrato in ciascuna stazione (in tabella i rapporti sono riportati in % nella seconda colonna di ciascun intervallo orario). Si osservi che per le stazioni di Castellaneta, Massafra e Masseria Chiancarello l'evento dell'8 settembre ha fatto registrare valori di piogge orarie di gran lunga superiori ai massimi storici.

	1 h		3 h		6 h		12 h		24 h	
CASTELLANETA	142.2	151%	224.0	184%	242.6	199%	244.2	199%	244.2	198%
MASSAFRA	74.0	78%	112.8	97%	212.0	178%	223.8	156%	223.8	136%
M. CHIANCARELLO	64.8	92%	115	116%	160.8	180%	166.0	174%	166.0	153%
TARANTO	24.4	40%	49.6	49%	84.6	48%	91.0	50%	91.0	49%
G. D. C. MONTURSI	29.6		65.4		84.0		85.6		85.6	
GIOIA DEL COLLE	34.0	44%	55.0	61%	71.6	60%	73.0	55%	73.0	54%
MARTINA FRANCA	29.4		53.4		67.0		69.8		72.0	
S. GIORGIO JONICO	18.4	28%	38.2	49%	59.8	70%	62.0	57%	71.6	62%
NOCI	21.8	35%	47.2	62%	55.4	59%	57.6	46%	57.6	38%
TALSANO	20.2	40%	28.8	21%	43.2	24%	52.2	29%	52.4	29%
GINOSA MARINA	26.8	38%	45.4	41%	51.2	43%	51.2	35%	51.2	31%
GINOSA	3.2	5%	6.4	7%	9.6	8%	9.6	6%	9.6	6%

Tabella VIII.3-1 Massimi pluviometrici registrati l'8 settembre 2003

VIII.3.2.2 Distribuzione Areale dell'Evento dell'8 settembre 2003

Dall'osservazione dei differenti valori dell'altezza di pioggia registrata in stazioni limitrofe, sulla scorta dei dati a disposizione, si è indagata la distribuzione areale dell'evento; quindi sono state ricavate, per ciascuna durata, le carte delle isoiete dei massimi dell'evento, nei comuni intervalli di tempo (1h, 3h, 6h, 12h, 24h). Allo stato attuale sono state considerate in totale 12 stazioni del Servizio Idrografico ricadenti nel territorio pugliese: dalla rappresentazione si evince che l'area interessata dalle massime intensità di pioggia risulta essere la zona tra Castellaneta e Massafra (in Figura VIII.3-1, la rappresentazione delle isoiete per l'intervallo di 6 ore).

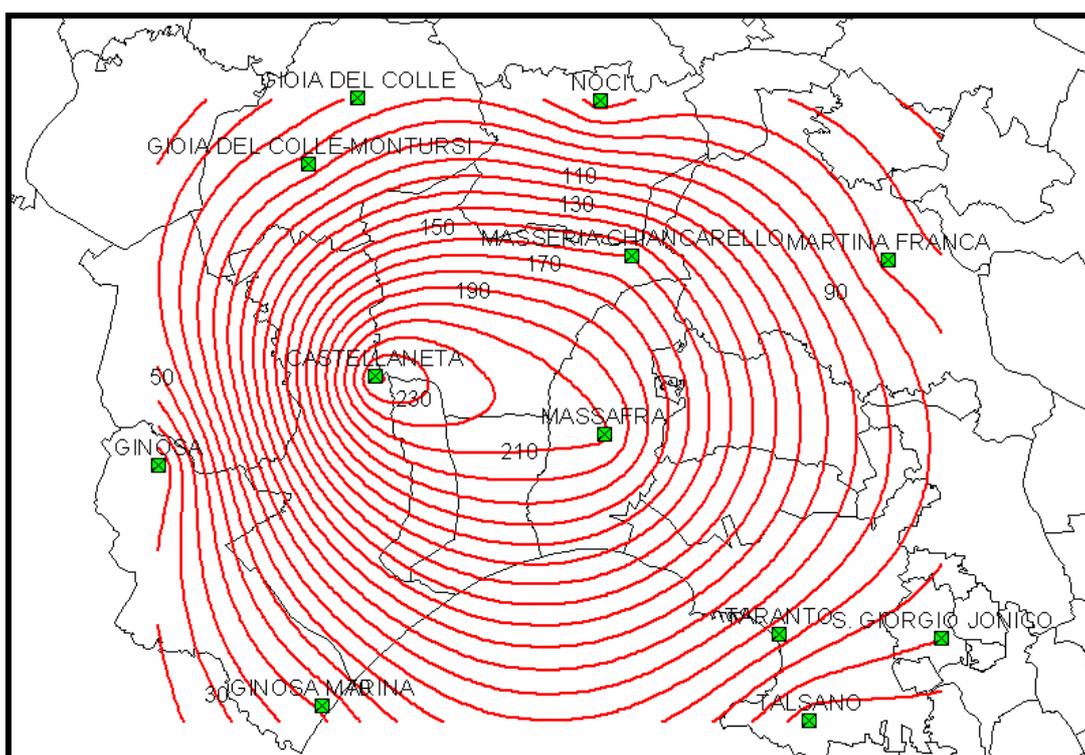


Figura VIII.3-1 Distribuzione Areale dell'Evento dell'8 settembre 2003

VIII.3.3 Elaborazioni Idrologiche, Curve di Possibilità Pluviometrica

VIII.3.3.1 GEV

Stante l'eccezionalità di alcune precipitazioni relative all'evento dell'8 settembre 2003, il primo modello utilizzato per l'analisi dei dati pluviometrici è stato basato sulla distribuzione di probabilità GEV (Generalized Extreme Value)

$$P(h) = e^{-\left[1 - \frac{k(h-u)}{\alpha}\right]^{1/k}}$$

applicato alle serie storiche dei massimi annuali delle precipitazioni orarie di durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore, registrate in ciascuna stazione.

Si tratta di una distribuzione di probabilità a 3 parametri (u parametro di posizione, a parametro di scala, k parametro di forma, stimati con il metodo L-moments), molto funzionale, in quanto in funzione del valore del parametro di forma k (=0, <0, >0), interpreta rispettivamente le distribuzioni di Gumbel, Fréchet e Weibull, e che meglio ha dimostrato adattarsi alle serie disponibili, rispetto ad altre distribuzioni a 2 o 3 parametri frequentemente utilizzate.

A seguito di opportune elaborazioni idrologiche è possibile determinare l'altezza di pioggia corrispondente a ciascuna durata, fissato un valore del tempo di ritorno, ed, interpolando i punti così ottenuti, si ricavano le curve di possibilità climatica. Tali curve hanno espressione analitica del tipo:

$$h = at^n$$

Le curve di possibilità climatica sono state ricavate per tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni; tali curve potranno poi essere utilizzate nella fase di modellazione idrologica per l'analisi della trasformazione afflussi-deflussi.

VIII.3.3.2 VAPI

Un'analisi che prescinde dalla singolarità dell'evento è quella realizzata sulla base del progetto VaPi (Valutazione Piene), ovvero attraverso un modello statistico che fa riferimento alla distribuzione TCEV con regionalizzazione di tipo gerarchico.

Il metodo della regionalizzazione dei dati consente di svincolarsi da valori singolari o eccezionali di precipitazione e, pertanto, permette l'applicazione ragionevole ed oggettiva dei risultati delle elaborazioni su largo spettro.

L'analisi di terzo livello, basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota, ha portato alla individuazione, all'interno del Bacino Pilota, di due zone omogenee e delle rispettive curve di possibilità climatica.

Pertanto, le curve di possibilità climatica nelle stazioni pluviometriche sono state ricavate per tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni; tali curve saranno poi utilizzate nella fase di modellazione idrologica per l'analisi della trasformazione afflussi-deflussi.

VIII.3.3.3 Conclusioni

Al fine di poter applicare la metodologia di valutazione del rischio implementata all'interno del Bacino Pilota agli altri bacini che compongono il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, si è deciso di procedere alle elaborazioni pluviometriche (ovvero al calcolo delle curve di possibilità pluviometrica) secondo la metodologia indicata dal VaPi piuttosto che secondo uno studio caso per caso delle più opportune distribuzioni di probabilità.

Infatti, come già accennato, la metodologia indicata dal VaPi è più oggettiva, essendo basata sulla regionalizzazione dei dati pluviometrici, e pertanto si presta bene ad applicazioni di larga scala, confrontabili tra loro.

Una volta ottenuta, pertanto, per ciascuna stazione pluviometrica la curva di possibilità nella forma:

$$h(t, T, z) = at^n$$

si è provveduto a distribuire le precipitazioni per ciascun intervallo orario (1, 3, 6, 9, 12, 24 e 48 ore), e per ciascuno dei tempi di ritorno considerati (30 e 200 anni) secondo uno ietogramma di intensità variabile sul modello Chicago con picco centrale.

VIII.4 Analisi Idrologica

VIII.4.1 Implementazione del Modello Idrologico e Taratura

VIII.4.1.1 Distribuzione delle Precipitazioni

Al fine del calcolo della distribuzione delle precipitazioni, i valori determinati come precedentemente descritto sono stati applicati al Bacino Pilota utilizzando il metodo dei topoi, costruiti come poligoni di Thiessen attorno a ciascuna stazione pluviometrica. Sempre sulla base delle considerazioni espresse nel VaPi, si è inserita una stazione pluviometrica fittizia che contemplasse il fattore di riduzione areale legato alla superficie del bacino ed alla durata della precipitazione.

Nella sola fase di taratura del modello, basata sull'evento alluvionale dell'8 settembre 2003, si è applicata anche la distribuzione delle precipitazioni secondo il modello Kriging.

VIII.4.1.2 Il Basin Model

Il calcolo della precipitazione efficace e del Runoff è stato effettuato attraverso il modello HEC HMS (Hydrologic Engineering Center, Hydrologic Modeling System), utilizzando il metodo del CN-SCS (Curve Number del Soil Conservation Service), molto diffuso in letteratura e particolarmente adatto alla realtà territoriale; il metodo, infatti, consente la ricostruzione delle piene in bacini idrografici di estensione contenuta, con reticolo idrografico non ben definito o continuo, attraverso la definizione dell'indice CN (Curve Number).

Il CN rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a produrre deflusso e si stima in base alle caratteristiche idrologiche dei suoli e della copertura vegetale presenti nel bacino; il metodo tiene anche conto delle condizioni di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento.

In particolare, attraverso analisi della carta geologica (in scala 1:100.000), dell'ortofoto (scala 1:10.000), della carta dell'uso del suolo (scala 1:100.000) e attraverso la taratura sulla base dell'evento alluvionale dell'8 settembre 2003, si è provveduto a valutare il valore del Curve Number ponderato per ciascun sottobacino.

Il metodo prevede poi di assegnare il grado di assorbimento iniziale del terreno I_a : a questo si è assegnato un valore costante e pari a 10 mm, piuttosto che aliquota (solitamente il 20%) del grado di saturazione S , dipendente ancora dal CN; inoltre, il grado di impermeabilità assoluta del bacino è stato direttamente valutato all'interno del computo del CN, e non calcolato separatamente. Infine, per il calcolo del routine, ovvero della diffusione dell'onda di piena all'interno del reticolo, la modellazione si è basata sul metodo di Muskingum Cunge (Standard ed 8point), che consente di tener conto e valutare in via sintetica sia il ritardo che la laminazione dell'idrogramma di progetto.

VIII.4.2 Elaborazioni Idrologiche, Calcolo degli Idrogrammi di Piena

In definitiva si è modellato il bacino secondo il seguente schema:

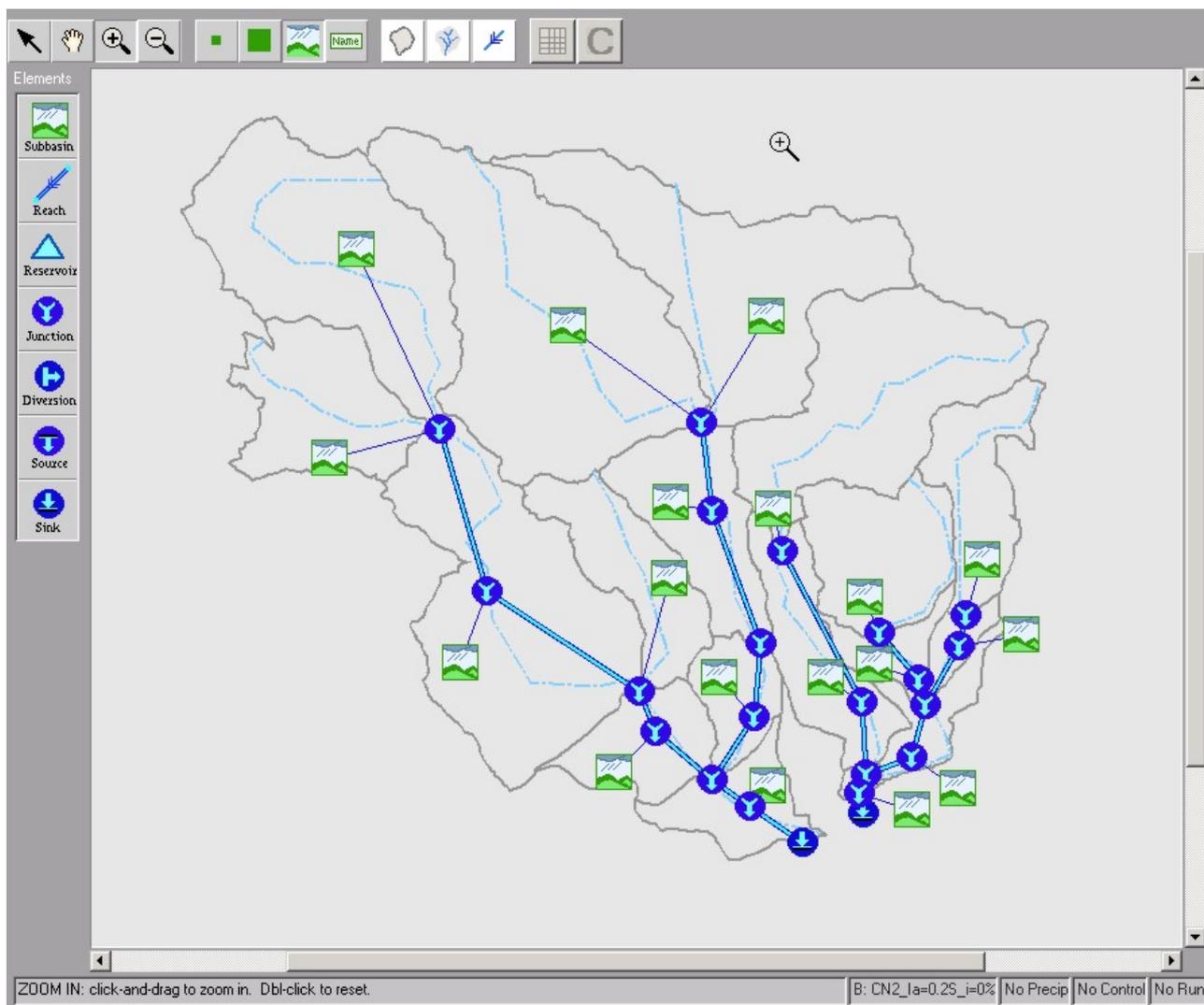


Figura VIII.4-1 Modellazione idrologica: schema bacino

In ciascun bacino o giunzione o tratto di reticolo indicato, si è ottenuto l'idrogramma di piena, attraverso il calcolo della pioggia netta e l'idrogramma adimensionale di Mockus.

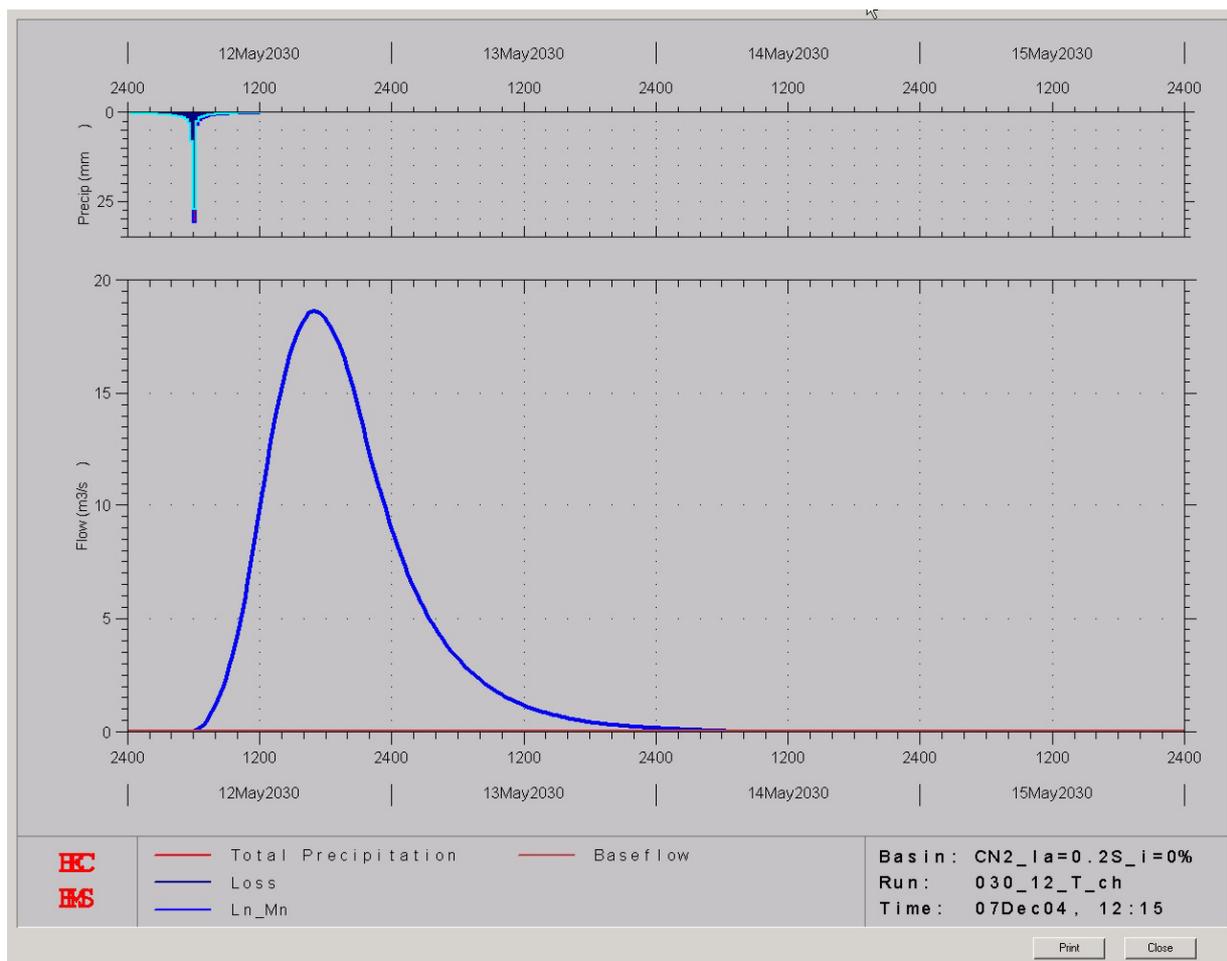


Figura VIII.4-2 Ietogramma ed idrogramma nella sezione di Lenne Monte (Tr 30 anni, precipitazione 12 ore)

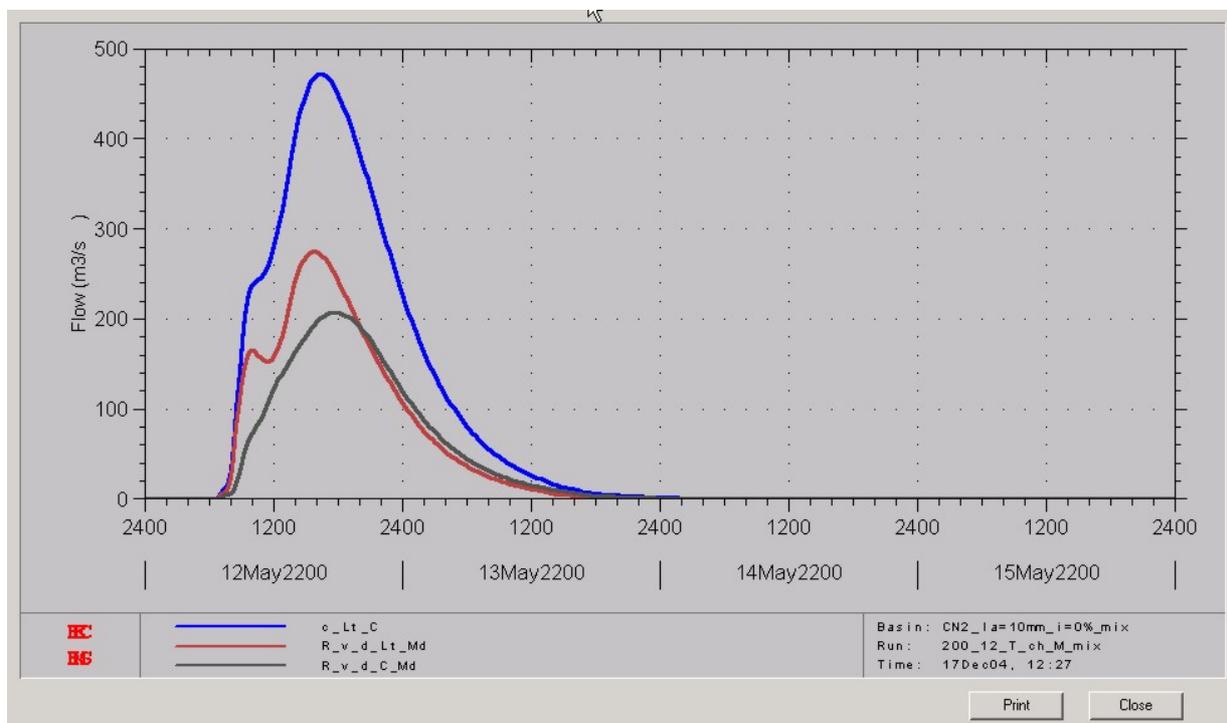


Figura VIII.4-3 Idrogrammi confluenza lama Lato e lama Castellaneta (Tr 30 anni, precipitazione 12 ore)

A titolo informativo si riportano i picchi di piena, per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni, per una precipitazione critica di 12 ore, in diverse sezioni di interesse:

Bacino	Sezione	Q(30) mc/s	Q(200) mc/s
Lato	Lato monte	67	143
Lato	Castellaneta monte	92	201
Lato	Confluenza Lato-Castellaneta	217	472
Lato	Lato Foce	211	471
Lenne	Lenne Monte	37	79
Lenne	Confluenza Uva-Vite	102	206
Lenne	Confluenza Lenne Marziotta	125	268
Lenne	Lenne Foce	121	256

Tabella VIII.4-1 Picco dell'idrogramma di piena

VIII.5 Analisi Idraulica

Una volta completato lo studio idrologico ed aver valutato scarsa l'importanza del trasporto solido nel reticolo idrografico dell'area oggetto di studio, si è proceduto nel condurre le verifiche idrauliche sulla rete idrografica che è potenzialmente soggetta a criticità; nella immagine successiva (Figura VIII.5-1), in una corografia dell'area sono evidenziati in rosso i tratti che sono stati oggetto di una modellazione idraulica di dettaglio; in Tabella VIII.5-1 sono riportate le principali caratteristiche dei diversi tratti evidenziati.

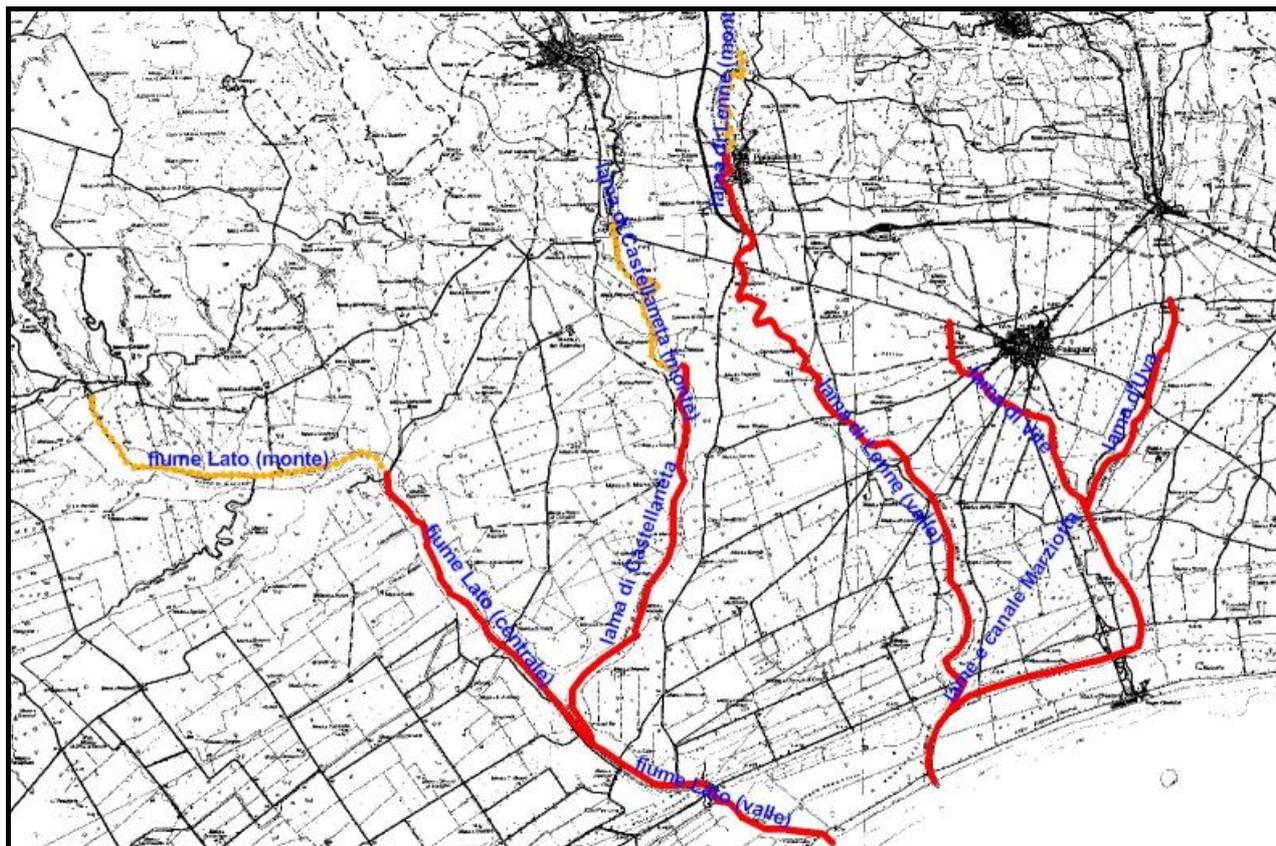


Figura VIII.5-1 Fiumi Lato e Lenne – Corografia aste idrografiche oggetto di studio

Nome asta	Cod. Asta	Lunghezza	Da	A
Fiume Lato (valle)	2	5282,20 m	Lama di Castellaneta	Foce
Fiume Lato(centrale)	3	6734,55 m	Scopara	Lama di Castellaneta
Lama di Castellaneta	5	8323,19 m	Mass.a Petrosa	F. Lato (valle)
Lama di Lenne (valle)	7	15850,53 m	Palagianello	Foce
Lama di Vite	8	5019,29 m	S.S. 7	Canale Marzotta
Lama d'Uva	9	4624,87 m	Mass.a Lùpoli	Lama di Vite
Canale Marzotta	10	6740,64 m	Lama di Vite	Lama di Lenne

Tabella VIII.5-1 Fiumi Lato e Lenne – Principali caratteristiche aste idrografiche oggetto di studio

Secondo le indicazioni contenute nei capitoli IV e VI, la verifica idraulica deve di norma essere condotta in condizioni di moto permanente e va sempre estesa ad un tratto sufficientemente esteso del corso d'acqua in oggetto e soprattutto rappresentativo delle caratteristiche del deflusso che si istaura nel tronco. In particolare, quando si conduce una verifica idraulica in moto permanente o vario occorre che agli estremi del tronco oggetto di studio le condizioni al contorno siano univocamente determinabili. Nello specifico, nel caso in oggetto le aste terminali sia del fiume Lato che del Lenne confluiscono in mare, per cui la condizione di valle utilizzata è quella del livello medio del mare. Nei nodi in cui confluiscono più aste è stata imposta invece la condizione di continuità. Nelle sezioni di monte delle varie aste ed in alcune sezioni intermedie come condizione al contorno è stata utilizzato l'idrogramma di piena del bacino che afferisce a quella sezione secondo la schematizzazione adottata per il modello idrologico.

Nella verifica idraulica occorre sempre considerare quelle che sono le attuali condizioni del reticolo idraulico. Nella stima del coefficiente di scabrezza occorre però considerare le condizioni di manutenzione in cui versa il corso d'acqua ed in particolare occorre tener conto di un possibile peggioramento delle condizioni di manutenzione e quindi di un aumento del coefficiente di scabrezza con ripercussioni quindi sulla capacità di smaltimento del deflusso da parte della sezione.

Nel seguito vengono descritte le principali fasi che compongono la modellazione idraulica ed in particolare:

- rilievo plano-altimetrico del reticolo idrografico principale;
- schematizzazione del modello idraulico;
- modellazione idraulica;
- elaborazione carta aree inondabili;
- elaborazione carta aree a rischio;
- predisposizione piano degli interventi.

VIII.5.1 Rilievo plano altimetrico del reticolo idrografico principale

E' stata realizzata dapprima una rete di inquadramento geodetico delle aste fluviali oggetto di studio, costituita da 33 punti fiduciarci principali, materializzati e rilevati. Il rilievo dei capisaldi della rete è stato eseguito con la tecnica del GPS in modalità statica utilizzando come riferimento 3 capisaldi IGM presenti nella zona. Per ogni caposaldo è stata realizzata una monografia completa di planimetria di dettaglio e fotografie relative all'ubicazione del punto.

In una seconda fase è stato eseguito il rilievo topografico di dettaglio delle aste fluviali. In tale ambito è stato rilevato un totale di 423 sezioni trasversali dei corsi d'acqua, 124 sezioni nel bacino idrografico del fiume Lato e 299 nel bacino della Lama di Lenne, il dettaglio delle sezioni rilevate per tronco è riportato nella seguente Tabella VIII.5-2:

<i>bacino</i>	<i>tronco</i>	<i>n. sezioni</i>
<i>Lato</i>	2	36
<i>Lato</i>	3	34
<i>Lato</i>	5	54
<i>Lenne</i>	7	121
<i>Lenne</i>	8	70
<i>Lenne</i>	9	27
<i>Lenne</i>	10	81

Tabella VIII.5-2 Sezioni rilievo topografico

Successivamente, i dati planimetrici derivanti dal rilievo topografico di cui sopra sono stati integrati con i dati della Cartografia Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:5.000 della zona. Cartografia che è stata di recente prodotta e messa a disposizione dell'Autorità di Bacino dalla Regione Puglia dalla Provincia di Taranto. Tale integrazione dei dati ha permesso di costruire un modello digitale del terreno (TIN), di grande dettaglio, della zona oggetto di studio. Modello digitale che è stato utilizzato, quindi, come base per la predisposizione dei dati topografici da introdurre nel modello idraulico e nella interpretazione dei risultati ottenuti dallo stesso modello.

In particolare i dati derivanti dalla CTR sono stati utilizzati per estendere le sezioni rilevate topograficamente al di là del corso d'acqua fino a coprire l'intera zona alluvionale. Il tutto è stato eseguito in ambiente GIS, con il programma ArcView utilizzando le estensioni Spatial Analyst, 3D Analyst e GEO RAS, nello specifico quest'ultimo applicativo ha consentito la preparazione diretta dei dati da inserire nel programma utilizzato per la modellistica idraulica a partire dal modello digitale del terreno.

VIII.5.2 Schema del modello idraulico

La schematizzazione adottata è prevalentemente quella relativa al tradizionale moto permanente monodimensionale, solo nel tratto terminale del fiume Lato si è utilizzata una modellistica a moto vario in quanto si è ritenuto che in tale zona i fenomeni esondativi, e quindi gli effetti di laminazione ad essi dovuti, assumono particolare importanza, per cui la schematizzazione in moto permanente non sarebbe stata aderente alla realtà.

Nel tratto terminale del Lato, che si estende da monte della confluenza con la Lama di Castellaneta fino alla foce, la schematizzazione utilizzata è quasi-bidimensionale del tipo proposto da Cunge (1975) che associa ad un modello idraulico, non stazionario monodimensionale sull'asta principale, una rappresentazione "a celle di accumulo" delle aree inondabili adiacenti al corso d'acqua opportunamente schematizzate e connesse idraulicamente. L'individuazione e la rappresentazione di tali celle, per le quali risulta prevalente il fenomeno di invaso rispetto a quello di trasporto, è stata fatta in funzione della morfologia della piana alluvionale, data dal profilo naturale del terreno e dalla presenza di irregolarità dovute agli argini dei corsi d'acqua ed ai rilevati stradali. In tale schematizzazione si assume che le celle di accumulo funzionino come serbatoi, si riempiano cioè in modo sincrono, con il pelo libero sempre orizzontale.

Lo schema adottato per il modello monodimensionale si basa sulle classiche equazioni del moto e di continuità per una corrente unidimensionale, associate ad una opportuna equazione per la stima delle dissipazioni energetiche sia a carattere concentrato sia di tipo distribuito. Le equazioni, nella loro formulazione generale di De Saint Venant, esprimono le caratteristiche idrauliche (portata, carico piezometrico, altezza d'acqua e velocità) in funzione del tempo e dello spazio. Le equazioni di moto e di continuità, nello schema permanente si riducono alla sola dipendenza dalla coordinata spaziale.

Nella modellazione idraulica del fiume Lato è stato utilizzato lo schema idraulico riportato nelle figure che seguono, in particolare si mostrano successivamente le sezioni idrografiche utilizzate (Figura VIII.5-2), e la perimetrazione delle celle di accumulo individuate nel tratto terminale del fiume (Figura VIII.5-3) che è stato simulato in moto vario, al contrario del resto che è stato invece simulato in moto permanente.

Come si può notare dalla stessa figura, sono state schematizzate 8 celle di accumulo equamente divise tra le due sponde del fiume Lato. Alcune di esse sono connesse idraulicamente solo con il corso d'acqua, altre sono connesse anche tra di loro. In ogni caso le connessioni sono schematizzate con soglia sfiorante le

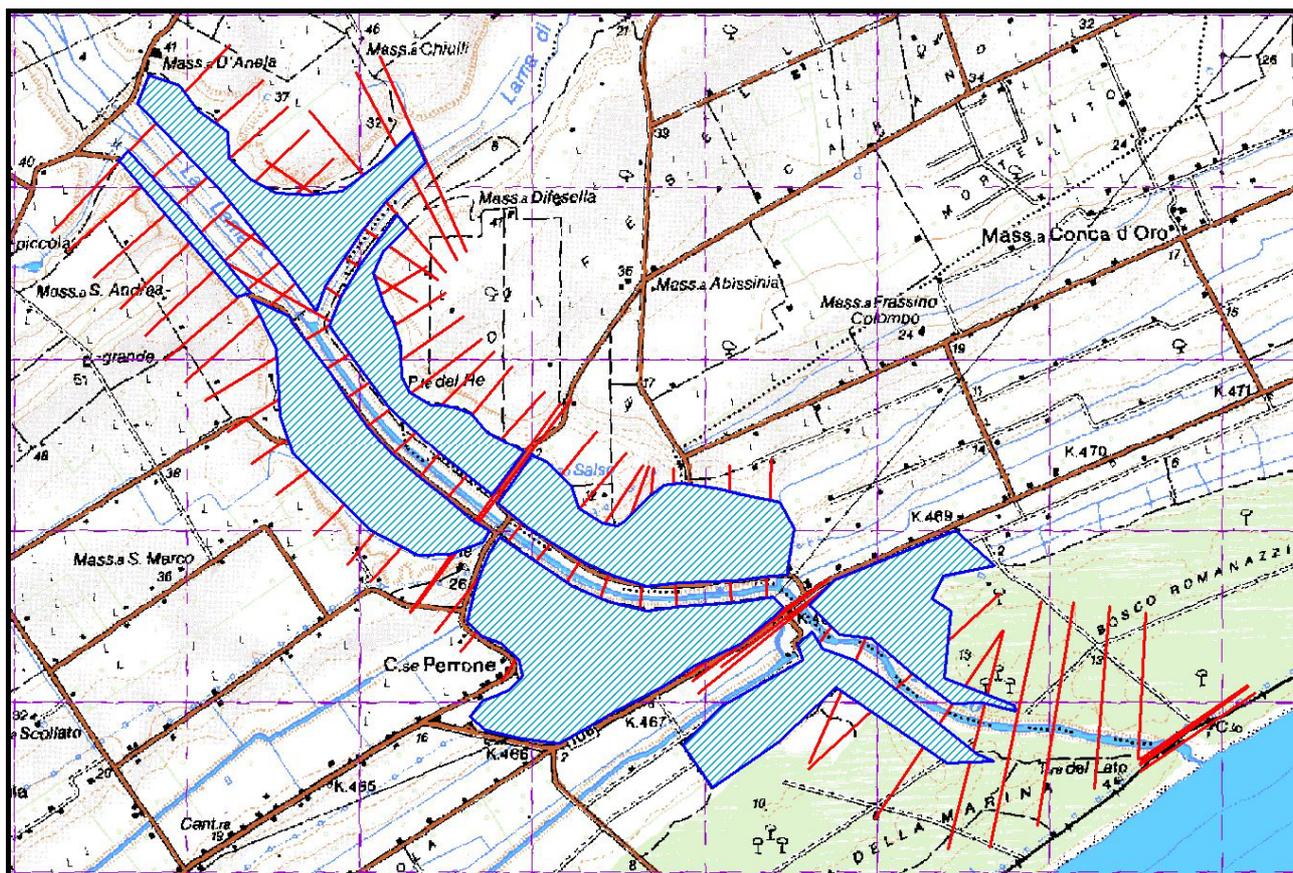


Figura VIII.5-3 Fiume Lato: schema del modello idraulico utilizzato (celle accumulato)

Nel caso della modellazione idraulica del fiume Lato le condizioni al contorno utilizzate sono le seguenti:

- condizione di valle alla foce (tronco 2) = livello medio mare costante pari a 0.50 m.s.l.m.;
- condizione di monte (tronco 3) = pendenza costante pari 1%;
- condizione di monte (tronco 5) = pendenza costante pari 1%.

Nella modellazione idraulica del fiume Lenne è stato utilizzato lo schema idraulico riportato nella Figura VIII.5-4, che mostra le sezioni idrografiche utilizzate; il fiume Lenne è stato simulato in moto permanente.

Anche in questo caso, nello schema generale sono evidenziate, con un tratto più grosso (sempre in verde), i principali attraversamenti di infrastrutture sui corsi d'acqua. Sono stati volutamente trascurati i piccoli attraversamenti che interessano solo l'incisione centrale delle lame, in quanto si è ritenuto che fossero di scarsa importanza dal punto di vista della simulazione generale dell'intera asta con riferimento a piene che interessano l'intera ampiezza della lama.

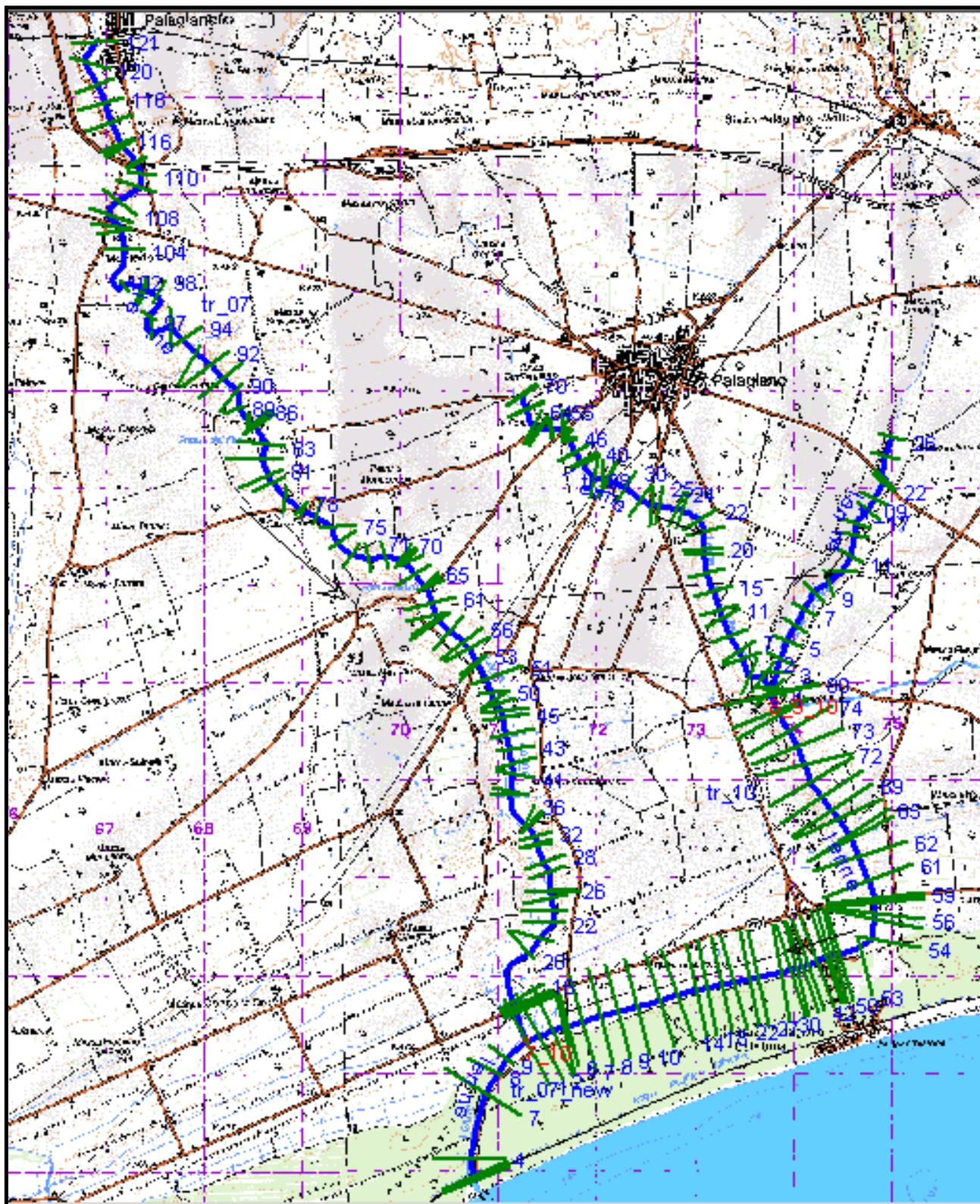


Figura VIII.5-4 Fiume Lenne: schema del modello idraulico utilizzato (sezioni)

Nel caso della modellazione idraulica del fiume Lenne le condizioni al contorno utilizzate sono:

- condizione di valle alla foce (tronco 10) = livello medio mare costante pari a 0.50 m.s.l.m.;
- condizione di monte (tronco 7) = pendenza costante pari 1%;
- condizione di monte (tronco 8) = pendenza costante pari 1%;
- condizione di monte (tronco 9) = pendenza costante pari 1%.

VIII.5.3 Risultati della modellazione idraulica

Una volta predisposto il modello sono state eseguite le modellazioni in moto permanente. Il primo ciclo di modellazioni ha permesso la verifica generale del modello, di stimare la sua sensibilità alla variazione di alcune variabili e quindi la taratura di massima di alcuni parametri dello stesso modello.

Una volta tarato il modello sono state eseguite alcune modellazioni idrauliche con serie di portate crescenti per stimare il livello idrico che si raggiunge nei vari tratti e per capire quindi se i dati topografici introdotti risultino o meno sufficienti.

Completata la taratura del modello idraulico, si è quindi passati alla modellazione con le portate reali attese con i diversi tempi di ritorno nei vari tratti che sono riassunte nelle tabelle seguenti. A tale riguardo, occorre notare che, in considerazione del fatto che la schematizzazione utilizzata per il modello idrologico prevede che lungo alcuni tratti oggetto della simulazione idraulica si immettano i contributi dei sottobacini che vi confluiscono, le portate utilizzate per la modellazione possono variare all'interno dello stesso tratto, aumentando procedendo verso valle. Di seguito si riportano (Tabella VIII.5-3 - Tabella VIII.5-4) le portate attese, in mc/s, utilizzate per la modellazione in moto permanente.

	River	Reach	sezione	TR 30	TR 200
1	lato	tr_05	54	132	276
2	lato	tr_05	19	135	283
3	lato	tr_03	34	164	343
4	lato	tr_03	23	170	355
5	lato	tr_02	35	295	618
6	lato	tr_02	25	295	622

Tabella VIII.5-3 Fiume Lato (Tr 30-200 anni, precipitazione 24 ore): portate attese

	River	Reach	sezione	TR 30	TR 200
1	lenne	tr_09	26	32	66
2	lenne	tr_09	11	41	84
3	lenne	tr_08	70	64	130
4	lenne	tr_08	40	90	180
5	lenne	tr_07	121.2	46	96
6	lenne	tr_07	92	66	131
7	lenne	tr_10	80	129	259
8	lenne	tr_10	53	153	304
9	lenne	tr_07_new	9	212	421

Tabella VIII.5-4 Fiume Lenne (Tr 30-200 anni, precipitazione 24 ore): portate attese

Per il tronco finale del fiume Lato che è stato simulato in moto vario sono state immesse nelle sezioni di monte gli idrogrammi ottenuti dal modello idrologico con i diversi tempi di ritorno e le varie durate di pioggia. In questo caso gli idrogrammi immessi (Figura VIII.5-5 - Figura VIII.5-7), così come gli idrogrammi risultanti nella sezione di chiusura, sono riportati, rispettivamente, in riferimento ai tempi di ritorno di 30 e 200 anni (Figura VIII.5-6 - Figura VIII.5-8).

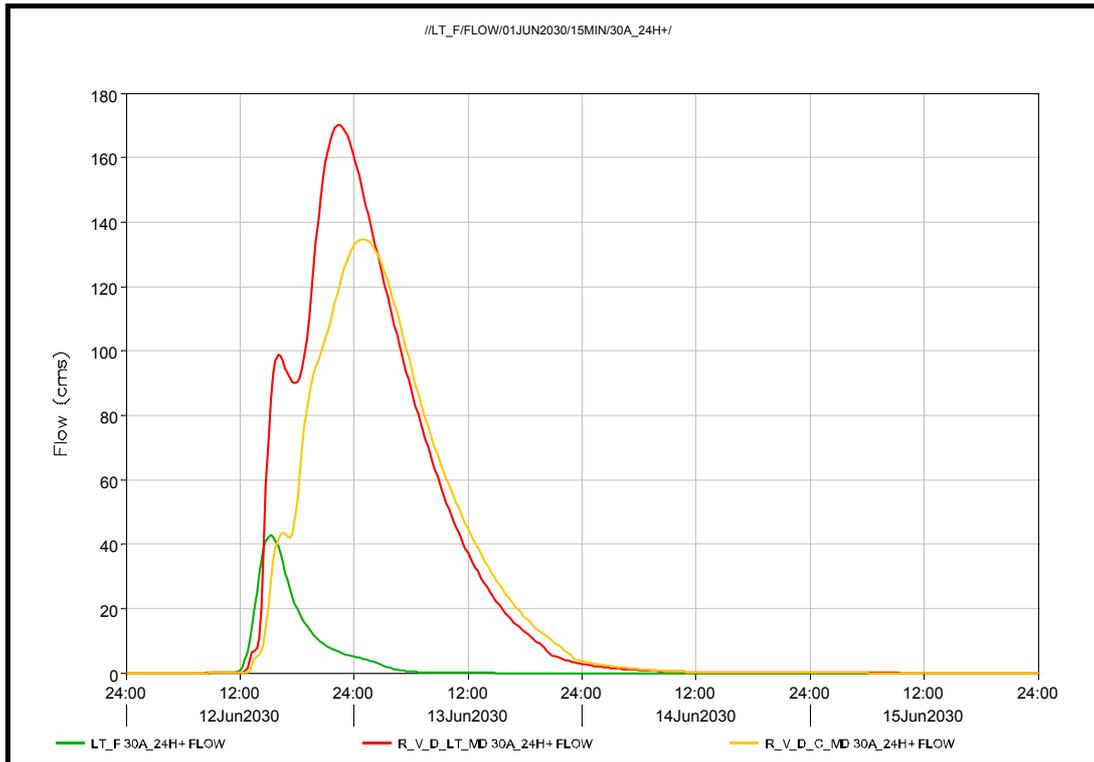


Figura VIII.5-5 Fiume Lato (Tr 30 anni, precipitazione 24 ore): idrogrammi immessi nel modello idraulico

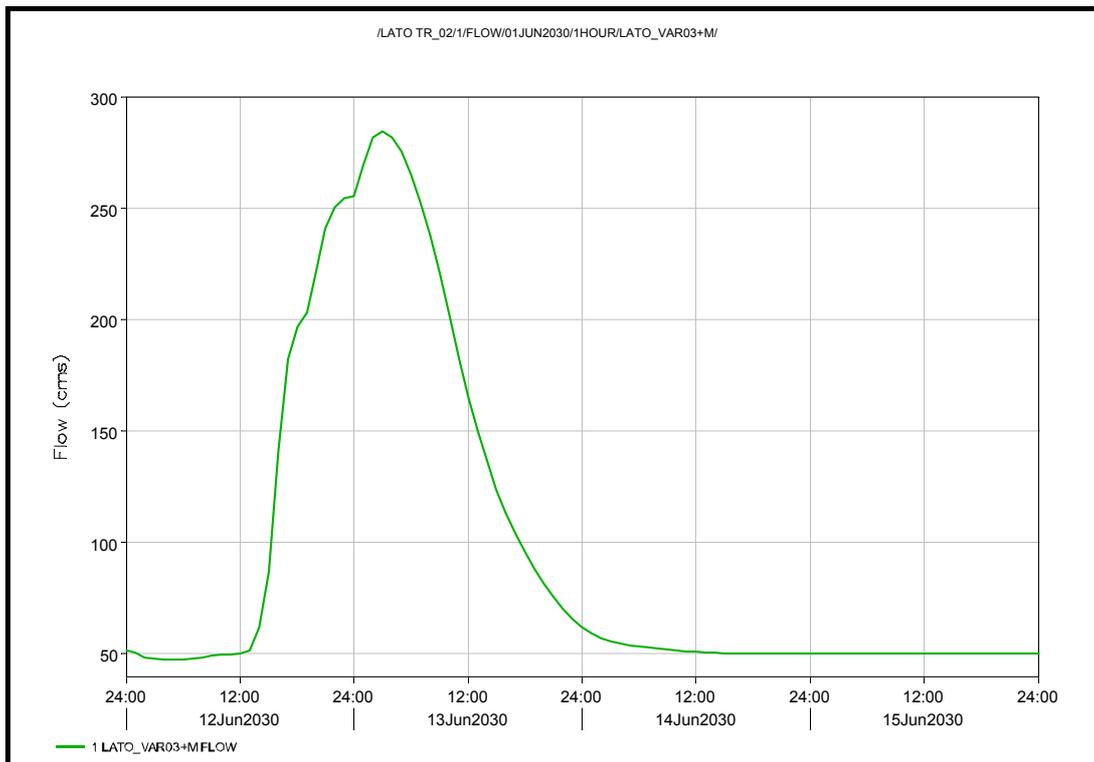


Figura VIII.5-6 Fiume Lato (Tr 30 anni, precipitazione 24 ore): idrogramma risultante dal modello alla foce

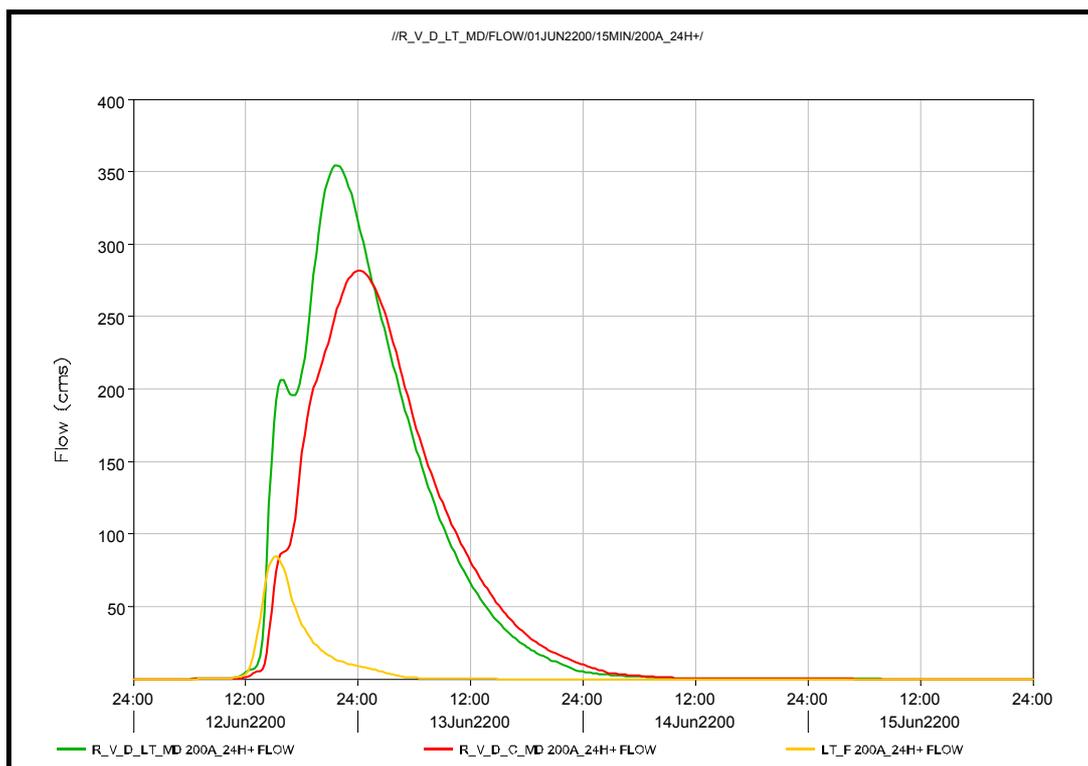


Figura VIII.5-7 Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): idrogrammi immessi nel modello idraulico

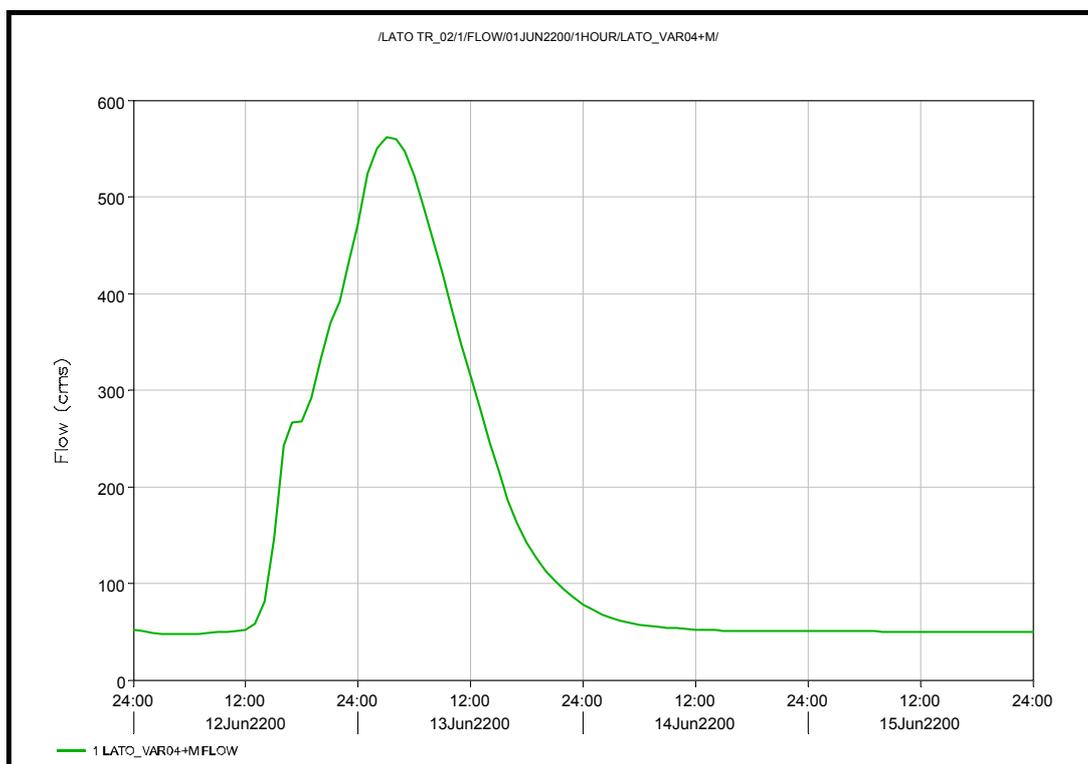


Figura VIII.5-8 Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): idrogramma risultante dal modello alla foce

Infine, nelle figure successive (Figura VIII.5-9 Figura VIII.5-10) sono riportati, rispettivamente, il profilo longitudinale del fiume Lato ed una sezione caratteristica corrispondente all'attraversamento della SS106, con l'indicazione del livello massimo raggiunto dal pelo libero relativo alla simulazione dell'evento con tempo di ritorno di 200 anni e durata di 24 ore.

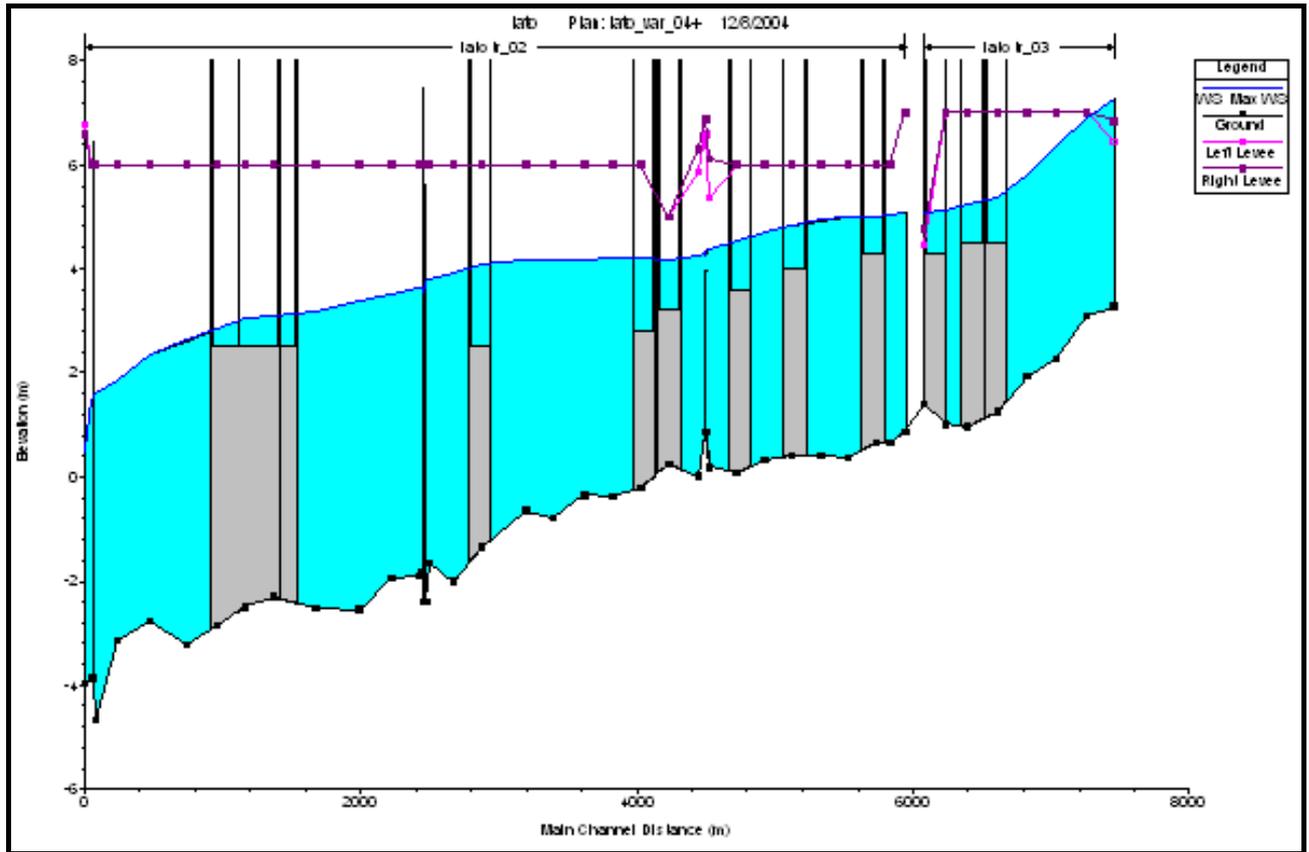


Figura VIII.5-9 Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): profilo idraulico longitudinale

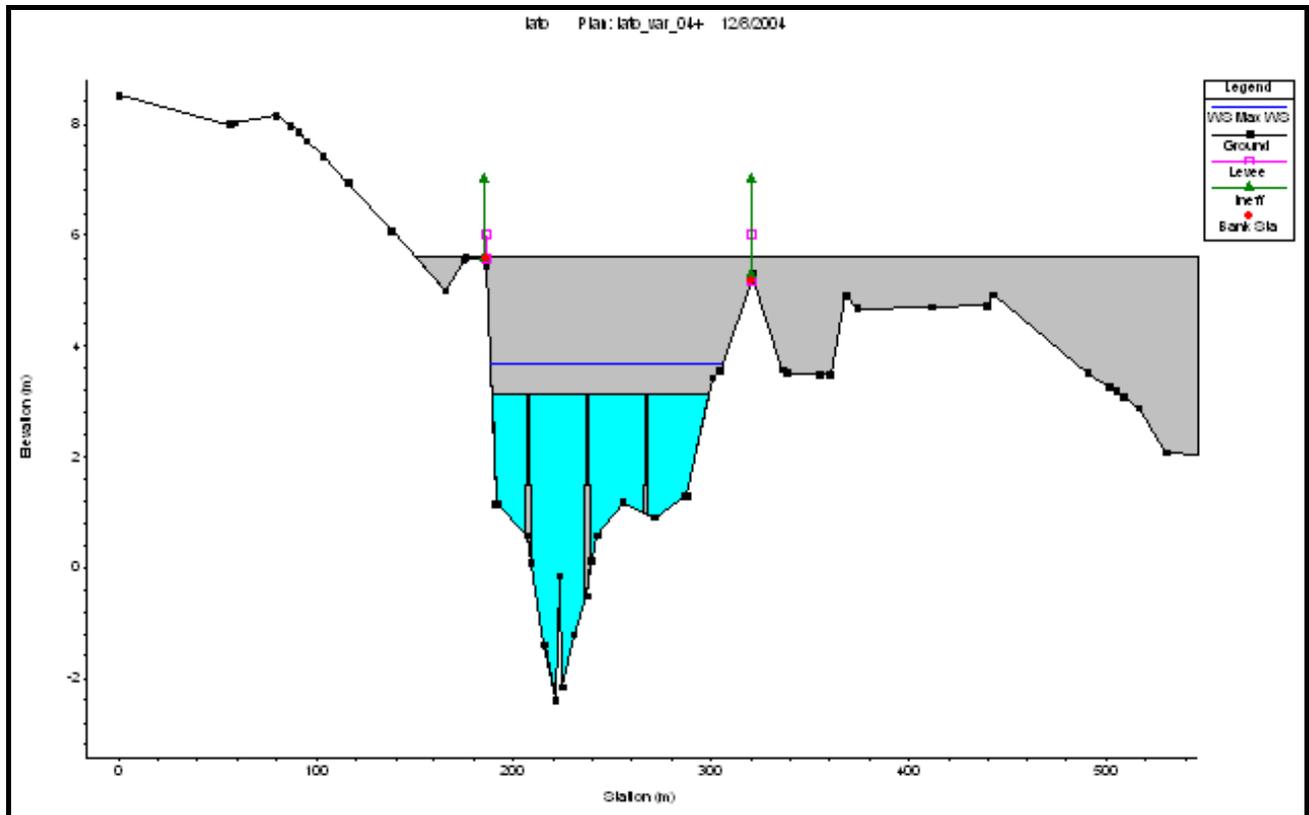


Figura VIII.5-10 Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): sezione idraulica SS106

VIII.5.4 Elaborazione Carta Aree Inondabili

A seguito delle valutazioni dei punti precedenti si è passati all'individuazione delle criticità lungo il reticolo idraulico, in pratica occorre individuare i tratti del reticolo idraulico principale in cui la sezione idraulica non è sufficiente a smaltire la portata attesa, e quindi alla perimetrazione delle aree allagabili con diversi tempi di ritorno;

Il tracciamento delle aree inondabili è stato fatto sulla base dei livelli di piena stimati con la modellazione idrologica e idraulica per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni, con le stesse durate di pioggia utilizzate per la modellazione idrologica, e cioè 1, 3, 6, 9, 12 e 24 ore. Per la perimetrazione sono state utilizzate le seguenti cartografie:

1. carta I.G.M. in scala 1:25000;
2. ortofoto in scala 1:10000;
3. Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000;

ed il modello digitale del terreno illustrato in precedenza.

Durante la fase di perimetrazione sono stati individuati i tratti critici principali e quei tratti per i quali le informazioni a disposizione non risultano esaustive e che necessitano pertanto di un approfondimento soprattutto relativo alla definizione della esatta geometria dell'alveo.

Le aree inondabili da portate associate a diversi tempi di ritorno sono state tracciate per inviluppo di quelle ottenute con le varie durate di pioggia, e colorate in maniera distinta secondo le seguenti indicazioni:

- la prima fascia (evidenziata in blu) rappresenta il limite di esondazione della portata con tempo di ritorno 30 anni (AP: area ad alta probabilità di esondazione);
- la seconda fascia (evidenziata in azzurro) riporta l'inviluppo dei fenomeni di inondazione per la portata duecentennale (MP: area a moderata probabilità di esondazione).

Per il tracciamento delle suddette perimetrazioni si è fatto ricorso in primo luogo agli stessi applicativi GIS citati in precedenza. La perimetrazione così ottenuta è stata integrata anche dagli elementi che derivano dalla carta delle aree allagate, cioè interessate da eventi storici di allagamenti, e dal controllo sul luogo, in particolare le aree allagate sono state inglobate nella classe AP.

La carta delle fasce di inondabilità riporta la perimetrazione delle zone a pericolo di inondazione per eventi corrispondenti a diversi tempi di ritorno (Figura VIII.5-11 - Figura VIII.5-12). Come già specificato in precedenza, si è ritenuto opportuno inglobare le aree soggette a inondazioni storiche nella classe ad alta probabilità di esondazione.

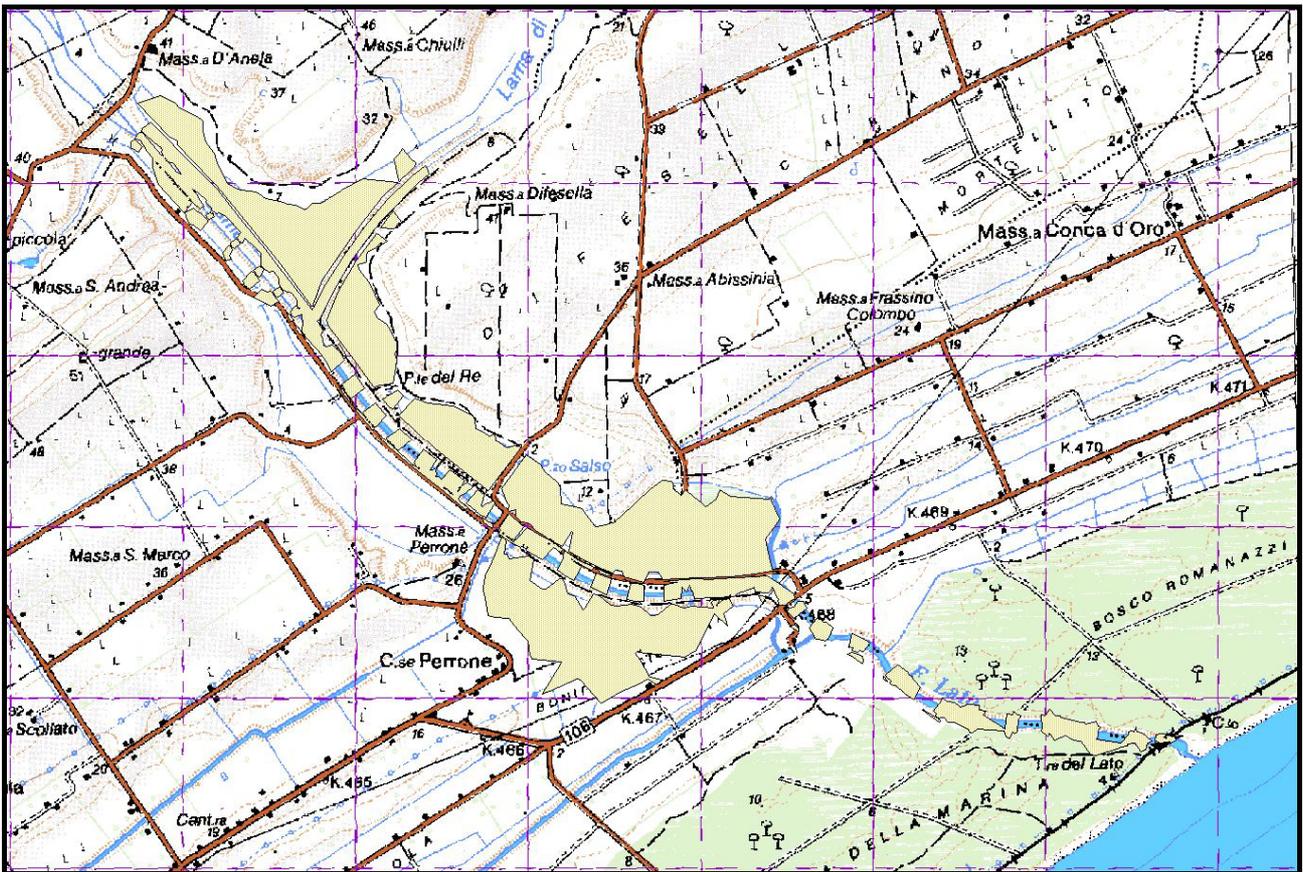


Figura VIII.5-11 Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): aree ad alta probabilità di esondazione (AP)

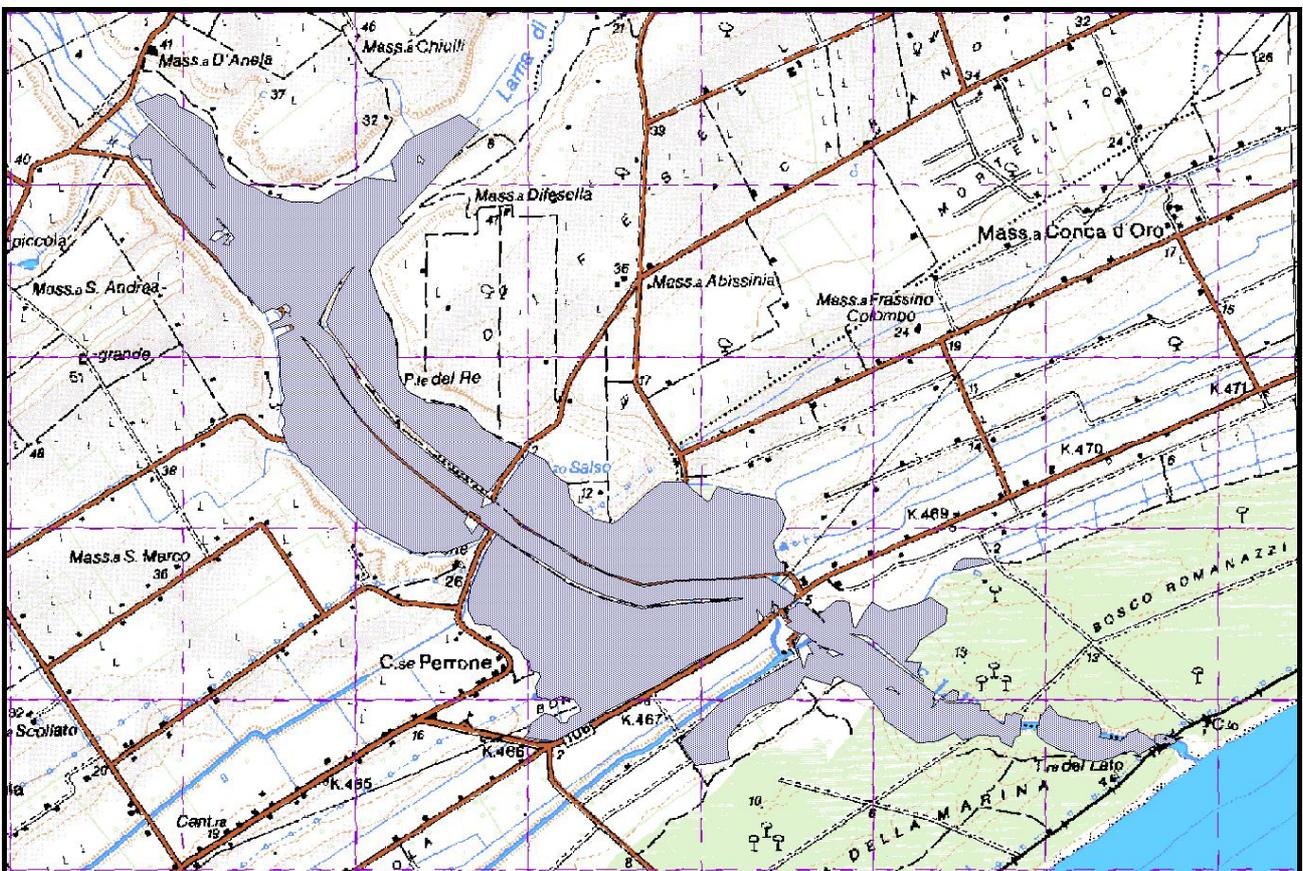


Figura VIII.5-12 Fiume Lato (Tr 200 anni, precipitazione 24 ore): aree a moderata probabilità esondazione (MP)

VIII.5.5 Elaborazione Carta Aree a Rischio

La carta del rischio idraulico è stata redatta mediante l'incrocio della carta degli elementi a rischio con la carta delle fasce di inondabilità.

Per l'individuazione delle classi di rischio si è utilizzato il metodo indicato nel DPCM 29/09/1998 che prevede quattro classi di rischio in funzione dei danni attesi, si va dalla classe più elevata di rischio R4 con la perdita di vite umane alla classe meno elevata R1 dove si riscontrano danni molto lievi agli edifici, la descrizione dettagliata della procedura utilizzata è riportata nei capp. IV e VI.

La tabella che segue illustra il risultato dell'individuazione delle aree a rischio idraulico nei bacini idrografici dei fiumi Lato e Lenne.

BACINO	SUPERFICIE TOTALE BACINO	SUPERFICIE INFRASTRUTTURE E CENTRI ABITATI BACINO	AREE ALLAGATE E/O AD ALTA PROBABILITA' DI INONDAZIONE (AP)	AREE A RISCHIO (R4)	AREE A MEDIA PROBABILITA' DI INONDAZIONE (MP)	AREE A RISCHIO (R3)
	kmq	kmq	kmq	kmq	kmq	kmq
LATO	630.8	19.34	14.21	1.12	1.08	0.11
LENNE	235.8	12.79	46.49	4.33	1.11	0.07
TOTALE GENERALE	866.6	32.13	60.70	5.45	2.19	0.18

VIII.5.6 Piano di interventi

Dall'esame dei risultati ottenuti dalla modellistica idraulica utilizzata, integrati con i dati raccolti a seguito degli ultimi eventi alluvionali occorsi nell'area in oggetto, emerge un quadro abbastanza dettagliato delle principali criticità del reticolo idrografico nella zona. In particolare le criticità possono essere raggruppate per tipologia e per zona secondo lo schema illustrato di seguito:

- A. zona di transizione;
- B. zona dei terrazzi;
- C. zona delle lame;
- D. zona di piana alluvionale;
- E. zona costiera.

La zona di transizione (A) è situata tra i versanti collinari ed il primo terrazzo, qui sono collocate le principali arterie viarie e ferroviarie, in particolare nel tratto compreso tra Massafra e Palagianello. In questa zona il reticolo idrografico già naturalmente tende ad essere poco definito, in quanto si ha un brusco cambiamento di pendenza accompagnato da un repentino allargamento di sezione dei corsi d'acqua che da gravine che scendono dai versanti si trasformano in leggere incisioni del terrazzo. Questa situazione favorisce la sedimentazione del materiale trasportato con la conseguente formazione di un conoide di deiezione più o meno accentuato. La situazione è inoltre aggravata dalla presenza di importanti strade (SS 100, SS 7e A14) e dalla ferrovia, i rilevati stradali hanno spesso di fatto stravolto il reticolo idrografico esistente. Sono stati infatti realizzati lunghi tombini e ponti inadeguati a smaltire correttamente il deflusso

delle acque. In queste condizioni, in caso di evento meteorico importante, il deflusso delle acque, aggravato dall'importante trasporto solido proveniente dai versanti, trova ostacoli e quindi tende ad uscire dal reticolo idrografico provocando allagamenti nelle zone circostanti come è successo anche in occasione dell'evento del 8 settembre 2003.

Nella zona dei terrazzi (B) il deflusso delle acque è caratterizzato dalla presenza di piccole incisioni che provengono dalla zona di transizione ed arrivano fino alle lame. Tale reticolo è stato spesso sconvolto dalla realizzazione di infrastrutture, come la A14, oppure dall'espansione dei centri abitati, tipico è il caso dell'abitato di Palagianò. In particolare, l'espansione delle zone urbanizzate, quindi impermeabili, provoca un sensibile aumento di deflussi, per cui il reticolo idrografico minore va facilmente in crisi anche in occasione di eventi pluviometrici caratterizzati da tempi di ritorno di 5-10 anni, provocando estesi allagamenti di zone abitate.

La zona delle lame (C) è caratteristica di lunghi tratti dei corsi d'acqua Lenne, d'Uva, di Vite, di Castellaneta e del fiume Lato, a monte della località Masseria d'Anela. In questa zona il reticolo idrografico scorre in un'incisione del terrazzo la cui profondità varia da pochi fino a qualche decina di metri, la sua larghezza varia tra qualche decina e qualche centinaia di metri. Le lame hanno la tipica conformazione illustrata nella figura seguente:

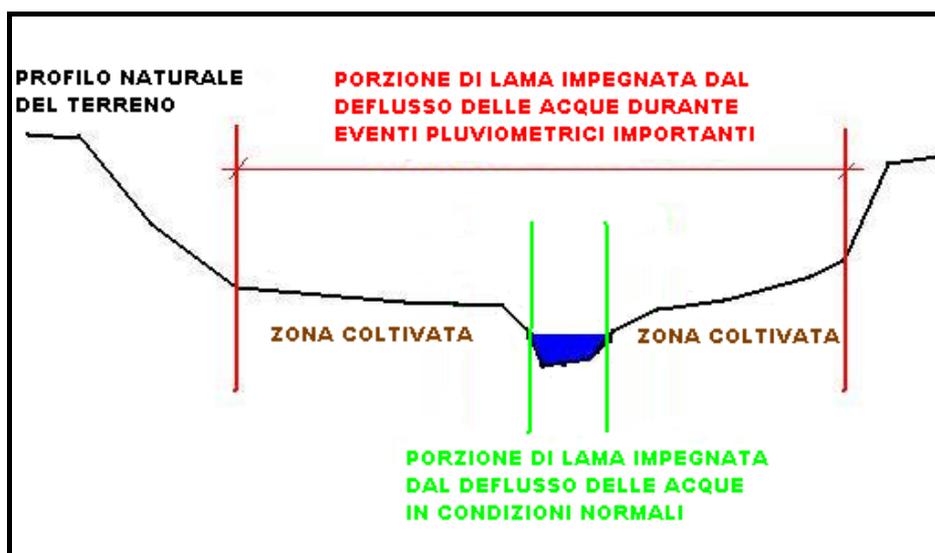


Figura VIII.5-13 Sezione caratteristica delle lame che attraversano le zone

In tale condizione quando si verificano eventi pluviometrici intensi, con tempo di ritorno superiore a 5-10 anni, il deflusso delle acque non è più contenuto nell'incisione centrale, tanto più che spesso tale incisione è interrotta da attraversamenti di reti viarie secondarie non adeguate, per cui il deflusso delle acque tende ad impegnare l'intera larghezza della lama dove spesso insistono coltivazioni anche intensive, quali viti e agrumeti, che ostituiscono un ulteriore ostacolo al deflusso delle acque e che aggravano quindi la situazione. Spesso, inoltre, gli attraversamenti delle strade di maggiore importanza nelle lame non tengono conto di quanto detto in precedenza e quindi presentano un ponte solo in corrispondenza dell'incisione centrale mentre le zone laterali sono realizzate con rilevati completamente impermeabili al deflusso. In occasione degli ultimi eventi alluvionali tali attraversamenti sono stati pesantemente danneggiati con asportazione parziale o totale dei rilevati di accesso al ponte centrale.

La zona della piana alluvionale (D), che è presente unicamente nel tratto del fiume Lato delimitato a monte dalla località Masseria d'Anela e a valle dalla SS 106 e nel tratto terminale della lama di Castellaneta, è caratterizzata dalla presenza di una vasta piana nella quale il corso principale scorre arginato al centro della stessa piana. In tale situazione il corso d'acqua scorre pensile e la piana è drenata da canali che fanno capo agli impianti idrovori di bonifica situati in riva destra e sinistra del fiume. La piana è inoltre protetta, rispetto ai deflussi che provengono dai versanti e dai terrazzi circostanti, da due canali di gronda posti in destra e sinistra che confluiscono direttamente nel fiume Lato. In questa zona il problema è legato al fatto che gli argini riescono a contenere deflussi relativi a modeste piene, il modello idraulico infatti ha evidenziato che piene relative a tempi di ritorno di circa 20 anni non sono già più contenute in sicurezza negli argini. Tale situazione è aggravata dal fatto che gli argini, non essendo realizzati per essere sormontati, si rompono con facilità ogni qualvolta le acque di piena tracimano dall'alveo. In occasione degli ultimi eventi alluvionali verificatisi nella zona infatti segni evidenti nell'alveo e nella piana mostrano che la maggior parte del deflusso si è verificato al di fuori del corso arginato. In occasione degli stessi eventi alluvionali anche i canali di gronda hanno mostrato la loro inadeguatezza rompendosi in più punti. Questi fenomeni hanno in ogni caso provocato l'immissione delle acque alte, provenienti dal fiume Lato e dai versanti, nelle acque basse che devono essere drenate dagli impianti idrovori che, essendo dimensionati per scopi di bonifica, non hanno retto la situazione mandando in crisi anche tutto il sistema delle acque basse causando quindi allagamenti generalizzati in tutto il comprensorio di bonifica che fa capo a tali impianti.

La zona costiera (E) infine è caratterizzata dalla presenza di un cordone di alte dune (oltre 10 metri di altezza) che dividono l'entroterra dal mare e costituiscono un ostacolo per il libero deflusso dei corsi d'acqua della zona fino al mare. Questo fenomeno ha sicuramente provocato la deviazione delle lame d'Uva e di Vite verso Ovest, tali lame sono state fatte quindi confluire nella lama di Lenne tramite il canale Marziotta che è completamente artificiale e che scorre parallelo alla costa. In questa zona i maggiori problemi si verificano proprio lungo il canale Marziotta che non è adeguato a smaltire le portate in transito in corrispondenza di eventi pluviometrici intensi, con tempo di ritorno superiore a 20-30 anni, come ha evidenziato il modello idraulico, anche per la presenza di numerosi attraversamenti che risultano sottodimensionati.

VIII.5.6.1 Fiume Lato

In riferimento alle principali cause delle criticità, come illustrate in precedenza, di seguito vengono brevemente descritte le principali tipologie di interventi da realizzare per la mitigazione del rischio idraulico nel bacino del fiume Lato, la cui localizzazione è mostrata nella Figura VIII.5-14 e le cui principali caratteristiche sono riportate nella Tabella VIII.5-5.

In particolare, nella zona di lama (interventi 2 e 3) sarà necessario risagomare la savanella centrale ed adeguare gli attraversamenti che risultano insufficienti.

Nella zona della piana alluvionale occorre eliminare le arginature (intervento 1) che in ogni caso servono a proteggere una zona che non è adatta alle colture agricole, infatti è molto poco sfruttata da questo punto di vista. Con questo intervento si potrebbe creare una zona di laminazione indispensabile per ridurre i picchi di piena in occasione di eventi pluviometrici intensi in modo tale da ridurre le criticità evidenziate nei ponti della SS 106 e delle arginature presenti a valle della stessa SS 106 fino alla foce.

Allo stesso tempo per garantire un migliore funzionamento del comprensorio di bonifica, occorrerebbe da una parte adeguare i canali di gronda (interventi 6, 7 e 8) e dall'altra potenziare gli impianti idrovori (interventi 4 e 5). A tale proposito occorre considerare che attualmente nel comprensorio di bonifica sono presenti anche importanti insediamenti turistici.

Nel tratto terminale, infine, occorre adeguare le arginature (intervento 9) alle portate di progetto.

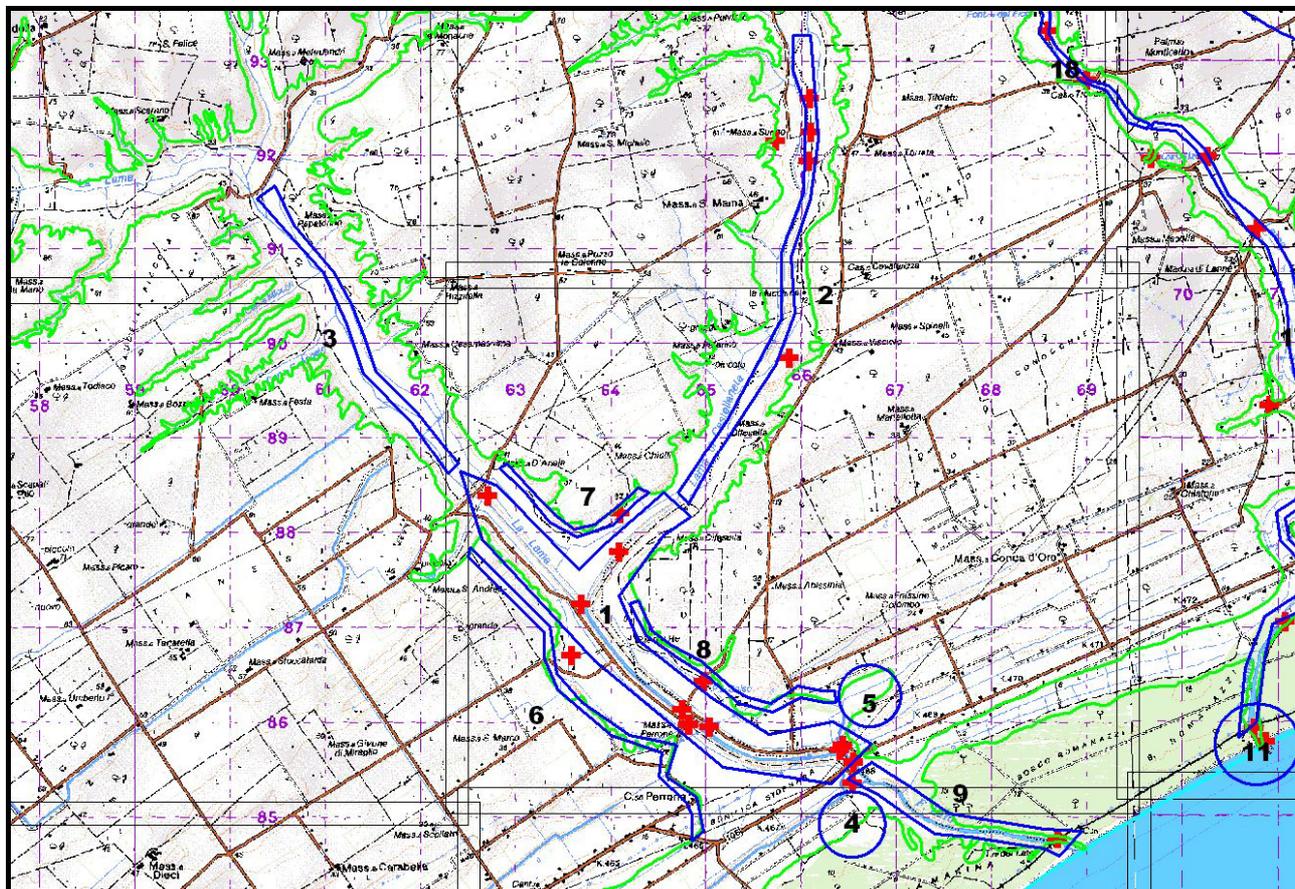


Figura VIII.5-14 Fiume Lato: Interventi per la mitigazione del rischio idraulico

COD	BACINO	ASTA_IDROGRAFICA	TIPOLOGIA INTERVENTO
1	lato	Fiume Lato e Lama di Castellaneta	eliminazione argini
2	lato	Lama di Castellaneta	risagomatura savanella
3	lato	Fiume Lato	risagomatura savanella
4	lato	Fiume Lato	potenziamento idrovore riva dx
5	lato	Fiume Lato	potenziamento idrovore riva sx
6	lato	canale di gronda riva dx	adeguamento canale
7	lato	canale di gronda riva sx	adeguamento canale
8	lato	canale di gronda riva sx	adeguamento canale
9	lato	Fiume Lato	adeguamento argini

Tabella VIII.5-5 Fiume Lato: Interventi per la mitigazione del rischio idraulico

VIII.5.6.2 Fiume Lenne

In riferimento alla principali cause delle criticità, come illustrate in precedenza, di seguito vengono brevemente descritte le principali tipologie di interventi da realizzare per la mitigazione del rischio idraulico

nel bacino del fiume Lenne, la cui localizzazione è mostrata nella Figura VIII.5-15 e le cui principali caratteristiche sono riportate nella Tabella VIII.5-6.

In particolare nella zona di lama (interventi 14, 15, 16, 17 e 18) sarà necessario risagomare la savanella centrale ed adeguare gli attraversamenti che risultano insufficienti.

Per risolvere le problematiche legate alla presenza del cordone di dune nella fascia costiera occorre in primo luogo separare il sistema costituito dalle lame di Vite e d'Uva, almeno in occasione di eventi pluviometrici intensi, dal funzionamento della lama di Lenne con il ripristino di uno sbocco in mare diretto delle prime due lame (intervento 13) creando un passaggio tra le dune. Allo stesso tempo occorrerebbe creare nella zona a monte delle dune un zona arginata di laminazione delle acque (intervento 12) e creare un sistema automatico per cui in condizioni normali il deflusso delle lame continui attraverso il canale Marziotta fino a confluire nella lama di Lenne, in condizioni di piena invece il deflusso prosegua direttamente verso il mare. In tal modo si sgraverebbe il funzionamento del canale Marziotta che necessiterebbe unicamente dell'adeguamento di qualche attraversamento (intervento 10). Ne risulterebbe un migliore funzionamento anche del tratto terminale della lama di Lenne che necessiterebbe quindi solo di qualche intervento di adeguamento alla foce (intervento 11).

Infine nella zona dei terrazzi ed in particolare attorno il centro abitato di Palagianò occorre ricostruire il reticolo idraulico dove inesistente ed adeguarlo in caso contrario (intervento 19).

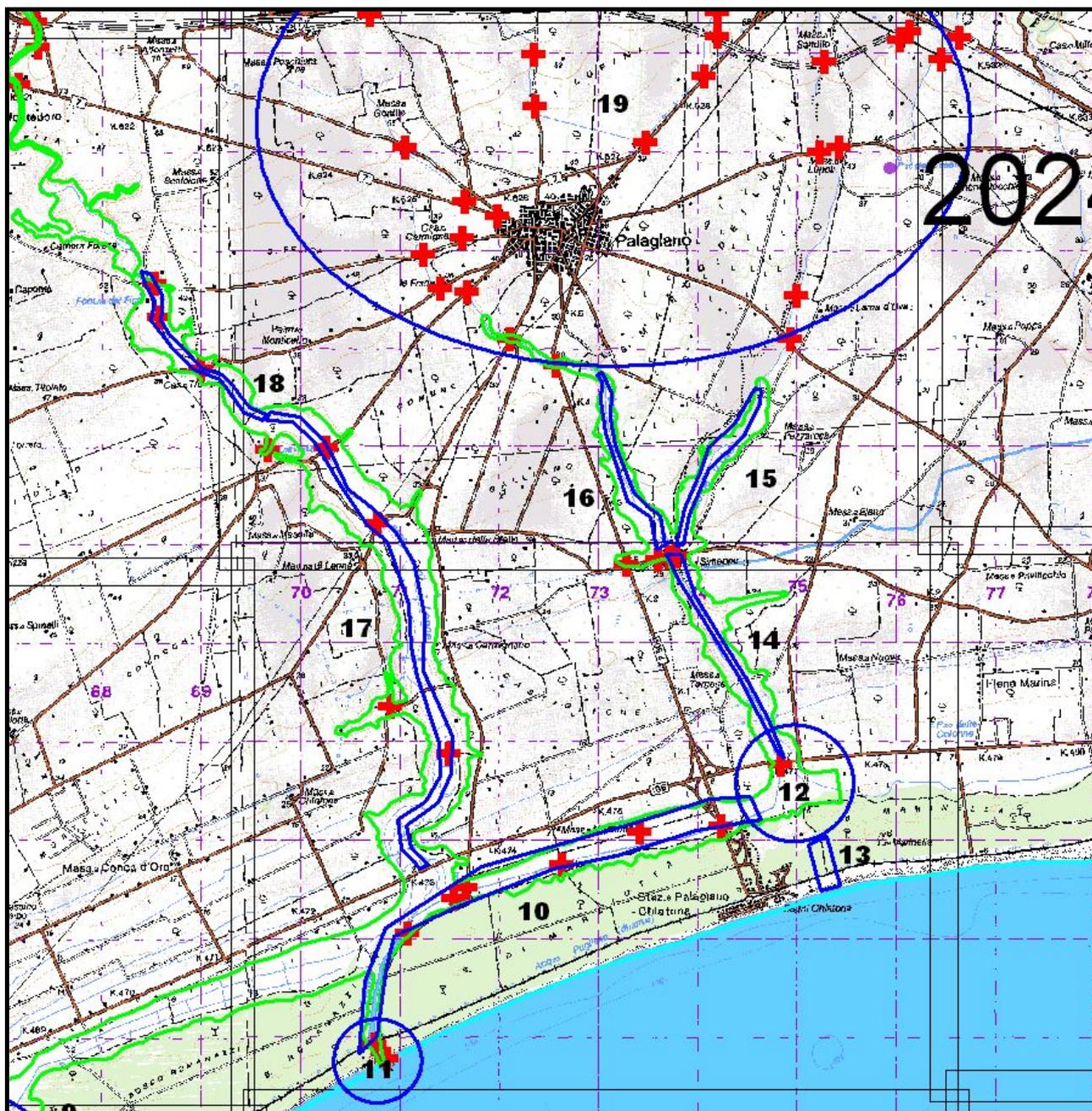


Figura VIII.5-15 Fiume Lenne: Interventi per la mitigazione del rischio idraulico

COD	BACINO	ASTA_IDROGRAFICA	TIPOLOGIA_INTERVENTO
10	lenne	Lama di Lenne	adeguamento argini
11	lenne	Lama di Lenne	adeguamento foce
12	lenne	Canale Marziotta	realizzazione cassa espansione
13	lenne	Canale Marziotta	realizzazione nuova foce
14	lenne	Lame d'Uva e di Vite	risagomatura savanella
15	lenne	Lame d'Uva	risagomatura savanella
16	lenne	Lame di Vite	risagomatura savanella
17	lenne	Lama di Lenne	risagomatura savanella
18	lenne	Lama di Lenne	adeguamento attraversamenti
19	lenne	reticolo minore	ricostruzione e adeguamento reticolo

Tabella VIII.5-6 Fiume Lenne: Interventi per la mitigazione del rischio idraulico

Capitolo IX Programmazione degli Interventi e Definizione delle Risorse Necessarie

IX.1 Programmazione Interventi per la Mitigazione del Rischio da Frana

Lo studio condotto nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia ha evidenziato che le aree soggette a rischio da frana si concentrano maggiormente nell'area di Catena (Appennino e Subappennino), interessando in particolare i territori dei Bacini Pilota (Candelaro, Cervaro e Carapelle) ed il bacino interregionale del fiume Ofanto. Altre situazioni di rilievo si riscontrano nell'area garganica e lungo la fascia costiera, prevalentemente interessata da fenomeni di crollo.

Obiettivo del presente piano è la valutazione del rischio da frana e l'individuazione delle possibili misure di mitigazione dello stesso. Gli interventi di mitigazione, da scegliere in funzione del particolare tipo di dissesto franoso, potranno essere realizzati in diversi tempi, in rapporto alla classe di rischio, tenendo conto cioè della gradualità del valore del bene esposto al rischio stesso. In sostanza, a prescindere dalla tipologia di intervento che si riterrà più opportuno realizzare, in relazione alla specificità di dissesto, l'intervento verrà effettuato secondo criteri di priorità che privilegino innanzitutto le aree abitate e, subordinatamente, le infrastrutture.

La riduzione del rischio, dal punto di vista pratico, si sostanzia pertanto in analisi ed elaborazioni che permettano:

1. l'individuazione delle tipologie di interventi da realizzare per la mitigazione o rimozione dello stato di pericolosità (interventi sia di tipo strutturale che non strutturale);
2. la progettazione preliminare per garantire il finanziamento degli interventi strutturali e non strutturali di mitigazione del rischio di frana;
3. la programmazione degli interventi con individuazione delle priorità.

Sono propri di questa fase l'indagine geologica e geotecnica, per l'acquisizione dei parametri e degli elementi di valenza progettuale, nonché il monitoraggio.

Il piano individua le opere realizzabili, suddivise per tipologia di intervento, come illustrato nelle seguenti Tabella IX.1-1 - Tabella IX.1-2.

INTERVENTI INTENSIVI			
TIPO D'INTERVENTO		SCORRIMENTI E COLAMENTI	CROLLI E RIBALTAMENTI
OPERE DI STABILIZZAZIONE SUPERFICIALE	Riprofilature	X	X
	Idrosemina	X	
	Piantumazioni	X	
	Fascinate vive	X	
	Vimate e palizzate vive	X	
	Palificate vive	X	
	Gradonate vive	X	X
	Grate vive	X	
OPERE DI SOSTEGNO	Materassi	X	
	Murature	X	
	Muri in cemento armato	X	X
	Muri cellulari	X	X
	Terre rinforzate	X	X
	Gabbionate	X	X
	Pali e micropali	X	
	Paratie	X	
	Ancoraggi	X	X
	Chiodature	X	X
	Tiranti	X	X
OPERE DI DIFESA MASSI	Spritz beton		X
	Barriere		X
	Reti		X
	Trincee e rilevati		X
OPERE DI DRENAGGIO	Gallerie		X
	Drenaggi superficiali (canalette, fossi di guardia, dreni)	X	X
	Cuneo filtrante	X	
	Dreni suborizzontali	X	
	Trincee e setti drenanti	X	
	Speroni	X	
	Paratie drenanti	X	
	Pozzi drenanti	X	X
INTERVENTI SPECIALI	Gallerie drenanti	X	X
	Iniezioni		
	Disgaggi		X
	Impermeabilizzazione fessure beanti		X
	Rinforzo dei terreni	X	
	Trattamenti termici	X	
Trattamenti chimici	X		
Trattamenti elettrici	X		

Tabella IX.1-1 Interventi intensivi rischio frana

Nota

Per le frane complesse le tipologie degli interventi devono essere valutate in funzione delle caratteristiche specifiche del fenomeno franoso.

INTERVENTI ESTENSIVI			
TIPO D'INTERVENTO		TIPO D'INTERVENTO	
RIVESTIMENTI antiferosivi	Biotessili	INERBIMENTI	Semina a spaglio
	Biostuoie		Zolle erbose
	Geostuoie		Nero-Verde
	Geocomposti		
	Rivestimenti vegetali		
	Geocelle		

Tabella IX.1-2 Interventi estensivi rischio frana

Nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia in cui vi sono frane che coinvolgono centri abitati ed infrastrutture sono previsti:

- interventi di consolidamento;
- manutenzione degli interventi;
- monitoraggio dei fenomeni franosi;
- interventi sulla viabilità;

da attuarsi, con differente impegno finanziario, nel corso del primo triennio e nei due periodi successivi.

In particolare, le 118 frane che interessano i centri abitati (per un'estensione totale di 32 Km²) saranno oggetto di interventi di consolidamento nel corso del primo triennio. Le restanti frane, che coinvolgono le infrastrutture ed occupano un'estensione di circa 66 Km², saranno oggetto di intervento nei periodi successivi.

In più, sia per il primo triennio che per i due periodi successivi, sono state previste somme da destinarsi ad interventi su aree attualmente non coinvolte da fenomeni franosi, ma ricadenti nelle zone a pericolosità geomorfologia PG2 e, pertanto, suscettibili di eventuali attivazioni di dissesti.

La stima del fabbisogno finanziario è stata ottenuta considerando che, dei complessivi 98.4 Km² di territorio attualmente coinvolti nei fenomeni franosi (PG3) (ovvero frane che coinvolgono aree urbane più infrastrutture), circa l'80% (pari a 78.7 Km²) necessita di maggiori interventi strutturali, sia intensivi che estensivi.

A tali aree, considerando un costo medio unitario degli interventi pari a 10 M di € per Km² (cifra da destinarsi per il 95% agli interventi di consolidamento, per il 2% a quelli di manutenzione delle opere e per l'3% al monitoraggio) sono stati destinati 787 milioni di euro.

Per il restante 20% (pari a 19.7 Km²), considerando interventi strutturali per un costo medio unitario pari a 2 M di € a Km², sempre da destinarsi nelle percentuali precedenti al consolidamento vero e proprio ed alle attività di monitoraggio e manutenzione, si è stimato un importo complessivo di 39.4 milioni di euro.

Il fabbisogno finanziario degli interventi di sistemazione delle aree PG3 è stato ripartito, per i tre periodi di programmazione, dando, per la prima tranches di finanziamento (dal 1° al 3° anno), la priorità agli interventi sulle aree classificate come PG3 che coinvolgono direttamente i centri abitati e distribuendo la spesa residua, destinata all'esecuzione degli interventi sulle aree PG3 che coinvolgono le infrastrutture, tra i due periodi seguenti, nella misura, rispettivamente, del 60% dell'importo complessivo per il primo periodo (dal 4° al 10° anno) e del 40% per il secondo periodo (dal 11° al 15° anno).

Oltre agli interventi sulle aree al momento già coinvolte da fenomeni franosi (PG3), sono stati stimati i costi di eventuali interventi su aree classificate a pericolosità geomorfologica PG2 che potrebbero essere passibili di dissesto.

Ipotizzando che tali fenomeni vadano ad interessare circa il 3% (pari a 25 kmq) delle aree a pericolosità geomorfologica PG2, la cui estensione totale, calcolata per l'intero territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, è di 877.45 Kmq, è stata preventivata una spesa ulteriore di 210 milioni di euro, ripartiti tra i tre periodi come precedentemente specificato.

Infine, si è considerato un importo ulteriore di complessivi 51.8 milioni (pari al 5% della spesa complessiva stimata con i criteri esplicitati in precedenza) da destinarsi ad interventi sulla viabilità, ripartiti, per i tre periodi, nella misura del 50% per il primo triennio e del 25% per i successivi periodi.

Si riporta di seguito un quadro sintetico (Tabella IX.1-3) delle fasi temporali di attuazione, degli obiettivi e degli interventi del Piano.

	TEMPI DI ESPLETAMENTO	OBIETTIVI	INTERVENTI
FASE 1	dal 1° al 3° anno	<ol style="list-style-type: none"> 1. Riduzione del rischio da frana per le aree a pericolosità geomorfologica PG3 che coinvolgono i centri urbani 2. Riduzione del rischio da frana per le aree a pericolosità geomorfologica PG2 eventualmente interessate da attivazione di frane che coinvolgono i centri urbani 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consolidamento delle aree in frana sui centri abitati <ul style="list-style-type: none"> Interventi strutturali estensivi Interventi strutturali intensivi 2. Manutenzione degli interventi 3. Allestimento di sistemi di monitoraggio 4. Interventi sulla viabilità 5. Messa a punto di Piani di Protezione Civile 6. Applicazione di vincoli 7. Progressivo svincolo
FASE 2	dal 4° al 10° anno	<ol style="list-style-type: none"> 1. Riduzione del rischio da frana per le aree a pericolosità geomorfologica PG3 che coinvolgono le infrastrutture 2. Riduzione del rischio da frana per le aree a pericolosità geomorfologica PG2 eventualmente interessate da attivazione di frane che coinvolgono le infrastrutture 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consolidamento delle aree in frana sulle infrastrutture <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Interventi strutturali estensivi 1.2 Interventi strutturali intensivi 2. Manutenzione degli interventi 3. Allestimento di nuovi sistemi di monitoraggio e gestione dei monitoraggi attivi 4. Interventi sulla viabilità 5. Messa a punto ed aggiornamento di Piani di Protezione Civile 6. Applicazione di vincoli 7. Progressivo svincolo
FASE 3	dal 11° al 15° anno	<ol style="list-style-type: none"> 1. Riduzione del rischio da frana per le aree a pericolosità geomorfologica PG3 che coinvolgono le infrastrutture 2. Riduzione del rischio da frana per le aree a pericolosità geomorfologica PG2 eventualmente interessate da attivazione di frane che coinvolgono le infrastrutture 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Completamento consolidamento delle aree in frana sulle infrastrutture <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Interventi strutturali estensivi 1.2 Interventi strutturali intensivi 2. Manutenzione degli interventi 3. Interventi sulla viabilità 4. Allestimento di nuovi sistemi di monitoraggio e gestione dei monitoraggi attivi 5. Messa a punto ed aggiornamento di Piani di Protezione Civile 6. Applicazione di vincoli 7. Progressivo svincolo

Tabella IX.1-3 Fasi temporali interventi rischio frana

IX.2 Programmazione Rischio Idraulico

Lo studio condotto nel territorio di competenza dell'Autorità di bacino della Puglia ha evidenziato che le aree soggette a pericolosità idraulica sono sostanzialmente diffuse sull'intero territorio di competenza, con particolare riguardo per la provincia di Foggia, l'arco ionico tarantino ed il Salento.

Una volta completata la valutazione del rischio idraulico e l'individuazione delle possibili misure di mitigazione dello stesso, gli interventi potranno essere realizzati in diversi tempi in rapporto alla classe di rischio e pericolosità, tenendo conto cioè della gradualità del valore del bene esposto al rischio stesso, ovvero secondo criteri di priorità che privilegino innanzitutto le aree abitate e le infrastrutture.

La riduzione del rischio, dal punto di vista pratico, si concretizza pertanto in analisi ed elaborazioni che permettano:

1. l'individuazione delle tipologie di interventi da realizzare per la mitigazione o rimozione dello stato di pericolosità (interventi sia di tipo strutturale che non strutturale);
2. la progettazione preliminare per quantificare il finanziamento degli interventi strutturali e non strutturali di mitigazione del rischio idraulico;
3. la programmazione degli interventi con individuazione delle priorità.

Nell'individuazione degli interventi strutturali da attuare occorre ricordare che ogni intervento va ad interagire con il bacino idrografico nel suo complesso, per cui occorre evitare, con i procedimenti progettuali di ingegneria idraulica e fluviale, che esso, pur mitigando il livello di rischio in una zona, possa farlo aumentare pericolosamente in altre zone del bacino. E' necessario inoltre evitare che al termine della sistemazione del bacino nel suo complesso gli interventi realizzati abbiano l'effetto di peggiorare le caratteristiche di risposta del bacino in termini di aumento di portata massima e di diminuzione del suo tempo di risposta. L'effetto della sistemazione finale sul bacino idrografico è il risultato dell'interazione degli effetti dei singoli interventi, come può essere il caso degli interventi finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico lungo un corso d'acqua. In questo caso può essere necessario realizzare una serie di tipologie diverse di interventi che vanno dalla realizzazione di opere idraulico-forestali e di piccole casse d'espansione nella zona alta del bacino idrografico alla realizzazione di grossi invasi di laminazione e di arginature nelle zone di valle.

Un altro importante aspetto che riguarda la mitigazione del rischio idraulico, è quello relativo alla manutenzione ordinaria dei corsi d'acqua ed in particolar modo delle opere idrauliche. Per mantenere l'efficienza idraulica del reticolo idrografico, sia esso naturale o artificiale, è necessario infatti eseguire una manutenzione continua tesa ad eliminare gli ostacoli che possono essere rappresentati da un eccessivo sviluppo della vegetazione o da accumulo di materiale solido trasportato dagli stessi corsi d'acqua. Allo stesso modo occorre tenere in perfetto stato di manutenzione le opere idrauliche, quali arginature e traverse, in modo da evitare che siano danneggiate a seguito di eventi di piena.

Occorre inoltre considerare che la manutenzione dei corsi d'acqua e delle opere idrauliche deve essere fatta, per quanto possibile, nel rispetto delle caratteristiche ambientali e di qualità del corso d'acqua stesso; in merito, un altro aspetto da considerare è la salvaguardia del regime sedimentologico del corso d'acqua. A tal fine l'Autorità di Bacino predisporrà delle linee guida a cui gli Enti attuatori dovranno attenersi sia per la

realizzazione degli interventi di manutenzione, ordinaria e straordinaria, che per la costruzione di nuove opere idrauliche.

Dall'analisi del rischio idraulico condotto sul territorio di competenza dell'Autorità di Bacino emerge che le principali situazioni di criticità possono essere riassunte per tipologia e zona, secondo lo schema seguente:

- A. Nel Tavoliere, nella parte bassa del bacino dell'Ofanto e nell'arco ionico tarantino, le criticità sono in parte legate alla inadeguatezza dei corsi d'acqua principali che lo attraversano, ma soprattutto alla inefficienza del reticolo idraulico minore che afferisce a quello principale e che spesso attraversa zone di pianura che negli ultimi anni hanno subito una densa urbanizzazione che, con l'aumento delle superfici impermeabili, hanno contribuito all'aumento delle criticità.
- B. Nella parte alta del bacino dell'Ofanto, sul Gargano e alle pendici delle Murge, i corsi d'acqua sono caratterizzati da maggiori pendenze, per cui le criticità sono dovute a deflussi violenti che si possono accompagnare a notevoli quantità di trasporto solido.
- C. Nella penisola salentina e nelle Murge, le principali criticità sono legate alle zone endoreiche, dove il reticolo idrografico afferisce ad un inghiottitoio di origine carsica.
- D. Una problematica che interessa la maggior parte del territorio di competenza dell'AdB è legata alla effimerità del reticolo idraulico, eccezion fatta per i principali corsi d'acqua; infatti il reticolo idrografico è assai poco definito e solo raramente impegnato da deflussi idrici. Per questo motivo il reticolo idrografico è spesso utilizzato per coltivazioni ma anche dalla costruzione di infrastrutture che ne alterano pesantemente le caratteristiche.

Rispetto alle principali tipologie di criticità, così come descritte, di seguito vengono indicate le principali tipologie di intervento da mettere in atto per la mitigazione del rischio idraulico:

- a. Adeguamento dei corsi d'acqua principali, previa verifica della capacità di smaltimento nelle condizioni attuali, attraverso l'adeguamento delle arginature esistenti o eventualmente la realizzazione di zone di espansione. In un secondo tempo si potrà provvedere alla verifica ed adeguamento del reticolo idraulico, attraverso la realizzazione di un reticolo di drenaggio che sia adeguato alle caratteristiche di uso del suolo, con la creazione di zone di laminazione allo scopo di non gravare eccessivamente sul corpo ricettore finale.
- b. Interventi antiersivi estensivi sui versanti e concentrati lungo le incisioni, e adeguamento, previa verifica, del reticolo idraulico con particolare attenzione alla zona pedecollinare, dove la repentina diminuzione di pendenza provoca la sedimentazione del materiale solido trasportato e quindi la diminuzione della capacità di smaltimento della sezione, con conseguente pericolo di esondazioni.
- c. Verifica della capacità di smaltimento degli inghiottitoi ("vore") e quindi la realizzazione di opere per impedirne l'intasamento. In una successiva fase anche il reticolo idrografico afferente sarà adeguato, previa verifica della capacità di smaltimento.
- d. Salvaguardia del reticolo idraulico con particolare riferimento alle aree di pertinenza fluviale e alle aree demaniali anche attraverso opere di rinaturazione

Il piano individua le opere realizzabili suddivise per tipologia di intervento, come illustrato nella seguente tabella.

OPERE PER L'AUMENTO DELLA PORTATA CONVOGLIABILE	Argini
OPERE PER LA RIDUZIONE DELLA PORTATA	Serbatoi di piena
	Casse di espansione
	Lagheti collinari
	Canali scolmatori
OPERE DI CONTROLLO DEL TRASPORTO SOLIDO	Sistemazioni con briglie di trattenuta
	Piazze di deposito
	Cunettoni
OPERE DI DIFESA DALL'EROSIONE	Sistemazione a gradinata
	Repellenti
	Opere spondali di sostegno
	Rivestimenti
	Presidi al piede
OPERE DI DIFESA DALLE COLATE DI DETRITO E FANGO	Strutture di intercettazione
	Strutture di diversione
INTERVENTI COMBINATI DI CONSOLIDAMENTO	Pennelli e repellenti vivi
	Rullo spondale con zolle
	Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita
	Materasso spondale in rete metallica rinverdito
	Terra rinforzata a paramento vegetato
	Rampa a blocchi
	Blocchi incatenati
	Scogliera rinverdita
	Briglia viva in legname e pietrame
	Palizzata viva in putrelle traverse
INTERVENTI ANTIEROSIVI	Semina (a spaglio – idrosemina)
	Rivestimenti (Biotessile in juta, in cocco, Biostuoia in fibra vegetale, Biorete in cocco, Geostuoia tridimensionale sintetica, Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo, Geostuoia tridimensionale sintetica prebitumata industrialmente a caldo, Rivestimento vegetativo spondale in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale)
INTERVENTI STABILIZZANTI	Coperture (Messa a dimora di talee, Piantagione di arbusti, Piantagione di alberi)
	Trapianto (di rizomi e cespi)

Tabella IX.2-1 Interventi rischio idraulico

Come illustrato nel capitolo VI, a seguito dell'analisi idraulica condotta nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino sono stati censiti circa 825 kmq di aree classificate come aree ad alta probabilità di inondazione e/o aree allagate (AP), e parte di esse, per una superficie di 119 kmq, coinvolgono centri abitati ed infrastrutture.

In tali aree sono previsti i seguenti interventi idraulici di tipo strutturale:

- interventi come precedentemente elencati in tabella;
- manutenzione delle opere idrauliche;
- adeguamenti delle infrastrutture viarie correlate alla zona di intervento;

- sistemazioni idraulico forestali e miglioramenti dell'uso agricolo del suolo;
- manutenzione sul reticolo idraulico secondario;

da attuarsi, con differente impegno finanziario, nel corso del primo triennio e nei due periodi successivi.

In particolare di tutte le aree ad AP, quelle che coinvolgono centri abitati ed infrastrutture saranno oggetto di interventi nel corso del primo triennio. Le restanti aree, saranno oggetto di intervento nei successivi periodi.

Parallelamente ai suddetti interventi strutturali, si prevede la realizzazione di interventi non strutturali validi sia per la mitigazione del rischio idraulico, che per quella da frana, e che consistono in:

- Verifica e riformulazione degli strumenti urbanistici;
- misure di protezione civile.

La verifica e la riformulazione degli strumenti urbanistici consiste, in primo luogo, nel supportare gli Enti Locali nell'adeguamento degli stessi strumenti urbanistici ai contenuti del Piano, evitando soprattutto che possano essere fatte previsioni urbanistiche in zone soggette a rischio idrogeologico, come misura provvisoria qualora tali zone possano essere messe in sicurezza, ed in misura definitiva quando si ritenga opportuna la loro messa in sicurezza.

Le misure di protezione civile riguardano soprattutto il supporto che l'Autorità di Bacino può fornire in termini di conoscenza delle aree soggette a rischio idrogeologico e degli scenari di rischio agli enti preposti ai compiti di protezione civile.

In particolare l'Autorità di Bacino intende svolgere una azione di stimolo nei confronti degli Enti Locali, volta alla predisposizione o aggiornamento del Piani di Protezione Civile Comunali e Provinciali, anche in considerazione del fatto che tali Piani, se opportunamente redatti, costituiscono un importante strumento non strutturale per la mitigazione del rischio idrogeologico.

Un altro importante aspetto che riguarda la Protezione Civile è il completamento della copertura del territorio con una rete idro - pluviometrica adeguata, funzionante in tempo reale, da ottenere in primo luogo tramite l'integrazione delle reti già esistenti.

Infine è da prevedere l'attività di:

- Studi e monitoraggi.

Gli studi che l'Autorità di Bacino dovrà condurre in modo parallelo alla sopraccitata attività ai fini dell'aggiornamento del PAI, consistono principalmente nella realizzazione di analisi di dettaglio del rischio idrogeologico in tutto il territorio di competenza, in maniera analoga a quanto fatto per i Bacini Pilota.

I monitoraggi riguardano essenzialmente l'avanzamento delle opere strutturali con particolare riferimento alle manutenzioni ordinarie.

IX.3 Quadro Totale Interventi

Per quanto concerne la quantificazione dei costi di intervento e le ripartizioni nei tre step temporali illustrati, si rimanda al seguente quadro riassuntivo:

Autorità di Bacino della Puglia - Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico

	-	-	-	-	1° - 3° anno (Milioni di Euro)	4° - 10° anno (Milioni di Euro)	11° - 15° anno (Milioni di Euro)
Strutturali idraulici				M€	<i>per aree a rischio</i>	<i>60% del complemento</i>	<i>complemento</i>
Interventi (1M€/kmq)	1.00	kmq	823.2	823.20	118.80	422.64	281.76
Manutenzione opere idrauliche (0.15 M€/kmq)	0.15	kmq	823.2	123.48	17.82	63.40	42.26
Adeguamenti infrastrutture viarie	5%	<i>di interventi</i>		41.16	5.94	21.132	14.088
Sommano subtotale 1				987.84	142.56	507.17	338.11
Sistemazioni idraulico-forestali e miglioramenti dell'uso agricolo del suolo	80%	<i>di sub 2</i>		237.08	34.21	121.72	81.15
Manutenzione sul reticolo idraulico secondario	20%	<i>di sub 2</i>		59.27	8.55	30.43	20.29
Sommano subtotale 2	30%	<i>di sub 1</i>	987.84	296.35	42.77	152.15	101.43
Sommano subtotale 1+2				1284.19	185.33	659.32	439.55
Strutturali frane				M€	<i>100% di aree urbane</i>	<i>60% di infrastrutture</i>	<i>40% di infrastrutture</i>
Interventi di consolidamento		kmq	128.10	984.73	319.20	399.32	266.21
Monitoraggio aree in frana		kmq	128.10	31.10	10.08	12.61	8.41
Manutenzione interventi di consolidamento		kmq	128.10	20.73	6.72	8.41	5.60
					<i>50% interventi sulla viabilità</i>	<i>25% interventi sulla viabilità</i>	<i>25% interventi sulla viabilità</i>
Interventi sulla viabilità				51.80	25.90	12.95	12.95
Sommano subtotale 3				1088.36	361.90	433.29	293.17
Non Strutturali					<i>50% Sub4</i>	<i>25% Sub4</i>	<i>25% Sub4</i>
Verifica e riformulazione strumenti urbanistici	10%	<i>di sub 4</i>		28.00	14.00	7.00	7.00
Misure di protezione civile	50%	<i>di sub 4</i>		139.98	69.99	35.00	35.00
Sommano subtotale 4	12%	<i>di sub1+2+3</i>	2372.55	279.96	139.98	69.99	69.99
Studi e monitoraggi	40%	<i>di sub 4</i>		111.98	55.99	28.00	28.00
TOTALE (Milioni di €)			2652.51		687.21	1162.59	802.71

Tabella IX.3-1 Quadro totale costo interventi

Capitolo X Azione di Adeguamento del Piano e Informazione del Pubblico

X.1 Azioni di Adeguamento

Il PAI si configura per sua natura quale strumento di pianificazione che, sulla base degli elementi conoscitivi disponibili al momento della sua redazione, individua delle criticità che condizionano il modo di intervenire sul territorio. Con l'approfondimento del quadro conoscitivo e l'esecuzione di studi di dettaglio è possibile individuare con maggior sicurezza gli ambiti territoriali interessati da dissesti o criticità soggetti a limitazioni nella trasformazione (vincoli) e come tali destinati ad essere messi in sicurezza con interventi di tipo strutturale.

La necessità di pervenire ad uno strumento di pianificazione che - sia pur riflettendo lo stato attuale delle conoscenze - permettesse di porre sotto tutela porzioni significative di territorio, prevedendo un programma di interventi per la messa in sicurezza, ha costituito la finalità principale di questo PAI, vero e proprio strumento in progress sia dal punto di vista conoscitivo che tecnico-normativo. Infatti la mancanza di dati omogenei sull'area di competenza ha indotto ad impostare il lavoro su due binari paralleli che da un lato tenessero conto delle informazioni cartografiche disponibili, e dall'altro della individuazione di una metodologia estensibile all'intero territorio.

Il risultato di questa partenza si è concretizzato nella scelta di Bacini Pilota, tanto per il rischio idraulico che per il rischio frana.

Nel frattempo si sta concretizzando la copertura cartografica sull'intera area di competenza in attesa di carte di dettaglio a maggior scala.

Il passo successivo consisterà nella verifica in situ dei fenomeni di dissesto per caratterizzarne con precisione natura e consistenza, ai fini della verifica del modello metodologico applicato.

Il PAI Puglia, redatto in tempi veramente ridotti, è pertanto uno strumento con un orizzonte temporale a breve ed a lungo termine.

A breve termine si focalizza l'attenzione sui fenomeni più vistosi e se ne prevede la mitigazione; a lungo termine si predispongono le azioni che determineranno un approccio sistemico e non più settoriale sul territorio.

X.2 Informazione del Pubblico

L'impatto che il PAI esercita sul territorio e sui suoi abitanti, sia in termini di vincoli immediati che di procedure per determinarne un mutamento, rappresenta una svolta nei rapporti fra uomo ed ambiente di cui è bene tener conto sia in fase di elaborazione dello strumento pianificatorio che durante la sua attuazione e gestione.

La consapevolezza dell'influenza che il PAI avrebbe esercitato sulle attività economico-sociali ha spinto l'Autorità di Bacino a proporre uno schema di piano alle Amministrazioni impegnate direttamente sul territorio per discuterne la efficacia o eventualmente i limiti.

Ne è risultata una serie di modifiche sia per quanto riguarda le perimetrazioni, effettuate sulla base della documentazione disponibile e adottando il metodo dei Bacini Pilota, sia in termini di normativa di utilizzo delle aree perimetrate, finalizzate a tener conto da un lato del limite connesso con lo stato attuale delle conoscenze e dall'altro della necessità di prevedere una certa flessibilità dello strumento di pianificazione in grado di poter consentire trasformazioni compatibili.

È evidente che il processo di affinamento del PAI potrà dirsi completo solo a seguito del recepimento di tutte le osservazioni che perverranno tra l'adozione e l'approvazione, le uniche in grado di esprimere le esigenze e le problematiche scoperte cui dovrà essere data una risposta tecnicamente convincente oltre che giuridicamente valida.

Sarà cura dell'Autorità di Bacino rendere pubblici i contenuti del PAI come pure le sue finalità ed i suoi principi in tutte le sedi e con tutti i mezzi possibili, giacché solo una corretta informazione può consentire un apporto partecipativo e dialettico piuttosto che conflittuale.

Naturalmente ci saranno interessi specifici che additeranno il PAI e ne chiederanno uno svuotamento dei contenuti, ma dinanzi a queste manifestazioni non si potrà che prendere delle posizioni nette per non ingenerare dubbi ed ambiguità.

Sarà importante, ai fini di una maggiore credibilità del PAI, stabilire l'articolazione dei livelli decisionali sul territorio, per risolvere in maniera strutturale i conflitti di competenza, il coordinamento delle decisioni ai vari livelli, i criteri per risolvere decisioni contrastanti.

Infine, nella fase di attuazione si dovranno stabilire delle pratiche finalizzate a valutare *post operam* l'efficacia in termini di costi-benefici degli interventi realizzati, per poter individuare dei criteri di distribuzione delle risorse disponibili, sempre scarse rispetto a quelle necessarie.

Bibliografia relativa all'inquadramento territoriale

- AFAN DE RIVERA C. - *"Del bonificamento del lago Salpi coordinato a quello della Pianura della Capitanata"*, 1845.
- BALDUZZI A., CASNEDI R., CRESCENTI U. & TONNA M. (1982) – *"Il Plio-pleistocene del Bacino Pugliese (Avanfossa Appenninica)"*. *Geologica Rom.*, 21, 1-28.
- BATTISTA C., CALDARA M., PENNETTA L., ZITO G. - *"Analisi dell'aridità del clima nella Capitanata"*. *St. Geol. Morf. Reg. Puglia e Basilicata*, 1990.
- F. BOENZI, M. CALDARA E L. PENNETTA - *"Il Metaponto ed il Tavoliere: due piane dell'Italia meridionale nell'ambiente e nella storia"*, *Mem. Soc. Geog. It.*- vol LIII, 1995.
- F. BOENZI, M. CALDARA E L. PENNETTA - *"Osservazioni stratigrafiche e geomorfologiche nel tratto meridionale della piana costiera del Tavoliere di Puglia"*, *Geogr. Fis. Din. Quat.*, 1991.
- BOENZI F., PALMENTOLA G., PIERI P. & VALDUGA A. (1971) - *"Fogli 165 e 176 Trinitapoli e Barletta"* Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, 33 pp, Roma.
- BONI A., CASNEDI R., CENTAMORE E., COLANTONI P., CREMONINI G., ELMI C., MONESI A., SELLI R. & VALLETTA M. (1969) - *"Foglio 155 San Severo"* Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, 46 pp, Napoli.
- CALCAGNÌ G., MAGGIORE M., PAGLIARULO P. & WALSH N. (1996) - *"Fenomeni di subsidenza causati dall'estrazione di gas nei dintorni di Lucera (FG)"*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **51**, 643-658, 15 figg., 1 tab., Roma.
- CALDARA M., COLELLA A. & D'ALESSANDRO A. (1979) - *"Studio sedimentologico e paleoecologico di alcune sezioni pleistoceniche affioranti presso Cerignola (FG)"*. *Riv. Ital. Paleont.*, **85**, 173-242, 16 figg., tav 1-14, Milano.
- M. CALDARA, L. PENNETTA - *"Interpretazione paleoclimatica di dati preistorici e storici relativa all'entroterra del golfo di Manfredonia"*, *Mem. Soc. Geol. It.*, 1989.
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1989) - *"Dati preliminari sul tetto delle "Argille subappennine" nel Tavoliere meridionale"*. *Studi Geol. e Geof. Regg. Pugl. e Luc.*, **33**, 14 pagg., Foggia.
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1990) - *"Evoluzione dell'ambiente olocenico nel basso Tavoliere di Puglia"*. *Bonifica*, **6 (IV)**, 47-66, Foggia.
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1991) - *"The Pleistocenic buried abrasion platforms of the Southeastern Tavoliere (Apulia, South-Italy)"*. *Quaternario*, **4 (II)**, 303-310
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1992) – *"Evoluzione ed estinzione dell'antico Lago di Salpi in Puglia"*. *Bonifica*, **VI (1)**, pp. 59-81, Foggia.
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1993) - *"Nuovi dati per la conoscenza geologica e morfologica del Tavoliere di Puglia"*. *Bonifica*, **3**, 25-42, 12 figg., 1 tab., Foggia.

- M. CALDARA, L. PENNETTA, G. ZITO - *La zona umida della foce del Candelaro: osservazioni climatiche e paleoclimatiche*, Atti II Workshop del progetto "Clima, Ambiente e territorio nel mezzogiorno", 1991.
- CIARANFI N., DAZZARO L., RAPISARDI L. & RICCHETTI G. (1980) - *"Osservazioni preliminari sulla neotettonica dei fogli 164 "Foggia", 165 "Trinitapoli" e 175 "Cerignola"*. CNR Pubbl. n. 356 Prog. Geodinamica., 67-83, Napoli.
- CIARANFI N., GHISSETTI F., GUIDA M., IACCARINO G., LAMBIASE S., PIERI P., RAPISARDI L., RICCHETTI G., TORRE M., TORTORICI L. & VEZZANI L. (1983) - *"Carta Neotettonica dell'Italia meridionale"*. CNR Pubbl. n. 515 Prog. Geodinamica., Bari
- COLACICCO G. (1953) - *"La carta delle acque sotterranee del Tavoliere - osservazioni e perforazioni eseguite nel biennio 1951-1952"*. Arti grafiche, 128 pp., 1953, Foggia.
- CONSORZIO DI BONIFICA DELLA CAPITANATA, *"Cinquanta anni di Bonifica del Tavoliere"*, 1984.
- COTECCHIA V. (1956) - *"Gli aspetti idrogeologici del Tavoliere delle Puglie"*. L'Acqua, **11-12**, 168-180, 6 figg., 4 tavv., 2 tabb.
- COTECCHIA V., FERRARI G., FIDELIBUS M.D., POLEMIO M., TADOLINI T. & TULIPANO L. (1995) - *"Considerazioni sull'origine e rinnovabilità delle acque presenti in livelli sabbiosi profondi del tavoliere di Puglia"*. Quaderni di Geologia Applicata, **1/suppl**, 1163-1173, 8 figg., 1 tab., Bologna.
- CREMONINI G., ELMI C. & SELLI R. (1971) - *"Foglio 156 S. Marco in Lamis"* Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, 65 pp, Roma.
- DELL'ANNA L., DI PIERRO M., NUOVO G., CIARANFI N., RICCHETTI G. - *Giacimenti di Argille Ceramiche in Italia*, Association Internationale Pour l'Etude des Argiles, a cura di F. Veniale e C. Palmonari, pp. 195-234, 1974.
- DI LONARDO G. (1935) - *"Le acque sotterranee del Tavoliere foggiano"*. Servizio Idrografico - Regione Pugliese - n. **18/1**, 1-180, Bari.
- MAGGIORE M. (1991) - *"Aspetti idrogeologici degli acquiferi pugliesi in relazione alla ricarica artificiale"*. Quad. Ist. Ric. Acque CNR, 94, Roma.
- 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 quaternari*. Geologia Appl. e Idrog.,XXX (I), 471-479, Bari.
- MAGGIORE M., NUOVO G. & PAGLIARULO P. (1996) - *"Caratteristiche idrogeologiche e principali differenze idrochimiche delle falde sotterranee del Tavoliere di Puglia"*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 669-684, 12 figg., 3 tabb., Roma.
- MALATESTA A., PERNO U. & STAMPANONI G. (1967) - *"Foglio 175 Cerignola"*. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, 37 pp, Roma.
- MASTRONUZZI G., PALMENTOLA G. & RICCHETTI G. (1989) - *"Aspetti della evoluzione olocenica della costa pugliese"*. Mem. Soc. Geol. It., **42**, 287-300, 11 ff.
- MASTRONUZZI G. & SANSO' P. (1993) - *"Caratteri ed evoluzione attuale del litorale tra le foci del Fiume Fortore e del Fiume Ofanto (Puglia)"*. Bonifica, **3**, 83-90, 7 figg.,

Foggia.

MERLA G., ERCOLI A. & TORRE D. (1969) - "Foglio 164 Foggia". Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, 22 pp, Napoli.

MOCCIA F. (1993) - "Caratteri geomorfologici di particolare interesse per l'area occidentale del Tavoliere". Bonifica, **8 (I-II)**, 89-94, Foggia.

PAREA G. G. (1986) - "I terrazzi marini tardo-pleistocenici del fronte della catena appenninica in relazione alla geologia dell'Avanfossa adriatica". Mem. Soc. Geol. It., **35**, Roma.

RADINA B. (1969) - "La costituzione geologica del sottosuolo della città di Foggia nei riguardi dei problemi tecnici". Boll. Soc. Natur. in Napoli, **78**, 61-74, 4 figg. 5 tavv., Roma.

RICCHETTI G. (1980) - "Contributo alla conoscenza della Fossa Bradanica e delle Murge". Boll. Soc. Geol. It., **99**, 421-430, 1981, Roma.

RICCHETTI G., CIARANFI N., LUPERTO SINNI E., MONGELLI F. & PIERI P. (1988) - "Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'Avampaese Apulo". Mem. Soc. Geol. It., **41 (I)**, 57-82, 15 figg., 1992, Roma.

RICCI LUCCHI F. (1980) - "Sedimentologia". III, 504 pp, C.L.U.E.B., Bologna.

SELLA M., TURCI C. & RIVA A. (1988) - "Sintesi geopetrolifera della Fossa Bradanica (Avanfossa dell'Catena appenninica meridionale)". Mem. Soc. geol. It., **41**, 87-107, 1992, Roma.

C.N.R.-Comitato Naz. Difesa Suolo: Monografia: Prima , 149-187, 7 figg., Roma.

TRAMONTE R. (1955) - "Contributo allo studio delle acque sotterranee di Capitanata". Laterza, 45 pagg., Bari.

ZORZI L. & REINA C. - "Sulla presunta idrografia sotterranea profonda della Capitanata". Geotecnica, 27-35.

Bibliografia relativa ai Caratteri ambientali

La flora e la vegetazione spontanea della Puglia nella scienza, nell'arte, nella storia
Atti del convegno Bari 22-23 maggio 1993 - Editore F.Macchia
Natura in Puglia -Sigismondi e Tedesco 1990-

Bibliografia Rischio geomorfologico

ALEXANDER E.D. (1989) – *Calamità naturali. Lineamenti di Geologia Ambientale e studio dei disastri*. 284 pp., Pitagora Ed. Bologna

BONARDI G., D'ARGENIO B. & PERRONE V. (1988) - *Carta geologica dell'Appennino Meridionale*

alla scala 1:250000. Mem. Soc. Geol. It., 41.

EINSTEIN H.H. (1988) - *Landslide risk assesment procedure*. Proc. 5th Int. Symp. on landslides, Lausanne.

JEMMA F. (1996) - *Telerilevamento e GIS per l'ambiente*. CNR.

UNESCO International Geotechnical Societies' Working Party on World Landslide Inventory.

(1993) - *A suggested method for describing the activity of a landslide*. Bulletin

International Association of Engineering Geology 47:53-57.

USGS (1982/1983) - *Goals and tasks of the landslide part of a ground failure hazards reduction program*. Geological Survey Circular 880 48p.

VARNES D.J. and Commission on Landslides and Other Mass-Movements-IAEG (1984) -

Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. The Unesco Press,

Paris, *** pp.

WIECZOREK G.F. (1984) - *Preparing a detailed lanslide-inventory map for hazard evaluation and reduction*. Bulletin of the association of engineering geologists, vol. XXI n. 3

Bibliografia Rischio Idraulico

BEDIENT, P., HUBER, W. 1987. Hydrology and floodplain analysis. Addison-Wesley Publishing Company

CARONI, E., D'ALPAOS, L., FATTORELLI, S., ROSSI, F., UBERTINI, L., VERSACE P., MARCHI E. 1982. Dinamica Fluviale, Valutazione delle piene. CNR No 165.

CHOW, VEN TE. 1964. Handbook of Applied Hydrology. McGraw-Hill.

CHOW, V.T., MAIDMENT, D.R., MAYS, L.W. 1988. Applied Hydrology. Singapore. McGraw Hill
United States Department of the Interior Bureau of Reclamation. 1987. Design of small

dams. Washington, DC Fiorillo, G. 1993. Appunti di lezioni di idrografia e idrologia, Elaborazioni
statistico-probabilistiche.

MACCAFERRI. 1990a. Opere trasversali per sistemazioni idrauliche e derivazioni. Bologna. Italia

MACCAFERRI. 1990b. Rivestimenti flessibili in materassi Reno e gabbioni nei canali e nei corsi
d'acqua canalizzati. Bologna. Italia.

MACCAFERRI. 1990c. Principali istruzioni sulla posa in opera dei prodotti Maccaferri. Bologna.
Italia.

MAIONE, U. 1995. Le piene fluviali. Padova. Italia. La Goliardica Pavese

MC CUEN, R.H. 1989. Hydrologic analysis and design. Prentice Hall.

MOISELLO, U. 1985. Grandezze e fenomeni idrologici. Padova. Italia. La Goliardica Pavese

REMENIERAS, G. L'hydrologie de l'ingénieur. Eyrolles, 1972.

ROCHE, M. 1963. Hydrologie de surface. Paris. Gauthier Villars Editeur

RODIER J., RIBSTEIN, P. 1988. Estimation des caracteristiques de la crue decennale pour les

petits bassins versant du sahel couvrant de 1 ^ 10 kmq. Montpellier. France. ORSTOM
SCHWAB, G.O., FREVERT, R.K., EDMINSTER, T.W., BORNES, K.K. 1992. Soil and water
conservation engineering. John Wiley & Sons
TONINI, D. 1983. Elementi di idrografia ed idrologia. Padova. Italia. Edizioni Libreria Cortina.
United States Army Corps of Engineers PROSPECT Training Course. 1994. Streambank
erosion and protection. Gabions structures for streambank erosion protection.
United States Department of the Interior Bureau of Reclamation. 1987. Design of small
dams. Washington, DC.