



*Autorità di Bacino
dei Fiumi*

Trigno, Biferno e Minori, Paccione e Fortore



PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME TRIGNO



DATA

AGGIORNATO

RELAZIONE

R 01

RELAZIONE GENERALE *assetto di versante - assetto idraulico*

Esaminato dal Comitato Tecnico

nella seduta n° _____ del _____

Il Segretario Generale
Ing. Raffaele Moffa

Adottato dal Comitato Istituzionale

nella seduta n° _____ del _____

Il Segretario Generale
Ing. Raffaele Moffa

REDATTO

SEGRETERIA TECNICO - OPERATIVA

INDICE

1	PREMESSA.....	6
2	PROCEDURE AMMINISTRATIVE	7
2.1	OBIETTIVI E FINALITÀ.....	7
2.2	PROCEDURE DI APPROVAZIONE DEL PAI.....	7
2.2.1	Procedure espletate	7
3	ATTIVITA' SVOLTE PER LA REDAZIONE PROGETTO DI PAI.....	9
3.1	ACQUISIZIONE E ARCHIVIAZIONE DEI DATI DI BASE	9
3.1.1	Materiale cartografico di base	9
3.1.2	Modelli digitali del territorio	10
3.1.3	Limiti amministrativi e di competenza degli Enti.....	11
3.1.3.1	Regioni, Province e Comuni	11
3.1.3.2	Altri enti operanti sul territorio.....	11
3.1.4	Documenti di pianificazione territoriale	11
3.1.4.1	Piani straordinari ex D.L. 180/98	11
3.1.4.2	Carta delle aree soggette al vincolo idrogeologico	11
3.1.4.3	Strumenti urbanistici generali	11
3.1.4.4	Piani paesistici.....	11
3.2	STUDI ESISTENTI	12
3.2.1	Studio del Rischio Idrogeologico della Regione Molise	12
3.2.2	Altri studi disponibili.....	12
3.3	PROGRAMMI DI INTERVENTO.....	13
3.4	RILIEVI ESISTENTI DI CORSI D'ACQUA.....	13
3.4.1	Sezioni trasversali recenti.....	13
3.4.2	Monografie di capisaldi	13
3.5	DATI IDROLOGICI	13
3.5.1	Dati di portata	13
3.5.2	Dati di pioggia	13
3.6	DATI SULLE OPERE IDRAULICHE	14
3.7	DATI SULLE CONCESSIONI DEMANIALI.....	14
3.8	DATI SU EVENTI STORICI.....	14
3.8.1	Segnalazioni dei vari enti e Comuni	14
3.8.2	Catalogo AVI delle inondazioni storiche e degli eventi franosi.....	14
3.8.3	Altre fonti di informazione.....	14
3.9	AREA DI STUDIO DEL RISCHIO IDRAULICO	15
3.9.1	Aree per le quali lo studio è stato effettuato su base idraulica.....	15
3.9.2	Aree per le quali lo studio è stato effettuato su base geomorfologica	15

3.10 ELABORAZIONE DELLE CARTE TEMATICHE DI STUDIO E DI PIANIFICAZIONE COMUNI ALL'ASSETTO IDRAULICO E DI VERSANTE.....	16
3.10.1 Attività di studio e pianificazione	16
3.10.1.1 <i>Analisi dei dati acquisiti</i>	16
3.10.1.2 <i>Redazione della carta degli elementi a rischio</i>	16
3.10.2 ATTIVITÀ DI STUDIO E PIANIFICAZIONE RELATIVE ALL'ASSETTO DI VERSANTE	
3.10.2.1 Considerazioni sulle metodologie di analisi	19
3.10.2.2 Le fonti	20
3.10.2.3 Fase di studio	21
3.10.2.3.a Carta geolitologica	21
3.10.2.3.b Carta geomorfologica	26
3.10.2.3.c Carta delle coperture relative ai terreni sciolti coesivi ed incoerenti	28
3.10.2.3.d Carta delle infrastrutture e dei beni storico culturali	29
3.10.2.3.e Carta dei danni segnalati	30
3.10.2.3.f Carta inventario dei fenomeni franosi e valnghivi	31
3.10.2.4 <i>Fase programmatica</i>	34
3.10.2.5 <i>Classificazione e zonazione della pericolosità da frana</i>	34
3.10.2.6 <i>La carta della pericolosità da frana</i>	35
3.10.2.7 <i>Analisi del rischio da frana</i>	38
3.11.4.4 <i>La carta del rischio da frana</i>	39
3.10.3 Attività di studio e pianificazione relative all'assetto idraulico.....	44
3.10.4 Rilievi topografici e catasto delle opere idrauliche.....	45
3.10.4.1 <i>Rilievi topografici</i>	46
3.10.4.1.1 Caratteristiche del rilievo	46
3.10.4.1.2 Realizzazione inquadramento geografico	47
3.10.4.1.3 Esecuzione del rilievo delle sezioni trasversali	47
3.10.4.1.4 Archiviazione dei rilievi	48
3.10.4.2 Attività di rilievo speditivo	49
3.10.4.3 Formazione del catasto delle opere idrauliche	51
3.10.4.3.1 Acquisizione dati	51
3.10.4.3.2 Codifica delle opere	54
3.10.4.3.3 Informazioni contenute nel catasto	55
3.10.5 Analisi idrologica.....	55
3.10.5.1 Definizione del quadro conoscitivo	57
3.10.5.1.1 Studi esistenti	57
3.10.5.1.2 Dati territoriali	58
3.10.5.1.3 Dati idrologici	58
3.10.5.2 Analisi dei dati pluviometrici a scala regionale	58
3.10.5.2.1 Cenni sul modello TCEV	59
3.10.5.2.2 L'inferenza statistica regionale	60
3.10.5.2.3 Calcolo delle curve di possibilità pluviometrica	61
3.10.5.3 Analisi dei dati idrometrici a scala regionale	62
3.10.5.3.1 L'inferenza statistica regionale	63
3.10.5.4 La modellistica idrologica	64
3.10.5.4.1 Il modello idrologico distribuito	64
3.10.5.4.2 Le caratteristiche geografiche e idrologiche	65
3.10.5.4.3 Le fasi computazionali	68
3.10.5.4.4 Algoritmo di calcolo	70
3.10.5.4.5 Taratura del modello	73
3.10.5.5 Calcolo delle portate di piena	75
3.10.5.5.1 Definizione dell'input pluviometrico	75
3.10.5.5.2 Le portate di piena nelle sezioni di interesse a scala regionale	77
3.10.5.5.3 Curve di inviluppo	77
3.10.5.5.4 Le portate di piena per le verifiche idrauliche	79
3.10.5.5.5 Considerazioni finali circa l'affidabilità delle stime	80
3.10.6 Analisi idraulica e geomorfologica	81
3.10.6.1 Definizione del quadro conoscitivo	81
3.10.6.1.1 Rilievi e dati territoriali	81
3.10.6.1.2 Studi esistenti e dati storici	82
3.10.6.2 Analisi idraulica	83
3.10.6.2.1 Il modello di moto vario	84

3.10.6.2.2	Il modello di inondazione	86
3.10.6.2.3	Input idrologico del modello idraulico	88
3.10.6.2.4	Applicazione del modello idraulico	89
3.10.6.2.5	Mappatura delle aree inondabili	90
3.10.6.2.6	Principali risultati	90
3.10.6.3	Analisi geomorfologica e storico-inventariale	91
3.10.6.3.1	Analisi geomorfologica	93
3.10.6.3.2	Verifiche idrauliche speditive.....	93
3.10.6.3.3	Analisi storico-inventariale	94
3.10.7	Definizione della pericolosità e del rischio idraulico	95
3.10.7.1	Concetti e definizioni	95
3.10.7.2	Attività connesse all'analisi del rischio.....	96
3.10.7.3	Definizione delle classi di pericolosità.....	97
3.10.7.4	Individuazione degli elementi a rischio.....	97
3.10.7.5	Mappatura del rischio idraulico.....	98
3.10.7.5.1	Analisi delle aree a rischio idraulico elevato e molto elevato.....	99
3.10.7.5.2	Il modello di inondazione	101
3.10.7.5.3	Input idrologico del modello idraulico	102
3.10.7.5.4	Applicazione del modello idraulico.....	103
3.10.7.5.5	Mappatura delle aree inondabili	104
3.10.7.5.6	Principali risultati	105
3.10.7.6	Analisi geomorfologica e storico-inventariale	105
3.10.7.6.1	Analisi geomorfologica	107
3.10.7.6.2	Verifiche idrauliche speditive.....	107
3.10.7.6.3	Analisi storico-inventariale	108
3.10.8	Definizione della pericolosità e del rischio idraulico	109
3.10.8.1	Concetti e definizioni.....	109
3.10.8.2	Attività connesse all'analisi del rischio.....	110
3.10.8.3	Definizione delle classi di pericolosità.....	111
3.10.8.4	Individuazione degli elementi a rischio.....	111
3.10.8.5	Mappatura del rischio idraulico.....	112
3.10.8.5.1	Analisi delle aree a rischio idraulico elevato e molto elevato.....	113
I DATI PLUVIOMETRICI		116
APPLICAZIONE DEL MODELLO IDROLOGICO.....		118
<i>RICOSTRUZIONE DELL'EVENTO</i>		<i>118</i>
VALUTAZIONE DEI TEMPI DI RITORNO.....		121
<i>LE PRECIPITAZIONI</i>		<i>121</i>
<i>LE PORTATE</i>		<i>122</i>
CONCLUSIONI		123
3.10.9	Definizione degli interventi.....	124
3.10.9.1	Attività comuni alle due tematiche	124
3.10.9.1.1	Norme di Piano	124
3.10.9.1.2	Sistemi di allarme e di allerta	124
3.10.9.1.3	Quadro del fabbisogno economico degli interventi.....	124
3.10.9.2	Attività relative all'assetto di versante	125
3.10.9.2.1	Definizione e criteri degli interventi di mitigazione del rischio	125
3.10.9.3	Attività relative all'assetto idraulico.....	125
3.10.9.3.1	Definizione degli interventi strutturali di messa in sicurezza	125
3.10.9.3.2	Criteri e obiettivi per la definizione degli interventi.....	126
3.10.9.3.3	Verifica idraulica degli interventi strutturali di messa in sicurezza.....	127
3.11 IL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE.....		127
3.11.1 Assetto di versante.....		128
3.11.2 Assetto idraulico		128

4 REDAZIONE DEL PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO A CURA DELLA SEGRETERIA TECNICO – OPERATIVA.....	130
<i>4.1 ASSETTO DI VERSANTE</i>	<i>131</i>
<i>4.2 ASSETTO IDRAULICO</i>	<i>133</i>
4.3 SINTESI ATTIVITÀ SVOLTE	1
4.4 ELABORATI DEL PAI.....	1

1 PREMESSA

La presente relazione illustra le attività condotte per la redazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del fiume Trigno (PAI), previsto dalle LL. 267/98 e 365/00.

Con Deliberazione n. 121 del 16 aprile 2008 il Comitato Istituzionale ha adottato il Progetto di PAI. Il processo di consultazione e istruttoria è stato caratterizzato dal confronto tra le Amministrazioni interessate (regione, province, comuni) alla Conferenza Programmatica di cui all'art. 1 bis della L. 365/2000.

I pareri espressi dalla suddetta Conferenza sono poi confluiti nel processo di revisione normativa e cartografica svolto dalla Segreteria Tecnico-Operativa dell'AdB.

In linea generale sono state condotte una serie di attività che possono essere così sintetizzate :

- A) Attività amministrative: descrizione degli obiettivi, delle finalità e degli adempimenti necessari per l'approvazione del Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico alla luce di quanto previsto dalle normative di settore, sia nazionale che regionale.
- B) Attività svolte per la redazione del Progetto di Piano Stralcio: è riportata l'attività condotta per la redazione del Progetto di PAI, articolata in tre fasi consequenziali:
 - acquisizione e archiviazione dei dati di base;
 - elaborazione delle carte tematiche di studio e di pianificazione;
 - definizione degli interventi strutturali e non strutturali.
- C) Attività svolte dalla Segreteria Tecnica Operativa dell'Autorità di Bacino per la redazione del Piano Stralcio: è descritta l'attività svolta dalla Segreteria Tecnica Operativa relativa all'aggiornamento degli elaborati del Progetto di PAI sulla base delle risultanze della Conferenza Programmatica.

Le attività svolte sono relative all'assetto di versante e all'assetto idraulico.

2 PROCEDURE AMMINISTRATIVE

2.1 OBIETTIVI E FINALITÀ

L' Autorità di Bacino opera in conformità agli obiettivi della Legge 18 maggio 1989, n. 183 ed in particolare al fine di perseguire l'unitario governo dei bacini idrografici, indirizza, coordina e controlla le attività conoscitive, di pianificazione, di programmazione e di attuazione inerenti i singoli bacini di propria competenza. In particolare ha il compito di redigere il Piano di Bacino attraverso:

- l'attività di acquisizione, e gestione delle conoscenze relative ai bacini idrografici;
- lo sviluppo di studi specifici;
- la ricerca di documentazione in genere realizzata a supporto delle attività di pianificazione e di programmazione degli interventi;
- la raccolta dei dati per il monitoraggio;

Data la complessità e la mole delle problematiche da trattare risultando, oltremodo, difficile una pianificazione organica dell'intera materia, il comma 6-ter della Legge n. 183 del 18 maggio 1989, come modificato dalla Legge n. 493 del 4 dicembre 1993, ha previsto che *i piani di bacino possono essere redatti ed approvati per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali* e che, in ogni caso, devono costituire fasi interrelate rispetto ai contenuti del piano di bacino

Quindi il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) costituisce uno stralcio del piano di bacino, ai sensi dell'articolo 12 della legge 4 dicembre 1993 n. 493, e possiede, per effetto dell'articolo 17 della legge 18 maggio 1989 n. 183, valore di piano territoriale di settore.

Le finalità dei Piani Stralcio per l'assetto idrogeologico sono quelle di:

- a) localizzare e perimetrare le aree a pericolosità e rischio idrogeologico;
- b) valutare i relativi livelli di pericolosità e rischio;
- c) definire le misure di salvaguardia;
- d) individuare le priorità di intervento ed i relativi fabbisogni finanziari che, dopo l'adozione definitiva del PAI verranno attuati attraverso programmi triennali di intervento, ai sensi dell'articolo 21 della legge 18 maggio 1989, n. 183.

2.2 PROCEDURE DI APPROVAZIONE DEL PAI

2.2.1 Procedure espletate

Il Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Trigno è stato adottato, ai sensi dell'art. 1-bis della Legge 365/2000, con deliberazione n. 121 del 16 aprile 2008 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore.

L'avviso di adozione del "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Trigno" è stato pubblicato, ai sensi dell'art. 18 comma 3, della L.183/1989, sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana - serie generale - n. 2 del 3 gennaio 2009, sul Bollettino Ufficiale della Regione Abruzzo n. 3 del 14 gennaio 2009 e sul Bollettino Ufficiale della Regione Molise n. 29 del 31 dicembre 2008.

Il Progetto di Piano è stato depositato presso le sedi delle Regioni e delle Province territorialmente interessate, rimanendo a disposizione per la consultazione per un periodo di 45 giorni a partire dalla pubblicazione dell'avviso di adozione sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana; a seguito di detta pubblicazione, ed entro un termine di 90 giorni, si sono aperti i termini per la presentazione delle osservazioni da parte dei soggetti a vario titolo interessati.

La Legge 11 dicembre 2000 n. 365 ha introdotto l'istituto della Conferenza Programmatica; in particolare l'art. 1 bis disciplina la *“procedura per l'adozione dei progetti di piani stralcio”* e prevede :

- comma 3 : *“... Ai fini dell'adozione ed attuazione dei piani stralcio e della necessaria coerenza tra pianificazione di bacino e pianificazione territoriale, le Regioni convocano una conferenza programmatica, articolata per sezioni provinciali.....”*;
- comma 4: *“....La conferenza Programmatica.....esprime un parere sul progetto di piano con particolare riferimento alla integrazione a scala provinciale e comunale dei contenuti del piano, prevedendo le necessarie prescrizioni idrogeologiche ed urbanistiche.....”*

La Regione Molise e la Regione Abruzzo hanno provveduto a convocare e svolgere le Conferenze Programmatiche, articolate per ambiti territoriali di competenza.

Per la **Regione Molise**, con Determinazione n. 34 del 3 agosto 2009 del Direttore Generale della Direzione IV, è stato individuato il Servizio Geologico e delegato il Direttore pro-tempore del Servizio, in qualità di Responsabile del Procedimento, alla gestione delle Conferenze Programmatiche da tenersi per l'espressione dei pareri sui progetti di piano per i bacini interessanti il territorio regionale, secondo quanto riportato dal comma 4, art. 1 bis della L.365/2000.

Il Servizio Geologico ha effettuato l'istruttoria sul progetto di Piano per la formulazione del parere regionale, tenendo conto dell'esito della consultazione dei dirigenti responsabili delle strutture le cui competenze interferiscono con i contenuti del progetto di PAI, nonché prendendo spunto dalle problematiche già emerse nell'ambito delle analoghe istruttorie condotte per i progetti di Piano dei bacini dei fiumi Biferno e minori, Fortore e Saccione.

La Conferenza Programmatica ha concluso i propri lavori nella riunione del 18 ottobre 2011 esprimendo parere favorevole al progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Trigno - territorio molisano - con proposte di verifica ed eventuale modifica, degli elaborati del progetto di PAI, sulla base delle risultanze emerse nell'ambito della suddetta Conferenza..

Con Deliberazione di Giunta n. 409 del 25 giugno 2012 la Regione Molise ha validato le procedure di gestione della Conferenza e ha proceduto alla presa d'atto del parere finale.

Le procedure da espletare nelle fasi successive, necessarie per l'adozione dei Piani Stralcio, sono contenute nella Legge Regionale n.11 del 5 aprile 2007 *“ Procedure e modalità per l'approvazione dei piani di bacino di rilievo regionale ed interregionale per la parte di competenza territoriale”*.

La **Regione Abruzzo**, a seguito degli esiti dei lavori della con la Conferenza Programmatica tenutasi in data 27 giugno 2013 ha espresso parere positivo al Progetto di Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico del bacino del fiume Trigno - territorio abruzzese che ha tenuto conto delle osservazioni pervenute nell'ambito della prima Conferenza e dei tavoli tecnici istituiti.

3 ATTIVITA' SVOLTE PER LA REDAZIONE PROGETTO DI PAI

3.1 ACQUISIZIONE E ARCHIVIAZIONE DEI DATI DI BASE

L'acquisizione ha riguardato:

1. materiale cartografico di base;
2. modelli digitali del territorio;
3. limiti amministrativi e di competenza di Enti territoriali;
4. documenti di pianificazione territoriale;
5. studi esistenti attinenti a problematiche di rischio idrogeologico-idraulico;
6. programmi di intervento degli Enti territoriali;
7. rilievi esistenti di corsi d'acqua;
8. dati idrologici;
9. dati sulle opere idrauliche presenti;
10. dati sulle concessioni del demanio fluviale;
11. dati su eventi storici.

3.1.1 Materiale cartografico di base

Sono state acquisite le seguenti basi cartografiche e cartografie tematiche:

Denominazione	Produttore	Scala nominale	Formato	Coordinate	Territori
Carta d'Italia	IGMI	1:25.000	Digitale (raster Tiff); georeferenziata	UTM ED50 Fuso 33	Regioni Abruzzo e Molise
Carta d'Italia	IGMI	1.100.000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 33	Regioni Abruzzo e Molise
ortofotocarta riprese aeree realizzata nel 1987	Centro Cartografico della Regione Abruzzo	1:10.000	formato cartaceo		Regione Abruzzo
carta geologica	Centro Cartografico della Regione Abruzzo	1:100.000	formato cartaceo		Regione Abruzzo
carta d'uso del suolo	Centro Cartografico della Regione Abruzzo	1:25.000	formato cartaceo		Regione Abruzzo
carta d'uso del suolo	Centro Cartografico della Regione Abruzzo	1:25.000	formato cartaceo		Regione Abruzzo
carta dei parchi con delimitazione delle aree contigue	Centro Cartografico della Regione Abruzzo	1:100.000	formato cartaceo		Regione Abruzzo
carta dei vincoli paesaggistici, idrogeologici, forestale e architettonico.	Centro Cartografico della Regione Abruzzo	1:100.000	formato cartaceo		Regione Abruzzo
carta delle opere	Centro	1:100.000	formato cartaceo		Regione

Denominazione	Produttore	Scala nominale	Formato	Coordinate	Territori
fortificate.	Cartografico della Regione Abruzzo				Abruzzo
Carte allegate al PTPC di Chieti.	Provincia di Chieti		formato cartaceo		Regione Abruzzo
Carta Tecnica Regionale (CTR)	Regione Molise	1:5.000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso Est	Regione Molise
Ortofoto aeree	AIMA	1:10000	Digitale (raster TIFF) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso Est	Regioni Abruzzo e Molise
Foto aeree in stereoscopia	Regione Molise (1992 / 1954)	1:13000	Digitale (tif)	-	Regione Molise
Carta geologica	SINA	1:100000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 32	Regioni Abruzzo e Molise
Carta dei Limiti amministrativi	SINA	1:100000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	UTM ED50 Fuso 32	Regioni Abruzzo e Molise
Carta dell' Uso del suolo	CNR - Progetto CORINE LAND COVER	1:100000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	-	Regioni Abruzzo e Molise
Carta Geomorfologia	Regione Molise	1:25000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso Est	Regione Molise
Carta Litologica	Regione Molise (Ass. Agricoltura e foreste)	1:100000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso Est	Regione Molise
Carta dell'Uso del Suolo	Regione Molise (StudioRischio Idrogeologico)	1:25000	Digitale (vettoriale SHP) georeferenziata	Gauss Boaga Fuso Est	Regione Molise

Si è provveduto ad omogeneizzare ed archiviare ciascuno degli elementi di detto patrimonio cartografico secondo le seguenti specifiche in modo da poterlo inserire all'interno di un unico Sistema Informativo Geografico:

- Formato digitale georeferenziato TIFF o SHP
- Coordinate UTM ED50 Fuso 33

3.1.2 Modelli digitali del territorio

Sono stati acquisiti i seguenti modelli digitali del terreno (DTM):

Produttore	Passo	Formato	Coordinate	Territori
Servizio Geologico Nazionale – AGIP	250 m	Digitale georeferenziato	Geografiche	Regioni Abruzzo e Molise
Regione Molise (Studio Rischio)	40 m	Digitale georeferenziato	Gauss Boaga	Regione Molise

Idrogeologico)			Fuso Est	
Ministero dell'Ambiente	20 m	Digitale Georeferenziato	UTM ED50 Fuso 33	Regioni Abruzzo e Molise

Anche i DTM sono stati omogeneizzati e archiviati con le seguenti specifiche:

- Formato ascii georeferenziato
- Coordinate UTM ED50 Fuso 33

3.1.3 Limiti amministrativi e di competenza degli Enti

3.1.3.1 *Regioni, Province e Comuni*

Si è provveduto all'acquisizione dei limiti amministrativi nelle Regioni Molise ed Abruzzo per quanto riguarda Province e Comuni.

Sono stati comunque acquisiti anche gli strati informativi del SINA predisposti a copertura nazionale in coordinate UTM fuso 32 per regioni, province e comuni.

3.1.3.2 *Altri enti operanti sul territorio*

E' stato acquisito l'elenco dei Comuni ricadenti nelle varie Comunità Montane, sono stati inoltre acquisiti i limiti dei Consorzi di Bonifica.

3.1.4 Documenti di pianificazione territoriale

3.1.4.1 *Piani straordinari ex D.L. 180/98*

È stato acquisito il Piano Straordinario delle aree "a rischio idrogeologico molto elevato" redatto dall'Università degli Studi del Molise per conto dell'Autorità di Bacino in attuazione dell'art. 1 comma 1bis D.L. 180/89.

Tale documento era comunque già stato inserito (per quanto riguarda gli elementi più salienti) all'interno del SIT allestito nel corso dello *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione della Regione Molise*, acquisito per le finalità in oggetto.

3.1.4.2 *Carta delle aree soggette al vincolo idrogeologico*

Sono state acquisite le perimetrazioni delle zone vincolate ai sensi del R.D. 30/12/1923 n. 3267, presso gli uffici della Regione Molise e della Regione Abruzzo, gli uffici del Corpo Forestale dello Stato di Isernia e di Campobasso e presso le comunità montane.

3.1.4.3 *Strumenti urbanistici generali*

E' stata acquisita presso la Regione Molise e la Regione Abruzzo la mosaicatura dei Piani Regolatori Generali e dei Piani di Fabbricazione.

3.1.4.4 *Piani paesistici*

Sono stati acquisiti presso l'Ufficio Cartografico della Regione Molise gli otto Piani Paesistici riguardanti la Regione Molise. Da questi sono stati estratti i layer ritenuti più significativi per le finalità dello studio: perimetrazioni degli strumenti urbanistici vigenti, aree soggette a vincolo idrogeologico e vincolo sismico. Analogamente presso il centro cartografico della Regione Abruzzo è stata acquisita la cartografia riguardante i vincoli paesaggistici, forestali e architettonici in scala a:100.000.

3.2

STUDI ESISTENTI

3.2.1 Studio del Rischio Idrogeologico della Regione Molise

Questo studio, redatto dalle Società Europrogetti & Finanza S.p.A, Consorzio Suggest e Physis S.r.l. nel 2001, ha rappresentato un primo importante punto sulla situazione del rischio da frana e da alluvione su tutto il territorio della Regione Molise.

In esso sono contenute e omogeneizzate numerose informazioni provenienti da studi precedenti e fonti varie (quali ad esempio i Piani Straordinari ex D.L. 180/98 delle Autorità di Bacino operanti nella Regione Molise, gli Eventi AVI, alcune carte di sintesi redatte dalla Regione Molise), ed è stato eseguito uno specifico studio idrologico - idraulico ai fini della definizione degli idrogrammi di piena e della pericolosità e del rischio da inondazione sulle aste fluviali attraversanti le aree più urbanizzate.

Si riportano qui di seguito i principali dati territoriali contenuti nello Studio:

- aree interessate da eventi di inondazione (fonte Regione Molise);
- aree inondabili e situazione di rischio (Autorità di Bacino);
- aree di potenziale esondazione;
- pericolosità idraulica;
- rischio idraulico;
- carta degli interventi;
- rischio da dinamica d'alveo;
- sedimentologia;
- carta inventario dei fenomeni franosi;
- carta d'uso del suolo;
- carta della pericolosità da frana;
- carta del rischio da frana.

3.2.2 Altri studi disponibili

La Regione Abruzzo ha consentito la consultazione degli atti relativi ad indagini geologiche, programmi d'intervento e attività realizzate in seguito ad Ordinanza della Protezione Civile, inerenti l'area oggetto del Progetto di *Piano Stralcio*.

La Provincia di Chieti Assessorato all'Urbanistica e Pianificazione Territoriale ha messo a disposizione il "*Piano territoriale di Coordinamento Provinciale*" adottato nel marzo 2001, contenente i piani urbanistici comunali, in formato cartaceo completo e in formato digitale bozza in via di ultimazione.

Infine tutte le Amministrazioni Comunali, con territorio ricadente nell'area di pertinenza dello studio, hanno fornito la collaborazione richiesta nel corso dello studio relativamente al censimento dei fenomeni di dissesto idrogeologico e al censimento dei danni segnalati.

Sono inoltre stati acquisiti altri studi disponibili presso la regione Molise, le Comunità Montane, i Consorzi di Bonifica, le Province di Campobasso e Isernia, il Provveditorato OO.PP. Molise, la Protezione Civile ed ERIM.

Presso dall'Università degli Studi del Molise Facoltà di scienze MM. FF. NN. è stato reperito uno studio geomorfologico di dettaglio realizzato dal Dott. P. Aucelli dal titolo "*Analisi morfodinamica del bacino del Fiume Trigno: distribuzione, entità e cause dei fenomeni di alveo e di versante*" 1998-1999, infine un ulteriore studio realizzato da D'Alessandro L. e Pantaleone A. dal titolo "*Caratteristiche geomorfologiche e dissesti nell'Abruzzo sud-orientale*", reperito dalle Memorie della Società Geologica Italiana volume XXXVII – 1987.

3.3 PROGRAMMI DI INTERVENTO

E' stata acquisita per la Regione Molise la documentazione riguardo a:

- interventi ammessi al finanziamento con i fondi ex D.L. 180/98 - L.267/98;
- interventi ammessi al finanziamento con i fondi ex L. 183/89
- interventi ammessi al finanziamento con i fondi ex L. 445/08;
- interventi ammessi al finanziamento con i fondi ex D.P.R. 331/01.

Sono state inoltre acquisite alcune informazioni, circa i danni segnalati e gli interventi di riduzione del rischio eventualmente eseguiti sui loro rispettivi territori, relative alle Amministrazioni Comunali, alle Comunità Montane, ai Consorzi di Bonifica, alla Regione Molise, alla Regione Abruzzo, alle Province, al Provveditorato OO.PP.e alla Protezione Civile.

3.4 RILIEVI ESISTENTI DI CORSI D'ACQUA

3.4.1 Sezioni trasversali recenti

Per i corsi d'acqua in esame sono stati acquisiti i seguenti rilievi fluviali:

- quelli eseguiti nel 2001 per il tratto terminale del F. Trigno (circa 6 km) ai fini della redazione dello *Studio del Rischio Idrogeologico*, per un totale di 23 sezioni trasversali;

3.4.2 Monografie di capisaldi

Le monografie dei capisaldi utilizzati per il rilievo delle sezioni fluviali di cui al paragrafo 3.4.1 sono contenute all'interno degli studi ivi menzionati.

3.5 DATI IDROLOGICI

3.5.1 Dati di portata

Questi dati erano già contenuti in maniera completa, sotto forma di tabelle delle portate al colmo massime annuali, registrate alle stazioni del S.I.M.N. all'interno dello *Studio del Rischio Idrogeologico*.

3.5.2 Dati di pioggia

I dati di pioggia sono stati desunti dallo *Studio del Rischio Idrogeologico*.

Le serie storiche già rilevate sono state estese e integrate per il periodo mancante, antecedente il 1960 relativamente alle piogge di massima intensità annuali per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore.

Le serie estese sono state riportate nell'allegato I.B.2.1 del suddetto studio.

3.6 DATI SULLE OPERE IDRAULICHE

Alcuni dati sono stati reperiti dai Comuni ricadenti nel territorio oggetto di studio. Sono stati inoltre acquisiti altri dati disponibili presso le Comunità Montane, i Consorzi di Bonifica, la Regione Molise e la Regione Abruzzo.

Altri dati su opere idrauliche esistenti nei tratti già studiati precedentemente (es. diga di Chiauci, opere longitudinali e repellenti in destra del F. Trigno) erano già riportati all'interno degli studi condotti dalla Regione Molise nello *Studio del Rischio Idrogeologico*.

3.7 DATI SULLE CONCESSIONI DEMANIALI

Dati sulle concessioni demaniali sono stati raccolti presso gli Uffici del Demanio di Isernia e Campobasso e contengono il Comune, la Ditta, il numero di foglio e di particella e gli estremi del provvedimento.

3.8 DATI SU EVENTI STORICI

3.8.1 Segnalazioni dei vari enti e Comuni

Sono state acquisite informazioni dai Comuni nel corso degli incontri avuti con l'Autorità di Bacino.

Le notizie sono risultate scarse e con un orizzonte temporale limitato. Inoltre, in nessun caso, è stato possibile ottenere una cartografia delle aree inondate.

Nel corso della redazione del Progetto di PAI si è avuto però, l'evento alluvionale del Gennaio 2003 che ha costituito un valido "serbatoio di dati" per la verifica e la taratura del modello idraulico utilizzato.

3.8.2 Catalogo AVI delle inondazioni storiche e degli eventi franosi

È stato acquisito il Catalogo degli Eventi, sotto forma di tabelle Access, nonché la Relazione Finale, redatti nell'ambito del *Progetto AVI* del CNR – Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche. Tale catalogo, nella maggior parte dei casi, riporta indicazioni sommarie riguardo alla localizzazione ed estensione delle aree inondate e puntuali relativamente alla ubicazione dei fenomeni di dissesto per frana; in aggiunta, comunque, è stata acquisita sotto forma di shape Arc-view all'interno del SIT dello *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise*, la carta degli Eventi AVI redatta nell'ambito del *Piano straordinario* predisposto dall'Autorità di Bacino ai sensi del D.L. 180/98.

Sono stati inoltre acquisiti le relazioni finali dei progetti AVI (Aree vulnerate da calamità idrogeologiche) per la Regione Molise e la Regione Abruzzo.

3.8.3 Altre fonti di informazione

È stata acquisita, già informatizzata all'interno dello *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise*, la "*Carta Regionale del Rischio Idrografico*" allestita dalla Regione Molise – Assessorato ai LL.PP., in cui sono riportati i tratti fluviali soggetti a dissesto e le aree storicamente inondate.

3.9 AREA DI STUDIO DEL RISCHIO IDRAULICO

Parallelamente all'attività di acquisizione e informatizzazione dati, è stata anche effettuata la delimitazione dell'Area di Studio del rischio idraulico.

Tale ambito è anche quello su cui è stato condotto il censimento per la redazione del Catasto delle Opere Idrauliche.

Come previsto, le aree oggetto di studio del rischio idraulico sono state divise tra:

- aree per le quali procedere alla definizione della pericolosità su base idraulica, e cioè mediante modellazione idrologico - idraulica;
- aree per le quali procedere alla definizione della pericolosità su base geomorfologico – storico - inventariale e cioè sulla base dei risultati della fotointerpretazione, dei sopralluoghi e delle eventuali informazioni in merito a passate inondazioni.

3.9.1 Aree per le quali lo studio è stato effettuato su base idraulica

Sono state ricomprese in questo ambito tutte quelle aree di fondovalle attraversate dalle aste fluviali per le quali erano disponibili rilievi recenti o da effettuare a breve, alla luce dei risultati dell'indagine di cui al paragrafo 3.4; pertanto, tali aree sono state così diversificate:

- quelle per cui dovevasi effettuare una campagna di rilievi integrativa nell'ambito della redazione del progetto di PAI.

I tratti oggetto dei rilievi per il bacino del F. Trigno sono i seguenti:

- Fiume Trigno in corrispondenza della confluenza col Torrente Verrino, per una lunghezza di circa 0.8 km e n° 2 sezioni;
- Torrente Verrino alla confluenza col Fiume Trigno, per una lunghezza di circa 0.8 km e n°3 sezioni;
- Fiume Trigno dal ponte di Trivento alla confluenza col Vallone Vivara per una lunghezza di circa 2.5 km e n°6 sezioni;
- Fiume Trigno dalla confluenza col Vallone San Giovanni alla traversa dell'opera di derivazione di San Giovanni Lipioni, per una lunghezza di 1,6 km e n° 4 sezioni;
- Fiume Trigno dal viadotto della superstrada Trignina subito a valle della loc.Madonna del Canneto fino a Ponte Trigno, per una lunghezza di 23 km e n° 31 sezioni;
- Torrente Treste dal guado in loc. Guardiola Bassa (poco a monte dei pozzi Snam) alla confluenza col F. Trigno, per una lunghezza di 9 km e n° 12 sezioni.

3.9.2 Aree per le quali lo studio è stato effettuato su base geomorfologica

Sono state studiate, su semplice base geomorfologico – storico – inventariale, quelle aree di fondovalle, non già oggetto di studio idraulico (vedi paragrafo 3.11.4), identificate dal punto di vista litologico come:

- “alluvioni recenti”;
- “depositi alluvionali dei terrazzi fluviali di 3° e 4°ordine”;
- “depositi lacustri”.

Nel dettaglio, si tratta delle aree attraversate dai seguenti corsi d'acqua:

- Fiume Trigno per il restante tratto non studiato idraulicamente;
- Fosso Canniviere e affluenti maggiori;
- Torrente di Castellelce;
- Vallone di Ponte Musa;
- Torrente Vella;
- Torrente Verrino;
- Torrente Tirino;
- Vallone Fiumarella –dei Tre Confini;
- Torrente Rivo;

- fondovalle del Fiume Treste a monte della loc. Guardiola Bassa;
- tratto finale del Rio Torto (affluente del f. Treste);
- fondovalle del Torrente Sente;
- Vallone di S. Giovanni Lipioni;
- fondovalle del Torrente Monnola;

3.10 ELABORAZIONE DELLE CARTE TEMATICHE DI STUDIO E DI PIANIFICAZIONE COMUNI ALL'ASSETTO IDRAULICO E DI VERSANTE

3.10.1 Attività di studio e pianificazione

3.10.1.1 *Analisi dei dati acquisiti*

In questa fase sono stati in primo luogo analizzati i dati reperiti presso i vari Enti. Sono stati analizzati i numerosi dati pervenuti all'Autorità di Bacino a seguito delle richieste formali inoltrate ai vari Enti Locali anche attraverso schede di censimento appositamente preparate (in particolare quelle relative ai dissesti idrogeologici subiti nel passato e alle opere idrauliche presenti sul territorio), sia delle informazioni e del materiale (cartografie, elaborati progettuali, ecc.) che i rappresentanti degli stessi Enti hanno fornito personalmente nell'occasione di incontri di gruppo organizzati presso la sede della Autorità di Bacino.

3.10.1.2 *Redazione della carta degli elementi a rischio*

L'interazione delle fenomenologie morfoevolutive e alluvionali con le attività ed i beni (territorio antropizzato e beni storico-culturali, architettonici, etc.) costituisce l'elemento di debolezza nella pianificazione territoriale in relazione alle calamità naturali.

La riduzione del rischio, di fatto, dipende dalla mitigazione del danno atteso sugli elementi esposti al fenomeno naturale oppure dalla riduzione della probabilità di accadimento del fenomeno stesso.

In tale ottica gli elementi a rischio rappresentano il livello sul quale vanno a sovrapporsi gli elementi probabilistici di analisi del dissesto. Laddove essi contengono un alto valore sociale (essenzialmente vite umane) o economico (strutture e infrastrutture di servizio o produttive) l'impatto dell'evento naturale produce un'inevitabile turbamento nell'equilibrio creato tra ambiente antropico e ambiente naturale. Le conseguenze dell'impatto sono variabili e dipendenti da numerosi fattori tra cui l'intensità minima che può produrre il danno, la compatibilità delle opere con il probabile evento e la capacità di reazione del sistema antropico rispetto all'evento naturale (tra cui la capacità delle comunità di reagire agli stati di emergenza).

Come appare chiaro la problematica è estremamente complessa e nelle valutazioni degli scenari di rischio (classificazione del territorio in funzione della probabilità di evento e della presenza di elementi a rischio) un ruolo essenziale viene giocato proprio da questi ultimi. Più dettagliata è la mappa degli elementi a rischio, più concreto sarà lo scenario di rischio che viene a configurarsi in relazione alla tipologia di eventi naturali attesi.

La cartografia degli elementi a rischio realizzata è stata impiegata sia per la mappatura del Rischio da Frana, sia per quella del Rischio Idraulico, a parte alcune piccole modifiche che sono scaturite da una diversa dinamica dei fenomeni, per i quali è stata necessaria una più corretta valutazione dei due tipi di rischio.

La base dati da cui si è partiti per l'elaborazione della carta degli elementi a rischio è rappresentata dalla carta d'uso del suolo realizzata da interpretazione di immagini satellitari. Al fine di rendere la base dati acquisita rispondente alle finalità dello studio è stata integrata con informazioni estratte dai vari piani territoriali e carte acquisiti, studi indiretti condotti sulle ortofoto AGEA del 1998 e rilievi diretti sul terreno. Ciò ha consentito di aggiornare ed incrementare la banca dati relativa sia

alle infrastrutture a rete e vie di comunicazione sia alle aree urbanizzate (tessuto urbano continuo e discontinuo) e a quelle di previsione urbanistica.

Alcune difficoltà sono state riscontrate nella esatta definizione territoriale delle aree di espansione urbanistica, che in alcuni casi è stato possibile individuare solo in via approssimata. Tali approssimazioni hanno dato origine, nella fase di redazione della cartografia del rischio, a errori di valutazione che, poi, sono stati opportunamente considerati nella fase di definizione degli scenari.

Seguendo le indicazioni contenute nel D.P.C.M. 29 settembre 1998, successivamente integrate da valutazioni specifiche sulla realtà sociale ed economica dell'area, sono state individuate otto macroclassi di elementi a rischio cui afferiscono tutti gli elementi censiti secondo i criteri espressi nelle pagine seguenti.

Di seguito sono dettagliate le singole fasi del processo:

- codifica iniziale dei poligoni costituenti la base dati reperita
- verifica di congruità della base di dati esistente (controllo di aree non codificate, realizzazione di poligoni su aree non codificate mediante fotointerpretazione)
- modifica e/o correzione dei dati tipologici riferibili a ciascun poligono in relazione alle ortofoto digitali e rilievi diretti
- creazione di elementi a rischio di elevato valore sociale ed economico (essenzialmente infrastrutture a rete, vie di comunicazione e nuclei abitativi e produttivi)
- creazione di macroclassi.

Tutti gli elementi sono stati così ricondotti ad 8 macroclassi di elementi, così schematizzate:

Classe	Elementi a rischio
1	Infrastrutture primarie con presenza continua di vite umane (ospedali, carceri, caserme, stazioni ferroviarie); centri abitati (tessuto urbano continuo); insediamenti industriali, tecnologici e commerciali; aree portuali; vie di comunicazione di rilevanza strategica (ferrovie, autostrade e statali)
2	Case sparse (tessuto urbano discontinuo); aree sportive e ricreative; aree estrattive; edifici industriali e commerciali sparsi; cimiteri; strade provinciali
3	Zone di espansione urbanistica, dighe, depuratori, serbatoi di acquedotto, centrali; beni architettonici o storici di importanza rilevante; strade di secondaria importanza (comunali, interpoderali, etc.); aziende zootecniche e life lines
4	Oliveti, vigneti e frutteti
5	Corpi idrici
6	Seminativi, orti, arboricoltura da legno, prati stabili, aree a colture perenni e/o annuali
7	Boschi di latifoglie, boschi di conifere e boschi misti
8	Aree incolte (pascoli, brugherie, etc.), spiagge e dune

Classi della carta degli elementi a rischio

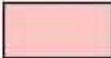
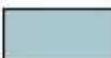
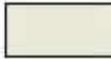
L'elaborazione successiva ha posto in relazione gli elementi vulnerabili con la probabilità di accadimento di un dato evento con caratteristiche note; tutti gli elementi infrastrutturali, ambientali e gli areali di espansione urbanistica previsti dagli strumenti urbanistici, esistenti nell'area del

bacino del fiume Trigno, sono stati accorpati per macroclassi omogenee sulla base del valore socio-economico o paesaggistico - ambientale stimato sulla scorta della seguente scala decrescente di valori:

- presenza di vite umane in maniera continua o altamente probabile;
- presenza di attività produttive ad alto valore economico;
- presenza di linee infrastrutturali strategiche;
- presenza di elementi urbanistici discontinui;
- presenza di attività produttive e commerciali di più basso valore economico;
- presenza di elementi di alto valore etico/morale;
- presenza di infrastrutture di servizio;
- presenza di beni storico-architettonici;
- presenza di colture ad elevato reddito;
- presenza di una rete idrografica naturale;
- presenza di colture a più basso reddito;
- presenza di essenze vegetali sotto forma di bosco;
- assenza di elementi e di colture agrarie.

Tale schematizzazione è scaturita sulla base delle indicazioni all'epoca formulate dalla comunità scientifica, considerando, prioritariamente, la presenza continua o meno delle vite umane (valore massimo) e, solo successivamente, le attività e/o i beni esposti all'evento naturale secondo una classifica effettuata in termini esclusivamente economici.

Gli elaborati cartografici sono stati realizzati su base topografica e caratterizzati da 8 macroclassi; al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda che viene di seguito riproposta.

	Infrastrutture primarie con presenza continua di vite umane; centri abitati; insediamenti industriali, tecnologici e commerciali; aree portuali; vie di comunicazione di rilevanza strategica
	Case sparse; aree sportive e ricreative; aree estrattive; edifici industriali e commerciali sparsi; cimiteri; strade provinciali
	Zone di espansione urbanistica, dighe, depuratori, serbatoi di acquedotto, centrali; beni architettonici o storici di importanza rilevante; strade di secondaria importanza, aziende zootecniche, metanodotti
	Oliveti, vigneti e frutteti
	Corpi idrici
	Seminativi, orti, arboricoltura da legno, prati stabili, aree a colture perenni e/o annuali
	Boschi di latifoglie, boschi di conifere e boschi misti
	Aree incolte (pascoli, brugherie, etc.), spiagge, dune

3.10.2 ATTIVITÀ DI STUDIO E PIANIFICAZIONE RELATIVE ALL'ASSETTO DI VERSANTE

Il lavoro svolto per la redazione del *Progetto di Piano Stralcio* ha avuto come obiettivo primario quello di individuare e perimetrare le aree di pericolosità e rischio presenti nella porzione di bacino in studio, al fine di progettare le “norme e misure di salvaguardia”, indispensabili per la gestione e pianificazione del territorio, e determinare le “priorità d'intervento” volte alla mitigazione o rimozione dello stato di rischio.

In tale ottica l'acquisizione di conoscenze organiche e il più possibile complete, relativamente alla stabilità dei versanti, ha costituito una base fondamentale per la redazione del *Progetto di Piano Stralcio*. Particolare attenzione è stata rivolta a quelle situazioni di dissesto idrogeologico che, per stato di attività, ubicazione ed evoluzione spazio-temporale, interagivano o potevano interagire negativamente con gli elementi infrastrutturali e paesaggistici vulnerabili.

Lo studio è stato strutturato secondo due fasi principali e sequenziali: la prima, condotta con criteri analitici, ha consentito di definire gli scenari di riferimento e le carte tematiche della banca dati; la seconda, condotta su basi programmatiche, ha costituito lo strumento attuativo del *Progetto di Piano Stralcio*.

E' importante sottolineare che lo studio ha attinto le prime informazioni dal patrimonio di conoscenze esistente e reperibile presso gli enti Regionali, Provinciali, Comunali, A.d.B., Università e Istituti di ricerca operanti nel territorio di studio. Il bagaglio di conoscenze acquisito è stato approfondito focalizzando l'attenzione alle finalità dello studio. Pertanto, le conclusioni del *Progetto di Piano Stralcio* non sempre concordano integralmente con quanto espresso dagli studi e strumenti di gestione del territorio precedentemente realizzati, ciò in relazione sia al diverso grado di approfondimento raggiunto sia alle finalità dello studio.

3.10.2.1 Considerazioni sulle metodologie di analisi

La struttura logica del lavoro svolto, per quanto concerne il rischio da frana, può essere sintetizzata nelle seguenti attività essenziali, sequenziali ed interdipendenti, che possono essere così riassunte:

- reperimento di fonti cartografiche, dati e studi pregressi;
- realizzazione di carte tematiche di base: geolitologica, geomorfologica, coperture relative ai terreni sciolti;
- realizzazione della carta inventario dei dissesti idrogeologici;
- realizzazione della cartografia della pericolosità d'evento;
- realizzazione della cartografia degli elementi a rischio da frana;
- realizzazione della carta dei danni segnalati;
- realizzazione della cartografia del rischio da frana;
- proposta di norme e misure di salvaguardia;
- proposta di individuazione delle priorità d'intervento.

Utilizzando uno standard di lavoro unico, dettato da norme e da criteri tecnico-scientifici ben definiti, ha consentito di ottenere un livello di informazioni adeguato alla scala dello studio, omogeneo per qualità e quantità di dati.

Lo studio, che - si ricorda - aveva per oggetto l'individuazione degli elementi di criticità idrogeologica e la classificazione del livello di rischio connesso, è stato realizzato approfondendo gli aspetti connessi con l'individuazione delle fenomenologie franose ed erosive, con la definizione dei diversi gradi di pericolosità geomorfologica e, infine, con il rischio specifico, operando la scelta sulla base delle seguenti considerazioni:

- congruenza con gli strumenti normativi nazionali e regionali;
- valenza tecnico-scientifica della metodologia utilizzata (SGN/DSTN/GNDICI);
- massimo grado di affidabilità per la zonazione del territorio;
- utilizzo di scale di rappresentazione (1:25.000);
- superamento della situazione di frammentarietà ed incompletezza delle informazioni esistenti;
- facilità di apprendimento e di utilizzo nella consultazione del GIS;
- capacità del GIS di interfacciarsi con altri GIS (SINA/SIU/AbR).

In relazione alle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio si è ritenuta indispensabile una metodologia di perimetrazione degli eventi franosi basata su rilievi diretti "in campo", per implementare la banca dati esistente nonché per rappresentare al meglio la variabilità e la complessa dinamica morfoevolutiva del territorio in esame; sono stati così individuati, classificati, codificati e perimetrati oltre 3000 eventi di frana s.s. e/o di erosione accelerata, in parte già individuati e rappresentati nell'ambito di studi pregressi.

3.10.2.2 Le fonti

Per quanto concerne l'assetto di versante, in particolare – come prima evidenziato, sono state acquisite le seguenti basi cartografiche in formato cartaceo:

, presso il centro cartografico della Regione Molise e della Regione Abruzzo:

Per il territorio di competenza del Trigno ricadente nella Regione Molise sono stati acquisiti:

- carta tecnica regionale in scala 1:10.000, in formato digitale (.tif georeferenziato Gauss-Boaga), realizzata sulla base della campagna di riprese aeree -anno 1992;
- carta d'uso del suolo in scala 1:25.000;
- carta dei Piani Paesistici digitale (.shp);
- carta dei Sic in formato cartaceo scala 1:25.000;
- ortofoto digitali AGEA scala 1:10.000 volo 1998 formato digitale (.tif georeferenziato Gauss-Boaga);
- carta geomorfologica scala 1:25.000 formato digitale (coverage arcinfo);
- carta geolitologica scala 1:25.000 della regione Molise formato digitale (.shp);
- modello digitale del terreno DTM con passo 20 m (Ministero dell'Ambiente e della difesa del territorio).

Presso la Regione Abruzzo sono state acquisite le seguenti basi cartografiche:

- ortofotocarta in scala 1:10.000, in formato cartaceo, realizzate sulla base della campagna di riprese aeree realizzata nel 1987;
- carta geologica in scala 1:100.000;
- carta d'uso del suolo in scala 1:25.000;
- carta dei parchi con delimitazione delle aree contigue in scala 1:100.000;
- carta dei vincoli paesaggistici, idrogeologici, forestale e architettonico in scala 1:100.000;
- carta delle opere fortificate in scala 1:100.000.

Per quanto riguarda l'acquisizione di studi e dati inerenti l'area di studio si è fatto riferimento a molteplici fonti compresi gli studi e lavori professionali realizzati in precedenza nell'area in esame. Inoltre è stata utilizzata come base primaria di riferimento: la cartografia geologica ufficiale scala 1:100.000, il " *Piano Straordinario del bacino del Fiume Trigno – territorio molisano*" redatto

dall'Università degli Studi del Molise Facoltà di scienze MM. FF. NN. e lo Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise (2000).

Presso l'Università degli Studi del Molise Facoltà di scienze MM. FF. NN. è stato reperito uno studio geomorfologico di dettaglio realizzato dal Dott. P. Aucelli dal titolo "*Analisi morfodinamica del bacino del Fiume Trigno: distribuzione, entità e cause dei fenomeni di alveo e di versante*" 1998-1999, infine un ulteriore studio realizzato da D'Alessandro L. e Pantaleone A. dal titolo "*Caratteristiche geomorfologiche e dissesti nell'Abruzzo sud-orientale*", reperito dalle Memorie della Società Geologica Italiana volume XXXVII – 1987.

La Regione Abruzzo e la Regione Molise hanno consentito la consultazione degli atti relativi ad indagini geologiche, programmi d'intervento e attività realizzate in seguito ad Ordinanza della Protezione Civile, inerenti l'area oggetto di Progetto di Piano Stralcio.

La Provincia di Chieti Assessorato all'Urbanistica e Pianificazione Territoriale ha messo a disposizione il "*Piano territoriale di Coordinamento Provinciale*" adottato nel marzo 2001, contenente i piani urbanistici comunali, in formato cartaceo completo e in formato digitale bozza in via di ultimazione.

Infine sono stati acquisiti ed inventariati tutti i dati forniti dalle Amministrazioni Comunali, con territorio ricadente nell'area di pertinenza dello studio, relativamente alle segnalazioni di fenomeni franosi e danni alle infrastrutture.

3.10.2.3 Fase di studio

Per la fase di studio sono stati eseguiti:

- il rilievo di dettaglio delle forme e dei processi di dissesto del territorio, compresa la valutazione del loro grado di attività;
- la verifica diretta degli eventi ritenuti di maggior interesse mediante rilievi di campagna ed analisi specifiche nei casi in cui l'evoluzione del fenomeno poteva potenzialmente coinvolgere centri abitati e infrastrutture di primaria importanza sociale ed economica;
- il rilievo di dettaglio alla scala 1:10.000 delle frane ritenute più significative sotto il profilo geomorfologico e più interessanti per quanto atteneva alla loro pericolosità ed al potenziale coinvolgimento di elementi a rischio.

Le carte tematiche di studio, substrato conoscitivo del territorio ricadente nel bacino, hanno permesso di affrontare lo svolgimento del *Progetto di Piano Stralcio* in un'ottica di corretta analisi tecnico-scientifica. Tutte le carte tematiche hanno costituito un *layer* informativo del SIT, progettato nell'ambito del *Progetto di Piano Stralcio* e con il quale si è reso possibile interrogare ogni singolo elemento ottenendo informazioni complete, non sempre deducibili emergono integralmente nei formati cartacei rappresentativi dei singoli strati; dette carte sono:

- a) *Carta geolitologica;*
- b) *Carta geomorfologica;*
- c) *Carta delle coperture relativa ai terreni sciolti;*
- d) *Carta delle infrastrutture e dei beni storico culturali;*
- e) *Carta delle infrastrutture che determinano il rischio (trigno abruzzese)*
- f) *Carta dei danni segnalati;*
- g) *Carta inventario dei fenomeni franosi e valanghivi.*

3.10.2.3.a Carta geolitologica

Premesso che la conoscenza della fenomenologia naturale, relativamente alle dinamiche che regolano l'evoluzione dei versanti naturali, non può prescindere dalla conoscenza degli scenari geologici, geomorfologici ed idrogeologici nei quali essi si calano, negli studi di previsione delle catastrofi naturali per frana particolare interesse rivestono gli assetti spaziali dei corpi geologici e, in particolare, gli spessori e la consistenza degli strati più superficiali, generalmente alterati.

Nonostante tale fattore non sia, da solo, responsabile dell'evoluzione dei versanti per frana, una buona conoscenza geolitologica di base consente di predisporre scenari evolutivi grazie ai quali avviare azioni di prevenzione.

Sulla scorta di quanto appena detto, tenuto conto della scala di lavoro (ambito di bacino), al fine di elaborare un modello coerente con gli altri elaborati proposti nell'ambito dello studio, la carta geolitologica è stata realizzata partendo dalle basi di dati disponibili in letteratura e dalla cartografia geologica della Regione Abruzzo, dalla carta geolitologica reperita presso l'Università degli Studi del Molise e dalla carta geolitologica elaborata negli anni '90 dall'Assessorato all'Agricoltura della Regione Molise; approfondimenti significativi e verifiche di coerenza sono state possibili grazie alla consultazione dei Fogli 148, 153, 154, 161 e 162 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 edita dal Servizio Geologico Nazionale. I dati di letteratura sono stati integrati ed aggiornati mediante controlli diretti sul terreno.

La carta contiene le principali classi litologiche cui sono stati ascritti i terreni presenti in affioramento nel territorio del Bacino del Trigno; ciascuna classe contiene diverse tipologie litologiche accorpate per affinità deposizionali, di ambiente paleogeografico o per età. La scelta operata è così suffragata (relazione generale del Progetto di PAI): *“...le caratteristiche fisiche e meccaniche di ciascuna classe sono estremamente variabili alla scala dell'affioramento (nelle sequenze fliscioidi il parametro di attrito interno tra i grani può essere compreso tra più decine di unità). Le caratteristiche delle formazioni geologiche affioranti in gran parte del bacino, infatti, sono quelle dei terreni strutturalmente complessi che, come è noto, presentano parametri fisici e meccanici estremamente variabili anche nell'ambito dello stesso affioramento (alternanze di facies pelitiche con facies marnose e/o sabbiose). Inoltre i parametri meccanici sono diretta funzione della storia tensionale subita dai corpi geologici e, soprattutto, dal grado di rimaneggiamento delle coltri superficiali dovuto ai movimenti gravitativi e/o all'azione operata dagli agenti esogeni. Infine le formazioni che caratterizzano il bacino di studio presentano solo raramente spiccati caratteri giaciture e il rilevamento giaciture dei giunti di discontinuità è stato possibile solo in corrispondenza dei pochi affioramenti dei fronti rocciosi presenti spesso sotto forma di olistoliti (o olistostromi) o delle sequenze di chiusura di cicli sedimentari.*

Nella TABELLA 2 sono stati riportati gli intervalli di variabilità dei parametri fisici e meccanici che hanno, pertanto, un valore puramente orientativo. La carta riporta i principali elementi strutturali lineari (faglie, assi di pieghe, fronti di sovrascorrimento) e le giaciture degli strati, laddove rilevate alla scala dell'affioramento o dedotte dalla cartografia geologica ufficiale (S.G.N.). Nessuna indicazione cartografica supplementare può essere fornita riguardo ai “giunti di discontinuità” (faglie, fratture e superfici di stratificazione) che richiederanno un'analisi specifica sui fronti esposti mediante un rilievo geomeccanico di dettaglio condotto secondo le norme di riferimento (ISRM) e confortato dai dati di RQD derivanti dalla ricostruzione di profili stratigrafici per fori di sondaggio opportunamente ubicati.”

CLASSE LITOLOGICA	σ_n^3 (t/m^3)	D_r^1 (%)	c^{*2} (kg/cm^2)	σ_v^3 (°)
CUMULI DI FRANE	1.2÷1.5	-	0.0-0.1	8÷12
SABBIE DELLE SPIAGGE ATTUALI: sabbie e sabbie ghiaiose	1.6÷2.1	45÷65	0.0	28÷35
DEPOSITI FLUVIALI ATTUALI E RECENTI: ghiaie e sabbie degli alvei attuali; alluvioni limoso-argilloso-ghiaiose dei terrazzi recenti (III e IV ordine di terrazzi)	1.7÷2.1	40÷70	0.0÷0.1	18÷35
DEPOSITI SABBIOSI: depositi sabbiosi recenti di elaborazione litorale, con lenti di ciottoli (piane costiere)	1.8÷2.2	40÷80	0.0	28÷45
DETRITO DI FALDA SCIOLTO O POCO CEMENTATO	1.2÷2.1	40÷60	0.0÷0.1	25÷45
DETRITO DI CONOIDE DI DEIEZIONE	1.5÷2.2	30÷50	0.0	18÷45
DEPOSITI FLUVIALI ANTICHI (II ordine di terrazzi): limi argilloso-sabbiosi con lenti di ghiaie, talvolta leggermente cementate	1.4÷1.9	50÷75	0.0÷0.1	20÷40
DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI ANTICHI (I ordine di terrazzi): ghiaie sabbiose leggermente cementate, intercalate da strati e lenti di argille sabbiose	1.4÷2.0	45÷70	0.0÷0.1	18÷35
DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI E PALUSTRI DELLE AREE INTERNE: limi argillosi e argille sabbiose varvate con lenti di ghiaia e livelli torbosi o lignitiferi; riempimenti detritici delle conche intermontane con coperture di limi e sabbie lacustri-palustri	1.1÷2.2	15÷80	0.0÷0.2	10÷38
TRAVERTINI DA LITOIDI A TERROSI	1.7÷2.5	-	0.1÷...	20÷...
CONGLOMERATI: conglomerati sabbiosi (puddinghe), generalmente poco cementati	1.9÷2.5	50-70	0.0÷0.1	28÷45
SABBIE E ARENARIE: sabbie e arenarie poco cementate, intercalate da argille sabbiose e lenti di sabbie conglomeratiche	1.7÷2.4	50÷80	0.0÷...	20÷...
COMPLESSO ARGILLOSO-SABBIOSO: argille marnose siltoso-sabbiose, intercalate da sabbie argillose e lenti di sabbie conglomeratiche	1.7÷2.3	50÷75	0.0÷0.1	18÷35
COMPLESSO GESSOSO SOLFIFERO: calcari gessosi e gessi cristallini o pulverulenti	1.9÷2.6	-	-	-
ARENARIE: arenarie in strati e banchi, con rare intercalazioni di marna argillosa	-	-	-	-
COMPLESSO ARENACEO-PELITICO: arenarie variamente cementate alternate ad argille marnose e marne argillose grigie	-	-	-	-
COMPLESSO PELITICO-ARENACEO: argille marnose e marne argillose grigie intercalate o alternate ad arenarie variamente cementate, talora prevalenti	1.6÷2.1	-	0.1÷0.3	15÷30
COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO: alternanza di calcari marnosi, calcilutiti, calciruditi, marne e marne argillose	1.7÷2.5	-	0.1÷0.5	15÷30
COMPLESSO MARNOSO-CALCAREO: alternanza di argille marnose, marne e marne calcaree, con orizzonti di calcareniti e calciruditi	1.6÷2.2	-	0.1÷0.4	15÷30
ORIZZONTI CALCAREI DISCONTINUI: calcari, calcareniti e calciruditi, talora in associazione con marne e marne calcaree; olistoliti di prevalente natura carbonatica inglobati nel Complesso Caotico delle Argille Varicolori	2.2÷2.7	-	-	-
COMPLESSO CAOTICO DELLE ARGILLE VARICOLORI: argille e argille marnose, policrome e scagliose, in assetto caotico, con intercalazioni discontinue di calcari marnosi e calcareniti; nell'ammasso argilloso sono frequenti blocchi o pacchi di strati scompaginati	1.6÷2.1	-	0.1÷0.3	13÷28
COMPLESSO CALCAREO-DOLOMITICO: calcari, calcareniti, calciruditi, calcari dolomitici e dolomie, da stratificati a massivi	2.1÷2.7	-	-	-

Intervalli di variazione dei parametri fisici e meccanici dei litotipi appartenenti alle diverse classi litologiche individuate (sono riportati il limite minimo e quello massimo di variazione del parametro).

1 - parametro riferito alla frazione grossolana

2 - parametro riferito alla frazione fine

3 - parametro riferito sia ai materiali a comportamento coesivo (min) che granulare (max)

Al fine di fornire una valutazione qualitativa dello stato fisico degli ammassi rocciosi, gli affioramenti lapidei sono stati classificati in funzione dell'indice volumetrico delle discontinuità (J_v) in relazione alle dimensioni dei blocchi (cfr. tabella seguente).

Il dato riportato, anche in questo caso, è puramente indicativo perché la caratterizzazione degli ammassi rocciosi secondo il Q-System di Barton, Lien & Lunde (1974) o l'RMR System (Rock Mass Rating System) di Bieniawsky (1973) necessita di procedure tecniche su ciascun fronte che dovranno necessariamente essere rimandate alle fasi di approfondimento delle condizioni di

stabilità dei fronti esposti, anche attraverso il test speditivo di Markland ed in funzione della geometria dei tagli antropici che si potranno realizzare nel tempo.

Per gli affioramenti caratterizzati da una variabilità dei caratteri tipologici dell'ammasso, i valori di riferimento sono quelli medi, intendendo per medi quelli arealmente più frequenti.

Tipo di ammasso	J_v (giunti/m³)
Massiccio	< 0.2
A blocchi	0.2 ÷ 1
A Blocchi grandi	1 ÷ 3
A blocchi di dimensione media	3 ÷ 10
A blocchi piccoli	10 ÷ 30
A blocchi molto piccoli	30 ÷ 60
Frantumato	> 60

Classificazione qualitativa degli ammassi rocciosi sulla base dell'indice volumetrico delle discontinuità stimato.

Per rendere leggibile e sintetica la rappresentazione, è stata elaborata una specifica legenda come di seguito riportata:

	CUMULI DI FRANE
	SABBIE DELLE SPIAGGE ATTUALI
	DEPOSITI FLUVIALI ATTUALI E RECENTI
	DEPOSITI SABBIOSI
	DETRITO DI FALDA SCIOLTO O POCO CEMENTATO
	DETRITO DI CONOIDE DI DEIEZIONE
	DEPOSITI FLUVIALI ANTICHI (II ordine di terrazzi)
	DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI ANTICHI (I ordine di terrazzi)
	DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI E PALUSTRI DELLE AREE INTERNE
	TRAVERTINI DA LITOIDIA TERROSI
	CONGLOMERATI
	SABBIE E ARENARIE
	COMPLESSO ARGILLOSO-SABBIOSO
	COMPLESSO GESSOSO SOLFIFERA
	ARENARIE
	COMPLESSO ARENACEO-PELITICO
	COMPLESSO PELITICO-ARENACEO
	COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO
	COMPLESSO MARNOSO-CALCAREO
	ORIZZONTI CALCAREI DISCONTINUI
	COMPLESSO CAOTICO DELLE ARGILLE VARICOLORI
	COMPLESSO CALCAREO-DOLOMITICO

	Strati inclinati		Strati verticali		Strati rovesci
	Strati orizzontali		Strati molto inclinati		

	Faglia diretta		Faglia presunta		Asse di piega anticlinale
	Faglia inversa		Faglia a movimento incerto		Asse di piega sinclinale

Legenda della carta geolitologica - Progetto di PAI - Trigno Molisano



Legenda della carta geolitologica - Progetto di PAI - Trigno Abruzzese

Sono state, altresì, proposte delle sezioni geologiche schematiche ritenute più rappresentative, tratte dalla cartografia geologica ufficiale in scala 1:100.000.

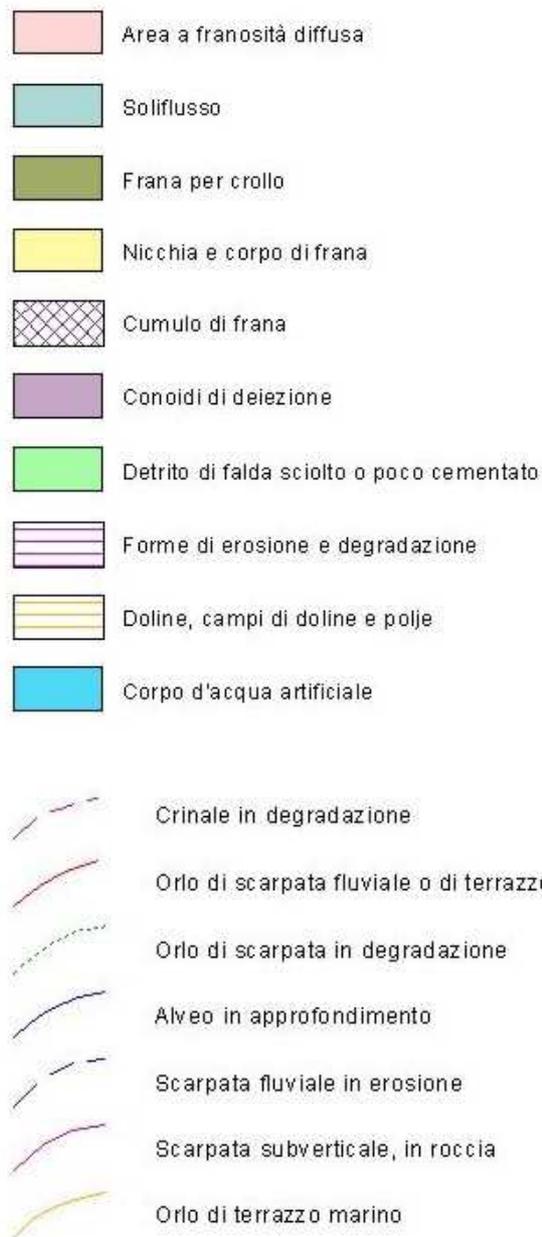
3.10.2.3.b Carta geomorfologica

La carta geomorfologica realizzata, è stata strutturata sulla base degli indirizzi contenuti nel quarto volume dei “*Quaderni serie III del Servizio Geologico Nazionale: Carta geomorfologica d’Italia – 1:50.000 – Guida al rilevamento*” e fa riferimento alla “Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo” contenuta in *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, vol. 16 (2) del 1993, elaborata da una apposita commissione tecnica istituita in seno al GNGFG (Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia)¹.

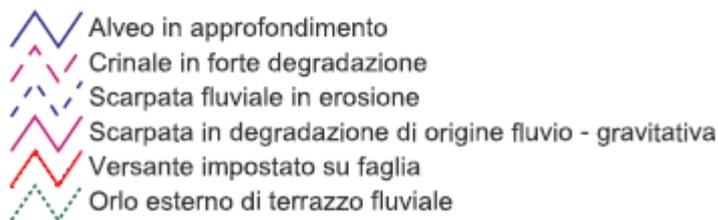
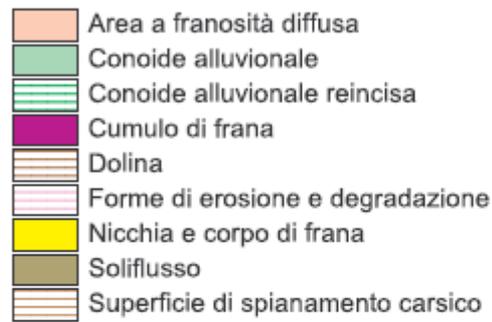
Tale elaborato cartografico è volto alla definizione ed alla interpretazione dei principali processi evolutivi che hanno determinato il quadro morfologico dell’area, con la individuazione delle forme presenti nel territorio di studio e con specifico riferimento all’agente morfogenetico che le ha prodotte, ai meccanismi ed al loro stato di attività. Particolare attenzione è stata dedicata alla cartografazione delle forme, dei processi e dei depositi gravitativi di versante.

¹ PELLEGRINI G.B., CARTON A., CASTALDINI D., CAVALLIN A., D’ALESSANDRO L., DRAMIS F., GENTILI B., LAURETI L., PRESTININZI A., RODOLFI G., SAURO U., SORRISO VALVO M. & SPAGNA V.

Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda di seguito riportata.



Legenda della carta geomorfologica - Progetto di PAI - Trigno Molisano

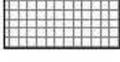


Legenda della carta geomorfologica- Progetto di PAI - Trigno Abruzzese

3.10.2.3. Carta delle coperture relative ai terreni sciolti coesivi ed incoerenti

La perimetrazione degli areali di affioramento dei terreni sciolti e la redazione della specifica cartografia tematica è risultata essere di notevole ausilio per l'individuazione delle aree a diverso grado di *pericolosità*. E' noto, infatti, che la probabilità di accadimento di un fenomeno di dissesto è strettamente connessa alla natura ed allo stato fisico e meccanico dei litotipi che caratterizzano un versante naturale, nonché alle caratteristiche geometriche del profilo ed al regime nel tempo delle pressioni neutre all'interno delle masse di terreno. I numerosi rilievi diretti sul terreno e i dati raccolti presso gli enti locali e regionali, relativamente ad indagini geognostiche eseguite in passato, hanno consentito di arricchire il quadro delle conoscenze acquisito attraverso studi pregressi che hanno direttamente o indirettamente trattato della problematica specifica. La legenda della carta in questione è stata ottenuta attraverso un'esemplificazione di quella della carta geolitologica, mantenendo validi gli accorpamenti in essa contenuti.

Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione in essi contenuti, anche in questo caso, è stata elaborata la specifica legenda di seguito riportata.

	CUMULI DI FRANE
	SABBIE DELLE SPIAGGE ATTUALI: sabbie e sabbie ghiaiose
	DEPOSITI FLUVIALI ATTUALI E RECENTI: ghiaie e sabbie degli alvei attuali; alluvioni limoso-argilloso-ghiaiose dei terrazzi recenti (III e IV ordine di terrazzi)
	DEPOSITI SABBIOSI: depositi sabbiosi recenti di elaborazione litorale, con lenti di ciottoli (piane costiere)
	DETRITO DI FALDA SCIOLTO O POCO CEMENTATO
	DETRITO DI CONOIDE DI DEIEZIONE
	DEPOSITI FLUVIALI ANTICHI (II ordine di terrazzi): limi argilloso-sabbiosi con lenti di ghiaie, talvolta leggermente cementate
	DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI ANTICHI (I ordine di terrazzi): ghiaie sabbiose leggermente cementate, intercalate da strati e lenti di argille sabbiose
	DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI E PALUSTRI DELLE AREE INTERNE: limi argillosi e argille sabbiose varvate con lenti di ghiaia e livelli torbosi o lignitiferi; riempimenti detritici delle conche intermontane con coperture di limi e sabbie lacustri-palustri

Legenda della carta delle coperture relative ai terreni sciolti coesivi e incoerenti Progetto di PAI - Trigno Molisano

	Alluvioni degli alvei attuali e alluvioni terrazzate di fondo valle
	Conoidi alluvionali
	Coperture detritico-colluviali e detrito di falda
	Depositi fluvio-lacustri

Legenda della carta delle coperture relative ai terreni sciolti coesivi e incoerenti Progetto di PAI - Trigno Abruzzese

3.10.2.3.d Carta delle infrastrutture e dei beni storico culturali

L'elaborato "Carta degli insediamenti urbani ed infrastrutturali e carta dei beni storico culturali e ambientali" ha avuto come finalità il censimento e la localizzazione delle infrastrutture e delle aree con particolare rilevanza socio-economica, storico-culturale ed ambientale. L'elaborato contiene la base di dati che, nella successiva fase di analisi, ha consentito di individuare gli scenari che necessitavano di priorità d'intervento per la mitigazione del rischio.

Per la redazione della cartografia tematica di riferimento, sono state consultate anche le seguenti basi di dati (cartacee e digitali) quali i Piani Territoriali Paesistici Ambientali di Area Vasta della Regione Molise, Carte allegate al PTCP della Provincia di Chieti, la Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000, la Carta d'uso del suolo della Regione Molise e della Regione Abruzzo e le cartografie delle aree soggette a vincolo (S.I.C.).

Per la realizzazione dell'elaborato sono state individuate le seguenti categorie di elementi:

- Agglomerati urbani
- Nuclei di edificazione diffusa

- Aree con insediamenti produttivi e con impianti tecnologici
- Aree di espansione residenziale
- Aree di servizi pubblici e privati
- Beni esposti di particolare pregio o di importanza strategica
- Infrastrutture a rete e vie di comunicazione
- Siti d'interesse comunitario (SIC)
- Classificazione macrosismica dell'area

Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda che segue.



Legenda della Carta delle infrastrutture e dei beni storico culturali

3.10.2.3.e Carta dei danni segnalati

Nell'elaborato "Carta dei danni segnalati" sono state evidenziate le situazioni di dissesto conclamate che avevano già arrecato danni alle infrastrutture e, pertanto, è risultata un'utile base di partenza per l'individuazione delle aree di maggior interesse relativamente allo stato di rischio diversificate secondo la specifica legenda:



Legenda della Carta dei danni segnalati

3.10.2.3.f Carta inventario dei fenomeni franosi e valnghivi

L'inventario dei fenomeni franosi ha rappresentato il documento di conoscenza indispensabile su cui si è fondata la successiva fase di individuazione e perimetrazione delle aree a diverso grado di pericolosità.

L'inventario e la Carta inventario derivata contengono informazioni circa lo stato di dissesto del territorio in esame senza fornire alcuna interpretazione dei fenomeni e/o sintesi di natura geomorfologico-applicativa. Nella Carta, pertanto, sono rappresentati tutti i fenomeni di instabilità dei versanti verificatisi nel passato, o attualmente in evoluzione, distinti, sulla base di apposita simbologia che descriva la tipologia del movimento ed il suo stato di attività².

Ciascun fenomeno è stato descritto attraverso la scheda di censimento proposta dal S.G.N. secondo le indicazioni contenute nella Miscellanea VII del S.G.N. (1996)³.

Per gli eventi ritenuti di particolare significato ai fini del rischio (probabili R3 e R4) è stata redatta una breve relazione descrittiva del fenomeno contenente indicazioni circa il movimento, gli elementi a rischio coinvolti o potenzialmente coinvolgibili e la presenza di interventi di consolidamento.

La realizzazione della carta inventario ha costituito il momento più delicato dell'intero studio poiché la presenza di errori interpretativi, omissioni o stime errate in questa fase dello studio avrebbero potuto determinare un flusso di eventi a catena capaci di condizionare direttamente le elaborazioni successive connesse alla fase di elaborazione del *Progetto di Piano Stralcio*.

Le procedure di rilievo e censimento sono state conformi a quanto indicato con la "*Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione*" Miscellanea VII del S.G.N. La scelta di seguire linee guida attualmente accettate da gran parte della comunità scientifica ha garantito la conformità terminologica e l'adozione di standard classificativi univoci.

Gli eventi franosi e le aree in dissesto censiti sono stati perimetrati, codificati ed inseriti nel S.I.T.. Le caratteristiche tipologiche di ciascun evento, insieme alle altre informazioni sono state riportate sia nel database collegato al SIT, sia nel database appositamente progettato e realizzato utilizzando il software Microsoft Access al fine di consentire una rapida consultazione anche a coloro che non siano in possesso di un *software* GIS. Va sottolineato che, come previsto dal S.G.N., a ciascun evento di frana sono state riferite due tipologie di movimento: la prima relativa al movimento posto a quota più elevata, o cronologicamente precedente; la seconda al movimento posto a quota più bassa, o cronologicamente successivo. Nella cartografia cartacea, per via dell'impossibilità di racchiudere in un unico simbolo la combinazione delle due tipologie di movimento è indicata, per convenzione, la tipologia del movimento più antico ovvero quello posto a quota più elevata. La consultazione completa del database, quindi, è possibile solo attraverso il SIT o l'archivio digitale realizzato in Access.

La perimetrazione di ciascun fenomeno è stata effettuata su base cartografica in scala 1:25.000 georeferenziata nel sistema di riferimento UTM ED-50. L'errore di rappresentazione dei perimetri in dissesto è stato contenuto entro i 25 m reali (1 mm nella Carta inventario definitiva).

² G.N.G.F.G. (1993) – Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, vol. 16 (2)

³ PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI – DIP.TO PER I SS.TT.NN. – SERVIZIO GEOLOGICO (1996) – *Miscellanea VII: Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Libreria dello Stato.

Per la redazione della suddetta carta si è avuto come base lo “*Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise*”, integrato da fasi di approfondimento. Il censimento dei fenomeni franosi è stato realizzato secondo la sequenza di seguito indicata:

1. analisi preliminare effettuata sulla base di dati acquisiti (studi precedenti);
2. analisi fotointerpretativa delle foto aeree in coppie stereografiche realizzate in epoche successive e delle ortofoto digitali;
3. ricognizione sul terreno;
4. perimetrazione dei fenomeni fotointerpretati e verifica diretta in campagna;
5. digitalizzazione su base raster CTR;
6. collegamento dell'elemento grafico ad un database alfanumerico e creazione di un codice identificativo composto come segue:

16_xx-nnnnn-yyyzy-zzzz

Codice AdB	Bacino	Sottobacino	Codice ISTAT comune	Progressivo
16	xx	Nnnnn	yyyzy	zzzz
Identificativo dell'AdB competente	Varia tra 1 e 9 secondo quanto esposto nella tabella seguente	posto pari a 00000	Codice ISTAT del comune nel quale ricade il punto identificativo del fenomeno	Progressivo numerico dell'evento censito nel bacino di riferimento

Il codice dell'Autorità di Bacino è unico ed è pari a 16; i bacini minori (oltre quello del Biferno, Trigno, Saccione e Fortore) sono stati individuati e così codificati:

Codice	Bacino/Fiume
1	Trigno
2	Mergola
3	Tecchio
4	Sinarca
5	Rio Vivo
6	Biferno
7	Vallone delle Canne
8	Saccione
9	Fortore

Codici dei bacini

Le attività di inventario hanno consentito di individuare oltre 3800 aree in dissesto tra frane s.s., aree a franosità diffusa, aree soggette ad erosione concentrata o diffusa e aree calanchive.

L'elaborato cartografico riproduce, su base topografica, le informazioni geometriche degli areali in dissesto censite. Inoltre fornisce informazioni circa le caratteristiche delle singole aree e degli elementi morfologici individuati, mediante i simbolismi riportati nella legenda della pagina seguente. L'apparente mancanza di sovrapposizione tra gli elementi lineari della carta geomorfologica e la carta inventario (orli di scarpata fluviale o di terrazzo, etc.) deriva dal differente significato attribuito allo stesso. Mentre nella carta geomorfologica, infatti, l'elemento è descrittivo di una forma e, dunque, del processo che lo ha generato, nella carta inventario l'elemento è stato inserito unicamente con lo scopo di richiamare l'attenzione su possibili fenomeni

di crollo e/o ribaltamento che, sebbene non attivi allo stato attuale delle conoscenze, potrebbero manifestarsi per via della elevata energia di rilievo⁴.

Grado di attività

Stabilizzato	Quiescente	Attivo	
			Crollo
			Scivolamento rotazionale
			Scivolamento traslativo
			Colata in terra
			Soliflusso / deformazione viscosa del suolo
			DGPV
			Debris flow

	Area ad erosione diffusa
	Area calanchiva
	Frana non cartografabile

Elementi morfologici lineari

	Crinale in degradazione
	Orlo di scarpata fluviale o di terrazzo
	Orlo di scarpata in degradazione
	Alveo in approfondimento
	Scarpata fluviale in erosione
	Scarpata subverticale, in roccia
	Orlo di terrazzo marino

Legenda della Carta inventario dei fenomeni franosi e valanghivi

⁴ PRESTININZI A. (2000) – *La valutazione del rischio da frana: metodologie e applicazione al territorio della Regione Lazio*. Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

3.10.2.4 *Fase programmatica*

Con il Progetto di PAI si è pervenuti alla definizione delle porzioni di territorio classificate a diverso grado di pericolosità e rischio; conseguentemente, sempre con detto Progetto, sono state individuate le priorità d'intervento per la corretta pianificazione e difesa del territorio e per la definizione di quanto necessario alla riduzione dello stato di rischio.

Le norme e misure di salvaguardia sono state previste per le parti del territorio classificate quali areali di pericolosità ritenendo che tale indicazione fornisce uno strumento di valutazione, completamente distaccato dagli elementi a rischio presenti sul territorio, connesso in maniera univoca con l'effettivo grado di pericolosità intrinseco nel territorio in relazione alle fenomenologie di dissesto idrogeologico presenti. Ciò risulta indispensabile per una corretta pianificazione territoriale ed una valida impostazione delle fasi di progettazione preliminare.

La classificazione di rischio del territorio ha costituito invece la base di valutazione per gli interventi miranti alla mitigazione del rischio e ha consentito di definire una prima griglia di priorità d'interventi da realizzare sulla base delle conoscenze acquisite.

3.10.2.5 *Classificazione e zonazione della pericolosità da frana*

Sulla scorta delle informazioni acquisite durante le attività di fotointerpretazione e di rilievo diretto si è passati alla successiva fase di valutazione del grado di pericolosità relativa attraverso una classificazione graduata secondo classi crescenti:

- Pf1) pericolosità moderata;
- Pf2) pericolosità elevata;
- Pf3) pericolosità estremamente elevata.

Il parametro di maggiore rilievo adottato per la valutazione del grado di pericolosità è stato l'indice di attività del fenomeno censito: **attivo** (fenomeno in cui sono presenti evidenti segni di riattivazione entro gli ultimi due cicli stagionali), **quiescente** (fenomeno che può essere riattivato dalle cause originali) e **stabilizzato** (fenomeno che non può essere riattivato dalle cause originali nell'attuale quadro morfoclimatico o risulta stabilizzato artificialmente attraverso opere di sistemazione e consolidamento).

Inoltre nella classe dei fenomeni quiescenti è stata eseguita una ulteriore suddivisione basata su due *range* di tempi di ritorno stimati ($2 \text{ anni} < t_r < 100 \text{ anni}$ e $t_r > 100 \text{ anni}$).

Risulta importante evidenziare che nel Progetto di PAI la Carta della Pericolosità da frana costituisce l'unico documento di riferimento per un'analisi del territorio a fini pianificatori giacché pone, in termini probabilistici, le condizioni che possono condurre alla riattivazione di fenomeni esistenti (frane di seconda generazione) o all'insorgenza di nuovi eventi (frane di neoformazione o di prima generazione).

L'attribuzione delle aree ad una delle classi di pericolosità è stata effettuata attraverso una sintesi delle stime relative ai seguenti parametri:

- *Previsione spaziale;*
- *Previsione temporale;*
- *Previsione tipologica;*
- *Previsione dell'intensità;*
- *Previsione dell'evoluzione.*

Nell'analisi di sintesi della pericolosità alla zonazione spaziale della pericolosità sono state associate le informazioni desunte dalla previsione temporale; successivamente si sono differenziati gli eventi dei quali si è determinato la pericolosità sulla base della tipologia, dell'intensità e dell'evoluzione.

Una valutazione concreta della pericolosità deriva da una buona conoscenza delle aree oggetto dello studio, da una puntuale classificazione degli eventi in termini tipologici e di intensità e dal principio assoluto che un fenomeno di frana avviene con maggior frequenza laddove si è già verificato in passato.

Tale ultima asserzione trova conforto nel fatto che il numero di frane di nuova generazione (o di prima attivazione) è statisticamente di gran lunga inferiore a quello delle frane di riattivazione (o di seconda generazione) e tale dato è verificato regolarmente nell'Appennino centro-meridionale⁵.

Una stima più corretta della pericolosità, di fatto, deve tenere in debito conto tale fattore in quanto il danno atteso sull'elemento a rischio dipende strettamente dall'intensità del fenomeno franoso.

3.10.2.6 La carta della pericolosità da frana

La Carta della pericolosità da frana rappresenta uno degli elaborati di sintesi previsti dall'Atto d'indirizzo e coordinamento (DPCM 29/09/98) che consente all'Autorità di Bacino e alle singole Regioni di "adottare idonee norme al fine di delineare un utilizzo idoneo a una corretta gestione del territorio". La carta della pericolosità da frana, in effetti, rappresenta uno dei possibili elaborati di sintesi utile ai fini pianificatori in quanto descrive, in termini squisitamente probabilistici, la vocazione di un territorio al dissesto per frana a prescindere dall'attuale uso del suolo e, dunque, dalla presenza di elementi potenzialmente esposti ad un danno.

La configurazione del connotato di pericolosità (che esprime la misura della probabilità di evento), però, necessita di informazioni estremamente dettagliate ed omogenee su tutto il bacino, riguardanti la ricorrenza temporale dei fenomeni franosi e la relazione esistente tra fenomeno naturale e cause innescanti (precipitazioni, sismi, erosione ed azioni antropiche).

L'analisi, pertanto, deve essere spinta a livello di versante per la definizione dello sviluppo e della distribuzione spaziale dei movimenti di massa attraverso un approccio statistico-probabilistico basato sui dati derivanti da un'accurata lettura delle forme e dall'interpretazione dei processi esistenti e/o possibili. Nell'ipotesi adottata nel Progetto di Piano, cioè che l'attuale configurazione di ciascun versante sia dipendente dall'azione combinata, nel tempo, delle caratteristiche geologiche (litologiche, geotecniche, tettoniche, idrogeologiche, etc.), del quadro climatico e vegetazionale e dell'attività antropica sul "sistema", lo studio delle forme e dei processi esistenti consente di individuare i parametri necessari alla creazione di un modello evolutivo in termini probabilistici⁶.

I modelli statistici proposti in letteratura non consentono una stima numerica della pericolosità in quanto, quasi sempre, mancano gli elementi di ricorsività temporale degli eventi oppure le serie storiche riguardanti fattori innescanti quali la pioggia o i sismi oppure, ancora, la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni affioranti.

La tendenza attuale, pertanto, è quella di evitare la realizzazione di una carta elaborata su criteri statistico-probabilistici fornendo, invece, una valutazione del grado di pericolosità secondo classi

⁵ Canuti P. & Casagli N. (1994) – Considerazioni sulla valutazione del rischio di frana. Atti del Convegno "Fenomeni franosi e centri abitati" – Bologna 27 maggio 1994.

⁶ NATOLI S., PRESTININZI A. & ROMAGNOLI C. (1994) – Determinazione della pericolosità da frana: un esempio di applicazione di una nuova metodologia. *Geologica Romana*, XXX. Roma.

molto generali in cui è possibile una definizione dei caratteri di attività del fenomeno e una stima dei tempi di ritorno attraverso classi molto ampie. La Carta della pericolosità elaborata, pertanto, non presuppone un'analisi di merito dei fattori che entrano in gioco nella definizione della franosità (fattori naturali predisponenti: geologici, morfologici e idrogeologici; fattori determinanti: climatici, vegetazionali e antropici)⁷. infatti un tale tipo di analisi conduce alla definizione della suscettibilità a franare di una data porzione di territorio, e richiede analisi specifiche che possono essere condotte con buoni risultati a livello di comprensorio o di unità paesaggistica e, dunque, in ambiti decisamente più ristretti di quelli di un bacino.

La definizione della pericolosità è scaturita innanzitutto dalla localizzazione delle aree già interessate da fenomenologie di dissesto (essenzialmente frane), dalla loro classificazione tipologica e da una valutazione probabilistica del verificarsi o meno del fenomeno nel tempo. Le esemplificazioni concettuali, che sono state adottate in fase di redazione dell'elaborato cartografico, trovano conforto nell'osservazione sistematica del principio secondo cui la maggioranza delle frane rilevabili nel territorio di studio si è attivata su aree precedentemente interessate da fenomenologie di dissesto o, comunque, in aree interessate da processi erosivi spinti. Dunque, l'Inventario dei fenomeni franosi ha assunto un particolare rilievo e ha rappresentato la base di conoscenza imprescindibile per la definizione dei successivi areali di evoluzione dei dissesti presenti territorio di studio⁸.

Anche la presenza di fattori fisici predisponenti al dissesto (litologia, caratteristiche geotecniche dei materiali, struttura e giacitura dei corpi geologici, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto) ha consentito di differenziare, in termini probabilistici, gli areali con una seppur minima possibilità di innesco di un evento di prima generazione da quelli in cui tali fattori non sono stati rilevati e, dunque, non si presuppone il generarsi di alcun fenomeno.

Una valutazione completa della pericolosità dovrebbe tener conto di una previsione spaziale (dove può determinarsi il fenomeno), di una previsione temporale (quando può determinarsi un fenomeno di una data intensità), di una previsione tipologica (che tipo di fenomeno può avvenire), di una previsione in termini di intensità (quale possono essere la velocità, le dimensioni e l'energia del fenomeno franoso), di una previsione in termini di evoluzione (distanza di propagazione, limiti laterali e di retrogressione del fenomeno).

Il carattere sintetico del parametro pericolosità contiene un margine di incertezza che diventa inaccettabile solo se si tenta una stima quantitativa ed esatta dello stesso. Le valutazioni condotte nell'ambito del Progetto di PAI hanno avuto esclusivamente carattere qualitativo.

Sulla scorta delle informazioni acquisite durante le attività di fotointerpretazione e di rilievo diretto si è passati alla successiva fase di valutazione del grado di pericolosità relativa dei diversi areali. L'elaborato cartografico è scaturito da una sintesi qualitativa dei seguenti elementi:

- presenza di fenomeni franosi o erosivi in atto (in cui sono presenti evidenti segni di riattivazione entro gli ultimi 2 anni);
- presenza di fenomeni franosi o erosivi quiescenti (che possono essere riattivati per effetto delle cause naturali originali con tempi di ritorno compresi nell'intervallo 2÷100 anni oppure con tempi di ritorno > 100 anni);

⁷ ESU F. (1984) – Fattori che governano il comportamento dei pendii ed il verificarsi delle frane e loro valutazione in termini geotecnici. *Lineamenti di geologia regionale e tecnica. Ricerche e studi Formez*. FORMEZ, Napoli.

PELLEGRINO A. (1987) – L'analisi dei movimenti franosi per la progettazione degli interventi di stabilizzazione (relazione generale). *Atti del XVI Convegno Nazionale di Geotecnica*, Volume 3. Associazione Geotecnica Italiana, Roma.

⁸ PRESTININZI A. (2000) – *La valutazione del rischio da frana: metodologie e applicazione al territorio della Regione Lazio*. Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

- presenza di fenomeni franosi stabilizzati naturalmente o artificialmente (che non possono riattivarsi per effetto delle cause naturali originali o risultano stabilizzati artificialmente attraverso opere di sistemazione e consolidamento);
- presenza di indicatori geomorfologici che possano ritenersi precursori di fenomeni di instabilità e configurazione di scenari evolutivi per ciascun fenomeno (possibilità di estensione del fenomeno agli areali prossimi ad esso);
- presenza di caratteri fisici che rappresentano i fattori predisponenti al dissesto (tettonica, litologia, acclività, assetti giaciture, presenze di coperture detritiche e/o sciolte).

Per la zonazione si è fatto riferimento al concetto di “area/bacino di pericolosità” ovvero all’areale in cui sono riunite le condizioni che stanno alla base del meccanismo di instabilità. Spesso tale unità è limitata all’estensione di un versante o alla porzione di esso omogenea sotto il profilo delle condizioni predisponenti ma, in alcuni casi, può estendersi addirittura ad un bacino in senso idrografico.

La zonazione della pericolosità è stata realizzata mediante le seguenti tre classi:

Pf1 PERICOLOSITÀ MODERATA

appartengono a tale classe le aree a moderata pericolosità per frana, valutabile come tale sulla base dei caratteri fisici (litologia e caratteristiche geotecniche dei terreni, struttura e giacitura dei corpi geologici, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto, etc.), vegetazionali e di uso del suolo, prive, al momento, di indicazioni morfologiche di fenomeni superficiali e/o profondi che possano riferirsi a movimenti gravitativi veri e propri. Appartengono a tale classe le aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato di attività quiescente. Appartengono a tale classe di pericolosità tutti i fenomeni che non hanno alcuna possibilità di riattivarsi per effetto delle cause naturali originali (frane stabilizzate naturalmente).

Pf2 PERICOLOSITÀ ELEVATA

appartengono a tale classe le aree con elevata pericolosità da frana evidenziate dalla presenza di elementi distintivi del carattere di quiescenza e da indicatori geomorfologici diretti quali la presenza di corpi di frana preesistenti e di segni precursori di fenomeni gravitativi (ondulazioni, contropendenze, fratture di trazione, aperture anomale nei giunti di discontinuità, rigonfiamenti, etc.). Appartengono a tale classe le aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato attivo. Rientrano in tale classe anche fenomeni di dissesto superficiali (soliflussi e/o deformazioni viscosi dei suoli per i quali è scontata l’attività continua nel tempo o, al più, il carattere stagionale) censite come frane s.s. anche se tali non possono considerarsi (Canuti & Esu, 1995; Cruden, 1991) e le frane sulle quali sono stati realizzati interventi di consolidamento (frane stabilizzate artificialmente). Appartengono a tale classe, inoltre, gli areali che, sulla base dei caratteri fisici (litologia e caratteristiche geotecniche dei terreni, struttura e giacitura dei corpi geologici, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto, etc.), vegetazionali e di uso del suolo sono privi, al momento, di indicazioni morfologiche di fenomeni franosi superficiali e/o profondi ma che potrebbero evolvere attraverso fenomenologie di frana a cinematica rapida (crolli, ribaltamenti, *debris flow*). Tale ultima indicazione assume carattere cautelativo, volto a scongiurare l’insorgere di nuove condizioni di rischio e a mitigare quelle già esistenti.

Pf3 PERICOLOSITÀ ESTREMAMENTE ELEVATA

appartengono a tale classe le aree a pericolosità da frana estremamente elevata in cui sono presenti movimenti di massa attivi, con cinematismi e caratteri evolutivi che mirano o meno all’estensione areale del fenomeno (frane attive, frane sospese, frane di seconda generazione, etc.). Rientrano in tale classe le deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV).

Nella seguente tabella si riporta la esplicitazione della classificazione adottata in termini di pericolosità in relazione ai due parametri presi in considerazione: “*stato di attività*” e “*tipologia di dissesto*”.

Stato di attività Dissesto	Attivo	Quiescente		Stabilizzato		Aree di 1 ^a generazione
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	Artificialmente	Naturalmente	
Crolli	PF3	PF2	PF2	PF2	PF1	PF2
Ribaltamenti	PF3	PF2	PF2	PF2	PF1	PF2
Debris	PF3	PF2	PF2	PF2	PF1	PF2
Scivolamenti traslativi	PF3	PF2	PF2	PF2	PF1	PF1
Colate in terra	PF3	PF2	PF1	PF2	PF1	PF1
Scivolamenti rotazionali	PF3	PF2	PF1	PF2	PF1	PF1
DGPV	PF3	-	-	-	-	-
Soliflussi - deformazioni viscosi dei suoli	PF2	-	-	PF1	PF1	PF1
Forme di erosione e degradazione	PF1	-	-	PF1	-	-
Area di probabile evoluzione	PF2	PF1	PF1	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-	PF2/PF1

Classificazione della pericolosità da frana

Risulta evidente che tutti i fenomeni di frana s.s. classificati come attivi risultano con massimo grado di pericolosità.

Gli elaborati cartografici sono contraddistinti dalla specifica legenda che segue.

	Pericolosità moderata
	Pericolosità elevata
	Pericolosità estremamente elevata

3.10.2.7 Analisi del rischio da frana

Utilizzando l'approccio proposto dalla normativa vigente, incrociando il dato di pericolosità con quello relativo alla presenza di elementi a rischio, sono state perimetrate le aree attribuibili alle quattro classi di rischio da frana così come definite dalla L. 180/98 e nel D.P.C.M. 29.09.1998:

- Rf1) Rischio moderato: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;
- Rf2) Rischio medio: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- Rf3) Rischio elevato: per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- Rf4) Rischio molto elevato: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.

Le classi di rischio individuate vengono proposte come indicato dalle norme in vigore (180/98, 267/98, etc.), in dettaglio i criteri per la valutazione del diverso grado di rischio attribuito alle aree individuate nello studio discendono direttamente da quanto espresso nell'Atto d'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.

L'attribuzione di ciascun elemento ad una classe di rischio o all'altra è stata effettuata sulla scorta della pericolosità (intesa come funzione della probabilità di accadimento di un fenomeno franoso e dell'intensità attesa) e dell'elemento a rischio coinvolto.

3.11.4.4 La carta del rischio dal frana

La Carta del rischio da frana ha rappresentato l'elaborato di sintesi dello studio che ha consentito di tradurre in termini di rischio l'interazione tra il fenomeno naturale (evento franoso esistente o potenziale) e l'elemento a rischio ad oggi esistente.

Utilizzando l'approccio proposto dalla normativa vigente, incrociando il dato di pericolosità con quello relativo alla presenza di elementi a rischio, sono state perimetrare le aree a cui è stato attribuito un diverso grado di rischio secondo le quattro classi di rischio da frana e valanga indicate nel D.P.C.M. 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 decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180":

:

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

Definizione delle classi di rischio

L'attribuzione di ciascun elemento ad una classe di rischio o all'altra è stata effettuata sulla scorta della classe di pericolosità (intesa come funzione della probabilità di accadimento di un fenomeno franoso) e dell'elemento a rischio coinvolto. Laddove la classe di pericolosità è risultata indeterminata il livello di rischio connesso è stato assunto nullo oppure indefinibile.

Nelle seguenti tabelle vengono riportate le matrici di rischio adottate, suddivise per classe di elemento a rischio:

CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 1

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
Dissesto					
Crolli	R4	R4	R2	R2	R2
Ribaltamenti	R4	R4	R2	R2	R2
Debris	R4	R4	R2	R2	R2
Scivolamenti traslativi	R4	R3	R2	R2	R2
Colate in terra	R4	R3	R2	R2	R1
Scivolamenti rotazionali	R4	R3	R2	R2	R1
DGPV	R4	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R3	-	-	R2	-
Forme di erosione e degradazione	R2	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R3	R2	R1	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 2

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
Dissesto					
Crolli	R4	R3	R2	R2	R1
Ribaltamenti	R4	R3	R2	R2	R1
Debris	R4	R3	R2	R2	R1
Scivolamenti traslativi	R4	R3	R2	R2	R1
Colate in terra	R4	R3	R2	R2	R1
Scivolamenti rotazionali	R4	R3	R2	R2	R1
DGPV	R4	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R3	-	-	R1	-
Forme di erosione e degradazione	R1	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R3	R2	R1	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 3

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
Dissesto					
Crolli	R3	R2	R2	R2	-
Ribaltamenti	R3	R2	R2	R2	-
Debris	R3	R2	R2	R2	-
Scivolamenti traslativi	R3	R2	R1	R1	-
Colate in terra	R3	R2	R1	R1	-
Scivolamenti rotazionali	R3	R2	R1	R1	-
DGPV	R3	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R2	-	-	-	-
Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R2	R1	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 4

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
Dissesto					
Crolli	R3	R2	R1	R1	-
Ribaltamenti	R3	R2	R1	R1	-
Debris	R3	R2	R1	R1	-
Scivolamenti traslativi	R2	R2	-	R1	-
Colate in terra	R2	R2	-	R1	-
Scivolamenti rotazionali	R2	R2	-	R1	-
DGPV	R2	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R2	-	-	-	-
Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R1	-	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 5

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
Dissesto					
Crolli	R3	R2	R1	R1	-
Ribaltamenti	R3	R2	R1	R1	-
Debris	R3	R2	R1	R1	-
Scivolamenti traslativi	R2	R2	-	-	-
Colate in terra	R2	R2	-	-	-
Scivolamenti rotazionali	R2	R2	-	-	-
DGPV	R2	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R2	-	-	-	-
Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R1	-	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 6

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
Dissesto					
Crolli	R2	R2	-	-	-
Ribaltamenti	R2	R2	-	-	-
Debris	R2	R2	-	-	-
Scivolamenti traslativi	R2	R1	-	-	-
Colate in terra	R2	R1	-	-	-
Scivolamenti rotazionali	R2	R1	-	-	-
DGPV	R2	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R1	-	-	-	-
Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R1	-	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 7

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
Dissesto					
Crolli	R2	R1	-	-	-
Ribaltamenti	R2	R1	-	-	-
Debris	R2	R1	-	-	-
Scivolamenti traslativi	R2	R1	-	-	-
Colate in terra	R2	R1	-	-	-
Scivolamenti rotazionali	R2	R1	-	-	-
DGPV	R2	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	R1	-	-	-	-
Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	R1	-	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

CLASSE ELEMENTI A RISCHIO 8

Stato di attività	Attivo	Quiescente		Stabilizzato	
		$2 < t_r < 100$ anni	$t_r > 100$ anni	artificialmente	naturalmente
Dissesto					
Crolli	R2	-	-	-	-
Ribaltamenti	R2	-	-	-	-
Debris	R2	-	-	-	-
Scivolamenti traslativi	R1	-	-	-	-
Colate in terra	R1	-	-	-	-
Scivolamenti rotazionali	R1	-	-	-	-
DGPV	R1	-	-	-	-
Soliflussi / def. Viscose dei suoli	-	-	-	-	-
Forme di erosione e degradazione	-	-	-	-	-
Area di probabile evoluzione	-	-	-	-	-
Aree con fattori predisponenti	-	-	-	-	-

Tale suddivisione in classi è stato frutto di valutazioni che hanno posto la massima attenzione sulle situazioni in cui l'incolumità pubblica è in potenziale pericolo e sulle condizioni di dissesto che hanno comportato costi e danni elevati per la collettività sia sotto il profilo strettamente economico sia sotto quello paesaggistico o storico-culturale.

Tali presupposti hanno condotto alla perimetrazione degli scenari di rischio ed in particolare hanno consentito l'individuazione degli scenari classificati come Rischio molto elevato o elevato.

Gli elaborati cartografici rappresentano la sintesi grafica delle informazioni contenute nel tematismo per mezzo di poligoni. Al fine di rendere leggibile e sintetica la rappresentazione è stata elaborata la specifica legenda che segue.



Legenda della Carta del rischio da frana

3.10.3 Attività di studio e pianificazione relative all'assetto idraulico

Le attività relative a questa sezione sono volte alla definizione della pericolosità e del rischio da inondazione fluviale per quelle zone ricadenti nel bacino idrografico del fiume Trigno.

La fase conoscitiva ha compreso:

- rilievi topografici e catasto delle opere idrauliche;
- analisi idrologica;

- analisi idraulica e geomorfologica storico-inventariale.

La fase della pianificazione ha riguardato invece:

- classificazione delle aree a differente pericolosità idraulica;
- mappatura del rischio idraulico.

3.10.4 Rilievi topografici e catasto delle opere idrauliche

La conoscenza della geometria del corso d'acqua si rende necessaria per quelle aste fluviali sulle quali la definizione della pericolosità da inondazione si basa su risultati di modellazione idrologico-idraulica. L'utilizzo di tale metodologia è generalmente auspicabile per quei tratti di corsi d'acqua attraversanti zone in cui sono temibili danni rilevanti.

In particolare, le aree del bacino del fiume Trigno per le quali è stato condotto lo studio su base idrologico-idraulica, così come definite nel Piano Dettagliato delle Attività – PDA, risultano:

- ◆ le aree di fondovalle attraversate dalle aste fluviali per le quali sono disponibili rilievi svolti in studi precedenti, in particolare:

- *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise* (fiume Trigno a valle di ponte Trigno fino alla foce);

- ◆ i nuovi tratti fluviali, oggetto di rilievi integrativi svolti nell'ambito del presente studio:

- Fiume Trigno in corrispondenza della confluenza col Torrente Verrino, per una lunghezza di circa 0.8 km ;

- Torrente Verrino alla confluenza col Fiume Trigno, per una lunghezza di circa 0.8 km;

- Fiume Trigno dal ponte di Trivento alla confluenza col Vallone Vivara per una lunghezza di circa 2.5 km;

- Fiume Trigno tra i due viadotti consecutivi in corrispondenza della loc. Madonna del Canneto per una lunghezza di circa 3 km;

- Fiume Trigno dalla confluenza col Vallone San Giovanni alla traversa dell'opera di derivazione di San Giovanni Lipioni, per una lunghezza di 1,6 km;

- Fiume Trigno dal viadotto della superstrada Trignina subito a valle della loc. Madonna del Canneto fino a Ponte Trigno, per una lunghezza di 23 km;

- Torrente Treste dal guado in loc. Guardiola Bassa (poco a monte dei pozzi Snam) alla confluenza col F. Trigno, per una lunghezza di 9 km.

Pertanto è stata condotta una campagna topografica di rilievo delle sezioni trasversali per quei tratti fluviali sopra richiamati che sono stati ritenuti, anche sulla base dei sopralluoghi condotti, degni di essere studiate nel dettaglio con la modellistica idraulica.

Per le restanti porzioni del territorio, preventivamente individuate come aree meno suscettibili a danni rilevanti, e comunque ritenute di importanza minore nella mappatura del rischio idraulico e nella definizione degli interventi per la sua riduzione, vengono condotti studi su base geomorfologica e storico-inventariale finalizzati ad una valutazione empirica della pericolosità. A tale scopo è stata comunque necessaria, anche in questo caso, un attività di rilievo, meno accurata ma comunque prodiga di informazioni utili e per questo definita "speditiva".

Si è provveduto infine all'elaborazione del rilievo ai fini del suo impiego nel modello idraulico utilizzato, assegnando inoltre una codifica particolare ad ogni sezione per la sua corretta archiviazione. Anche le sezioni rilevate speditivamente sono state elaborate e codificate.

Naturalmente, nell'occasione dei sopralluoghi, sono state scattate numerose fotografie, poi digitalizzate a scopo di inserimento nel Sistema Informativo Territoriale su uno specifico strato informativo.

Per quanto riguarda la predisposizione di un Catasto delle Opere Idrauliche si è proceduto in primo luogo a reperire informazioni presso gli Enti preposti alla loro realizzazione e manutenzione, con risultati assai scarsi. Questo fatto ha costretto a ricorrere ampiamente alla fotointerpretazione, completata almeno per le opere più significative con sopralluoghi per accertarne lo stato di manutenzione, eseguire rilievi speditivi atti a quantificare le principali caratteristiche dimensionali, eseguire una documentazione fotografica.

3.10.4.1 Rilievi topografici

I corsi d'acqua del bacino del fiume Trigno per i quali si è ritenuto opportuno focalizzare l'attenzione con un'analisi idrologico-idraulica e quindi oggetto di rilievi topografici integrativi rispetto a quelli già disponibili, sono i seguenti:

Fiume Trigno in corrispondenza della confluenza col Torrente Verrino, per una lunghezza di circa 0.8 km ;

Torrente Verrino alla confluenza col Fiume Trigno, per una lunghezza di circa 0.8 km;

Fiume Trigno dal ponte di Trivento alla confluenza col Vallone Vivara per una lunghezza di circa 2.5 km;

Fiume Trigno tra i due viadotti consecutivi in corrispondenza della loc. Madonna del Canneto per una lunghezza di circa 3 km;

Fiume Trigno dalla confluenza col Vallone San Giovanni alla traversa dell'opera di derivazione di San Giovanni Lipioni, per una lunghezza di 1,6 km;

Fiume Trigno dal viadotto della superstrada Trignina subito a valle della loc. Madonna del Canneto fino a Ponte Trigno, per una lunghezza di 23 km;

Torrente Treste dal guado in loc. Guardiola Bassa (poco a monte dei pozzi Snam) alla confluenza col F. Trigno, per una lunghezza di 9 km.

Tali rilievi si aggiungono a quelli già svolti nell'ambito del precedente *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise*, nel quale risulta disponibile il rilievo del tratto terminale del fiume Trigno.

L'ubicazione dei rilievi topografici è stata individuata sulla base delle caratteristiche morfologiche del corso d'acqua nonché in funzione della presenza di opere di attraversamento o di opere in alveo, con particolare riguardo ai tratti fluviali connessi a zone maggiormente esposte a condizioni di rischio idraulico.

Nel caso di ponti e traverse sono stati battuti tutti i punti necessari per definire la geometria dell'opera. Inoltre tutte le sezioni sono state estese a coprire lunghezze trasversali idonee a sopperire, ove necessario, alla mancanza di un sufficiente grado di dettaglio delle basi cartografiche.

3.10.4.1.1 Caratteristiche del rilievo

I rilievi plano-altimetrici sono stati eseguiti nei mesi di aprile e maggio dell'anno 2002. Il rilievo è stato condotto con l'uso di strumentazione GPS (LEICA mod. GPS System 530) con n. 2 antenne e di distanziometro elettronico (stazione totale) Nikon (mod. DTM520). Il rilievo si è svolto

materializzando per primi i capisaldi e successivamente realizzando le sezioni trasversali delle aste fluviali.

Le sezioni rilevate sull'asta principale del Trigno sono le seguenti:

Fiume Trigno in corrispondenza della confluenza col Torrente Verrino, per una lunghezza di circa 0.8 km; numero 2 sezioni topografiche, con una densità spaziale di circa 400 metri;

Fiume Trigno dal ponte di Trivento alla confluenza col Vallone Vivara per una lunghezza di circa 2.5 km; numero 6 sezioni topografiche, con una densità spaziale di circa 500 metri;

Fiume Trigno tra i due viadotti consecutivi in corrispondenza della loc. Madonna del Canneto per una lunghezza di circa 3 km, numero 4 sezioni topografiche, con una densità spaziale di circa 1000 metri;

Fiume Trigno dalla confluenza col Vallone San Giovanni alla traversa dell'opera di derivazione di San Giovanni Lipioni, per una lunghezza di 1,6 km e n° 4 sezioni con una densità spaziale di circa 400 metri;

Fiume Trigno dal viadotto della superstrada Trignina subito a valle della loc. Madonna del Canneto fino a Ponte Trigno, per una lunghezza di 23 km e n° 31 sezioni con una densità spaziale di circa 700 metri

Tra i principali affluenti, è stato considerato il torrente Torrente Verrino alla confluenza col Fiume Trigno, per una lunghezza di circa 0.8 km; con numero 3 sezioni rilevate e una densità spaziale di circa 400 metri ed il Torrente Treste dal guado in loc. Guardiola Bassa (poco a monte dei pozzi Snam) alla confluenza col F. Trigno, per una lunghezza di 9 km e n° 12 sezioni rilevate ed una densità spaziale di circa 750 metri.

3.10.4.1.2 Realizzazione inquadramento geografico

Si è proceduto in primo luogo a realizzare l'inquadramento geografico del rilievo delle sezioni trasversali, attraverso le seguenti attività preliminare:

- a) Reperimento dei punti IGM95 presso l'IGM di Firenze per il riferimento del lavoro sulla rete nazionale;
- b) Realizzazione di poligonale di collegamento fra i punti IGM95 per l'inquadramento del rilievo nella rete nazionale con il posizionamento dei capisaldi (con chiodo topografico miniato);

In parte sono stati utilizzati i capisaldi già materializzati nell'ambito del precedente rilievo topografico condotto per lo *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione*, per le monografie dei quali si rimanda agli studi medesimi. In parte sono stati invece creati nuovi capisaldi, dei quali sono state realizzate le monografie contenute nell'ALLEGATO II.B.2.2.

3.10.4.1.3 Esecuzione del rilievo delle sezioni trasversali

I punti rilevati per la realizzazione delle sezioni sono stati battuti con strumentazione GPS e con Stazione Totale.

Le coordinate calcolate, combinate con le quote dei capisaldi esistenti determinate con il programma della Soc. LEICA den. Ski-Pro, hanno permesso di eseguire il rilievo GPS in "Real-Time" ovvero conoscendo all'istante la posizione del punto mentre gli altri punti battuti con la stazione totale sono stati calcolati con il Programma GEOS della ditta Geostudio di Milano.

Il rilievo dei vertici della poligonale è stato eseguito con la stessa metodologia GPS descritta. Per il tempo di stazionamento lo strumento è stato settato a 5".

L'ubicazione dei rilievi topografici è stata individuata sulla base delle caratteristiche morfologiche del corso d'acqua nonché in funzione della presenza di opere di attraversamento o di opere in alveo, con particolare riguardo ai tratti fluviali connessi a zone maggiormente esposte a condizioni di rischio idraulico.

Ogni sezione trasversale è stata rilevata mediante una serie di punti, caratterizzati ciascuno dalle tre coordinate spaziali x, y, z, tali da descrivere adeguatamente la morfologia della sezione ai fini dei fenomeni idraulici considerati; in particolare i punti sono stati battuti sui cambi di pendenza e sui manufatti presenti.

Nel caso di ponti e traverse sono stati battuti tutti i punti necessari per disegnare l'opera.

Tutte le sezioni sono state estese a coprire lunghezze trasversali idonee a sopperire, ove necessario, alla mancanza di un sufficiente grado di dettaglio delle basi cartografiche.

L'ubicazione delle sezioni fluviali rilevate è riportata nelle TAVOLE II.B.3.4 con la codifica di seguito descritta. Gli elaborati relativi al rilievo topografico, unitamente ai capisaldi appositamente utilizzati sono riportati nell'ALLEGATO II.B.2.2.

3.10.4.1.4 Archiviazione dei rilievi

Le sezioni topografiche sono state acquisite, archiviate e informatizzate attribuendo una codifica successivamente utilizzata all'interno del modello idraulico in moto vario.

In particolare, ogni sezione è descritta da un codice a 8 caratteri così composto:

- i primi due caratteri sono alfabetici ed indicano, in sigla, il nome dell'asta fluviale (nel caso specifico, considerando anche i corsi d'acqua per i quali sono stati semplicemente acquisiti i vecchi rilievi, abbiamo:
 - TR per il F.Trigno,
 - VE per il T.Verrino,
 - TS per il T.Treste,
- il terzo è numerico e contraddistingue la campagna di rilievo a cui appartiene la sezione (nel caso specifico, si è convenuto di indicare con 2 la campagna di rilievo integrativa sul F.Trigno eseguita appositamente per questo studio e con 0 quella sul T.Verrino)
- i successivi tre sono numerici e contraddistinguono la sezione (normalmente viene attribuita una numerazione progressiva da monte verso valle)
- il penultimo è normalmente vuoto (carattere _) ma può essere costituito da lettera alfabetica, per identificare una sezione addizionale resasi per un qualsiasi motivo necessaria nell'ambito di un rilievo già eseguito (es. una sezione duplicata a breve distanza da un'altra, per migliorare la stabilità numerica del modello idraulico);
- l'ultimo è normalmente vuoto (carattere _), ma è costituito da lettera alfabetica nel caso che la sezione si riferisca ad un'opera trasversale, per la cui rappresentazione è necessaria più di una sezione (tipicamente: *m* per la sezione di monte di una traversa o briglia, *v* per quella di valle, *a*, *b*, *c*, *d* rispettivamente per la sezione di monte, filo impalcato monte, filo impalcato valle, di valle riguardo ad un'opera di attraversamento).

Così, ad esempio, la sezione *TR2004_B* individua la sezione filo impalcato monte del ponte rilevato come sezione 04 sul fiume Trigno nell'ambito della campagna di rilievo dell'aprile-maggio 2002 eseguita per il presente studio.

Naturalmente tale criterio di codifica va inteso come generale, potendosi comunque verificare casi particolari (es. ponte con briglia, caso peraltro non raro).

L'informazione, è stata archiviata in file ASCII di estensione *.SEZ con una struttura che permette la utilizzazione ai fini della modellazione idraulica successiva. Ogni file al suo interno si presenta composto delle seguenti righe:

NF	eventuale descrizione del corso d'acqua cui la sezione si riferisce
NS	nome della sezione (coincide in genere col nome del file)
DS	eventuale descrizione della sezione
DP	distanza progressiva (in m) lungo l'asta fluviale a partire da uno zero arbitrario
QR	quota di riferimento (in m s.l.m.) dei punti che compongono la sezione
LI	livello idrometrico dell'acqua (in m rispetto a QR) al momento del rilievo
DA	data del rilievo
LB	numero del punto che identifica l'argine sinistro
RB	numero del punto che identifica l'argine destro
LA	numero del punto che identifica il limite sinistro dell'alveo di piena
RA	numero del punto che identifica il limite destro dell'alveo di piena
LL	numero del punto che identifica il limite sinistro dell'area di calcolo
RL	numero del punto che identifica il limite destro dell'area di calcolo
NP	numero dei punti che compongono la sezione

cui fa seguito un set di righe, uno per ogni punto della sezione, così composto

PX	progressiva interna del punto a partire da uno zero arbitrario
PY	quota del punto (in m rispetto a QR)
PB	quota dell'intradosso del ponte se esiste (in m rispetto a QR)
PE	quota dell'estradosso del ponte se esiste (in m rispetto a QR)
PC	coefficiente di scabrezza standard secondo Gauckler-Strickler (fissato pari a $30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$)

3.10.4.2 Attività di rilievo speditivo

Le attività di rilievo speditivo, propedeutiche alla definizione della pericolosità idraulica su base geomorfologica storico-inventariale, sono consistite principalmente nel rilievo degli attraversamenti e dei tratti arginati tramite cordella metrica e asta graduata, al fine di definirne forma e dimensioni che, seppure in modo approssimato, consentono tuttavia di dedurre, tramite una locale verifica idraulica in ipotesi semplificate, informazioni utili sul livello di officiosità nei riguardi delle portate di piena.

Le attività di rilievo speditivo hanno riguardato le aree oggetto di valutazione del rischio su base geomorfologica e storico-inventariale. Tali aree, identificate dal punto di vista litologico come "alluvioni recenti"; "depositi alluvionali dei terrazzi fluviali di 3° e 4° ordine"; "depositi lacustri", risultano interessate dai seguenti corsi d'acqua, appartenenti al bacino del fiume Trigno :

- F. Trigno dalla sorgente circa fino all'inizio del tratto studiato con analisi idraulica, per una lunghezza di circa 52 km;

- F.so Chiatalonga per una lunghezza di circa 5 km a monte della confluenza col F.so Canniviere;
- F.so Canniviere per una lunghezza di circa 8 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- F.so San Rocco per una lunghezza di circa 1 km a monte della confluenza col - F.so Canniviere;
- T. Castellelce suoi affluenti minori F.so di Padule e F.so della Botte per una -lunghezza di circa 13 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- F.so di Ponte Musa, per una lunghezza di circa 8 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- T. Rivo, per una lunghezza di circa 12 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- T. Vella per una lunghezza di circa 10 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- T. Verrino per una lunghezza di circa 14 km a monte della confluenza col F. -Trigno;
- T. Tirino, per una lunghezza di circa 7 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- V.ne Pantano per una lunghezza di circa 1 km a monte della confluenza col T. Tirino;
- T. Fiumarella, per una lunghezza di circa 10 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- Fiume Treste a monte della loc. Guardiola Bassa e tratto finale del suo affluente maggiore Rio Torto
- Torrente Sente
- Vallone di S. Giovanni Lipioni
- Torrente Monnola,
- Fiume Trigno a monte della confluenza col Vallone di S.Giovanni Lipioni.

Per tali corsi d'acqua si è proceduto alla rilevazione delle principali opere e delle sezioni significative ai fini del deflusso. In particolare, le opere sono state rilevate in via speditiva tramite cordella metrica e asta graduata al fine di definirne forma e dimensioni che, seppure in modo approssimato, consentono tuttavia di dedurre, tramite l'analisi idraulica, informazioni utili sul livello di officiosità nei riguardi delle portate di piena.

In totale sono state rilevate 48 sezioni fluviali poi informatizzate come le sezioni rilevate ottenute dai rilievi topografici e archiviate nel Sistema Informativo Territoriale con un codice analogo, ma su uno strato informativo diverso.

I primi due caratteri della sezione, che identificano il corso d'acqua di appartenenza, sono i seguenti:

TR	fiume Trigno
CS	torrente Castellelce
CV	fosso Canniviere
TI	torrente Tirino
PA	vallone Pantano
FI	torrente Fiumarella
RC	fosso San Rocco
CH	fosso Chiatalonga
RV	torrente Rivo
VE	torrente Verrino
VL	torrente Vella
MU	fosso di Ponte Musa
TS	Fiume Treste

Inoltre sono state, nell'occasione, scattate numerose fotografie, poi digitalizzate e inserite nel Sistema Informativo Territoriale su uno specifico strato informativo insieme alle fotografie provenienti dallo studio precedente "*Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione Molise*".

3.10.4.3 Formazione del catasto delle opere idrauliche

Il “catasto” delle opere idrauliche è stato realizzato al fine di ottenere una banca dati facilmente consultabile e aggiornabile che costituisca strumento per la conoscenza ed il controllo delle opere esistenti sul territorio finalizzate alla riduzione del rischio (es. difese di sponda, argini, pennelli) ovvero direttamente coinvolgibili in caso di piena per il loro stretto rapporto col fiume (es. traverse, ponti, opere di presa).

Il lavoro di censimento è stato condotto per l'Area di Studio del Rischio Idraulico che è stata preventivamente identificata con le aree alluvionali di fondovalle della carta geolitologica elaborata per la valutazione del rischio da frana.

Nel catasto sono state inserite, qualora ricadente nell'Area di Studio, tutte quelle opere censite dai Comuni e da altri Enti Locali attraverso l'apposita scheda-tipo inviata a suo tempo. Peraltro solo pochissime schede utili sono pervenute.

Alcuni Enti hanno inviato tal quale il materiale in loro possesso (cartografie, estratti di progetti di sistemazione fluviale, ecc.), altri hanno fornito informazioni sommarie durante gli incontri conoscitivi tenutisi a più riprese presso l'Autorità di Bacino.

Informazioni sono state estratte anche dagli studi precedenti (in particolare dallo *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione*) e dagli elenchi degli interventi finanziati in possesso della Regione Molise.

L'attività svolta ha riguardato anche l'inserimento dei dati concernenti le opere marittime di difesa costiera, peraltro pochi e ricavati essenzialmente dallo *Studio del Rischio Idrogeologico nella Regione*.

In ragione della generale scarsità dei dati reperiti presso gli Enti competenti si è proceduto alla identificazione delle opere sulla base foto aeree AIMA (risalenti al 1998-99) e della carta tecnica 1:5.000 della Regione Molise, cui hanno fatto seguito sopralluoghi per accertare caratteristiche difficilmente desumibili tramite fotointerpretazione, quali lo stato di manutenzione, i materiali costruttivi e alcune caratteristiche dimensionali.

Per numerose opere, non è stato possibile acquisire le informazioni in merito all'epoca di realizzazione e al soggetto realizzatore trattandosi di dati che possono scaturire essenzialmente dalle conoscenze e dalla disponibilità alla collaborazione degli Enti preposti alla gestione del territorio.

3.10.4.3.1 Acquisizione dati

È stata condotta una campagna per l'acquisizione dei dati relativi alle opere idrauliche facendone richiesta a diversi Enti preposti alla gestione del territorio (Comuni, Comunità Montane, ecc.).

La campagna conoscitiva è stata condotta predisponendo anche una scheda-tipo per facilitare il censimento delle opere e che è stata inviata ad ognuno degli Enti contattati affinché i tecnici comunali indicassero l'ubicazione topografica delle opere da loro individuate.

In verità solo la Comunità Montana Monte Mauro (con sede a Palata) ha restituito schede compilate attinenti l'oggetto del censimento, fornendo dati in merito alle opere idrauliche ricadenti nel suo territorio e in particolare quattro opere:

- sul fosso Canniviere in Comune di Montenero di Bisaccia;
- sul torrente Castellerce in vari Comuni;
- sul fosso Chiatalonga in Comune di Montenero di Bisaccia;
- sul vallone della Botte in Comune di Acquaviva Collecroce.

Il Comune di Capracotta (IS) ha fornito anch'essa schede compilate ma relativamente a opere di presa da sorgente, manufatti cioè che esulano dall'oggetto del catasto.

Il Comune di Castelverrino (IS) ha fornito un estratto del progetto di sistemazione idraulica del vallone Zelluso, che tuttavia è esterno all'Area di Studio.

Il Comune di Celenza sul Trigno ha restituito la scheda compilata, fornendo dati in merito alle opere idrauliche ricadenti nel suo territorio limitandosi però a quelle dissestate.

Il Consorzio di Bonifica Sud Moro-Sangro-Sinello-Trigno ha fornito utili informazioni riguardo alla diga in ultimazione sul F. Trigno a Chiauci..

Infine, presso l'Autorità di Bacino è stato reperito un elenco di interventi in materia idraulica finanziati per la quasi totalità dalla Regione Molise nel periodo 1985-2000, elenco successivamente riverificato e integrato con i dati acquisiti dai registri esistenti presso gli uffici competenti della Regione stessa. L'elenco così completato, limitatamente a quanto concerne il bacino del fiume Trigno, è riportato nella Tabella seguente

Come detto, a causa della generale scarsità dei dati reperiti presso gli Enti competenti si è proceduto alla identificazione delle opere sulla base foto aeree AIMA (risalenti al 1998-99) e della carta tecnica 1:5.000 della Regione Molise, cui hanno fatto seguito sopralluoghi per accertare caratteristiche difficilmente desumibili tramite fotointerpretazione, quali lo stato di manutenzione, i materiali costruttivi e alcune caratteristiche dimensionali, nonché per eseguire fotografie e accertare l'esistenza di eventuali opere non rilevate tramite l'analisi delle foto aeree. Le fotografie più rappresentative sono riportate nell'ALLEGATO II.B.2.5.

LOCALITA'	INTERVENTO ATTUATO	ANNO	IMPORTO
Montenero	Riparazione ponte Trigno SS 16	1973	60'000'000
Agnone	Rimozione e sistemazione mater. alluvionato in destra T. Verrino	1984	45'000'000
Montenero di	Sistemazione idraulica F.Trigno tratto Montebello		400'000'000
Montenero di	Manutenzione idraulica F.Trigno	1995	150'000'000
Salcito	Sistemazione idraulica F.Trigno da svincolo Salcito a confluenza T. Verrino	1995	433'000'000
Montemitro	Manutenzione idraulica F.Trigno a monte svincolo Montemitro	1995	130'000'000
Roccapivara	Manutenzione idraulica V.ne Ponte Musa a monte confluenza col Trigno	1995	100'000'000
Montemitro	Sistemazione idraulica F.Trigno (Caprafica)	1995	280'000'000
Montemitro	Manutenzione idraulica F. Trigno da svincolo Tufillo a ponte S.P. Mafalda	1996	820'000'000
Trivento	Sistemazione idraulica F. Trigno e T. Rivo	1997	290'000'000
	Manutenzione idraulica T. Roccale - T. Castellelce	2000	186'000'000
	Manutenzione idraulica F. Trigno tratto T. Vella - T. Rivo	2000	526'000'000
	Sistemazione idraulica F. Trigno da svincolo S. Giovanni Lipioni a svincolo Salcito	2000	147'000'000
	Sistemazione idraulica tratto F. Trigno e del T. Ponte Musa	2000	500'000'000

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del fiume Trigno

LOCALITA'	INTERVENTO ATTUATO	ANNO	IMPORTO
	Sistemazione idraulica asta e foce del F.Trigno e confluenze T.Rivo, Musa, Cerreto, Roccile, Castellelce	4	25'000'000'000

*Elenco interventi di sistemazione idraulica nel bacino del Trigno
(fonte Autorità di Bacino e Regione Molise)*

3.10.4.3.2 Codifica delle opere

Le opere idrauliche sono state codificate una ad una con una sequenza alfanumerica che permetta di distinguere la loro tipologia e l'asta fluviale di appartenenza. Il codice è formato da 8 caratteri ed è strutturato molto semplicemente come segue:

- i primi due caratteri sono alfabetici e individuano la classe, secondo l'usuale schema di classificazione delle opere idrauliche:
 - TR* = opere trasversali (soglie, briglie, traverse);
 - LO* = opere longitudinali (argini, difese di sponda);
 - RE* = opere repellenti (pennelli);
 - AT* = opere di attraversamento in elevazione (ponti, viadotti, passerelle);
 - GU* = attraversamenti a raso (guadi);
 - PU* = opere puntuali (opere di presa e derivazione);
 - DC* = opere di difesa costiera (pennelli, scogliere soffolte o emergenti);
- il terzo e il sesto sono in bianco (carattere _);
- il quarto e il quinto sono alfabetici ed individuano l'asta fluviale, secondo la seguente codifica:

<i>TR</i>	fiume Trigno
<i>TS</i>	torrente Treste
<i>SN</i>	torrente Sente
<i>MO</i>	torrente Monnola
<i>GL</i>	vallone San Giovanni Lipioni
<i>TU</i>	vallone Tufillo
<i>CR</i>	vallone Cerreto
<i>TT</i>	rio Torto
<i>CS</i>	torrente Castellelce
<i>CV</i>	fosso Canniviere
<i>TI</i>	torrente Tirino
<i>PA</i>	vallone Pantano
<i>FI</i>	torrente Fiumarella
<i>RC</i>	fosso San Rocco
<i>CH</i>	fosso Chiatalonga
<i>MU</i>	torrente Ponte Musa
<i>RV</i>	torrente Rivo
<i>ML</i>	vallone Maiella
<i>VE</i>	torrente Verrino
<i>ZO</i>	vallone dello Zolfo
<i>CF</i>	controfosso sinistra fiume Trigno
<i>VL</i>	torrente Vella
<i>TG</i>	vallone di Monte La Teglia
<i>PD</i>	fosso di Padule
<i>BO</i>	torrente della Botte
<i>AV</i>	fosso Acquaviva
<i>GM</i>	vallone Gamberale
<i>SE</i>	torrente Sente
- gli ultimi quattro sono numerici ed individuano il numero progressivo dell'opera nell'insieme delle opere della stessa classe e pertinenti alla stessa asta fluviale; l'attribuzione del progressivo non rispecchia necessariamente alcun criterio topografico, cronologico, ecc. ma solo l'ordine con cui l'opera è stata inserita all'interno del catasto.

Ad esempio, il codice *AT_TS_0001* identifica l'opera di attraversamento del torrente Treste caratterizzata dal progressivo 0001.

3.10.4.3.3 Informazioni contenute nel catasto

Le opere idrauliche accatastate sono riportate nelle TAVOLE II.B.3.4 divise per tipologia ma senza il relativo codice per semplicità (il codice è ovviamente riportato all'interno del Sistema Informativo Territoriale).

Le opere complessivamente censite sono più di 800.

Le informazioni introdotte nel database delle opere sono le seguenti:

- *codice dell'opera*: secondo il metodo di codifica già illustrato al paragrafo precedente;
- *classe*: macrocategoria a cui appartiene l'opera (opere trasversali / longitudinali / repellenti / di attraversamento / puntuali);
- *tipo*: tipologia dell'opera (es. nel caso delle opere trasversali: traversa, briglia, soglia);
- *materiale*: materiale di cui è prevalentemente costituita l'opera;
- *ente*: soggetto realizzatore dell'opera (dato acquisito solo in rari casi);
- *epoca*: anno o periodo di realizzazione dell'opera (dato acquisito solo in rari casi);
- *funzionalità*: giudizio sull'efficienza dell'opera a svolgere la funzione per la quale è stata realizzata; questa informazione è stata in buona parte fornita a verifiche idrauliche eseguite;
- *stabilità*: giudizio sullo stato in cui versa l'opera, negativo ad esempio se questa si presenta crollata o fortemente sottoscavata;
- *note*: commenti per eventuali descrizioni non inquadrabili negli altri campi;
- *sponda*: se destra o sinistra (tranne che per le opere trasversali e di attraversamento)
- *Provincia*
- *Comune*
- *località*: desunta dalla cartografia IGM 1:25.000
- *bacino*: campo banalmente occupato dall'informazione "Trigno" ma creato allo scopo di un eventuale sviluppo del database a comprendere le opere dei bacini idrografici contermini posti sotto la stessa Autorità;
- *asta*: nome dell'asta fluviale cui attiene l'opera
- *data di acquisizione*: data dell'ultimo aggiornamento del record.

Premesso che solo attraverso il il Sistema Informativo Territoriale si può usufruire appieno del contenuto del Catasto, si è comunque ritenuto utile fornire in ALLEGATO II.B.2.4 la lista completa delle opere censite.

3.10.5 Analisi idrologica

Obiettivo dell'analisi idrologica è la caratterizzazione delle piene fluviali, in termini di portate al colmo e di forma degli idrogrammi, per tutta l'area di studio.

Riferimento fondamentale è stato lo "*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*" (Regione Molise, 2001).

Sulla base di tale studio è stato condotto in questa sede un ulteriore approfondimento, volto soprattutto ad affinare la caratterizzazione pluviometrica, utilizzando sempre il modello probabilistico TCEV (modello di valore estremo a doppia componente), e a rimuovere alcuni errori riscontrati.

La scelta di caratterizzare le portate fluviali di piena a partire dai dati di pioggia trova giustificazione nella miglior qualità e maggior numerosità spazio-temporale di questi ultimi rispetto ai dati di portata.

Il ricorso al modello statistico TCEV è giustificato dalla necessità di operare a scala di bacino per ricavare una funzione di distribuzione valida per una certa area. È infatti possibile effettuare un'efficace stima dei parametri di tipo regionale ovvero determinare i parametri utilizzando tutti i dati registrati nelle stazioni interne a una data regione, detta omogenea, nella quale si dimostra che tali parametri sono costanti.

La metodologia di determinazione dei parametri è stata articolata in modo gerarchico al fine di definire dapprima le zone omogenee al 1° livello di regionalizzazione, poi quelle al 2° per procedere infine alla stima dei parametri al 3° livello che completano la caratterizzazione pluviometrica di una data località. Nel caso in esame è stata ottenuta una zona omogenea unica sia al 1° che al 2° livello.

La scelta di caratterizzare le portate fluviali di piena a partire dai dati di pioggia trova giustificazione nella miglior qualità e maggior numerosità spazio-temporale di questi ultimi rispetto ai dati di portata.

A tal fine è stato necessario utilizzare un modello idrologico afflussi/deflussi, in grado di generare le portate per preassegnati tempi di ritorno nelle sezioni di interesse dei corsi d'acqua considerati a partire dalle CPP (curve di possibilità pluviometrica).

La scelta è ricaduta sul modello di tipo distribuito messo a punto nei due suddetti studi, che, una volta tarato su eventi reali, permette la ricostruzione degli idrogrammi di piena, per assegnati tempi di ritorno, di una qualsivoglia sezione fluviale a partire dalle CPP (curve di possibilità pluviometrica).

Risultato finale dell'analisi è la definizione degli idrogrammi di piena da impiegare successivamente nel modello idraulico di inondazione e in analisi locali. Per completezza sono state elaborate anche formule speditive (curve inviluppo) per la stima delle portate al colmo.

Anche in questa sede, sono stati assunti gli stessi valori dei parametri di taratura già ricavati allora. Solo per il grado di saturazione iniziale del suolo è stato ritenuto opportuno modificare il valore originario.

La moderna modellistica a parametri distribuiti consente l'analisi delle principali dinamiche che si verificano nel bacino idrografico applicando, a livello distribuito, le equazioni di base del bilancio idrologico.

Con tale approccio, adottando la schematizzazione spaziale a griglia (*raster*), si attribuisce ad ogni cella le informazioni relative alla morfologia del bacino, allo sviluppo del reticolo idrografico, alle caratteristiche del suolo, agli afflussi meteorici, che vengono successivamente utilizzate nelle varie equazioni di bilancio e di trasferimento per il calcolo dei deflussi nella varie sezioni dei corsi d'acqua.

Risultato finale dell'analisi è la definizione degli idrogrammi di piena da impiegare successivamente nel modello idraulico di inondazione e in analisi locali. Per completezza sono state elaborate anche formule speditive (curve inviluppo) per la stima delle portate al colmo.

Per la generazione degli idrogrammi di piena si è fatto ricorso a idrogrammi di tipo Chicago.

Le statistiche eseguite direttamente sui dati misurati agli idrometri per tutti gli anni di loro funzionamento sono risultate in buon accordo con quanto fornito dal modello, il che ci consente di fare affidamento sul suo utilizzo.

3.10.5.1 Definizione del quadro conoscitivo

3.10.5.1.1 Studi esistenti

Come già accennato il presente studio ha preso le mosse dallo “*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*” (Regione Molise, 2001)

Oltre ai dati territoriali ed idrologici di cui ai paragrafi successivi, dal suddetto studio sono state tratte le informazioni per la messa a punto del modello idrologico di trasformazione afflussi/deflussi, nonché tutte le elaborazioni statistico-probabilistiche condotte con la metodologia TCEV (Two Component Extreme Value) sui dati di pioggia e sulle portate di piena.

3.10.5.1.2 Dati territoriali

I dati territoriali utilizzati per l'analisi idrologica sono i seguenti, già omogeneizzati in coordinate UTM ED-50:

- 1) Modello digitale del terreno con passo 250x250m per la predisposizione del modello idrologico e l'individuazione del reticolo fluviale sintetico (già utilizzato nello studio citato);
- 2) Carta geologica del SINA per la caratterizzazione idrologica dei bacini (già utilizzata nello studio citato);
- 3) Carta dell'Uso del Suolo del Progetto CORINE Land Cover (già utilizzata negli studi condotti dalla Regione Molise e relativa a tutto il bacino del Trigno).

Gli strati informativi al punto 2 e 3 sono stati trasformati in mappe digitali al pari dello strato informativo 1 per essere impiegate utilmente nel modello idrologico. Le tre mappe digitali sono riportate a stampa nelle TAVOLE II.B.3.1, II.B.3.2 e II.B.3.3.

3.10.5.1.3 Dati idrologici

Sono stati utilizzati i dati delle piogge di massima intensità annuale per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore pubblicati con cadenza annuale (ultimi dati disponibili: anno 1996) dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale.

Le stazioni pluviometriche registratrici prese in esame sono 105, e coprono tutti i bacini idrografici che interessano la Regione Molise (Sangro, Trigno, Biferno e minori, Saccione, Fortore e Volturno). I dati relativi sono contenuti nell'allegato I.B.2.1 mentre la posizione geografica delle stazioni, limitatamente a quelle di interesse per il bacino oggetto di studio, è riportata nella TAVOLA II.B.3.1.

Si tratta di dati in massima parte estratti dallo studio citato al paragrafo 2.1, integrati con quelli di alcune stazioni pluviometriche precedentemente non prese in considerazione e completati estendendo le serie storiche al periodo antecedente al 1960.

3.10.5.2 Analisi dei dati pluviometrici a scala regionale

Per l'analisi statistica a livello regionale finalizzata alla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (CPP) è stato utilizzato il modello TCEV (*modello di valore estremo a doppia componente*) messo a punto nell'ambito del progetto VAPI-CNR e già impiegato nello Studio citato.

Può essere utile ricordare che nello *Studio del rischio idrogeologico nella Regione*:

- 1) furono raccolti i dati delle piogge di massima intensità annuale di 94 stazioni pluviometriche registratrici e per ognuna furono ottenute 5 distinte serie storiche (una per ogni durata di pioggia considerata);
- 2) furono selezionate le 49 stazioni aventi serie storiche di almeno 15 anni di lunghezza, ritenendole sufficientemente significative al fine di poter procedere, con l'inferenza statistica, alla determinazione della cosiddetta *curva di crescita*, ossia la legge che esprime il ritmo con cui l'altezza di pioggia di assegnata durata cresce al crescere al tempo di ritorno dell'evento (1° e 2° livello di regionalizzazione);
- 3) successivamente furono prese in considerazione le 66 stazioni aventi serie storiche di almeno 10 anni di lunghezza, ritenendole sufficientemente significative per la determinazione delle *altezze di pioggia indici*, ossia il valore atteso della pioggia massima annuale di assegnata durata in ogni stazione (3° livello di regionalizzazione);

- 4) per ognuna delle suddette 66 stazioni fu così possibile ricavare finalmente la relativa CPP (*curva di probabilità pluviometrica*): formula che sintetizza le caratteristiche climatiche locali in riguardo agli eventi estremi di pioggia e alla loro probabilità di manifestarsi.

Ciò premesso, in questa sede:

1. è stata adottata la stessa curva di crescita già calcolata nello Studio precedente, ma furono estese le serie storiche delle stazioni afferenti al bacino del Trigno comprendendovi i dati antecedenti al 1960, al fine di raffinare il calcolo delle altezze di pioggia indici e quindi in ultima analisi delle CPP di tali stazioni;
2. è stata ancora una volta adottata la curva di crescita ricavata nel primo Studio al 2° livello di regionalizzazione;
3. col nuovo set di dati pluviometrici ampliato e completato così come descritto al paragrafo 2.3 per un totale di 105 stazioni, è stato possibile selezionare ben 79 stazioni aventi serie storiche di almeno 10 anni di lunghezza, al fine della determinazione delle *altezze di pioggia indici* (3° livello di regionalizzazione);
4. per ognuna delle suddette 79 stazioni sono state calcolate le CPP.

Si è ottenuto pertanto un aumento dell'informazione pluviometrica sia in termini di qualità che di quantità. La posizione geografica delle stazioni pluviometriche di interesse per il bacino oggetto di studio è riportata nella tavola II.B.3.1, evidenziando le stazioni per le quali è stata calcolata la CPP.

3.10.5.2.1 Cenni sul modello TCEV

Per quanto la parte fondamentale dell'inferenza statistica, e cioè la determinazione dei parametri al 1° e 2° livello di regionalizzazione, sia stata condotta nello Studio precedente al quale si rimanda per ogni approfondimento, si ritiene opportuno ricordare in breve gli aspetti essenziali del modello TCEV.

Un modello statistico TCEV è particolarmente indicato quando si deve operare a scala di bacino per ricavare una funzione di distribuzione valida per una certa area. È infatti possibile effettuare un'efficace stima dei parametri di tipo regionale ovvero determinare i parametri utilizzando tutti i dati registrati nelle stazioni interne a una data regione, detta *omogenea*, nella quale si dimostra che tali parametri sono *costanti*. A tale scopo per la stima dei parametri si adotta uno stimatore ML (massima verosimiglianza) di tipo regionale.

La metodologia di determinazione dei parametri è articolata in modo gerarchico al fine di definire dapprima le zone omogenee al 1° livello di regionalizzazione, poi quelle al 2° per procedere infine alla stima dei parametri al 3° livello che completano la caratterizzazione pluviometrica di una data località.

Presupposto del modello TCEV è che i valori registrati durante gli eventi provengano da due distinte popolazioni, la prima detta *componente di base*, la seconda detta *componente straordinaria*. La componente straordinaria dà origine a quei valori che si verificano raramente ma con intensità vistosamente superiore rispetto alla media. In presenza di tali valori i coefficienti di asimmetria delle serie storiche risultano talmente elevati che i classici modelli di tipo Gumbel non possono adattarsi con successo.

Il modello TCEV è caratterizzato da 4 parametri, Λ_1 e θ_1 , relativi alla componente di base (rispettivamente numero di eventi medio annuo e media della componente di base), Λ_2 e θ_2 , relativi alla componente straordinaria. La funzione di distribuzione di probabilità cumulata (*PDF*) del modello ha la seguente espressione:

$$P(x_d) = \exp(-\Lambda_1 \exp(-x_d/\theta_1) - \Lambda_2 \exp(-x_d/\theta_2))$$

dove:

- $P(x_d)$ = probabilità di avere un evento di intensità minore di x_d ;
- x_d = altezza di pioggia massima annuale di assegnata durata d ;
- $\Lambda_1, \theta_1, \Lambda_2$ e θ_2 sono i quattro parametri della TCEV.

Si dimostra che il *coefficiente di asimmetria* G dipende solo dai parametri Λ^* e θ^* così definiti:

$$\Lambda^* = \Lambda_2 / (\Lambda_1^{1/\theta^*})$$

$$\theta^* = \theta_2 / \theta_1.$$

mentre il *coefficiente di variazione* CV dipende, in aggiunta, anche dal parametro Λ_1 .

Sulla base della stima regionale dei parametri è possibile definire delle zone all'interno delle quali il valore dell'asimmetria G viene assunto come costante e risultano quindi costanti anche i parametri Λ^* e θ^* che lo determinano. Tali zone sono dette *zone omogenee al 1° livello di regionalizzazione*. All'interno di tali zone omogenee si possono individuare delle sottoregioni in cui anche il valore del coefficiente di variazione CV risulta costante: si definiscono così le *sottozone omogenee al 2° livello di regionalizzazione*.

È dimostrabile che il rapporto tra la variabile aleatoria "altezza di pioggia massima annuale di assegnata durata" X_d ed il suo valore atteso $E[X_d]$ (*pioggia indice*) risulta identicamente distribuito in una sottozona omogenea al 2° livello. Tale rapporto, esplicitato rispetto al *tempo di ritorno* T così definito:

$$T = \frac{1}{1 - P(X_d)}$$

rappresenta la cosiddetta *curva di crescita* K_T :

$$K_T = \frac{X_d(T)}{E[X_d]}$$

la quale indica il ritmo con cui le piogge si fanno più intense all'aumentare del tempo di ritorno. Pertanto ogni sottozona omogenea è caratterizzata da una propria curva di crescita.

La verifica della ipotesi di omogeneità viene condotta in genere confrontando le distribuzioni, campionarie e teoriche, dell'asimmetria G e del coefficiente di variazione CV , sia al primo che al secondo livello di regionalizzazione. Per la stima della distribuzione teorica del coefficiente di asimmetria e del coefficiente di variazione si ricorre a tecniche di generazione del tipo Montecarlo.

3.10.5.2.2 L'inferenza statistica regionale

Nel citato "*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*", l'analisi statistica a livello regionale dimostrò la validità dell'ipotesi che tutta l'area esaminata costituisse una unica zona omogenea tanto al 1° quanto al 2° livello di regionalizzazione, caratterizzata quindi da un unico set di parametri Λ^* , θ^* , Λ_1 e conseguentemente da un'unica curva di crescita K_T . Tali parametri sono quelli riportati nella seguente Tabella

Λ^*	θ^*	Λ_1
0.13	2.40	20.39

Parametri del modello TCEV delle piogge al 1° e 2° livello di regionalizzazione

I valori dei parametri ricavati sono in accordo anche con quanto fu in precedenza ricavato nel “Piano Straordinario delle Aree a Rischio Idrogeologico Molto Elevato” dell’Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore.

La curva di crescita è tabulata per alcuni tempi di ritorno caratteristici nella seguente Tabella

Tempo di ritorno (anni)	K_T
1.33	0.723
2	0.918
10	1.494
30	1.911
100	2.471
200	2.849
500	3.389
1000	3.811
5000	4.806

Valori del parametro K_T delle piogge al variare del tempo di ritorno

Si rimanda ai grafici contenuti nello “Studio del rischio idrogeologico nella Regione” per la dimostrazione della bontà dell’adattamento del modello alla realtà.

Nell’allegato II.B.2.1 sono riportati i valori dei parametri $\Lambda_1, \theta_1, \Lambda_2, \theta_2$ e il valore dei percentili per vari tempi di ritorno, calcolati per le 79 stazioni analizzate al 3° livello.

3.10.5.2.3 Calcolo delle curve di possibilità pluviometrica

Sulla base dei risultati dell’analisi statistica sono state ricavate per ciascuna stazione analizzata al 3° livello le curve di possibilità pluviometrica (CPP).

Dalla definizione di K_T si ha:

$$x_d(T) = K_T E[X_d]$$

e pertanto, approssimando le espressioni della curva di crescita K_T e della pioggia indice $E[X_d]$ a leggi di potenza nella forma:

$$\begin{aligned} K_T &= a' T^m \\ E[X_d] &= a' d^n \end{aligned}$$

si ottiene l’espressione monomia delle CPP:

$$x(d,T) = a' d^n T^m$$

dove d è la durata della pioggia in ore, T il tempo di ritorno in anni, $x(d,T)$ la corrispondente altezza di pioggia, $a'=(a'a'')$, n ed m parametri della località considerata che vengono pertanto ricavati per ciascuna stazione.

La stima di a' ed n per ciascuna stazione avviene per regressione lineare sulle piogge indici di durate da 1 a 24 ore per ciascuna stazione. Le piogge indici e i parametri a' ed n di ciascuna stazione sono tabulati in allegato II.B.2.1.

La stima di a'' ed m , parametri comuni a tutte le stazioni in quanto è unica la zona omogenea al 2°livello e la curva di crescita, avviene per regressioni lineari sui valori di K_T (vedi tabella 2) relativi al campo di tempi di ritorno di interesse per la successiva modellazione idrologico-idraulica (da 10 a 500 anni).

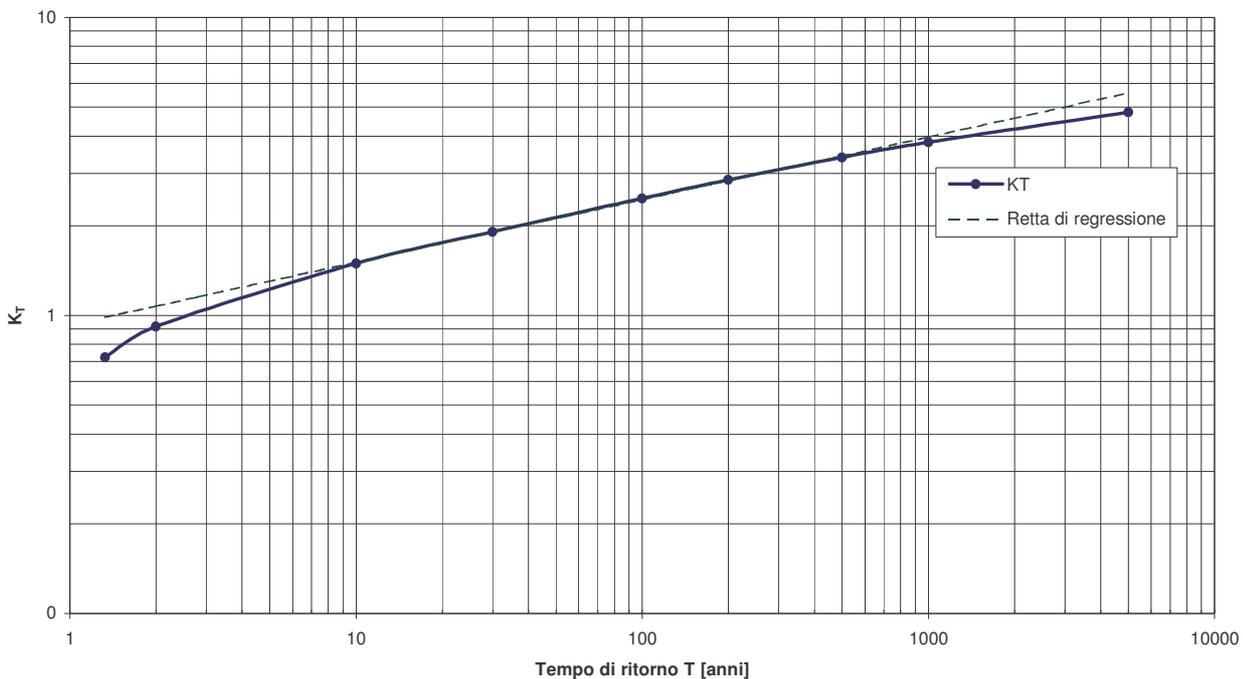
Tali parametri sono riportati nella seguente Tabella

a''	m
0.9297	0.2101

Valori dei parametri della curva di crescita delle piogge K_T

La curva K_T e la sua retta di regressione sono riportate nella seguente Figura

Regressione lineare della funzione K_T sulla curva $K_T=a''T^m$



Curva di crescita delle piogge e sua regressione lineare

Nell'allegato II.B.2.1 si riportano i valori dei parametri delle CPP per durate superiori all'ora per tutte le 79 stazioni pluviometriche considerate in questo studio.

3.10.5.3 Analisi dei dati idrometrici a scala regionale

I dati sulle piene fluviali misurate (portate al colmo massime annuali registrate agli idrometrografi), riportati nell'allegato II.B.2.1, non sono stati oggetto di ulteriore elaborazione rispetto a quella eseguita nel contesto dello "Studio del rischio idrogeologico nella Regione" poiché sostanzialmente già completi e non necessitanti di integrazioni.

Pertanto, per l'analisi statistica delle portate al colmo di piena massime annuali dei dati idrometrici a scala regionale si rimanda al citato Studio per ogni approfondimento. In questa sede ci limitiamo a descrivere brevemente le principali evidenze dello Studio.

Anche in questo caso, come per i dati di pioggia, si procedette all'applicazione del modello TCEV e precisamente:

1. furono complessivamente censite 26 stazioni, localizzate sulle aste principali dei bacini molisani e confinanti (Sangro, Trigno, Biferno, Fortore, Volturno);
2. delle suddette ne furono selezionate 18 ai fini dell'inferenza statistica al 1° e 2° livello (calcolo delle *curve di crescita delle portate*), ossia quelle le cui serie storiche avessero una lunghezza di almeno 10 anni, ritenendole sufficientemente significative;
3. furono infine selezionate 22 stazioni idrometriche, le cui serie fossero lunghe almeno 5 anni, ritenute sufficientemente significative ai fini del calcolo della *portata indice*, e di esse furono ricavati i parametri al 3° livello.

La posizione geografica delle stazioni idrometriche, limitatamente a quelle di interesse per il bacino oggetto di studio, è riportata nella tavola II.B.3.1

Per l'espressione della TCEV, le definizioni di *portata indice* e di *curva di crescita delle portate*, si faccia riferimento a quanto corrispondentemente indicato al precedente capitolo 3 per le piogge, con l'avvertenza di considerare, in luogo della variabile aleatoria X_d la variabile Q (*portata al colmo di piena massima annuale*).

3.10.5.3.1 L'inferenza statistica regionale

Nello Studio anzi citato fu riscontrata valida l'ipotesi di una unica zona omogenea tanto al 1° quanto al 2° livello, e quindi di un'unica *curva di crescita delle portate*. I parametri della TCEV per le portate ricavati nell'ambito dello al 1° e 2° livello di regionalizzazione sono riportati nella seguente Tabella

Λ^*	θ^*	Λ_1
0.12	3.29	7.85

Parametri della TCEV portate al 1° e 2° livello di regionalizzazione

La curva di crescita è tabulata per alcuni tempi di ritorno caratteristici nella seguente

Tempo di ritorno (anni)	K_T
1.33	0.613
72	0.869
10	1.666
30	2.365
100	3.479
200	4.223
500	5.228
1000	5.987

Valori del parametro K_T delle portate al variare del tempo di ritorno

Si rimanda ai grafici contenuti nello “*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*” per la dimostrazione della bontà dell'adattamento del modello alla realtà.

Come per i parametri della TCEV piogge, anche in questo caso i risultati dello Studio sono sostanzialmente in linea con quelli degli studi per la redazione del “*Piano Straordinario delle Aree a Rischio Idrogeologico Molto Elevato*” condotto dall'Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore a seguito dell'emanazione del D.L. 180/98. Le leggere discrepanze derivano dal fatto che nel Piano ex D.L. 180/98 la base di dati era più larga, comprendendovi

numerose stazioni idrometriche abruzzesi, mediando quindi le particolarità dei bacini molisani con quelle dei bacini abruzzesi.

Nell'allegato II.B.2.1 sono riportati i valori dei percentili per vari tempi di ritorno, calcolati per le 22 stazioni analizzate al 3° livello.

3.10.5.4 La modellistica idrologica

La simulazione dei fenomeni idrologici è stata condotta mediante la modellistica a parametri distribuiti che consente l'analisi delle principali dinamiche che si verificano nel bacino idrografico applicando, a livello distribuito, le equazioni di base del bilancio idrologico.

Con tale approccio, adottando la schematizzazione spaziale a griglia (*raster*), si attribuisce ad ogni cella le informazioni relative alla morfologia del bacino, allo sviluppo del reticolo idrografico, alle caratteristiche del suolo, agli afflussi meteorici, che vengono successivamente utilizzate nelle varie equazioni di bilancio e di trasferimento per il calcolo dei deflussi nella varie sezioni dei corsi d'acqua.

A differenza dei modelli classici di tipo integrato, i modelli di tipo distribuito consentono una rappresentazione dei fenomeni idrologici più corretta da un punto di vista fisico, conservandone le caratteristiche di variabilità spazio-temporale; per contro, necessitano di un livello informativo molto più dettagliato e oneri di calcolo maggiori.

Di seguito si descrive il modello adottato per l'analisi idrologica del bacino considerato, premettendo quanto segue:

- il livello informativo disponibile consente l'applicazione del modello a parametri distribuiti su tutto il bacino in esame;
- il modello necessita delle operazioni di *taratura* su eventi reali, attraverso le quali vengono determinati i valori dei *parametri* che consentono al modello di interpretare al meglio la risposta idrologica del bacino;
- una volta tarato, il modello può essere utilizzato per la simulazione di scenari idrologici che, sulla base delle curve di possibilità pluviometrica, consentono il calcolo degli idrogrammi di piena per i prefissati tempi di ritorno in una qualsivoglia sezione del reticolo idrografico.

3.10.5.4.1 Il modello idrologico distribuito

Come già richiamato, il modello necessita di una serie di mappe relative alle grandezze idrologiche e geomorfologiche. La redazione delle mappe relative alle grandezze idrologiche viene in genere condotta a partire dalla geolitologia del bacino attribuendo a ciascun tipo di suolo o formazione geologica dei valori di riferimento e una data variabilità spaziale. Per i dati geografici si utilizza un modello digitale del terreno (DTM) di maglia adeguata a consentire l'individuazione delle linee di imfluvio e una corretta individuazione dei bacini imbriferi.

Il modello riceve in input i dati di precipitazione in una serie di stazioni ricadenti nel bacino o limitrofe ad esso. Tali dati puntuali possono essere distribuiti spazialmente con diverse metodologie (es. metodo dei topoi).

La taratura del modello viene effettuata sulla base di eventi noti ove, oltre alle precipitazioni, siano disponibili i dati di portata in una o più sezioni del bacino.

Il modello idrologico utilizzato può essere classificato come *distribuito* in quanto i parametri sono definiti per ognuna delle singole celle. Dal punto di vista concettuale il modello valuta dapprima la

formazione del deflusso superficiale mediante la simulazione del fenomeno dell'intercettazione e, successivamente, il trasferimento di tale deflusso sino alla sezione di chiusura.

Il modello che simula il fenomeno dell'intercettazione calcola il deflusso superficiale di ciascuna cella, considerando sia la capacità di ritenuta del suolo che la velocità di infiltrazione a saturazione. Il modello mette in conto anche la componente di deflusso ipodermico che raggiunge il reticolo con tempi maggiori rispetto al deflusso superficiale.

La simulazione delle modalità di trasferimento del deflusso superficiale si basa sulla schematizzazione del fenomeno mediante una componente di tipo cinematico e su una di tipo "serbatoio lineare" (modello tipo *Clark*).

Il tempo di trasferimento per ciascuna cella, dipendente da entrambi i fenomeni sopra richiamati, è stimato in funzione della sua distanza dalla foce.

3.10.5.4.2 Le caratteristiche geografiche e idrologiche

Come accennato in precedenza, il modello richiede la conoscenza della precipitazione per ciascuna cella del bacino. Poiché le precipitazioni sono note come valori puntuali alle stazioni di misura, è necessario procedere alla definizione di una distribuzione spaziale della precipitazione. Un criterio classico è rappresentato dal metodo dei topoietai o di Thiessen.

Le basi di dati territoriali, richiamate già in precedenza, sono costituite da:

- modello digitale del terreno (DTM) 250x250 m, al fine del calcolo del raster dei puntatori;
- mappa digitale 250x250 m dell'uso del suolo ricavata dal Progetto CORINE Land Cover;
- mappa digitale 250x250 m delle formazioni geo-litologiche del SINA.

Il *raster* dei puntatori idrologici e dei tempi di trasferimento sono stati elaborati a partire dal DTM 250x250m. Il *raster* dei puntatori indica la direzione del deflusso superficiale e viene ricavato assumendo che ogni cella versi nella cella vicina a quota minore.

I tempi di trasferimento sono stati valutati nella ipotesi che la velocità di trasferimento nella singola sezione sia proporzionale all'area del bacino a monte elevata all'esponente 0.3 come ricavato nella fase di taratura del modello idrologico.

Il legame funzionale è quindi del tipo:

$$v = MT A^{0.3}$$

dove v è la velocità di trasferimento in m/s, A è l'area del bacino a monte espresso in km^2 mentre MT è un parametro di scala stimato in fase di taratura del modello (vedi oltre).

Sulla base delle coordinate UTM-E e UTM-N delle stazioni pluviometriche utilizzate per la stima delle curve di possibilità pluviometrica è stata ricavata la mappa dei topoietai.

Dalle mappe della geo-litologia e dell'uso del suolo, attraverso la stima dei parametri idraulici delle diverse formazioni corrette in base alle diverse coperture del suolo, vengono ricavate le mappe distribuite riguardanti la capacità di massima ritenuta del suolo SC e la velocità di infiltrazione a saturazione K_s .

Tale procedimento, seppur basato su tabelle riportate in letteratura, presenta lati evidentemente deboli, dato che le caratteristiche idrauliche del suolo dipendono da un'ampia gamma di fattori, e presentano una propria variabilità spaziale così alta da mascherare correlazioni e dipendenze con altre caratteristiche fisiche.

Malgrado tale incertezza, la derivazione a livello distribuito dei parametri idraulici rappresenta comunque un miglioramento rispetto all'assegnazione o alla taratura di valori *lumped*, cioè validi a livello di intero bacino, in quanto permette un'efficace riproduzione della varianza delle grandezze idrologiche che è dimostrato influenzare soprattutto la risposta del bacino agli eventi meteorici critici. Ci si svincola cioè da una visione eccessivamente deterministica delle caratteristiche idrauliche del suolo, descrivendone in senso spaziale la dispersione intorno ai valori medi.

La capacità di ritenuta del suolo (indicata con SC, *Storage Capacity*), ossia il volume di potenziale accumulo idrico viene inizialmente stimata in funzione delle caratteristiche geo-litologiche. La seguente Tabella permette l'associazione ad ogni classe geo-litologica del valore medio (SC media) e della sua deviazione standard (SC std dev).

Classe	Descrizione della geolitologia	SC media [mm]	SC std.dev. [mm]
1	Accumuli detritici, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali (Olocene)	0.01	0.01
2	Alluvioni terrazzate (Olocene)	100	100
3	Accumuli detritici, depositi alluvionali, fluviolacustri e fluvioglaciali (Pleistocene)	100	100
4	Sabbie e conglomerati (Pleistocene)	80	80
5	Argille [es. argille di Bradano, argille subappennine] (Pleistocene)	60	60
6	Depositi prevalentemente lacustri e fluviolacustri [Villafranchiano Auct. p.p.] (Pleistocene-Pliocene)	80	80
7	Argille (Pleistocene-Pliocene)	60	60
8	Sabbie e conglomerati [es.sabbie gialle] (Pliocene)	80	80
9	Argille e marne, a luoghi con olistromi [es. argille azzurre, argille subappennine] (Pliocene)	60	60
10	Arenarie (anche torbiditiche) ed argille, a luoghi con evaporiti [es.formazione del Toma] (Miocene Superiore)	60	60
11	Formazione gessoso-solfifera (Miocene Superiore)	0.01	0.01
12	Calcari organogeni e biodetritici e calcareniti di facies neritica e di piattaforma (Miocene medio-inferiore)	250	250
13	Arenacee e marnose arenacee e [es.arenarie di Caiazzo] (Miocene medio-inferiore)	60	60
14	Calcareo-marnose [es. formazione della Daunia] (Miocene medio-inferiore)	200	200
15	Marne e marne calcaree con apporti detritici, di facies di scarpata (Paleocene)	100	100
16	Argillose ed argilloso-calcaree [es.argille varicolori] (Paleocene)	100	100
17	Calcari e calcari marnosi, talora con selce, con apporti detritici di facies di scarpata (Paleocene-Cretacico sup.)	40	40
18	Calcari organici e biodetritici, talvolta dolomitici, di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico Superiore)	500	500
19	Calcari e calcari biodetritici di facies neritica e di piattaforma (Cretacico Superiore)	500	500
20	Calcari e calcari biodetritici di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico-Giurassico Superiore)	500	500
21	Calcari e subordinatamente dolomie cristalline di facies di piattaforma carbonatica (Giurassico)	160	160
22	Laghi e Ghiacciai	0.01	0.01

Capacità di ritenuta (SC) per ciascuna classe geo-litologica

Alla capacità di ritenuta propria del suolo SC, ricavata in base della precedente tabella, viene aggiunta un'ulteriore quota di potenziale accumulo SC_u riconducibile al fattore uso del suolo. Tale contributo rispecchia prevalentemente la capacità di intercettazione propria della vegetazione: non si tratta quindi di una modificazione della capacità di accumulo del suolo precedentemente stimata, quanto piuttosto di una possibile quantificazione di un fenomeno legato alla copertura vegetale. L'effetto è comunque, nell'ottica del modello idrologico utilizzato, equivalente ad una

maggiorazione della capacità di ritenuta, e come tale viene computato. Anche in questo caso vengono riportati nella seguente Tabella per ogni classe, un valore medio e la sua deviazione standard.

Classe	Descrizione dell'uso del suolo	SC _u media [mm]	SC _u std.dev [mm]
1	Tessuto urbano continuo	0.01	0.01
3	Aree industriali o commerciali	0.01	0.01
3	Aree estrattive	0.01	0.01
4	Seminativi in arre irrigue	5	5
5	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali	8	8
76	Boschi di latifoglie	5	5
7	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	7	7
9	Aree con vegetazione rada	5	5
8	Bacini di acqua	0.01	0.01

Capacità di ritenuta aggiuntiva SC_u per ciascuna classe di uso del suolo

Anche per quanto riguarda la velocità di infiltrazione a saturazione (indicata con K_s), ossia la velocità con cui l'acqua accumulata nel suolo penetra negli strati profondi del sottosuolo, essa viene inizialmente stimata dalle caratteristiche geolitologiche. Di seguito viene riportata una seguente che mette in relazione tali caratteristiche con i valori medi e la deviazione standard del suddetto fattore.

Si preavverte che per le litologie di tipo calcareo (classi da 17 a 21) il valore di K_s riportato in Tabella seguente è stato talvolta oggetto di maggiorazione per tener conto delle peculiarità dei fenomeni che spesso interessano tali classi: è questo il caso del massiccio montuoso del Matese, dominato da fenomeni diffusi di carsismo. Nel modello idrologico, in tali casi, si è fatto ricorso ai valori indicati in Tabella 24.

Classe	Descrizione della geolitologia	K _s media [mm/h]	K _s std.dev. [mm/h]
1	Accumuli detritici, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali (Olocene)	0.35	0.35
2	Alluvioni terrazzate (Olocene)	0.05	0.05
3	Accumuli detritici, depositi alluvionali, fluviolacustri e fluvioglaciali (Pleistocene)	0.15	0.15
4	Sabbie e conglomerati (Pleistocene)	0.3	0.3
5	Argille [es. argille di Bradano, argille subappennine] (Pleistocene)	0.5	0.5
6	Depositi prevalentemente lacustri e fluviolacustri [Villafranchiano Auct. p.p.] (Pleistocene-Pliocene)	0.1	0.1
7	Argille (Pleistocene-Pliocene)	0.45	0.45
8	Sabbie e conglomerati [es.sabbie gialle] (Pliocene)	0.3	0.3
9	Argille e marne, a luoghi con olistromi [es. argille azzurre, argille subappennine] (Pliocene)	0.1	0.1
10	Arenarie (anche torbiditiche) ed argille, a luoghi con evaporiti [es.formazione del Toma] (Miocene Superiore)	0.3	0.3
11	Formazione gessoso-solfifera (Miocene Superiore)	0.05	0.05
12	Calcari organogeni e biodetritici e calcareniti di facies neritica e di piattaforma (Miocene medio-inferiore)	0.6	0.6
13	Arenacee e marnose arenacee e [es.arenarie di Caiazzo] (Miocene medio-inferiore)	0.3	0.3
14	Calcareo-marnose [es. formazione della Daunia] (Miocene medio-inferiore)	0.55	0.55
15	Marne e marne calcaree con apporti detritici, di facies di scarpata (Paleocene)	0.3	0.3
16	Argillose ed argilloso-calcaree [es.argille varicolori] (Paleocene)	0.12	0.12

17	Calcari e calcari marnosi, talora con selce, con apporti detritici di facies di scarpata (Paleocene-Cretacico sup.)	0.6	0.6
18	Calcari organici e biodetritici, talvolta dolomitici, di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico Superiore)	7.5	7.5
19	Calcari e calcari biodetritici di facies neritica e di piattaforma (Cretacico Superiore)	7.5	7.5
20	Calcari e calcari biodetritici di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico-Giurassico Superiore)	7.5	7.5
21	Calcari e subordinatamente dolomie cristalline di facies di piattaforma carbonatica (Giurassico)	5.5	5.5
22	Laghi e Ghiacciai	0.01	0.01

Velocità di infiltrazione a saturazione (Ks) per ciascuna classe geo-litologica

Classe	Descrizione della geolitologia	Ks media [mm/h]	Ks std.dev. [mm/h]
17	Calcari e calcari marnosi, talora con selce, con apporti detritici di facies di scarpata (Paleocene-Cretacico sup.)	12	2.4
18	Calcari organici e biodetritici, talvolta dolomitici, di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico Superiore)	150	30
19	Calcari e calcari biodetritici di facies neritica e di piattaforma (Cretacico Superiore)	150	30
20	Calcari e calcari biodetritici di facies di piattaforma carbonatica (Cretacico-Giurassico Superiore)	150	30
21	Calcari e subordinatamente dolomie cristalline di facies di piattaforma carbonatica (Giurassico)	110	22

Velocità di infiltrazione a saturazione (Ks) adottate per alcune specifiche classi geo-litologiche in presenza di fenomeni di carsismo (valori effettivi post-taratura)

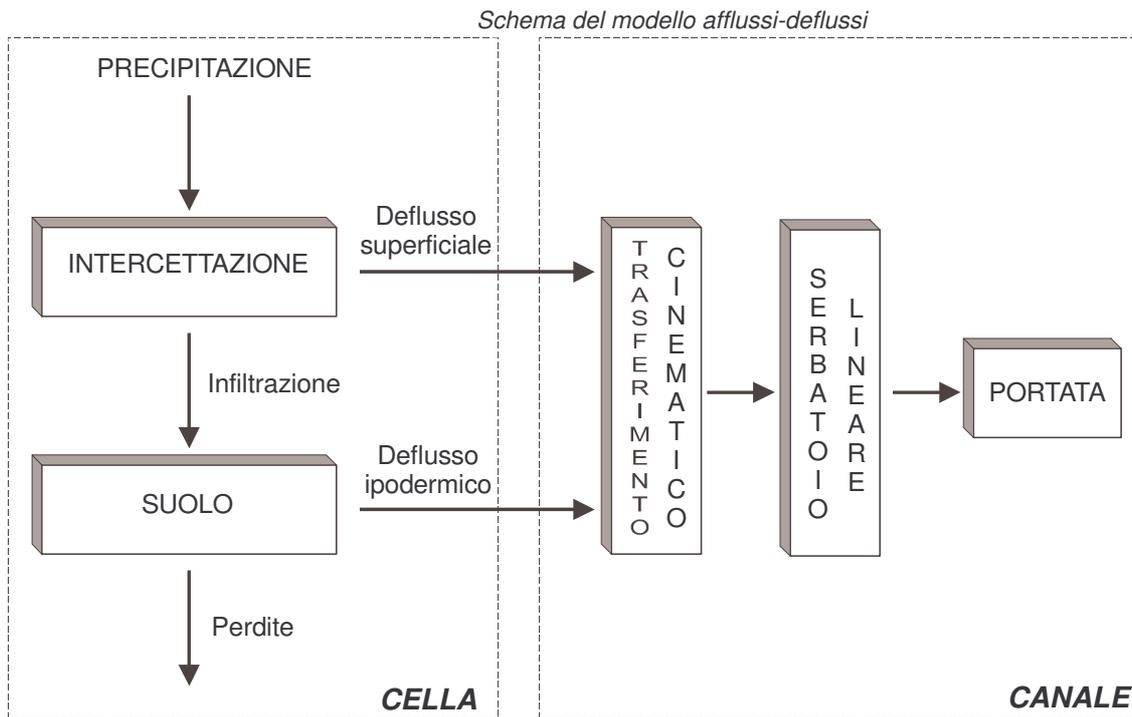
La velocità di infiltrazione a saturazione così calcolata è stata corretta per tener conto della presenza/assenza di copertura vegetale ovvero di aree impermeabilizzate moltiplicandola per un fattore variabile K_{su} dipendente dall'uso del suolo come riportato nella Tabella seguente

Classe	Descrizione dell'uso del suolo	K_{su} media [-]	K_{su} std.dev. [-]
1	Tessuto urbano continuo	0.3	0.15
3	Aree industriali o commerciali	0.2	0.1
3	Aree estrattive	1	0.5
4	Seminativi in arre irrigue	1.3	0.65
5	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali	1.2	0.6
76	Boschi di latifoglie	1.2	0.6
7	Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	1	0.5
9	Aree con vegetazione rada	1	0.5
8	Bacini di acqua	0.01	0.005

Moltiplicatore K_{su} della velocità di infiltrazione per ciascuna classe di uso del suolo

3.10.5.4.3 Le fasi computazionali

Il calcolo viene condotto per ciascuna cella e per tutti i passi temporali secondo le seguenti fasi:



- *intercettazione*: in questa fase si effettua una stima della quantità di acqua che viene comunque sottratta al deflusso superficiale. La stima è riferita ad una componente iniziale che comprende le varie perdite per intercettazione (vegetazione, assorbimento del suolo) e ad una componente a regime riferita alla capacità di infiltrazione a saturazione.
- *suolo*: in questa fase si ricostruisce il bilancio idrologico del suolo, valutando la quantità d'acqua che va ad alimentare il volume profondo e la componente del deflusso ipodermico.
- *canale*: in questa fase si simula il trasferimento del deflusso superficiale e di quello ipodermico dalla singola cella alla sezione di chiusura.

All'inizio dell'evento di precipitazione una parte della pioggia si infila nel suolo, fino a saturare la capacità di ritenuta del suolo. Saturato tale volume, l'acqua continua a infiltrare nel suolo con un tasso definito dalla velocità di infiltrazione. Se l'afflusso eccede la velocità di infiltrazione si ha deflusso superficiale verso il canale. Tale deflusso contribuisce alla portata con un ritardo dettato dal modello di trasferimento.

Il bilancio del serbatoio "suolo" tiene pertanto conto da una parte dell'afflusso per infiltrazione, dall'altra delle perdite. Le perdite sono tali che per suolo saturo la quantità di acqua che si infila nel suolo sia pari alla velocità di infiltrazione.

Sulla base di quanto esposto, il modello necessita della definizione dei seguenti parametri validi su tutto il bacino:

- 1) *Grado di saturazione iniziale*: rappresenta la percentuale di acqua presente nel volume gravitazionale di suolo;
- 2) *Coefficiente di ripartizione cinematico- serbatoio lineare*: esprime il peso relativo del tempo di ritardo attribuibile alla componente cinematica e alla componente di serbatoio lineare;
- 3) *Velocità di trasferimento* [m/s]: rappresenta la velocità con cui il deflusso superficiale generato nella singola cella si trasferisce alla sezione di chiusura:

La *capacità di ritenuta* in [mm], ovvero la quantità di acqua che può essere immagazzinata nella parte gravitazionale del suolo (corrisponde al grado di saturazione uguale a 1) e la *velocità di*

infiltrazione a saturazione [mm/h] che rappresenta la velocità di infiltrazione nel suolo in condizioni di saturazione (grado di saturazione uguale a 1) sono definite dalle mappe raster relative. Per quanto riguarda il deflusso ipodermico si assume che esso sia funzione della velocità di filtrazione a saturazione moltiplicata per un fattore 10^3 .

Il modello prevede comunque parametri moltiplicativi per calibrare il valore medio di tali grandezze su tutto il bacino nella sola fase di taratura. A questi si aggiungono i coefficienti della formula per il ragguaglio all'area che saranno definiti in seguito.

3.10.5.4.4 Algoritmo di calcolo

Con riferimento alle variabili elencate nella TABELLA seguente si riportano di seguito i principali calcoli effettuati dal programma per ciascuna cella costituente il bacino:

Simbolo	Significato	unità di misura
Pi_k	valore dell'afflusso (precipitazione) per la singola cella al passo k-esimo	[mm/h]
Δt	passo temporale	[h]
SC	valore del raster della capacità di ritenuta del suolo (<i>storage capacity</i>)	[mm]
KL	valore del raster della velocità di infiltrazione a saturazione	[mm/h]
RI	coefficiente moltiplicativo del raster della capacità di ritenuta del suolo	[/]
IN	coefficiente moltiplicativo della velocità di infiltrazione a saturazione	[/]
IP	coefficiente moltiplicativo della componente ipodermica	[/]
T	valore del raster dei tempi di trasferimento	[h]
$T_c = CI T$	valore del raster dei tempi di trasferimento o di risposta secondo lo schema cinematico	[h]
$T_i = (1 - CI) T / MT$	valore del raster dei tempi di trasferimento secondo lo schema di trasferimento di invaso	[h]
MT	coefficiente moltiplicativo della velocità di trasferimento	[/]
CI	coefficiente ripartizione cinematico-invaso	[/]
$\theta_{max} = RI SC$	valore distribuito della capacità di ritenuta massima del suolo (volume utile del suolo)	[mm]
$K_s = IN KL$	valore distribuito della velocità di infiltrazione a saturazione (o permeabilità)	[mm/h]
$\tau_c = T_c / MT$	valore distribuito dei tempi di trasferimento secondo il metodo cinematico	[h]
$\tau_i = T_i / MT$	valore distribuito dei tempi di trasferimento secondo il metodo dell'invaso	[h]
$C_s = 1 / \tau_i$	valore distribuito della costante di esaurimento del serbatoio lineare	[1/h]
α_o	frazione di volume di suolo inizialmente occupata da acqua (stato di umidità iniziale)	[/]
θ_o	contenuto di acqua nel suolo nello stato iniziale	[mm]
$K = IP(1000KL/dx)$	coefficiente di deflusso ipodermico	[1/h]
Dx	Dimensioni della cella del raster	[m]
θ_k	contenuto di acqua nel suolo al passo k-esimo	[mm]
I_{eff}	Infiltrazione effettiva	[mm/h]
Q_{1k}	Contributo verso il reticolo al passo k-esimo	[mm/h]
φ_k	volume d'acqua invasata nel reticolo	[mm]
Q_k	Contributo alla foce passo k-esimo	[mm/h]

Elenco delle variabili utilizzate dal modello afflussi-deflussi

- 1) L'afflusso sulla singola cella, Pi_k [mm/h] è determinato con il metodo dei topoi;eti;

- 2) Il suolo è assimilato a un serbatoio lineare che si riempie in ragione della precipitazione (di intensità costante sul passo di bilancio) e si svuota in ragione della percolazione, K_s [mm/h], e del deflusso ipodermico regolato dal parametro K [1/h].
- 3) L'equazione di continuità, da cui si ricava il contenuto di acqua nel suolo da un passo a quello successivo, è esprimibile in forma differenziale nel seguente modo:

$$\Delta\theta = \theta_{k+1} - \theta_k = \left(P_i - K_s - K \cdot \frac{\theta_{k+1} + \theta_k}{2} \right) dt$$

$$\Rightarrow \frac{\theta_{k+1}}{dt} + \frac{K}{2} \cdot \theta_{k+1} = \frac{\theta_k}{dt} - \frac{K}{2} \cdot \theta_k + P_i - K_s$$

$$\theta_{k+1} = \left(\frac{\left(\frac{1}{dt} - \frac{K}{2} \right) \theta_k + P_i - K_s}{\frac{1}{dt} + \frac{K}{2}} \right)$$

- 4) Il contenuto di acqua nel suolo all'inizio θ_o [mm] è uguale a $\alpha_o \theta_{max}$ dove α_o è il grado di saturazione iniziale. Il valore del contenuto di acqua nel suolo è limitato tra 0 e θ_{max} , pertanto si possono distinguere tre casi:

- *essiccamento del suolo:*

$$\theta_{k+1} = 0$$

$$Q_{1k} = \theta_k / dt + P_i - K_s$$

$$I_{eff} = K_s$$

- *saturazione del suolo:*

$$\theta_{k+1} = \theta_{max}$$

$$Q_{1k} = 0$$

$$I_{eff} = \theta_k / dt + P_i - K_s$$

- *caso intermedio:*

$$0 < \theta_{k+1} < \theta_{max}$$

$$Q_{1k} = (\theta_k - \theta_{max}) / dt + P_i - K_s$$

$$I_{eff} = K_s$$

Il modello di trasferimento nel reticolo è costituito da una componente di invaso e da una componente cinematica poste in serie. La componente di invaso è caratterizzata dalla seguente espressione:

$$\varphi_{k+1} = \left(\frac{\left(\frac{1}{dt} - \frac{C_s}{2} \right) \varphi_k + Q_{1k}}{\frac{1}{dt} + \frac{C_s}{2}} \right)$$

dove C_s . [1/h] è il parametro del serbatoio calcolato come $1/\tau_i$ e φ_k il volume d'acqua nel reticolo (assunto inizialmente nullo). Il contributo verso la componente cinematica risulta

$$Q_k = C_s \frac{\varphi_{k+1} + \varphi_k}{2}$$

5) La componente cinematica trasla nel tempo il contributo Q_k di un fattore pari a τ_c .

Il contributo complessivo alla sezione di chiusura avviene attraverso la convoluzione dei contributi delle singole celle.

Sulla base di quanto esposto, il modello necessita della definizione dei seguenti parametri validi su tutto il bacino:

α_o	frazione di volume di suolo inizialmente occupata da acqua (stato di umidità iniziale) [/]
RI	coefficiente moltiplicativo del raster della capacità di ritenuta del suolo [/]
IN	coefficiente moltiplicativo della velocità di infiltrazione a saturazione [/]
IP	coefficiente moltiplicativo della componente ipodermica [/]
MT	coefficiente moltiplicativo della velocità di trasferimento [/]
CI	coefficiente ripartizione cinematico-invaso [/]

Le seguenti opere di laminazione possono essere considerate nel modello idrologico:

- Invasi in linea con fessura;
- Invasi in linea con luce a battente;
- Invasi in derivazione.

L'*invaso in linea con fessura* è caratterizzato da una legge di riempimento che lega i volumi e i livelli del tipo:

$$V = a H^b$$

dove a e b sono parametri stimati dalla cartografia e H è l'altezza d'acqua dal fondo dell'invaso.

Gli invasi in linea con fessura sono caratterizzate dai seguenti parametri:

- b larghezza della fessura
- h altezza della soglia sfiorante
- b_1 larghezza della soglia sfiorante

La portata scaricata per H minore dell'altezza della soglia sfiorante h :

$$Q_s = 0.4bH\sqrt{2gH}$$

Per H maggiore della quota della soglia sfiorante

$$Q_s = 0.4bH\sqrt{2gH} + 0.4(b_1 - b)(H - h)\sqrt{2g(H - h)}$$

Gli *invasi in linea con luce a battente* sono caratterizzate dai seguenti parametri:

- b larghezza della luce a battente
- h_1 altezza della luce a battente
- h altezza della soglia sfiorante
- b_1 larghezza della soglia sfiorante

La portata scaricata per H minore dell'altezza della luce a battente h_1 :

$$Q_s = 0.4bH\sqrt{2gH}$$

Per H compreso tra h_1 e $1.5h_1$ si applica una formula di raccordo con la seguente espressione valida per H compreso tra $1.5h_1$ e la quota della soglia sfiorante h :

Per H maggiore dell'altezza della soglia sfiorante h ;

$$Q_s = 0.8bh_1\sqrt{2g(H - 0.5h_1)}$$

$$Q_s = 0.8bh_1\sqrt{2g(H - 0.5h_1)} + 0.4b_1(H - h_1)\sqrt{2g(H - h_1)}$$

Gli *invasi in derivazione* sono caratterizzate dai seguenti parametri:

- b larghezza della soglia sfiorante
- h altezza della soglia sfiorante
- a, b, c parametri della scala di deflusso in prossimità della soglia sfiorante, rappresentata dalla seguente espressione: $Q=a(H_a-b)^c$ dove H_a è l'altezza d'acqua dal fondo della cassa.

La portata sfiorata nella cassa è funzione del livello in alveo calcolato con la scala di deflusso e quello nella cassa calcolato con la legge di riempimento. Nel caso di livello in alveo superiore a quello nella cassa e assumendo che il livello nella cassa sia superiore alla soglia sfiorante si applica la seguente formula per stramazzi rigurgitati:

$$Q_s = b(0.65(H - h) + 0.4(H_a - H))\sqrt{2g(H_a - H)}$$

Il modello idrologico calcola gli apporti alle opere di laminazione derivanti sia dai bacini principali che intermedi. Quindi calcola l'effetto di laminazione di ciascun intervento da monte verso valle provvedendo al trasferimento dei contributi in base al modello misto cinematico-invaso utilizzato per i calcoli idrologici. Un tale approccio consente di verificare in una unica soluzione gli effetti di complessi sistemi in cascata di opere di laminazione fornendo lo strumento per valutare la riduzione di portata non solo a valle dell'opera singola ma anche in prossimità di un obiettivo posto a valle della stessa.

Nel caso specifico è stato ritenuto opportuno considerare nel modello la presenza dell'invaso di Chiauci sul fiume Trigno di cui sono noti i principali parametri dimensionali compresi quelli delle opere di sfioro, acquisiti presso il Consorzio di Bonifica Sud Sangro-Moro-Sinello-Trigno, riportati nella Tabella seguente.

Quota di sfioro	756.8 m s.l.m.
Area specchio liquido alla quota di massima regolazione	1.39 km ²
Sviluppo soglia sfiorante dello sfioratore a calice	97 m
Coefficiente di deflusso μ dello sfioratore	0.46

Principali dati dell'invaso di Chiauci

3.10.5.4.5 Taratura del modello

Si ricorda che il modello utilizzato in questa sede ha la stessa identica struttura del modello utilizzato nello "Studio del Rischio idrogeologico nella Regione Molise".

Nell'ambito del suddetto Studio la taratura fu effettuata a scala regionale in base a eventi significativi di piena registrati in varie stazioni idrometriche lungo l'asta del Biferno, utilizzando i dati ad alta risoluzione temporale forniti dall'Ufficio Compartimentale di Pescara del S.I.M.I.. Si rimanda a tale studio per gli approfondimenti.

Nel successivo "Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Trigno - parte abruzzese" fu

Inizialmente si è cercata una taratura più ad hoc sulla base di eventi di piena significativi registrati in stazioni idrometriche del bacino del Trigno. Purtroppo tale operazione si è dimostrata assai difficoltosa per svariate ragioni, tra cui la cattiva qualità dei dati di misura della portata nell'unica

stazione risultata disponibile, quella di Trigno a Trivento. Pertanto, anche in questa sede, si preferisce assumere come valori dei parametri di taratura quelli ricavati nello “*Studio del Rischio idrogeologico nella Regione Molise*”, esposti nella TABELLA seguente.

Alpha0 – Saturazione iniziale	0.80
IN - Infiltrazione	0.01
RI - Ritenuta	2.00
IP – Ipodermico	0.00
CI - Rapporto cinematico/invaso	0.45
MT - Velocità di trasferimento	0.28

Parametri del modello idrologico

Il valore del grado di saturazione iniziale (ossia l'aliquota di capacità di ritenuta già indisponibile all'atto dell'inizio dell'evento) discende solo in linea di massima dalla taratura sugli eventi reali: viene infatti sostanzialmente fissato, una volta definite le caratteristiche di forma dello ietogramma sintetico con l'obiettivo di rendere congruente la stima delle portate di piena per differenti tempi di ritorno ottenute tramite modello idrologico con quella ottenuta tramite la statistica diretta sulle stazioni di misura del S.I.M.N.

Nella TABELLA seguente si riporta, per alcuni tempi di ritorno di interesse, il confronto tra le portate da modello idrologico e quelle da statistica diretta sulle stazioni di misura del S.I.M.N.. Viene riportato anche il confronto tra le superfici dei bacini sottesi ricavate in via automatica dal DEM (e utilizzate quindi dal modello idrologico) e quelle dichiarate dal S.I.M.N. sulle proprie pubblicazioni.

Stazione idrometrica	Area del bacino sotteso (kmq)		Portata Tr = 30 [mc/s]		Portata Tr = 100 [mc/s]		Portata Tr = 200 [mc/s]	
	da DEM (modello)	Da dati S.I.M.I.	Modello	TCEV	Modello	TCEV	Modello	TCEV
Trigno a Pescolanciano	91	90	150	280	228	413	285	501
Trigno a Chiauci	116	115	173	188	263	278	329	337
Trigno a Trivento	552	544	548	469	828	691	1036	839
Trigno a S.Salvo	1185	1204	1101	1344	1609	1982	1984	2406

Confronto tra portate da modello e da statistica diretta (TCEV), per diversi tempi di ritorno

Al fine di rendere omogeneo il suddetto confronto, e solo in questa occasione, nel modello idrologico è stato annullato l'effetto dell'invaso di Chiauci poiché non ancora funzionante negli anni per i quali furono raccolti i dati idrometrici dal S.I.M.N. e sui quali è stata eseguita la statistica.

Si possono osservare discordanze tra stime del modello e statistica TCEV per diverse stazioni imputabili probabilmente o a errori di misura, o alla limitata lunghezza della serie dei dati di alcune stazioni che porta inevitabilmente a statistiche di bassa affidabilità. Questa supposizione sembra essere facilmente provata dalla assoluta irregolarità dell'andamento della curva valori di portata/aree dei bacini, con evidenti paradossi quali portate più basse per bacini più estesi (si noti ad esempio l'incongruenza della statistica diretta su Pescolanciano con quella su Chiauci).

Si osservi inoltre come, dopo il ricalcolo della portata indice della stazione di Trigno a Trivento, l'accordo tra statistica da modello e statistica diretta sia molto migliore di quanto non lo fosse originariamente nello “*Studio del Rischio idrogeologico nella Regione Molise*”, confermando così la bontà del modello.

A tal proposito giova ricordare che il pregio maggiore della modellazione distribuita è quella di fornire un quadro omogeneo e indipendente da eventuali errori di misurazione delle portate, errori che nel caso di portate di piena straordinarie quali sono quelle di nostro interesse possono essere

notevoli in quanto le scale di deflusso per alti valori dei livelli idrometrici derivano talvolta da estrapolazioni ardite.

3.10.5.5 Calcolo delle portate di piena

3.10.5.5.1 Definizione dell'input pluviometrico

L'input di precipitazione, in termini di ietogramma, è stato definito sulla base delle curve di possibilità pluviometrica (CPP) ottenute come descritto nei capitoli precedenti. È stato adottato un particolare ietogramma di intensità variabile, noto in letteratura scientifica come *ietogramma Chicago* (Figura seguente). Lo ietogramma Chicago prevede la seguente formulazione per la parte antecedente e successiva al picco di intensità della precipitazione:

$$i(t) = n(aT^m) \left(\frac{t_b}{r} \right)^{n-1} \quad \text{per } t \leq t_p$$
$$i(t) = n(aT^m) \left(\frac{t_a}{(1-r)} \right)^{n-1} \quad \text{per } t > t_p$$

dove:

a, n, m parametri della CPP ($h = a d^n T^m$);

T tempo di ritorno (anni) prescelto per l'evento

t tempo dall'inizio dell'evento;

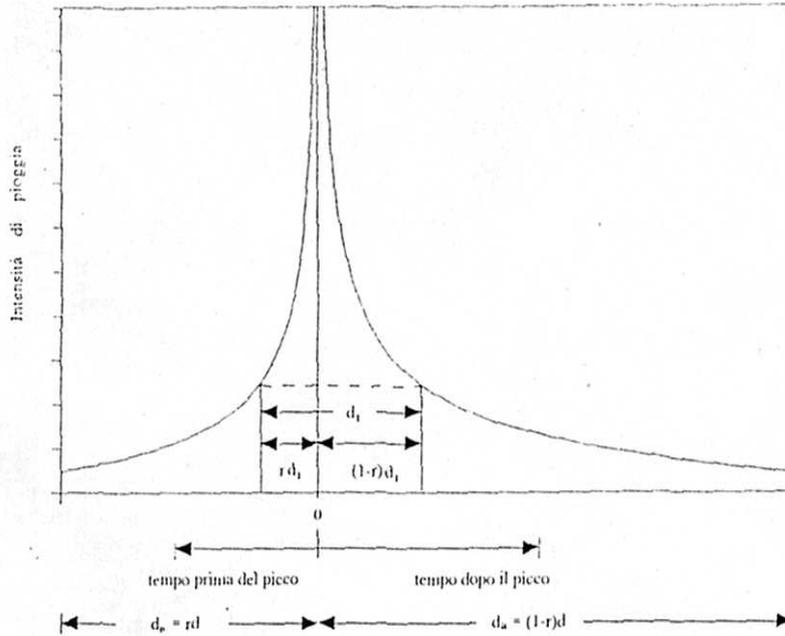
t_p tempo di picco;

t_b tempo mancante al verificarsi del picco;

t_a tempo trascorso dal verificarsi del picco;

d durata dell'evento;

r fattore di fase (determina la posizione temporale del picco)



Schema dello ietogramma Chicago

La particolarità di questo ietogramma (che è anche la sua comodità), è quello di racchiudere al suo interno, per tutte le durate minori di quella complessiva t_b , eventi congruenti con la CPP, e quindi di sollecitare sicuramente in modo critico il bacino di volta in volta considerato.

La variabilità spatio-temporale della precipitazione è messa in conto attraverso un *coefficiente di ragguaglio areale*, K_r , del tipo:

$$K_r = h_A(A, t) / h(t)$$

dove $h_A(A, t)$ è l'altezza di pioggia di durata t ragguagliata all'area A e $h(t)$ l'altezza di pioggia di durata t nel centro di scroscio.

Il valore di K_r dipende da tre fattori:

- l'estensione dell'area investita dalla precipitazione;
- la durata considerata;
- l'altezza di pioggia;

Per la quantificazione di K_r si è fatto riferimento alla formula dell'USWB ove alcuni parametri sono modificati per tenere in conto delle caratteristiche del territorio italiano.

$$K_r = 1 - \exp(-\alpha t^\beta) + \exp(-\alpha t^\beta - \gamma A)$$

dove α , β e γ sono i parametri della formula, t [h] la durata della precipitazione e A [kmq] l'area del bacino.

Nel presente caso i parametri della formula adottata sono i seguenti:

- $\alpha = 0.036 a T^m$, dove a , m sono i parametri della CPP, T il tempo di ritorno;
- $\beta = 0.25$;
- $\gamma = 0.01$.

La applicazione del coefficiente di ragguaglio areale allo ietogramma di tipo Chicago è stata condotta applicando la formula separatamente a ciascun intervallo di tempo a cavallo del picco di pioggia in modo da modificare la forma dello ietogramma di progetto in funzione dell'area del bacino a cui questo viene applicato.

Una tale applicazione consente di modificare automaticamente la forma dello ietogramma in considerazione del fatto che le piogge ragguagliate per bacini piccoli mantengono alti valori di intensità che poi diminuiscono all'aumentare della dimensione del bacino fino a divenire assimilabili a precipitazioni di intensità costante per grandi bacini.

La generazione degli idrogrammi di piena è stata condotta utilizzando ietogrammi di durata pari a 24 ore (ossia sicuramente maggiore del tempo di corrivazione dell'intero bacino) e con $r=0.4$.

3.10.5.5.2 Le portate di piena nelle sezioni di interesse a scala regionale

Il modello è stato quindi applicato a un totale di 77 *sezioni di interesse* utilizzando eventi sintetici con tempi di ritorno di 20, 30, 100, 200 e 500 anni; le sezioni sono state così scelte:

- sui corsi d'acqua principali in corrispondenza delle principali confluenze;
- alla foce dei corsi d'acqua minori;
- in corrispondenza di opere di attraversamento o di regimazione per le quali è stata eseguita una verifica idraulica speditiva.

Dette sezioni d'interesse sono state identificate a mezzo di un codice.

I valori delle portate al colmo, unitamente ad alcuni dati correlati quali ad esempio l'area del sottobacino e le coordinate riga-colonna (nella mappa raster) della sezione d'interesse a cui è riferito il calcolo sono tabulati nell'allegato II.B.2.1.

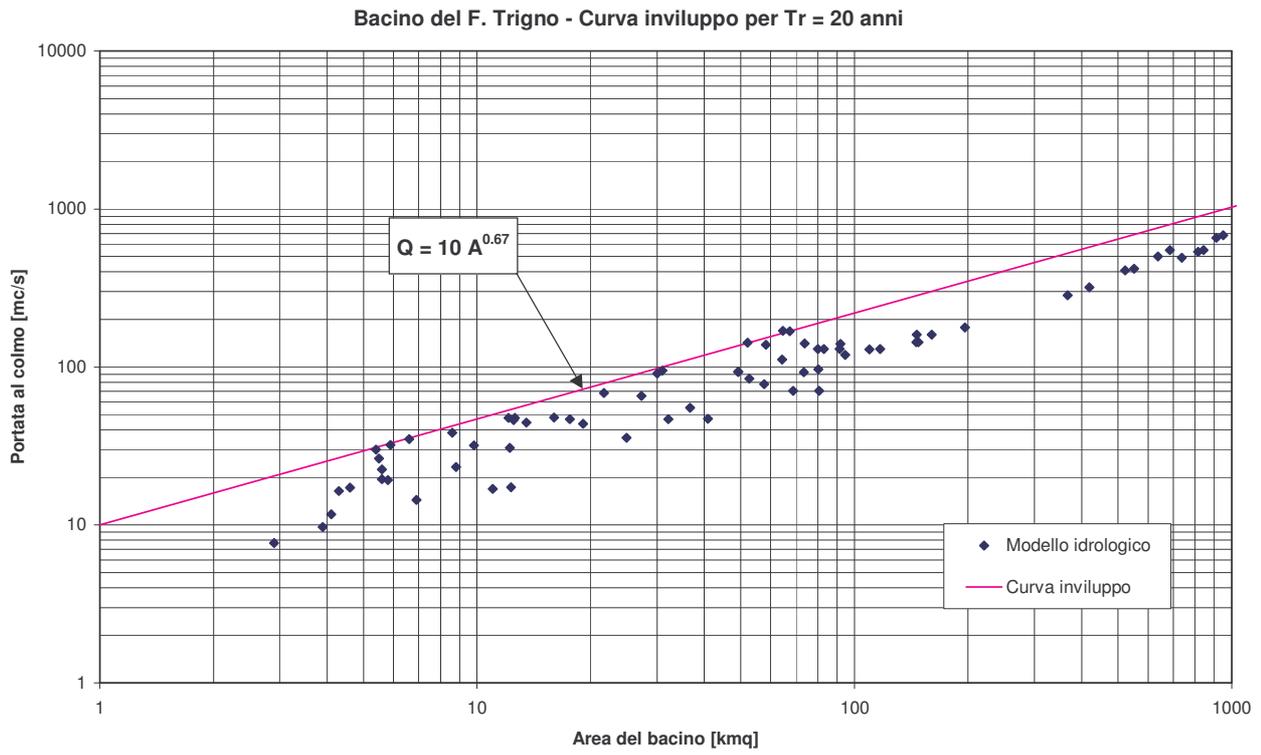
Per quanto concerne gli idrogrammi di portata, sono riportati in formato ASCII (con estensione *.dqu) nel CD-ROM II.B.4.1.

3.10.5.5.3 Curve di inviluppo

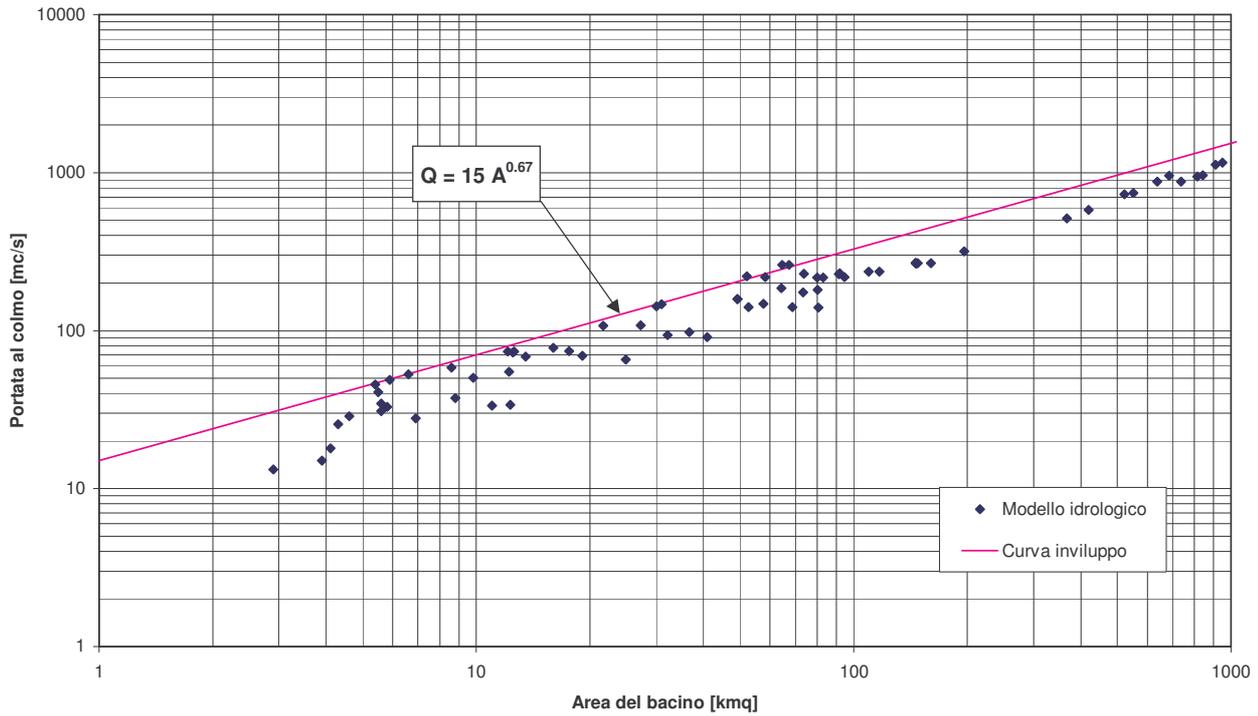
Le portate di piena valutate nelle sezioni di interesse costituiscono un campione di valori di una grandezza per la quale è evidente l'esistenza di una correlazione positiva con l'area del bacino idrografico sotteso.

Tale osservazione ci permette di poter derivare *curve inviluppo*, ossia semplici relazioni sperimentali tra portata al colmo ed area del bacino che forniscono in via speditiva una stima approssimata per eccesso della portata al colmo per qualunque corso d'acqua a qualunque sezione di chiusura; per l'esattezza, la stima con le curve inviluppo è da intendersi come quella di valore più basso tra tutte quelle per eccesso.

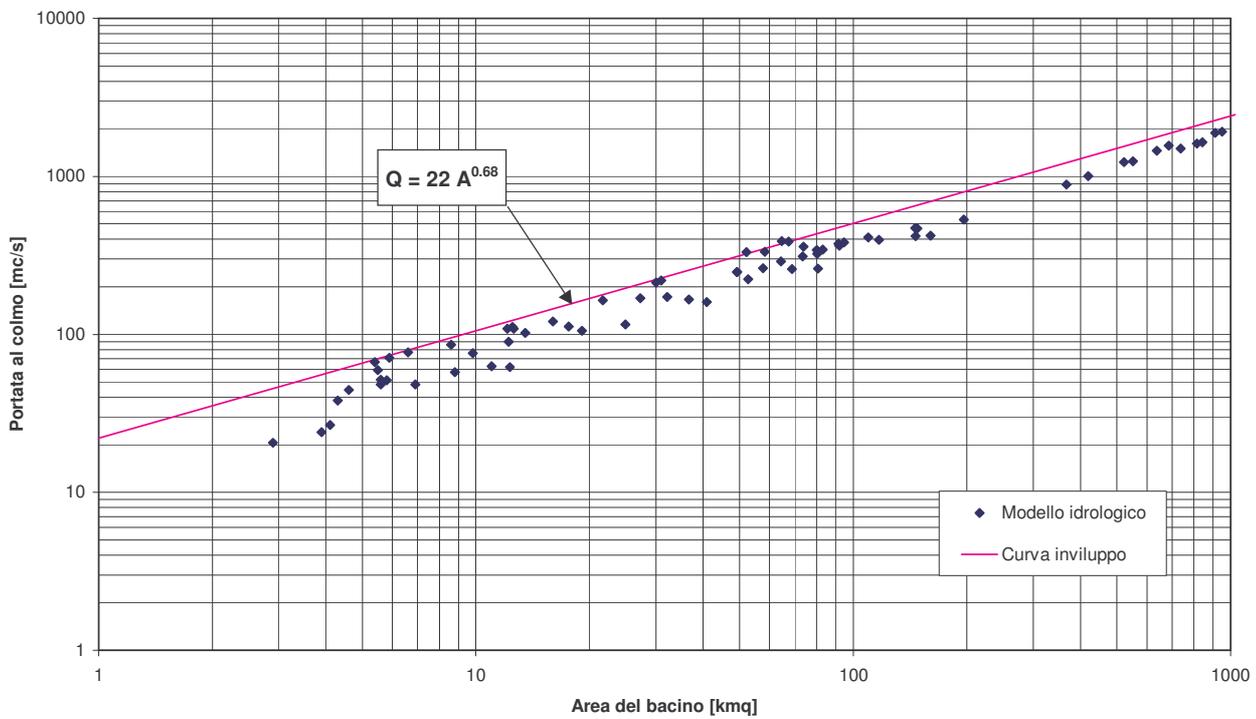
Nelle Figure seguenti sono rappresentate le curve inviluppo prima richiamate a confronto con i dati di portata desunti dalla modellazione idrologica.



Bacino del F. Trigno - Curva inviluppo per $T_r = 100$ anni



Bacino del F. Trigno - Curva inviluppo per $T_r = 500$ anni



3.10.5.5.4 Le portate di piena per le verifiche idrauliche

Oltre alle sezioni di interesse, il modello è stato ovviamente applicato a tutte quelle sezioni fluviali ove la successiva modellazione idraulica descritta nella relazione II.B.1.3 richiedeva un input: tipicamente, oltre che nelle sezioni di monte delle aste fluviali studiate idraulicamente, anche nelle sezioni in prossimità di importanti confluenze di corsi d'acqua minori.

Si rimanda al paragrafo 3.3.3.2 per la conoscenza dei dettagli su tali idrogrammi di input, che sono stati ricavati ad hoc con regole particolari, tali da limitare di fatto alla predetta verifica idraulica il loro campo applicativo.

3.10.5.5.5 Considerazioni finali circa l'affidabilità delle stime

E' opportuno ricordare che i valori delle portate al colmo di piena forniti dal modello idrologico per le sezioni di interesse, così come quelli utilizzati come input della successiva modellazione idraulica dei tratti fluviali oggetto di studio, sono affetti dall'incertezza che caratterizza la stima di tutte le grandezze idrologiche in generale. L'entità di tale incertezza è il risultato, oltre che delle semplificazioni del modello teorico, anche di tutta la variabilità da cui sono affette le grandezze attraverso le quali si perviene alla stima finale della portata.

Al riguardo, si osservi che la stima delle portate di piena può essere condotta attraverso due strade completamente indipendenti: quella appunto della modellazione idrologica (stima indiretta) e quella della modellazione statistico-probabilistica (stima diretta).

La stima indiretta tramite modello distribuito presenta i seguenti inconvenienti:

- richiede un notevole numero di dati ed elaborazioni, tra cui quelle per ottenere le curve di probabilità pluviometrica;
- i parametri necessitano di taratura su un certo numero di eventi reali;
- necessita della definizione del valore del grado di saturazione iniziale del suolo e del coefficiente di ragguaglio areale delle precipitazioni;

tuttavia ha notevoli pregi:

- l'omogeneità della stima distribuita della portata;
- la possibilità di verificare la bontà delle misure di portata attraverso il controllo del bilancio idrologico e pertanto di mediare eventuali errori di misura;
- l'utilizzo, come input, dei dati pluviometrici, i quali, oltre ad essere caratterizzati da buona distribuzione spaziale e da lunghe serie storiche, non sono affetti da sensibili errori di misura come i dati di portata e pertanto anche la statistica è più affidabile.

La stima diretta, di converso, presenta solo il pregio di essere più veloce e, appunto, di essere diretta, possedendo invece numerosi difetti:

- la misura delle portate di piena è facilmente affetta da un errore peraltro non facilmente evidenziabile, in buona parte imputabile alla scala di deflusso utilizzata;
- la stima, essenzialmente puntuale, è difficilmente estensibile, a causa della variabilità climatica e alla non-linearità della risposta idrologica, ad altre sezioni fluviali anche dello stesso bacino;
- le serie dei dati di portata disponibili sono generalmente meno lunghe di quelle di precipitazione e questo determina un maggiore errore di stima probabilistica, in buona parte riducibile utilizzando metodi di regionalizzazione come la TCEV.

L'esistenza di due metodologie alternative indipendenti e parallele, per la stima delle portate, permette tuttavia di eseguire verifiche trasversali e di mettere quindi in luce eventuali errori di misura, come è stato riscontrato, ad esempio, per la stazione di Trigno a Trivento; permette inoltre, dal confronto delle curve probabilistiche di crescita della portata ottenute coi due metodi, di modulare opportunamente quei parametri del modello idrologico, come il coefficiente di ragguaglio

areale ed il grado di saturazione iniziale da adottare che costituiscono due incognite di difficile valutazione.

Va peraltro osservato come la stima della portata sia finalizzata - come nel caso di questo studio - alla determinazione dei livelli idrometrici di piena e delle aree inondabili e che, a causa del particolare legame non lineare tra portate e livelli, ad errori di stima sulla portata corrispondono errori di stima sui livelli che, per portate alte, sono percentualmente molto minori.

3.10.6 Analisi idraulica e geomorfologica

L'analisi idraulica e geomorfologica storico-inventariale è finalizzata a definire la vocazione del territorio ad esser soggetto ad inondazioni da parte dei corsi d'acqua che lo attraversano, ossia, in ultima analisi, il differente grado di pericolosità idraulica.

Gli approcci sono due e fra di loro complementari, per quanto non necessariamente si escludano a vicenda, in funzione delle informazioni disponibili:

- l'analisi idraulica è riservata alla parte più significativa dell'area di studio, in sostanza le fondovalle più urbanizzate, che coincidono con quelle più larghe e quelle ove i corsi d'acqua principali hanno subito maggiori processi di antropizzazione;
- l'analisi geomorfologica storico-inventariale, meno rigorosa della prima, è applicata invece alle restanti fondovalle ritenute degne di studio.

Sia i tempi di ritorno esaminati per il primo tipo di analisi, sia la classazione geomorfologica per il secondo tipo, sono gli stessi utilizzati nello "*Studio del rischio idrogeologico nella Regione Molise*".

Per l'analisi idraulica si è fatto uso della modellazione idrologica messa a punto e dei rilievi topografici esistenti e integrativi. Per quella geomorfologica storico-inventariale si è fatto uso della fotointerpretazione, dei risultati dei sopralluoghi condotti, delle informazioni reperite presso la Pubblica Amministrazione e spesso anche della modellazione idrologica (ai fini di verifiche idrauliche speditive localizzate).

3.10.6.1 Definizione del quadro conoscitivo

Preliminarmente alle analisi idrauliche e su base geomorfologica storico-inventariale si è provveduto ad esaminare il materiale reperito durante la fase di acquisizione (vedi Relazione I.AB.1) onde estrarre le informazioni e i dati utili per questa fase di analisi.

A tal fine, l'attenzione si è focalizzata:

- sugli studi già eseguiti in merito alla inondabilità delle aree di fondovalle;
- sulle informazioni riguardanti le inondazioni storiche e i danni causati.

3.10.6.1.1 Rilievi e dati territoriali

Per quanto riguarda i rilievi integrativi delle sezioni fluviali si fa rimando al paragrafo 3.10.4.1

Tra i rilievi esistenti, sono stati considerati meritevoli di considerazione solo quelli recentemente eseguiti nell'ambito dello "*Studio del Rischio idrogeologico nella Regione*" (Regione Molise, 2001) perché in possesso del grado di dettaglio richiesto. Si tratta dei seguenti:

- F. Trigno da Ponte Trigno alla foce (circa 6 km), per un totale di 23 sezioni trasversali;

Riguardo a sezioni fluviali di opere idrauliche e infrastrutturali, gli Enti interpellati non hanno fornito materiale utilizzabile.

Per la cartografia di base, ai fini soprattutto del tracciamento delle aree inondabili, si è fatto uso della C.T.R. 1:5.000 della Regione Molise, che presenta un ottimo grado di dettaglio. A sussidio della carta è stata utilizzata la serie delle Ortofoto AIMA 1:10.000.

Per la caratterizzazione altimetrica del terreno, ai fini dell'utilizzo del modello di inondazione, si sono utilizzati i seguenti DEM:

Produttore	Passo	Formato	Coordinate	Territori
Servizio Geologico Nazionale – AGIP	250 m	Digitale georeferenziato	Geografiche	REGIONE MOLISE e ABRUZZO
Regione Molise (Studio Rischio Idrogeologico)	40 m	Digitale georeferenziato	Gauss Boaga Fuso Est	REGIONE MOLISE
Ministero dell'Ambiente	20 m	Digitale Georeferenziato	UTM ED50 Fuso 33	REGIONE MOLISE e ABRUZZO

3.10.6.1.2 Studi esistenti e dati storici

Sono stati interpellati numerosi Enti ai fini di acquisire eventuali studi sulle aree inondabili o sulle passate inondazioni.

Si elencano di seguito gli studi che sono stati ritenuti più significativi.

Il più importante, e anche il più recente, è lo “*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*” (Regione Molise, 2001). Esso contiene, oltre a numerosi dati territoriali e idrologici:

- le aree storicamente inondate (le fonti sono differenti, ma sostanzialmente vengono attinte informazioni dal catalogo piene AVI del CNR-GNDCI e dalla Carta del Rischio Idrografico 1:100.000 redatta dalla Regione Molise);
- le perimetrazioni delle aree inondabili eseguite nel “Piano straordinario ex D.L. 180/98” dall’Autorità di Bacino per tempi di ritorno;
- le perimetrazioni delle aree inondabili per tempi di ritorno 30, 100, 200 anni ricavate con lo stesso modello idrologico idraulico utilizzato in questo Studio.

In particolare, le perimetrazioni ricavate su base idrologico-idraulica nell’ambito del suddetto “*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*” sono state acquisite e riverificate nella presente sede alla luce degli affinamenti della caratterizzazione idrologica. I corsi d’acqua studiati in quella sede sono stati infatti inseriti anche nell’Area di Studio del presente lavoro; per il bacino del Trigno abbiamo soltanto:

- F. Trigno da Ponte Trigno alla foce.

Riguardo al “*Piano Straordinario delle aree a rischio idrogeologico molto elevato*” ex D.L. 180/98 (Autorità di Bacino, 1999), non riveste alcun interesse poiché non furono in quella sede eseguite perimetrazioni sulle aste fluviali del bacino del Trigno.

I suddetti studi, nel complesso, rappresentano già un buon punto di partenza per quanto riguarda i dati storici in quanto concentrano al loro interno numerose informazioni di base.

Tuttavia, per ampliare il quadro conoscitivo, sono state effettuate numerose richieste, per il tramite dell'Autorità di Bacino, agli enti della Pubblica Amministrazione, in particolare Comuni e Comunità Montane, con la speranza di ottenere dati con maggior dovizia di dettagli.

Le informazioni addizionali raccolte, soprattutto in merito alle aree inondate e per le quali erano stati segnalati danni, sono state riportate per quanto possibile sulla cartografia di base, nella carta delle aree inondate delle TAVOLE II.B.3.5.1-18.

In particolare, per il bacino del Trigno sono state ritenute di una qualche utilità le seguenti informazioni ricevute:

- segnalazione di eventi alluvionali da parte della Comunità Montana Monte Mauro riguardanti il F. Trigno, il F.so Chiatalonga, il F.so Canniviere, il F.so Castellelce;
- segnalazione di eventi alluvionali nel Comune di Carovilli a causa del T. Tirino.

3.10.6.2 Analisi idraulica

L'analisi idraulica, al fine di definire la pericolosità, è stata riservata alla parte più significativa dell'area di studio, in sostanza le fondovalle più urbanizzate, che coincidono con quelle più larghe e quelle ove i corsi d'acqua principali hanno subito maggiori processi di antropizzazione;

Si è fatto uso della modellazione idrologica messa a punto, utilizzando i tempi di ritorno (30, 100, 200, 500 anni).

Le perimetrazioni ricavate su base idrologico-idraulica nell'ambito del suddetto "*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*" sono state acquisite e riverificate nella presente sede alla luce degli affinamenti della caratterizzazione idrologica.

La modellazione idraulica ha riguardato tutte le aste fluviali per le quali erano già disponibili rilievi recenti o per le quali sono stati appositamente effettuati in questa sede rilievi integrativi. Si tratta in sintesi delle seguenti aste:

- F. Trigno per una lunghezza di 41 km dal Ponte di Trivento alla foce;
- T. Verrino e F. Trigno limitatamente alla zona di confluenza;
- T. Treste per una lunghezza di circa 9 km a monte della confluenza del F. Trigno.

Entrando nel merito della modellistica idraulica, è stata generalmente adottata una schematizzazione mono-dimensionale di moto vario, per tener conto dei fenomeni di riduzione del colmo di piena dovuti alla naturale laminazione in alveo e alle eventuali esondazioni.

Un modello di moto permanente, meno oneroso, non è infatti in grado di simulare tali fenomeni, che invece possono essere rilevanti per quei corsi d'acqua che scorrono in alvei poco pendenti quali buona parte di quelli presi in esame.

Solo un modello di moto vario, inoltre, può simulare un evento di piena in un sistema idraulico complesso in cui ogni corso d'acqua ha tempi di risposta propri e pertanto sussistono sfasamenti temporali tra le onde di piena che talvolta possono risultare anche determinanti nelle modalità di svolgimento del fenomeno inondativo.

Si precisa che gli effetti laminativi dovuti a invasi artificiali eventualmente presenti lungo le aste fluviali sono già stati tenuti in debito conto, ed esplicitamente, nel modello idrologico.

La modellazione idraulica pertanto è stata eseguita in moto vario, ma secondo due schemi alternativi:

- ove il corso d'acqua esaminato non presenta arginature in rilevato ed il relativo fondovalle si presenta di larghezza contenuta, lo schema impiegato è stato quello del moto mono-dimensionale puro, utilizzando all'uopo sezioni trasversali sufficientemente estese per comprendere tutto l'alveo di piena straordinaria; nelle aree golenali si è generalmente fatta l'ipotesi che siano prevalenti i fenomeni di accumulo su quelli di trasporto: dette aree pertanto non partecipano al moto ma contribuiscono alla laminazione dell'onda di piena;
- ove il corso d'acqua presenta, al contrario, arginature in rilevato, oppure il suo fondovalle è sensibilmente largo, si è integrato il modello mono-dimensionale puro con un modello di esondazione a macro-celle, ottenendo così un modello quasi-bidimensionale tipo Cunge.

La risoluzione spaziale adottata è variabile secondo la disponibilità dei rilievi, mediamente una sezione ogni 500 m. In generale si è cercato di commisurare ove possibile la distanza tra due sezioni idrauliche consecutive alla larghezza del corso d'acqua, e comunque in modo da rappresentare idraulicamente tutte le maggiori discontinuità presenti quali attraversamenti, briglie, traverse, ecc.. Fenomeni localizzati a scala inferiore ai 500 m pertanto possono non risultare descritti, ma ciò è pienamente giustificato in considerazione della scala dello Studio.

Quanto alla risoluzione temporale, sono stati utilizzati idrogrammi a scansione di 30' e questa è anche la scala temporale della simulazione idraulica, che può considerarsi idonea date le ampiezze dei bacini idrografici e quindi i tempi di risposta tipici di questi sistemi.

Per le aree oggetto dello studio idraulico sono state quindi definite le *aree inondabili* per i suddetti tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni, sulla base dei livelli idrometrici raggiunti in alveo e nelle macro-celle in cui sono state suddivise le aree di potenziale esondazione.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua già studiati nell'ambito dello "*Studio del rischio idrogeologico nella Regione*", si possono ritenere confermate le perimetrazioni ivi condotte, con variazioni non sostanziali.

3.10.6.2.1 Il modello di moto vario

Le equazioni complete del moto vario, nella loro formulazione generale di De Saint Venant, esprimono le caratteristiche idrauliche (portata, carico piezometrico, altezza d'acqua, velocità) in funzione del tempo e dello spazio. Una opportuna equazione permette la stima delle dissipazioni energetiche sia a carattere concentrato sia di tipo distribuito.

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*).

Il grado di risoluzione che si ottiene deriva quindi dalla densità delle sezioni rilevate e, per lo schema di moto vario, anche dal passo temporale adottato.

Il modello si basa sulle equazioni di continuità e di moto per una corrente liquida incomprimibile e unidirezionale in condizioni non stazionarie; tali equazioni risultano, rispettivamente:

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

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -\frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} - J$$

in cui:

- A = area della sezione liquida;
- Q = portata;
- q(x) = portata laterale (positiva se entrante);
- H = carico totale della corrente;
- g = accelerazione di gravità;
- U = velocità media della corrente;
- J = perdite di carico effettivo per unità di lunghezza;
- x = ascissa corrente lungo l'alveo;
- t = tempo.

La perdita di carico effettivo può essere stimata con un'equazione analoga a quella adottata per il moto uniforme:

$$J = \frac{U|U|}{gC^2 R}$$

ove, oltre ai simboli già noti, R è il raggio idraulico e C il coefficiente di resistenza esprimibile nella forma:

$$C = \frac{KsR^{\frac{1}{6}}}{\sqrt{g}}$$

ove $Ks [m^{\frac{1}{3}}s^{-1}]$ è il coefficiente dimensionale di scabrezza di Gauckler-Strickler.

Per includere nel modello gli effetti dissipativi indotti da variazioni di sezione, quali allargamenti o restringimenti, si sono valutate le perdite di carico effettivo addizionali, ΔH , mediante la formula:

$$\Delta H = \frac{Q^2}{2g} \xi \Delta (\alpha / A^2)$$

ove α è il coefficiente di ragguglio della energia cinetica e ξ può assumere valori compresi tra 0.1 e 0.8, maggiori nel caso di allargamento della sezione e minori nel caso di restringimento.

La risoluzione delle equazioni sopra descritte viene svolta per via numerica, discretizzandole opportunamente alle differenze finite, e associandovi appropriate condizioni al contorno.

Le precedenti equazioni sono state risolte in forma implicita approssimando alle differenze finite le derivate e operando una media pesata per gli altri termini. In particolare sono state utilizzate le seguenti formulazioni:

$$A = p_s p_t A_i^k + p_s (1 - p_t) A_i^{k+1} + (1 - p_s) p_t A_{i+1}^k + (1 - p_s)(1 - p_t) A_{i+1}^{k+1}$$

$$\frac{\partial A}{\partial s} = p_t \frac{A_{i+1}^k - A_i^k}{\Delta s} + (1 - p_t) \frac{A_{i+1}^{k+1} - A_i^{k+1}}{\Delta s}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} = p_s \frac{A_i^{k+1} - A_i^k}{\Delta t} + (1 - p_s) \frac{A_{i+1}^{k+1} - A_{i+1}^k}{\Delta t}$$

dove p_s è il peso della media spaziale e p_t il peso della media temporale (l'indice k è riferito al tempo e l'indice i allo spazio). I valori utilizzati per p_s e p_t sono rispettivamente di 0.5 e 0.45 che dalle prove effettuate risultano essere i più affidabili per la risoluzione del sistema.

Il modello fornisce la risoluzione delle equazioni in corrispondenza dei nodi di una griglia spazio-temporale ove, in corrispondenza delle sezioni fluviali predefinite, al variare del tempo si ricavano i valori delle grandezze idrauliche (portata, velocità, carico piezometrico, etc). A ciascun passo il programma bilancia le equazioni di moto e di continuità in modo iterativo fino al raggiungimento di una correzione su portate e livelli inferiore a una soglia prefissata.

Il modello consente la verifica in condizioni di corrente lenta ($Fr < 1$), veloce ($Fr > 1$) o mista veloce-lenta. Nella situazione reale, a causa di salti di fondo o di singolarità quali bruschi restringimenti di sezione, generalmente presenti su un corso d'acqua naturale o antropizzato che sia, il moto avviene in quest'ultimo regime di corrente, tuttavia è consigliato eseguire la simulazione in condizioni di corrente lenta, come è stato fatto nel caso in esame.

Lo schema di calcolo di corrente lenta è giustificato dal fatto di ottenere livelli idrometrici maggiori rispetto alla realtà, ponendoci quindi in condizioni di sicurezza nei confronti anche di eventuali rigurgiti in alveo che si possono verificare a causa di ostruzioni dovute ai materiali trasportati dalla corrente.

Nell'ipotesi di corrente lenta, le condizioni al contorno da imporre al sistema prima definito possono consistere nella attribuzione di una scala di deflusso nella sezione di chiusura di valle, del tipo:

$$Q = a(h - h_0)^c + q_0$$

dove a , b , c e q_0 sono i parametri della scala di deflusso, mentre nella sezione di testa (o le sezioni di testa, nel caso di tronchi fluviali tra loro connessi studiati come sistema unico) vengono definiti idrogrammi di portata.

In alternativa alla scala di deflusso, nella sezione di valle può essere imposto un livello costante o variabile nel tempo.

Nel caso di condizioni locali di corrente veloce, la profondità viene fissata sul valore critico: nei tabulati delle verifiche idrauliche (allegato II.B.2.6) il verificarsi di questa eventualità viene segnalato con un asterisco a fianco della sezione nella quale si è verificato il raggiungimento della condizione critica.

Qualora, com'è il caso di un corso d'acqua naturale, l'asta oggetto di modellazione riceve affluenti lungo il suo percorso, questi vengono tenuti in considerazione con immissioni di portata concentrate nella sezione fluviale immediatamente a valle della confluenza.

3.10.6.2.2 Il modello di inondazione

Nelle situazioni in cui si è fatto ricorso alla modellazione *mono-dimensionale pura* le quote di inondazione nelle aree adiacenti al corso d'acqua, e quindi i perimetri delle aree inondabili, si ottengono in modo banale per estensione dei livelli idrometrici in alveo.

Ove la modellazione non è possibile per i motivi già detti, si è invece impiegata la modellazione *quasi-bidimensionale tipo Cunge*, integrando cioè il modello mono-dimensionale con quello a macro-celle interconnesse. In questo secondo caso le quote di inondazione coincidono con le quote raggiunte nelle singole celle.

Nel modello tipo Cunge l'area potenzialmente inondabile (in genere viene considerata tale l'intera pianura alluvionale fino al piede della collina) viene immaginata composta da celle elementari connesse idraulicamente tra loro e con l'asta fluviale da soglie sfioranti. La suddivisione in celle delle aree di potenziale inondazione deve avvenire con criteri di massima verosimiglianza del modello alla realtà: pertanto ad ogni struttura di contenimento identificabile sul territorio (quali i rilevati stradali e ferroviari, muri e argini) deve corrispondere il bordo di una o più celle.

Il fenomeno dell'allagamento di ciascuna cella avviene in modo sincrono, cioè non viene messo in conto il tempo effettivo connesso alla reale propagazione sul terreno dei volumi esondati. Quest'ultimo è peraltro di difficile stima, soprattutto in casi di aree fortemente antropizzate, ove la presenza di strutture e infrastrutture condiziona la velocità e le direzioni lungo le quali l'allagamento di propaga.

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

- 1) 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; anche gli elementi infrastrutturali delimitanti le aree di potenziale inondazione, quali rilevati stradali, ferroviari, etc, si considerano, al pari degli argini fluviali, tracimabili senza collasso.
- 2) Il fenomeno dell'allagamento di ciascuna cella in cui sono suddivise le aree potenzialmente inondabili avviene con una legge di riempimento del tipo:

$$V = a (h-h_0)^b$$

ove V è il volume di riempimento, h è il livello idrico, mentre i parametri a , b e h_0 possono essere calcolati in base alle caratteristiche morfologiche dell'area.

- 3) Il trasferimento dei volumi di esondazione, sia alveo/cella sia cella/cella avviene con la legge degli 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; la legge di deflusso adottata è la seguente:

$$Q_{12} = L(\mu_1 h_2 + \mu_2 h_1) \sqrt{2gh_1}$$

dove L è la lunghezza della soglia, μ_1 e μ_2 sono pari rispettivamente a 0.65 e 0.4, h_1 e h_2 sono rispettivamente i livelli del pelo libero a monte e a valle, riferiti alla quota della soglia. Mentre la quota di sfioro delle connessioni alveo/cella o cella/cella è in generale ben definibile come la quota inferiore dell'elemento di contenimento che separa le aree stesse, invece la lunghezza del fronte di sfioro ha un valore dipendente in linea di massima dalla densità spaziale delle sezioni fluviali o dalla lunghezza dei lati delle macro-celle, in generale con valori compresi tra 5 e 50 m fissati dalla sensibilità e accortezza del modellatore in modo anche da evitare problemi di instabilità numerica.

La propagazione dei livelli idrici nelle celle avviene pertanto attraverso la sola legge di continuità dei volumi. 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.

L'approssimazione adottata è tanto più accettabile quanto maggiore è il numero di celle in cui vengono suddivise le aree potenzialmente inondabili. 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.

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 sia univocamente correlato all'altezza idrica nella cella stessa, e che le portate scambiate siano funzione dei livelli a monte e a valle delle connessioni idrauliche. In particolare, l'equazione di continuità per la generica cella k-esima risulta la seguente:

ove A_{ck} rappresenta la superficie allagata nella cella k-esima, h_k è l'altezza d'acqua relativa, Q_{ki} è la portata scambiata con la cella i-esima adiacente in funzione delle relative altezze idriche e la sommatoria è estesa a tutte le celle in comunicazione diretta con la cella k-esima.

$$A_{ck} \frac{\partial h_k}{\partial t} = \sum_i Q_{ki}(h_k, h_i)$$

3.10.6.2.3 Input idrologico del modello idraulico

Il modello idrologico ha fornito le condizioni al contorno di monte in termini di idrogrammi di portata in ingresso per la modellazione idraulica.

Tali idrogrammi sono applicati alla sezione di monte di ogni tronco fluviale oggetto di simulazione, nonché, come immissioni di portata laterali, in corrispondenza della confluenza con i maggiori affluenti.

Viene sintetizzato un evento di pioggia di durata fissata su tutto il bacino (24 ore nel nostro caso) e forma assegnata di ietogramma.

Il coefficiente di ragguglio areale K_r dipende come abbiamo visto dalla durata dell'evento e dall'area del bacino. Nella modellazione in moto vario è necessario conoscere i contributi di ciascun sottobacino afferente in modo da poter simulare la propagazione e l'attenuazione dell'onda di piena. Tali contributi non possono essere calcolati con un valore del K_r che consideri l'area del singolo sottobacino in quanto in tal caso si andrebbe a sovrastimare la portata complessiva nel modello di moto vario. Per questo il K_r viene fissato, per ciascun sottobacino scolante nell'asta modellata, pari a quello del bacino complessivo chiuso subito a valle dell'immissione del sottobacino stesso.

Per il calcolo di K_r viene utilizzata la formulazione già citata ponendo:

- la durata di evento prescelta;
- l'area del bacino sotteso dalla sezione subito a valle della sezione di confluenza;
- il coefficiente a delle linee segnalatrici, sempre mediato sul bacino principale.

Il coefficiente di ragguglio per calcolare il contributo di ciascun sottobacino K_a viene pertanto calcolato con la seguente formula:

$$K_a = \frac{K_v A_v - K_m A_m}{(A_v - A_m)}$$

dove: K_v = coefficiente di ragguaglio areale per il bacino di valle; A_v = area del bacino di valle; K_m = coefficiente di ragguaglio areale per il bacino di monte; A_m = area del bacino di monte.

Si ottiene così - e questo è esplicitamente l'obiettivo - la riproduzione di un evento di piena che sollecita in maniera critica l'asta principale nella sua interezza.

Gli idrogrammi di piena di input sono stati calcolati per tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

3.10.6.2.4 Applicazione del modello idraulico

Il modello descritto al precedente paragrafo è stato applicato a due distinti sistemi idraulici fra loro disconnessi:

- il primo è costituito dalla *Confluenza Trigno-Verrino*;
- il secondo è costituito dal *Basso Trigno* ossia dal tratto del F. Trigno a valle del Ponte di Trivento e dal T. Treste;

La risoluzione spaziale adottata è variabile secondo la disponibilità dei rilievi, mediamente una sezione ogni 500 m. In generale si è cercato di commisurare ove possibile la distanza tra due sezioni idrauliche consecutive alla larghezza del corso d'acqua, e comunque in modo da rappresentare idraulicamente tutte le maggiori discontinuità presenti quali attraversamenti, briglie, traverse, ecc.. Fenomeni localizzati a scala inferiore ai 500 m pertanto possono non risultare descritti, ma ciò è pienamente giustificato in considerazione della scala dello Studio.

Il posizionamento planimetrico delle sezioni idrauliche utilizzate sono riportate sulle TAVOLE II.B.3.4.1-17.

Quanto alla risoluzione temporale, sono stati utilizzati idrogrammi a scansione di 30' e questa è anche la scala temporale della simulazione idraulica, che può considerarsi idonea date le ampiezze dei bacini idrografici e quindi i tempi di risposta tipici di questi sistemi.

E' stato utilizzato un coefficiente di resistenza idraulica di Gauckler-Strickler pari a $K_s = 24 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ con l'avvertenza che tale valore si riferisce ai conci elementari in cui è discretizzata ogni sezione idraulica, e che il coefficiente K_s complessivo della sezione, ricostruibile a posteriori, può essere superiore anche del 30%, ottenendo valori che appaiono idonei a caratterizzare alvei di piena fortemente vegetati o con trasporto solido grossolano.

Si omette di descrivere le condizioni al contorno di monte, ossia tutti gli idrogrammi di portata in ingresso. Come già accennato, sono stati generati dal modello idrologico sia in testa alle singole aste, sia in corrispondenza delle principali immissioni laterali.

Come condizioni di valle, è stato imposto lo stato energetico critico per la sezione finale del sistema "Confluenza Verrino -Trigno" in ragione delle forti pendenze, mentre per la foce del sistema "Basso Trigno" si è ipotizzato un sovrizzo del livello del mare di 0.5 m in considerazione della forte eventualità di una concomitanza di condizioni meteomarine avverse.

Nell'ALLEGATO II.B.2.6 sono riportati i tabulati delle verifiche idrauliche per i tempi di ritorno suddetti di 30, 100, 200, 500 anni, mentre nell'ALLEGATO II.B.2.7 sono riportate le sezioni fluviali con i livelli idrometrici per gli stessi tempi di ritorno.

3.10.6.2.5 Mappatura delle aree inondabili

Per le aree oggetto dello studio idraulico sono state definite le aree inondabili per i suddetti tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

Fatta eccezione per i corsi d'acqua ove si è adottata la modellazione monodimensionale pura, per i quali la mappatura delle aree inondabili è fatta per estensione dei livelli di piena massimi ottenuti in alveo, nei restanti casi si è proceduto con la metodologia di seguito riportata.

In primo luogo è stato allestito il modello di inondazione, nelle seguenti fasi:

- *individuazione delle aree potenzialmente inondabili*: si considerano tali tutte le pianure alluvionali fino all'inizio della zona pedecollinare; si è pertanto utilizzato la cartografia della Regione Molise 1:5000;
- *suddivisione in celle elementari*: sulla base della cartografia indicata al punto precedente vengono individuate le strutture di contenimento ottenendo celle di forme e dimensioni variabili (da pochi ha ad un centinaio di ha);
- *determinazione delle leggi di invaso*: con l'ausilio del DEM a maglia 40x40 m della Regione Molise viene ricavata la *funzione* $V=V(h)$ nella forma di legge di potenza come descritto precedentemente;
- *caratterizzazione delle connessioni idrauliche*: sulla base di quanto ottenuto nelle fasi precedenti e dell'analisi dettagliata delle caratteristiche morfologiche, infrastrutturali e idrauliche del territorio sono state definite le connessioni idrauliche (soglie sfioranti) tra l'alveo principale e le celle, e tra le celle stesse.

Sulle TAVOLE II.B.3.4.1-17 sono riportate le celle e le connessioni con le loro codifiche

Successivamente il modello quasi-bidimensionale ha fornito, per ogni tempo di ritorno considerato, i valori temporali e quelli massimi (involuppi) di:

- portate e livelli idrometrici per ogni sezione del reticolo idrografico;
- volumi e livelli idrometrici nelle aree di esondazione ;
- portate transitate attraverso gli elementi di connessione tra l'alveo e le aree e tra le aree stesse.

Con l'ausilio dei modelli digitali del terreno, dalla conoscenza dei livelli idrometrici nelle celle sono stati individuati i perimetri delle aree inondabili, riportati nelle TAVOLE II.B.3.5.1-18.

Nell'attività di delimitazione delle aree inondabili, un certo margine è comunque riservato alla interpretazione critica del dato fornito dal modello, volta soprattutto a definire i flussi esondativi. L'allagamento di un'area può infatti derivare sia dall'accumulo di volumi idrici (allagamento "statico") sia dal transito dei volumi che si trasferiscono da una zona all'altra: in quest'ultimo caso devono essere determinate, con l'ausilio delle quote riportate sulla cartografia di base, le linee di massima pendenza e quindi i presumibili percorsi di inondazione.

3.10.6.2.6 Principali risultati

I risultati dell'analisi idraulica in termini di aree inondabili per differenti tempi di ritorno sono desumibili con relativa facilità dall'esame della carta delle aree inondabili, riportata nelle Tavole II.B.3.5.1-18, che è più eloquente di qualunque descrizione.

Le esondazioni più importanti, pertanto, sono quelle che avvengono nella zona di foce, ove sono presenti insediamenti balneari.

3.10.6.3 Analisi geomorfologica e storico-inventariale

L'analisi su base geomorfologica e storico-inventariale è stata adottata per tutti quei corsi d'acqua che per la loro minore ma non per questo trascurabile importanza sono stati esclusi dalla modellazione idraulica, onerosa soprattutto in termini di rilievo topografico.

Si tratta in sostanza delle aree attraversate dai seguenti corsi d'acqua:

- 1) F. Trigno dalla sorgente circa fino all'inizio del tratto studiato con analisi idraulica, per una lunghezza di circa 52 km;
- 2) F.so Chiatalonga per una lunghezza di circa 5 km a monte della confluenza col F.so Canniviere;
- 3) F.so Canniviere per una lunghezza di circa 8 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 4) F.so San Rocco per una lunghezza di circa 1 km a monte della confluenza col - F.so Canniviere;
- 5) T. Castellelce suoi affluenti minori F.so di Padule e F.so della Botte per una -lunghezza di circa 13 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 6) F.so di Ponte Musa, per una lunghezza di circa 8 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 7) T. Rivo, per una lunghezza di circa 12 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 8) T. Vella per una lunghezza di circa 10 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 9) T. Verrino per una lunghezza di circa 14 km a monte della confluenza col F. -Trigno;
- 10) T. Tirino, per una lunghezza di circa 7 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 11) V.ne Pantano per una lunghezza di circa 1 km a monte della confluenza col T. Tirino;
- 12) T. Fiumarella, per una lunghezza di circa 10 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 13) Fiume Treste a monte della loc. Guardiola Bassa e tratto finale del suo affluente maggiore Rio Torto
- 14) Torrente Sente
- 15) Vallone di S. Giovanni Lipioni
- 16) Torrente Monnola,

L'analisi geomorfologica è consistita nel distinguere, attraverso la Carta Geolitologica e la fotointerpretazione delle ortofoto AIMA e delle ortofotocarte scala 1:10.000, le aree inserite nella dinamica fluviale di breve, medio e lungo periodo, con l'obiettivo di fornire una classificazione implicitamente correlata al tempo di ritorno delle inondazioni e quindi utilmente impiegabile nella definizione della pericolosità per la successiva analisi di rischio.

I limiti delle tre aree vengono dedotti, appunto, dall'analisi delle forme del terreno, individuando ove possibile scalini morfologici e discontinuità delle pendenze, nonché da tutta una serie di fattori quali granulometrie del terreno, presenza di vegetazione ecc. che solo l'abilità e la sensibilità del geomorfologo può utilmente interpretare.

Si tratta di una metodologia che può portare a risultati non completamente oggettivi, essendo fondata in buona parte su giudizi personali, ma che permette di avere un'informazione utile in merito alla maggiore o minore vocazione all'inondazione di aree per le quali non sono disponibili altri mezzi di analisi.

Trattasi in prevalenza di fasce di modesta larghezza ai lati delle aste fluviali, che si presentano infatti frequentemente incassate all'interno di gole, ove non sono generalmente presenti né insediamenti né infrastrutture di rilievo.

Il campo di applicazione dell'analisi geomorfologica è limitato ovviamente a quei corsi d'acqua che non presentano interventi di regimazione e opere antropiche, in quanto si tratta di un tipo di analisi che ha il suo presupposto nella modellazione del territorio ad opera di fenomenologie naturali di lunga durata.

Pertanto, ove il corso d'acqua attraversa centri urbani, oppure presenta opere di contenimento artificiali, o è attraversato da ponti, gli unici mezzi di analisi sono quello idraulico e quello storico-inventariale.

Ove l'informazione storica è assente o carente e l'analisi idraulica classica non è possibile per limitatezza di tempi e mezzi, si è ricorsi ad *un'analisi idraulica di tipo speditivo* basata su rilievi puntuali sommari eseguiti nel corso dei sopralluoghi.

Gran parte dei rilievi eseguiti hanno riguardato opere puntuali come ponti, tombinature e attraversamenti dei corsi d'acqua.

In questo caso le verifiche sono state eseguite in moto permanente secondo uno schema di corrente lenta.

Invece, nel caso di verifiche di sezioni tipo, la verifica è stata eseguita in moto uniforme stimando la pendenza dell'alveo dalla cartografia disponibile e utilizzando un coefficiente di scabrezza appropriato

Le portate di verifica sono state calcolate col modello idrologico per tempi di ritorno 30, 200, 500 anni. Tenendo conto dell'ipotesi di assimilazione delle classi di inondabilità geomorfologiche con i tempi di ritorno di inondazione suddetti, si è quindi proceduto all'integrazione dell'analisi geomorfologica con le informazioni desunte da queste verifiche.

L'analisi storico-inventariale è un ulteriore strumento per la classificazione del territorio in fasce di pericolosità, che si affianca all'analisi idraulica e a quella geomorfologica.

Base di partenza per questo tipo di analisi sono le informazioni sulle passate inondazioni, le segnalazioni di danni, le ordinanze di protezione civile, ecc. tuttavia vi è la necessità che tali informazioni consistano o possano tradursi agevolmente in carte degli areali di inondazione, in cui cioè siano ben identificate le estensioni degli allagamenti. È inoltre necessario che queste informazioni siano raccolte su un ampio orizzonte temporale, anche di secoli, al fine di poter svolgere considerazioni in merito alla ricorrenza o eccezionalità dell'evento storicamente verificatosi.

Purtroppo, nella stragrande maggioranza dei casi, si dispone di informazioni frammentarie, estremamente vaghe e su orizzonti temporali limitati.

Dai colloqui intercorsi sia con i tecnici degli Enti Locali, sia con gli stessi abitanti dei luoghi visitati, è apparso come non vi sia memoria di eventi alluvionali e soprattutto come si tenda a non rivestire di importanza eventi accaduti 40-50 anni fa. Tale atteggiamento è giustificato, in parte,

dall'urbanizzazione solo recente di molte aree di fondovalle, cosicché, mancando all'epoca dell'accaduto il presupposto oggettivo del danno, non ne è rimasto il ricordo.

Le informazioni raccolte sono state tuttavia utilizzate per individuare le situazioni da analizzare per via idraulica o geomorfologica e verificare i risultati di queste ultime analisi.

3.10.6.3.1 Analisi geomorfologica

Attraverso la *Carta Geolitologica* sopra citata e la fotointerpretazione delle ortofoto AIMA e delle ortofotocarte regionali 1:10.000, è stata definita, su base geomorfologica, la fascia dei terreni alluvionali recenti per tutti i corsi d'acqua sopra elencati, distinguendo aree inserite nella dinamica fluviale di breve, medio e lungo periodo (vedi Tabella seguente), con l'obiettivo di fornire una classificazione implicitamente correlata al tempo di ritorno delle inondazioni e quindi utilmente impiegabile nella definizione della pericolosità per la successiva analisi di rischio almeno per quelle aree per le quali non è stato applicato il modello idraulico.

I limiti delle tre aree vengono dedotti, appunto, dall'analisi delle forme del terreno, individuando ove possibile scalini morfologici e discontinuità delle pendenze, nonché da tutta una serie di fattori quali granulometrie del terreno, presenza di vegetazione ecc. che solo l'abilità e la sensibilità del geomorfologo può utilmente interpretare.

Classi di inondabilità	Descrizione
1	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di breve periodo
2	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di medio periodo
3	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di lungo periodo

Classi di inondabilità su base geomorfologica

Si tratta di una metodologia che può portare a risultati non completamente oggettivi, essendo fondata in buona parte su giudizi personali, ma che permette di avere un'informazione utile in merito alla maggiore o minore vocazione all'inondazione di aree per le quali non sono disponibili altri mezzi di analisi.

Le aree così identificate sono riportate nelle TAVOLE II.B.3.5.1-18 (assieme alle aree inondabili ricavate con lo studio idraulico).

Trattasi in prevalenza di fasce di modesta larghezza ai lati delle aste fluviali, che si presentano infatti frequentemente incassate all'interno di gole, ove non sono generalmente presenti né insediamenti né infrastrutture di rilievo.

3.10.6.3.2 Verifiche idrauliche speditive

Il campo di applicazione dell'analisi geomorfologica è limitato ovviamente a quei corsi d'acqua che non presentano interventi di regimazione e opere antropiche, in quanto si tratta di un tipo di analisi che ha il suo presupposto nella modellazione del territorio ad opera di fenomenologie naturali di lunga durata.

Pertanto, ove il corso d'acqua attraversa centri urbani, oppure presenta opere di contenimento artificiali, o è attraversato da ponti, gli unici mezzi di analisi sono quello idraulico e quello storico-inventariale.

Ove l'informazione storica è assente o carente e l'analisi idraulica classica non è possibile per limitatezza di tempi e mezzi, si è ricorsi ad un'analisi idraulica di tipo speditivo basata su rilievi puntuali sommari eseguiti nel corso dei sopralluoghi.

Gran parte dei rilievi eseguiti hanno riguardato opere puntuali come ponti, tombinature e attraversamenti dei corsi d'acqua.

In questo caso le verifiche sono state eseguite in *moto permanente secondo uno schema di corrente lenta* imponendo una condizione energetica critica ($Fr=1$) all'uscita dell'opera: la scelta è motivata dal fatto che:

- gran parte degli attraversamenti del reticolo minore sono caratterizzati da un sensibile rapporto di restringimento, obbligando così la corrente a transitarvi in condizioni critiche
- si tratta quasi sempre di aste fluviali a carattere torrentizio e quindi l'utilizzo di uno schema di corrente lenta è da ritenersi cautelativo.

Predominando in casi del genere gli effetti dissipativi localizzati, non rileva il coefficiente di scabrezza utilizzato.

Invece, nel caso di verifiche di sezioni tipo, la verifica è stata eseguita in *moto uniforme* stimando la pendenza dell'alveo dalla cartografia disponibile e utilizzando un coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler $K_s = 24 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per i canali naturali e $K_s = 30 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per quelli rivestiti (tenuto conto del carente stato di manutenzione).

Le portate di verifica sono state calcolate col modello idrologico per tempi di ritorno 30, 200, 500 anni. Si omettono i tabulati delle verifiche, riportando però i risultati, in termini di livelli idrometrici, nell'ALLEGATO II.B.2.3, ove graficamente sono state sviluppate le sezioni rilevate speditivamente.

Tenendo conto dell'assimilazione delle classi di inondabilità geomorfologiche (Tabella 1) con i tempi di ritorno di inondazione suddetti si è quindi proceduto all'integrazione dell'analisi geomorfologica con le informazioni desunte da queste verifiche.

3.10.6.3.3 Analisi storico-inventariale

L'analisi storico-inventariale è un ulteriore strumento per la classificazione del territorio in fasce di pericolosità, che si affianca all'analisi idraulica e a quella geomorfologica.

Base di partenza per questo tipo di analisi sono le informazioni sulle passate inondazioni, le segnalazioni di danni, le ordinanze di protezione civile, ecc. tuttavia vi è la necessità che tali informazioni consistano o possano tradursi agevolmente in carte degli areali di inondazione, in cui cioè siano ben identificate le estensioni degli allagamenti.

È inoltre necessario che queste informazioni siano raccolte su un ampio orizzonte temporale, anche di secoli, al fine di poter svolgere considerazioni in merito alla ricorrenza o eccezionalità dell'evento storicamente verificatosi.

Purtroppo, nella stragrande maggioranza dei casi, si dispone di informazioni frammentarie, estremamente vaghe e su orizzonti temporali limitati.

Dai colloqui intercorsi sia con i tecnici degli Enti Locali, sia con gli stessi abitanti dei luoghi visitati, è apparso come non vi sia memoria di eventi alluvionali e soprattutto come si tenda a non rivestire di importanza eventi accaduti 40-50 anni fa. Tale atteggiamento è giustificato, in parte,

dall'urbanizzazione solo recente di molte aree di fondovalle, cosicché, mancando all'epoca dell'accaduto il presupposto oggettivo del danno, non ne è rimasto il ricordo.

Le informazioni raccolte sono state tuttavia utilizzate per individuare le situazioni da analizzare per via idraulica o geomorfologica e verificare i risultati di queste ultime analisi.

Le aree storicamente inondate sono riportate anch'esse nelle TAVOLE II.B.3.5.1-18, in genere come informazione puntuale. Solo in alcuni casi è stata attribuita una estensione areale all'informazione.

3.10.7 Definizione della pericolosità e del rischio idraulico

La delimitazione delle aree a rischio idraulico è stata condotta secondo linee metodologiche coerenti con la normativa vigente e in particolare con l'Atto di Indirizzo e Coordinamento del DPCM 29.9.98, che individua i criteri relativi agli adempimenti.

In particolare, nei comma 1 e 2 dell'art. 1 del D.L. 180 dell'11.06.98, si sottolinea la necessità che la perimetrazione delle aree inondabili sia condotta mediante adeguati studi idraulici e idrogeologici, in corrispondenza di eventi associati a tre diversi tempi di ritorno compresi rispettivamente tra 20 e 50, 100 e 200, 300 e 500 anni. La rappresentazione delle aree perimetrate deve essere effettuata su cartografia a scala non inferiore a 1:25.000, mentre la presenza degli elementi a rischio, costituiti da insediamenti, attività produttive e patrimonio ambientale, deve essere individuata tramite cartografia scala minima 1:25.000 (carta degli elementi a rischio) .

La sovrapposizione della carta degli elementi a rischio con quella delle aree inondabili fornisce la carta del rischio classificabile nelle seguenti classi: R1-rischio moderato, R2-rischio medio, R3-rischio elevato, R4-rischio molto elevato.

Prima di illustrare la metodologia di dettaglio utilizzata per la delimitazione delle aree a rischio, si richiamano di seguito alcuni concetti preliminari sulla definizione di rischio.

3.10.7.1 Concetti e definizioni

Una porzione di territorio soggetta a inondazione con conseguenti danni a persone e/o beni viene definita *area vulnerabile*.

Si definiscono *elementi a rischio (E)* le persone, i beni e le attività economiche presenti in un'area vulnerabile.

Gli elementi a rischio e possono essere caratterizzati attraverso:

- la *tipologia* (persone, beni, attività);
- *l'entità o valore* degli elementi (numero di persone, valore economico dei beni);
- la *vulnerabilità (V)* degli elementi, cioè l'attitudine a subire danni per effetto dell'evento di piena. Si esprime mediante un coefficiente compreso tra 0 (assenza di danno) e 1 (perdita totale).

Sia *E* che *V* possono variare in funzione dell'evento alluvionale (es.: estensione della zona inondata, modalità di inondazione); a parità di evento *E* e *V* possono variare in funzione di fattori casuali come per esempio il periodo in cui si verifica l'evento.

In corrispondenza di ciascun evento *i*-esimo si definisce il *danno (D)* come prodotto del valore del bene per la sua vulnerabilità:

$$(1) \quad D_t = E_i V_i$$

Per un determinato elemento a rischio e un prefissato periodo di tempo t è il valore atteso del danno totale D_t , opportunamente attualizzato costituisce il rischio (R)::

$$(2) \quad R = A(D_t)$$

per fini pratici risulta accettabile la seguente approssimazione della 2, nota come equazione del rischio o di Varnes:

$$(3) \quad R = EV H_t = D H_t$$

ove H_t è la *pericolosità*, cioè la probabilità di avere nel periodo t almeno un evento calamitoso, V e E rappresentano rispettivamente il valore medio della vulnerabilità e l'ammontare dell'elemento a rischio soggetto a danno.

Da notare che la definizione del rischio espressa dalla 3, peraltro adottata dalla normativa vigente, quantifica il danno sostanzialmente in funzione delle caratteristiche degli elementi a rischio più che in funzione delle caratteristiche dell'evento.

La pericolosità è legata al tempo di ritorno dell'evento calamitoso, T , che esprime l'intervallo di tempo nel quale l'intensità dell'evento viene superata mediamente una sola volta. In particolare, nota la funzione di distribuzione della probabilità di non superamento della portata al colmo Q massima annuale, $F(Q) = P[Q \leq q]$, il tempo di ritorno associato ad un valore della portata q è definito come:

$$(4) \quad T = 1/[1 - F(q)]$$

Il legame tra pericolosità H_t e tempo di ritorno T è espresso dalla relazione:

$$(5) \quad H_t = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^t$$

Le fonti del rischio esprimono le cause che lo determinano. In particolare, il rischio idraulico scaturisce dalla possibilità di danno a persone e/o beni in conseguenza di fenomeni di esondazione.

3.10.7.2 Attività connesse all'analisi del rischio

Le attività connesse all'analisi del rischio possono essere articolate nelle seguenti due fasi:

- 1) quantificazione del rischio:** comprende la fase conoscitiva-previsionale nell'analisi del rischio. In base all'equazione 3, la valutazione del rischio consiste nella stima della pericolosità dell'evento e del danno conseguente. Nei fenomeni alluvionali, la stima della *pericolosità* H dell'evento di piena si valuta mediante l'analisi idrologica (Elaborato II.B.1.1). La pericolosità viene in generale espressa in termini di tempo di ritorno, Tr , individuando così eventi di piena per prefissati valori di Tr . La stima del *danno* ($= E \cdot V$) associato ad un prefissato evento di piena si basa prima di tutto sulla definizione delle aree vulnerabili attraverso il tracciamento delle *mappe di esondazione*. Elementi caratterizzanti le aree sono: *l'estensione* delle superfici allagate, *i volumi esondati*, *le massime altezze di sommersione*. Sulla base delle mappe di esondazione sono individuati gli elementi a rischio mediante la sovrapposizione con la Mappa degli Elementi a Rischio.

2) **riduzione del rischio**: tale fase comprende tutte quelle attività volte alla *riduzione del rischio* che si realizzano mediante *interventi strutturali* e *interventi non strutturali*. Gli interventi strutturali tendono a ridurre la probabilità che si verifichi un evento. Gli *interventi non strutturali* mirano invece alla riduzione del danno e comprendono misure di salvaguardia, azioni normative e vincolistiche, attività di pianificazione urbanistica, sviluppo di sistemi di allerta, messa a punto di piani di protezione civile, utilizzo di tipologie costruttive adeguate.

3.10.7.3 Definizione delle classi di pericolosità

La valutazione della pericolosità idraulica è stata condotta utilizzando sia i risultati dell'analisi idraulica (per le aree di fondovalle più importanti, oggetto di rilievo topografico) sia quelli dell'analisi geomorfologica storico-inventariale (per le rimanenti, meno importanti), in modo da coprire tutta l'Area di Studio.

La pericolosità idraulica è stata definita secondo tre classi PI1, PI2, PI3.

Nel caso dei tratti fluviali studiati con il modello idraulico la pericolosità è stata associata al tempo di ritorno, nel caso di aree in cui sia disponibile la sola analisi geomorfologica e storico-inventariale si è proceduto assegnando una pericolosità secondo un criterio tecnico-qualitativo.

Nella Tabella seguente si riportano le definizioni delle diverse classi di pericolosità sia per le aree studiate con il modello idraulico che per quelle oggetto della analisi geomorfologica.

Classe di Pericolosità	Tempo di ritorno area inondabile (per le aree studiate su base idraulica)	<i>Tipologia area (per le aree studiate su base geomorfologica)</i>
P3	Inferiore a 30 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di breve periodo.
P2	Tra 30 anni e 200 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di medio periodo.
P1	Tra 200 anni e 500 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di lungo periodo

Tabella associativa tra classi di pericolosità idraulica e risultati dell'analisi idraulica e geomorfologica

La Carta della Pericolosità Idraulica è riportata nelle TAVOLE II.B.3.6.1. sulla base cartografica costituita dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000.

3.10.7.4 Individuazione degli elementi a rischio

La cartografia degli elementi a rischio è analoga a quella redatta ai fini dell'analisi del Rischio da Frana., con l'eccezione delle modifiche riportate nella Tabella seguente, che scaturiscono da una diversa dinamica dei fenomeni, e pertanto vengono adottate ai fini di una più corretta valutazione del rischio idraulico:

<i>Tipologia uso del suolo</i>	<i>Modifiche rispetto alla classificazione adottata nell'analisi del rischio da frana</i>
Tutte le tipologie della classe 6 ad eccezione dei sistemi colturali e particellari complessi	Dalla classe 6 alla classe 8
Metanodotti	Dalla classe 1 alla classe 3
Sponde dei fiumi	Dalla classe 7 alla classe 5
Colture annuali associate a colture permanenti	Dalla classe 6 alla classe 8
Vegetazione ripariale	Dalla classe 8 alla classe 5
Cave e attività estrattive	Dalla classe 2 alla classe 3
Opere idrauliche	Dalla classe 3 alla classe 5

Modifiche alle classi della carta degli elementi a rischio

Si deve ricordare che le aree oggetto di futuri interventi urbanistici sono state classificate e perimetrate in funzione delle conoscenze acquisite nell'ambito del presente studio.

3.10.7.5 Mappatura del rischio idraulico

La valutazione del rischio è condotta sulla base delle indicazioni contenute nell'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 (DPCM 29/09/1998)".

Il rischio idraulico viene pertanto articolato in quattro classi: RI1, RI2, RI3 e RI4. La attribuzione delle classi di rischio è condotta sulla base di una tabella a due ingressi ove da un lato vi sono le classi di *pericolosità* e dall'altro le classi di *uso del suolo* in analogia con quanto adottato in studi precedenti.

In particolare, nella TABELLA 33 sono elencate le classi di uso del suolo considerate nell'ambito del presente studio, mentre in TABELLA 34 sono riportate le classi di rischio idraulico in funzione della pericolosità idraulica e della classe di uso del suolo.

La mappatura del rischio viene ottenuta mediante la "sovrapposizione" delle mappe degli Elementi a Rischio, rappresentati dalle diverse classi dell'uso del suolo, con quelle della Pericolosità Idraulica, ottenendo in tal modo un'associazione tra il singolo elemento a rischio e la pericolosità dell'area in cui si trova.

Nel caso di aree analizzate su base geomorfologica, per le quali non si conosce il tempo di ritorno dell'inondazione, si è scelto di procedere sulla base delle associazioni già viste nelle Tabelle seguenti

Codice	Uso del suolo
1	Aree edificate urbane continue, autostrade, ferrovie, gallerie, grandi impianti di servizi pubblici e privati, insediamenti industriali e artigianali con spazi annessi, insediamenti commerciali, strade statali, tessuto residenziale continuo denso e mediamente denso
2	Aree per il tempo libero, aree sportive, campeggi, cantieri, insediamento rado, insediamento residenziale a tessuto discontinuo, P.I.P, parchi, strade provinciali, unità industriali e commerciali, Zona C, Zona D, zone edificate discontinue, installazioni speciali
3	Attività estrattive, cave, depuratori, discariche e depositi, metanodotti, strade comunali, tratturi, strade interpoderali
4	Oliveti, vigneti, frutteti
5	Corpi idrici (serbatoi, bacini, canali, estuari, fiumi, torrenti, fossi, paludi), formazioni

	riparie, opere di ingegneria idraulica, spiagge, dune, sponde fluviali e formazioni riparie, vegetazione ripariale
6	Sistemi colturali e particellari complessi
7	Boschi di latifoglie, aree a ricolonizzazione artificiale e naturale, aree agro-forestali, boschi di conifere e boschi misti
8	Colture annuali associate a colture permanenti, arboricoltura da legno, aree a pascolo, praterie e prati, aree a vegetazione rada, boschi cespugliati, brughiere, cedui matricinati, colture agrarie con spazi naturali importanti, rocce nude, falesie, rupi, affioramenti, seminativi in aree non irrigue, terre arabili con vegetazione continua e discontinua, vegetazione sparsa su calanchi e rocce

Classificazione dell'uso del suolo

Codice Uso del suolo	P3	P2	P1
1	R4	R3	R2
2	R4	R3	R2
3	R3	R2	R2
4	R3	R2	R1
6	R3	R2	R1
7	R2	R2	R1
8	R2	R1	R1
5	R1	R1	R1

Classificazione del rischio idraulico

La cartografia delle aree a rischio definita con la metodologia prima descritta è riportata nelle TAVOLE II.B.3.7 sulla base costituita dalla ortofoto alla scala 1:10.000.

Per le aree che ricadono nelle classi a rischio molto elevato (RI4) e elevato (RI3) è stata svolta un'analisi di dettaglio mirata a evidenziare le condizioni specifiche di rischio in relazione alle caratteristiche dei fenomeni che lo determinano. Per ciascuna di tali aree è stata redatta una Scheda contenente in forma sintetica gli elementi informativi principali per la valutazione del rischio, come di seguito specificato.

3.10.7.5.1 Analisi delle aree a rischio idraulico elevato e molto elevato

Sulla base dei risultati ottenuti dalla sovrapposizione della mappa dell'uso del suolo con quella della pericolosità idraulica sono state individuate e analizzate le aree ricadenti nelle classi R4 e R3 di rischio molto elevato e elevato.

Per ciascuna di tali aree è stata condotta un'analisi di dettaglio finalizzata a:

- verificare l'effettiva corrispondenza dell'uso del suolo mediante confronto con i rilievi aerofotogrammetrici: ciò consente un più corretto inquadramento degli elementi a rischio che la sola mappa dell'uso del suolo, per il livello di risoluzione di cui dispone, non è in grado di offrire;
- individuare le locali condizioni di pericolosità in relazione alle caratteristiche idrauliche dell'evento e alle caratteristiche morfologiche e topografiche del corso d'acqua e del territorio circostante;

- valutare il livello di rischio idraulico mediante analisi ragionata degli elementi conoscitivi specifici considerati e attribuire la classe di rischio corrispondente.

In totale sono state individuate 21 aree a rischio molto elevato e elevato.

Per ciascuna di tali aree è stata redatta una Scheda Informatizzata del Rischio Idraulico contenente gli elementi sintetici utilizzati per la definizione del rischio. In particolare, per quanto riguarda la metodologia generale di valutazione e classificazione del rischio nelle suddette aree, sono stati adottati i seguenti criteri:

- le infrastrutture di attraversamento, quali ponti e viadotti, che dalla procedura automatica di sovrapposizione della carta della pericolosità con quella dell'uso del suolo risulterebbero in classe R4, sono stati declassati nei casi in cui non risultano soggetti a sormonto;
- agli impianti tecnologici, quali metanodotti e oleodotti, è stata attribuita la classe R3 assumendo l'attraversamento in alveo e valutando il rischio in termini di dinamica d'alveo piuttosto che in termini di inondazione;
- le aree oggetto di futuri interventi urbanistici sono state classificate e perimetrare in funzione delle conoscenze acquisite nell'ambito del presente studio;
- alle aree, per la maggior parte appartenenti alle classi di uso del suolo 3 e 4, spazialmente molto limitate e contenute all'interno di altre aree a rischio medio o moderato, è stata attribuita la classe di rischio delle aree circostanti.

L'ubicazione e la mappatura delle aree a rischio idraulico sono riportate nelle TAVOLE II.B.3.7.

Nella Tabella seguente per ciascuna classe di uso del suolo si riportano i valori delle aree comprese nelle diverse fasce di pericolosità.

classe uso suolo	Superficie per classi di pericolosità (m ²)			Totale (m ²)
	P1	P2	P3	
1	46000	18000	52000	116000
2	267000	389000	242000	898000
3	165000	166000	868000	1199000
4	867000	1079000	796000	2742000
5	1294000	2620000	11251000	15165000
6	204000	195000	210000	609000
7	638000	824000	2449000	3911000
8	3145000	5055000	7157000	15357000
Totale	6626000	10346000	23025000	

Estensione delle aree a pericolosità idraulica per le diverse categorie di uso del suolo

Nella Tabella seguente sono riportate le superfici delle aree classificate in funzione dell'uso del suolo e ricadenti nelle classi di rischio idraulico.

Classe uso del suolo	Superficie per classi di rischio (m ²)				Totale (m ²)
	R1	R2	R3	R4	
1	0	46000	18000	52000	116000
2	0	267000	389000	242000	898000

3	0	331000	867000	1000	1199000
4	867000	1079000	796000	0	2742000
5	15166000	0	0	0	15166000
6	204000	195000	210000	0	609000
7	637000	3273000	0	0	3910000
8	8201000	7156000	0	0	15357000
totale	25075000	12347000	2280000	295000	

Estensione aree a rischio idraulico

3.10.7.5.2 Il modello di inondazione

Nelle situazioni in cui si è fatto ricorso alla modellazione *mono-dimensionale pura* le quote di inondazione nelle aree adiacenti al corso d'acqua, e quindi i perimetri delle aree inondabili, si ottengono in modo banale per estensione dei livelli idrometrici in alveo.

Ove la modellazione non è possibile per i motivi già detti, si è invece impiegata la modellazione *quasi-bidimensionale tipo Cunge*, integrando cioè il modello mono-dimensionale con quello a macro-celle interconnesse. In questo secondo caso le quote di inondazione coincidono con le quote raggiunte nelle singole celle.

Nel modello tipo Cunge l'area potenzialmente inondabile (in genere viene considerata tale l'intera pianura alluvionale fino al piede della collina) viene immaginata composta da celle elementari connesse idraulicamente tra loro e con l'asta fluviale da soglie sfioranti. La suddivisione in celle delle aree di potenziale inondazione deve avvenire con criteri di massima verosimiglianza del modello alla realtà: pertanto ad ogni struttura di contenimento identificabile sul territorio (quali i rilevati stradali e ferroviari, muri e argini) deve corrispondere il bordo di una o più celle.

Il fenomeno dell'allagamento di ciascuna cella avviene in modo sincrono, cioè non viene messo in conto il tempo effettivo connesso alla reale propagazione sul terreno dei volumi esondati. Quest'ultimo è peraltro di difficile stima, soprattutto in casi di aree fortemente antropizzate, ove la presenza di strutture e infrastrutture condiziona la velocità e le direzioni lungo le quali l'allagamento si propaga.

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

- 1) 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; anche gli elementi infrastrutturali delimitanti le aree di potenziale inondazione, quali rilevati stradali, ferroviari, etc, si considerano, al pari degli argini fluviali, tracimabili senza collasso.
- 2) Il fenomeno dell'allagamento di ciascuna cella in cui sono suddivise le aree potenzialmente inondabili avviene con una legge di riempimento del tipo:

$$V = a (h-h_0)^b$$

ove V è il volume di riempimento, h è il livello idrico, mentre i parametri a , b e h_0 possono essere calcolati in base alle caratteristiche morfologiche dell'area.

- 3) Il trasferimento dei volumi di esondazione, sia alveo/cella sia cella/cella avviene con la legge degli 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; la legge di deflusso adottata è la seguente:

$$Q_{12} = L(\mu_1 h_2 + \mu_2 h_1) \sqrt{2gh_1}$$

dove L è la lunghezza della soglia, μ_1 e μ_2 sono pari rispettivamente a 0.65 e 0.4, h_1 e h_2 sono rispettivamente i livelli del pelo libero a monte e a valle, riferiti alla quota della soglia. Mentre la quota di sfioro delle connessioni alveo/cella o cella/cella è in generale ben definibile come la quota inferiore dell'elemento di contenimento che separa le aree stesse, invece la lunghezza del fronte di sfioro ha un valore dipendente in linea di massima dalla densità spaziale delle sezioni fluviali o dalla lunghezza dei lati delle macro-celle, in generale con valori compresi tra 5 e 50 m fissati dalla sensibilità e accortezza del modellatore in modo anche da evitare problemi di instabilità numerica.

La propagazione dei livelli idrici nelle celle avviene pertanto attraverso la sola legge di continuità dei volumi. 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.

L'approssimazione adottata è tanto più accettabile quanto maggiore è il numero di celle in cui vengono suddivise le aree potenzialmente inondabili. 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.

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 sia univocamente correlato all'altezza idrica nella cella stessa, e che le portate scambiate siano funzione dei livelli a monte e a valle delle connessioni idrauliche. In particolare, l'equazione di continuità per la generica cella k -esima risulta la seguente:

ove A_{ck} rappresenta la superficie allagata nella cella k -esima, h_k è l'altezza d'acqua relativa, Q_{ki} è la portata scambiata con la cella i -esima adiacente in funzione delle relative altezze idriche e la sommatoria è estesa a tutte le celle in comunicazione diretta con la cella k -esima.

$$A_{ck} \frac{\partial h_k}{\partial t} = \sum_i Q_{ki}(h_k, h_i)$$

3.10.7.5.3 Input idrologico del modello idraulico

Il modello idrologico ha fornito le condizioni al contorno di monte in termini di idrogrammi di portata in ingresso per la modellazione idraulica.

Tali idrogrammi sono applicati alla sezione di monte di ogni tronco fluviale oggetto di simulazione, nonché, come immissioni di portata laterali, in corrispondenza della confluenza con i maggiori affluenti.

Viene sintetizzato un evento di pioggia di durata fissata su tutto il bacino (24 ore nel nostro caso) e forma assegnata di ietogramma.

Il coefficiente di ragguaglio areale K_r dipende come abbiamo visto dalla durata dell'evento e dall'area del bacino. Nella modellazione in moto vario è necessario conoscere i contributi di ciascun sottobacino afferente in modo da poter simulare la propagazione e l'attenuazione dell'onda di piena. Tali contributi non possono essere calcolati con un valore del K_r che consideri l'area del singolo

sottobacino in quanto in tal caso si andrebbe a sovrastimare la portata complessiva nel modello di moto vario. Per questo il Kr viene fissato, per ciascun sottobacino scolante nell'asta modellata, pari a quello del bacino complessivo chiuso subito a valle dell'immissione del sottobacino stesso.

Per il calcolo di Kr viene utilizzata la formulazione già citata ponendo:

- la durata di evento prescelta;
- l'area del bacino sotteso dalla sezione subito a valle della sezione di confluenza;
- il coefficiente a delle linee segnalatrici, sempre mediato sul bacino principale.

Il coefficiente di ragguglio per calcolare il contributo di ciascun sottobacino K_a viene pertanto calcolato con la seguente formula:

$$K_a = \frac{K_v A_v - K_m A_m}{(A_v - A_m)}$$

dove: K_v = coefficiente di ragguglio areale per il bacino di valle; A_v = area del bacino di valle; K_m = coefficiente di ragguglio areale per il bacino di monte; A_m = area del bacino di monte.

Si ottiene così - e questo è esplicitamente l'obiettivo - la riproduzione di un evento di piena che sollecita in maniera critica l'asta principale nella sua interezza.

Gli idrogrammi di piena di input sono stati calcolati per tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

3.10.7.5.4 Applicazione del modello idraulico

Il modello descritto al precedente paragrafo è stato applicato a due distinti sistemi idraulici fra loro disconnessi:

- il primo è costituito dalla *Confluenza Trigno-Verrino*;
- il secondo è costituito dal *Basso Trigno* ossia dal tratto del F. Trigno a valle del Ponte di Trivento e dal T. Treste;

La risoluzione spaziale adottata è variabile secondo la disponibilità dei rilievi, mediamente una sezione ogni 500 m. In generale si è cercato di commisurare ove possibile la distanza tra due sezioni idrauliche consecutive alla larghezza del corso d'acqua, e comunque in modo da rappresentare idraulicamente tutte le maggiori discontinuità presenti quali attraversamenti, briglie, traverse, ecc.. Fenomeni localizzati a scala inferiore ai 500 m pertanto possono non risultare descritti, ma ciò è pienamente giustificato in considerazione della scala dello Studio.

Il posizionamento planimetrico delle sezioni idrauliche utilizzate sono riportate sulle TAVOLE II.B.3.4.1-17.

Quanto alla risoluzione temporale, sono stati utilizzati idrogrammi a scansione di 30' e questa è anche la scala temporale della simulazione idraulica, che può considerarsi idonea date le ampiezze dei bacini idrografici e quindi i tempi di risposta tipici di questi sistemi.

E' stato utilizzato un coefficiente di resistenza idraulica di Gauckler-Strickler pari a $K_s = 24 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ con l'avvertenza che tale valore si riferisce ai conci elementari in cui è discretizzata ogni sezione idraulica, e che il coefficiente K_s complessivo della sezione, ricostruibile a posteriori, può essere

superiore anche del 30%, ottenendo valori che appaiono idonei a caratterizzare alvei di piena fortemente vegetati o con trasporto solido grossolano.

Si omette di descrivere le condizioni al contorno di monte, ossia tutti gli idrogrammi di portata in ingresso. Come già accennato, sono stati generati dal modello idrologico sia in testa alle singole aste, sia in corrispondenza delle principali immissioni laterali.

Come condizioni di valle, è stato imposto lo stato energetico critico per la sezione finale del sistema "Confluenza Verrino -Trigno" in ragione delle forti pendenze, mentre per la foce del sistema "Basso Trigno" si è ipotizzato un sovrizzo del livello del mare di 0.5 m in considerazione della forte eventualità di una concomitanza di condizioni meteomarine avverse.

Nell'ALLEGATO II.B.2.6 sono riportati i tabulati delle verifiche idrauliche per i tempi di ritorno suddetti di 30, 100, 200, 500 anni, mentre nell'ALLEGATO II.B.2.7 sono riportate le sezioni fluviali con i livelli idrometrici per gli stessi tempi di ritorno.

3.10.7.5.5 Mappatura delle aree inondabili

Per le aree oggetto dello studio idraulico sono state definite le aree inondabili per i suddetti tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

Fatta eccezione per i corsi d'acqua ove si è adottata la modellazione monodimensionale pura, per i quali la mappatura delle aree inondabili è fatta per estensione dei livelli di piena massimi ottenuti in alveo, nei restanti casi si è proceduto con la metodologia di seguito riportata.

In primo luogo è stato allestito il modello di inondazione, nelle seguenti fasi:

- *individuazione delle aree potenzialmente inondabili*: si considerano tali tutte le pianure alluvionali fino all'inizio della zona pedecollinare; si è pertanto utilizzato la cartografia della Regione Molise 1:5000;
- *suddivisione in celle elementari*: sulla base della cartografia indicata al punto precedente vengono individuate le strutture di contenimento ottenendo celle di forme e dimensioni variabili (da pochi ha ad un centinaio di ha);
- *determinazione delle leggi di invaso*: con l'ausilio del DEM a maglia 40x40 m della Regione Molise viene ricavata la *funzione* $V=V(h)$ nella forma di legge di potenza come descritto precedentemente;
- *caratterizzazione delle connessioni idrauliche*: sulla base di quanto ottenuto nelle fasi precedenti e dell'analisi dettagliata delle caratteristiche morfologiche, infrastrutturali e idrauliche del territorio sono state definite le connessioni idrauliche (soglie sfioranti) tra l'alveo principale e le celle, e tra le celle stesse.

Sulle TAVOLE II.B.3.4.1-17 sono riportate le celle e le connessioni con le loro codifiche

Successivamente il modello quasi-bidimensionale ha fornito, per ogni tempo di ritorno considerato, i valori temporali e quelli massimi (iniluppi) di:

- portate e livelli idrometrici per ogni sezione del reticolo idrografico;
- volumi e livelli idrometrici nelle aree di esondazione ;
- portate transitate attraverso gli elementi di connessione tra l'alveo e le aree e tra le aree stesse.

Con l'ausilio dei modelli digitali del terreno, dalla conoscenza dei livelli idrometrici nelle celle sono stati individuati i perimetri delle aree inondabili, riportati nelle TAVOLE II.B.3.5.1-18.

Nell'attività di delimitazione delle aree inondabili, un certo margine è comunque riservato alla interpretazione critica del dato fornito dal modello, volta soprattutto a definire i flussi esondativi. L'allagamento di un'area può infatti derivare sia dall'accumulo di volumi idrici (allagamento "statico") sia dal transito dei volumi che si trasferiscono da una zona all'altra: in quest'ultimo caso devono essere determinate, con l'ausilio delle quote riportate sulla cartografia di base, le linee di massima pendenza e quindi i presumibili percorsi di inondazione.

3.10.7.5.6 Principali risultati

I risultati dell'analisi idraulica in termini di aree inondabili per differenti tempi di ritorno sono desumibili con relativa facilità dall'esame della carta delle aree inondabili, riportata nelle Tavole II.B.3.5.1-18, che è più eloquente di qualunque descrizione.

Le esondazioni più importanti, pertanto, sono quelle che avvengono nella zona di foce, ove sono presenti insediamenti balneari.

3.10.7.6 Analisi geomorfologica e storico-inventariale

L'analisi su base geomorfologica e storico-inventariale è stata adottata per tutti quei corsi d'acqua che per la loro minore ma non per questo trascurabile importanza sono stati esclusi dalla modellazione idraulica, onerosa soprattutto in termini di rilievo topografico.

Si tratta in sostanza delle aree attraversate dai seguenti corsi d'acqua:

- 1) F. Trigno dalla sorgente circa fino all'inizio del tratto studiato con analisi idraulica, per una lunghezza di circa 52 km;
- 2) F.so Chiatalonga per una lunghezza di circa 5 km a monte della confluenza col F.so Canniviere;
- 3) F.so Canniviere per una lunghezza di circa 8 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 4) F.so San Rocco per una lunghezza di circa 1 km a monte della confluenza col - F.so Canniviere;
- 5) T. Castellelce suoi affluenti minori F.so di Padule e F.so della Botte per una -lunghezza di circa 13 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 6) F.so di Ponte Musa, per una lunghezza di circa 8 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 7) T. Rivo, per una lunghezza di circa 12 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 8) T. Vella per una lunghezza di circa 10 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 9) T. Verrino per una lunghezza di circa 14 km a monte della confluenza col F. -Trigno;
- 10) T. Tirino, per una lunghezza di circa 7 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 11) V.ne Pantano per una lunghezza di circa 1 km a monte della confluenza col T. Tirino;
- 12) T. Fiumarella, per una lunghezza di circa 10 km a monte della confluenza col F. Trigno;
- 13) Fiume Treste a monte della loc. Guardiola Bassa e tratto finale del suo affluente maggiore Rio Torto
- 14) Torrente Sente
- 15) Vallone di S. Giovanni Lipioni
- 16) Torrente Monnola,

L'analisi geomorfologica è consistita nel distinguere, attraverso la Carta Geolitologica e la fotointerpretazione delle ortofoto AIMA e delle ortofotocarte scala 1:10.000, le aree inserite nella dinamica fluviale di breve, medio e lungo periodo, con l'obiettivo di fornire una classificazione implicitamente correlata al tempo di ritorno delle inondazioni e quindi utilmente impiegabile nella definizione della pericolosità per la successiva analisi di rischio.

I limiti delle tre aree vengono dedotti, appunto, dall'analisi delle forme del terreno, individuando ove possibile scalini morfologici e discontinuità delle pendenze, nonché da tutta una serie di fattori quali granulometrie del terreno, presenza di vegetazione ecc. che solo l'abilità e la sensibilità del geomorfologo può utilmente interpretare.

Si tratta di una metodologia che può portare a risultati non completamente oggettivi, essendo fondata in buona parte su giudizi personali, ma che permette di avere un'informazione utile in merito alla maggiore o minore vocazione all'inondazione di aree per le quali non sono disponibili altri mezzi di analisi.

Trattasi in prevalenza di fasce di modesta larghezza ai lati delle aste fluviali, che si presentano infatti frequentemente incassate all'interno di gole, ove non sono generalmente presenti né insediamenti né infrastrutture di rilievo.

Il campo di applicazione dell'analisi geomorfologica è limitato ovviamente a quei corsi d'acqua che non presentano interventi di regimazione e opere antropiche, in quanto si tratta di un tipo di analisi che ha il suo presupposto nella modellazione del territorio ad opera di fenomenologie naturali di lunga durata.

Pertanto, ove il corso d'acqua attraversa centri urbani, oppure presenta opere di contenimento artificiali, o è attraversato da ponti, gli unici mezzi di analisi sono quello idraulico e quello storico-inventariale.

Ove l'informazione storica è assente o carente e l'analisi idraulica classica non è possibile per limitatezza di tempi e mezzi, si è ricorsi ad *un'analisi idraulica di tipo speditivo* basata su rilievi puntuali sommari eseguiti nel corso dei sopralluoghi.

Gran parte dei rilievi eseguiti hanno riguardato opere puntuali come ponti, tombature e attraversamenti dei corsi d'acqua.

In questo caso le verifiche sono state eseguite in moto permanente secondo uno schema di corrente lenta.

Invece, nel caso di verifiche di sezioni tipo, la verifica è stata eseguita in moto uniforme stimando la pendenza dell'alveo dalla cartografia disponibile e utilizzando un coefficiente di scabrezza appropriato

Le portate di verifica sono state calcolate col modello idrologico per tempi di ritorno 30, 200, 500 anni. Tenendo conto dell'ipotesi di assimilazione delle classi di inondabilità geomorfologiche con i tempi di ritorno di inondazione suddetti, si è quindi proceduto all'integrazione dell'analisi geomorfologica con le informazioni desunte da queste verifiche.

L'analisi storico-inventariale è un ulteriore strumento per la classificazione del territorio in fasce di pericolosità, che si affianca all'analisi idraulica e a quella geomorfologica.

Base di partenza per questo tipo di analisi sono le informazioni sulle passate inondazioni, le segnalazioni di danni, le ordinanze di protezione civile, ecc. tuttavia vi è la necessità che tali informazioni consistano o possano tradursi agevolmente in carte degli areali di inondazione, in cui cioè siano ben identificate le estensioni degli allagamenti. È inoltre necessario che queste informazioni siano raccolte su un ampio orizzonte temporale, anche di secoli, al fine di poter

svolgere considerazioni in merito alla ricorrenza o eccezionalità dell'evento storicamente verificatosi.

Purtroppo, nella stragrande maggioranza dei casi, si dispone di informazioni frammentarie, estremamente vaghe e su orizzonti temporali limitati.

Dai colloqui intercorsi sia con i tecnici degli Enti Locali, sia con gli stessi abitanti dei luoghi visitati, è apparso come non vi sia memoria di eventi alluvionali e soprattutto come si tenda a non rivestire di importanza eventi accaduti 40-50 anni fa. Tale atteggiamento è giustificato, in parte, dall'urbanizzazione solo recente di molte aree di fondovalle, cosicché, mancando all'epoca dell'accaduto il presupposto oggettivo del danno, non ne è rimasto il ricordo.

Le informazioni raccolte sono state tuttavia utilizzate per individuare le situazioni da analizzare per via idraulica o geomorfologica e verificare i risultati di queste ultime analisi.

3.10.7.6.1 Analisi geomorfologica

Attraverso la *Carta Geolitologica* sopra citata e la fotointerpretazione delle ortofoto AIMA e delle ortofotocarte regionali 1:10.000, è stata definita, su base geomorfologica, la fascia dei terreni alluvionali recenti per tutti i corsi d'acqua sopra elencati, distinguendo aree inserite nella dinamica fluviale di breve, medio e lungo periodo (vedi Tabella seguente), con l'obiettivo di fornire una classificazione implicitamente correlata al tempo di ritorno delle inondazioni e quindi utilmente impiegabile nella definizione della pericolosità per la successiva analisi di rischio almeno per quelle aree per le quali non è stato applicato il modello idraulico.

I limiti delle tre aree vengono dedotti, appunto, dall'analisi delle forme del terreno, individuando ove possibile scalini morfologici e discontinuità delle pendenze, nonché da tutta una serie di fattori quali granulometrie del terreno, presenza di vegetazione ecc. che solo l'abilità e la sensibilità del geomorfologo può utilmente interpretare.

Classi di inondabilità	Descrizione
1	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di breve periodo
2	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di medio periodo
3	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di lungo periodo

Classi di inondabilità su base geomorfologica

Si tratta di una metodologia che può portare a risultati non completamente oggettivi, essendo fondata in buona parte su giudizi personali, ma che permette di avere un'informazione utile in merito alla maggiore o minore vocazione all'inondazione di aree per le quali non sono disponibili altri mezzi di analisi.

Le aree così identificate sono riportate nelle TAVOLE II.B.3.5.1-18 (assieme alle aree inondabili ricavate con lo studio idraulico).

Trattasi in prevalenza di fasce di modesta larghezza ai lati delle aste fluviali, che si presentano infatti frequentemente incassate all'interno di gole, ove non sono generalmente presenti né insediamenti né infrastrutture di rilievo.

3.10.7.6.2 Verifiche idrauliche speditive

Il campo di applicazione dell'analisi geomorfologica è limitato ovviamente a quei corsi d'acqua che non presentano interventi di regimazione e opere antropiche, in quanto si tratta di un tipo di analisi che ha il suo presupposto nella modellazione del territorio ad opera di fenomenologie naturali di lunga durata.

Pertanto, ove il corso d'acqua attraversa centri urbani, oppure presenta opere di contenimento artificiali, o è attraversato da ponti, gli unici mezzi di analisi sono quello idraulico e quello storico-inventariale.

Ove l'informazione storica è assente o carente e l'analisi idraulica classica non è possibile per limitatezza di tempi e mezzi, si è ricorsi ad un'analisi idraulica di tipo speditivo basata su rilievi puntuali sommari eseguiti nel corso dei sopralluoghi.

Gran parte dei rilievi eseguiti hanno riguardato opere puntuali come ponti, tombinature e attraversamenti dei corsi d'acqua.

In questo caso le verifiche sono state eseguite in *moto permanente secondo uno schema di corrente lenta* imponendo una condizione energetica critica ($Fr=1$) all'uscita dell'opera: la scelta è motivata dal fatto che:

- gran parte degli attraversamenti del reticolo minore sono caratterizzati da un sensibile rapporto di restringimento, obbligando così la corrente a transitarvi in condizioni critiche
- si tratta quasi sempre di aste fluviali a carattere torrentizio e quindi l'utilizzo di uno schema di corrente lenta è da ritenersi cautelativo.

Predominando in casi del genere gli effetti dissipativi localizzati, non rileva il coefficiente di scabrezza utilizzato.

Invece, nel caso di verifiche di sezioni tipo, la verifica è stata eseguita in *moto uniforme* stimando la pendenza dell'alveo dalla cartografia disponibile e utilizzando un coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler $K_s = 24 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per i canali naturali e $K_s = 30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per quelli rivestiti (tenuto conto del carente stato di manutenzione).

Le portate di verifica sono state calcolate col modello idrologico per tempi di ritorno 30, 200, 500 anni. Si omettono i tabulati delle verifiche, riportando però i risultati, in termini di livelli idrometrici, nell'ALLEGATO II.B.2.3, ove graficamente sono state sviluppate le sezioni rilevate speditivamente.

Tenendo conto dell'assimilazione delle classi di inondabilità geomorfologiche (Tabella 1) con i tempi di ritorno di inondazione suddetti si è quindi proceduto all'integrazione dell'analisi geomorfologica con le informazioni desunte da queste verifiche.

3.10.7.6.3 Analisi storico-inventariale

L'analisi storico-inventariale è un ulteriore strumento per la classificazione del territorio in fasce di pericolosità, che si affianca all'analisi idraulica e a quella geomorfologica.

Base di partenza per questo tipo di analisi sono le informazioni sulle passate inondazioni, le segnalazioni di danni, le ordinanze di protezione civile, ecc. tuttavia vi è la necessità che tali informazioni consistano o possano tradursi agevolmente in carte degli areali di inondazione, in cui cioè siano ben identificate le estensioni degli allagamenti.

È inoltre necessario che queste informazioni siano raccolte su un ampio orizzonte temporale, anche di secoli, al fine di poter svolgere considerazioni in merito alla ricorrenza o eccezionalità dell'evento storicamente verificatosi.

Purtroppo, nella stragrande maggioranza dei casi, si dispone di informazioni frammentarie, estremamente vaghe e su orizzonti temporali limitati.

Dai colloqui intercorsi sia con i tecnici degli Enti Locali, sia con gli stessi abitanti dei luoghi visitati, è apparso come non vi sia memoria di eventi alluvionali e soprattutto come si tenda a non rivestire di importanza eventi accaduti 40-50 anni fa. Tale atteggiamento è giustificato, in parte, dall'urbanizzazione solo recente di molte aree di fondovalle, cosicché, mancando all'epoca dell'accaduto il presupposto oggettivo del danno, non ne è rimasto il ricordo.

Le informazioni raccolte sono state tuttavia utilizzate per individuare le situazioni da analizzare per via idraulica o geomorfologica e verificare i risultati di queste ultime analisi.

Le aree storicamente inondate sono riportate anch'esse nelle TAVOLE II.B.3.5.1-18, in genere come informazione puntuale. Solo in alcuni casi è stata attribuita una estensione areale all'informazione.

3.10.8 Definizione della pericolosità e del rischio idraulico

La delimitazione delle aree a rischio idraulico è stata condotta secondo linee metodologiche coerenti con la normativa vigente e in particolare con l'Atto di Indirizzo e Coordinamento del DPCM 29.9.98, che individua i criteri relativi agli adempimenti.

In particolare, nei comma 1 e 2 dell'art. 1 del D.L. 180 dell'11.06.98, si sottolinea la necessità che la perimetrazione delle aree inondabili sia condotta mediante adeguati studi idraulici e idrogeologici, in corrispondenza di eventi associati a tre diversi tempi di ritorno compresi rispettivamente tra 20 e 50, 100 e 200, 300 e 500 anni. La rappresentazione delle aree perimetrate deve essere effettuata su cartografia a scala non inferiore a 1:25.000, mentre la presenza degli elementi a rischio, costituiti da insediamenti, attività produttive e patrimonio ambientale, deve essere individuata tramite cartografia scala minima 1:25.000 (carta degli elementi a rischio).

La sovrapposizione della carta degli elementi a rischio con quella delle aree inondabili fornisce la carta del rischio classificabile nelle seguenti classi: R1-rischio moderato, R2-rischio medio, R3-rischio elevato, R4-rischio molto elevato.

Prima di illustrare la metodologia di dettaglio utilizzata per la delimitazione delle aree a rischio, si richiamano di seguito alcuni concetti preliminari sulla definizione di rischio.

3.10.8.1 Concetti e definizioni

Una porzione di territorio soggetta a inondazione con conseguenti danni a persone e/o beni viene definita *area vulnerabile*.

Si definiscono *elementi a rischio (E)* le persone, i beni e le attività economiche presenti in un'area vulnerabile.

Gli elementi a rischio e possono essere caratterizzati attraverso:

- la *tipologia* (persone, beni, attività);
- l'*entità o valore* degli elementi (numero di persone, valore economico dei beni);
- la *vulnerabilità (V)* degli elementi, cioè l'attitudine a subire danni per effetto dell'evento di piena. Si esprime mediante un coefficiente compreso tra 0 (assenza di danno) e 1 (perdita totale).

Sia E che V possono variare in funzione dell'evento alluvionale (es.: estensione della zona inondata, modalità di inondazione); a parità di evento E e V possono variare in funzione di fattori casuali come per esempio il periodo in cui si verifica l'evento.

In corrispondenza di ciascun evento i -esimo si definisce il *danno* (D) come prodotto del valore del bene per la sua vulnerabilità:

$$(1) \quad D_i = E_i V_i$$

Per un determinato elemento a rischio e un prefissato periodo di tempo t è il valore atteso del danno totale D_t , opportunamente attualizzato costituisce il rischio (R)::

$$(2) \quad R = A(D_t)$$

per fini pratici risulta accettabile la seguente approssimazione della 2, nota come equazione del rischio o di Varnes:

$$(3) \quad R = EV H_t = D H_t$$

ove H_t è la *pericolosità*, cioè la probabilità di avere nel periodo t almeno un evento calamitoso, V e E rappresentano rispettivamente il valore medio della vulnerabilità e l'ammontare dell'elemento a rischio soggetto a danno.

Da notare che la definizione del rischio espressa dalla 3, peraltro adottata dalla normativa vigente, quantifica il danno sostanzialmente in funzione delle caratteristiche degli elementi a rischio più che in funzione delle caratteristiche dell'evento.

La pericolosità è legata al tempo di ritorno dell'evento calamitoso, T , che esprime l'intervallo di tempo nel quale l'intensità dell'evento viene superata mediamente una sola volta. In particolare, nota la funzione di distribuzione della probabilità di non superamento della portata al colmo Q massima annuale, $F(Q) = P[Q \leq q]$, il tempo di ritorno associato ad un valore della portata q è definito come:

$$(4) \quad T = 1/[1 - F(q)]$$

Il legame tra pericolosità H_t e tempo di ritorno T è espresso dalla relazione:

$$(5) \quad H_t = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^t$$

Le fonti del rischio esprimono le cause che lo determinano. In particolare, il rischio idraulico scaturisce dalla possibilità di danno a persone e/o beni in conseguenza di fenomeni di esondazione.

3.10.8.2 Attività connesse all'analisi del rischio

Le attività connesse all'analisi del rischio possono essere articolate nelle seguenti due fasi:

- 1) **quantificazione del rischio:** comprende la fase conoscitiva-previsionale nell'analisi del rischio. In base all'equazione 3, la valutazione del rischio consiste nella stima della pericolosità dell'evento e del danno conseguente. Nei fenomeni alluvionali, la stima della *pericolosità* H dell'evento di piena si valuta mediante l'analisi idrologica (Elaborato II.B.1.1). La pericolosità viene in generale espressa in termini di tempo di ritorno, T_r , individuando così eventi di piena

per prefissati valori di Tr . La stima del danno ($= E \cdot V$) associato ad un prefissato evento di piena si basa prima di tutto sulla definizione delle aree vulnerabili attraverso il tracciamento delle mappe di esondazione. Elementi caratterizzanti le aree sono: l'estensione delle superfici allagate, i volumi esondati, le massime altezze di sommersione. Sulla base delle mappe di esondazione sono individuati gli elementi a rischio mediante la sovrapposizione con la Mappa degli Elementi a Rischio.

2) riduzione del rischio: tale fase comprende tutte quelle attività volte alla riduzione del rischio che si realizzano mediante *interventi strutturali* e *interventi non strutturali*. Gli interventi strutturali tendono a ridurre la probabilità che si verifichi un evento. Gli *interventi non strutturali* mirano invece alla riduzione del danno e comprendono misure di salvaguardia, azioni normative e vincolistiche, attività di pianificazione urbanistica, sviluppo di sistemi di allerta, messa a punto di piani di protezione civile, utilizzo di tipologie costruttive adeguate.

3.10.8.3 Definizione delle classi di pericolosità

La valutazione della pericolosità idraulica è stata condotta utilizzando sia i risultati dell'analisi idraulica (per le aree di fondovalle più importanti, oggetto di rilievo topografico) sia quelli dell'analisi geomorfologica storico-inventariale (per le rimanenti, meno importanti), in modo da coprire tutta l'Area di Studio.

La pericolosità idraulica è stata definita secondo tre classi PI1, PI2, PI3.

Nel caso dei tratti fluviali studiati con il modello idraulico la pericolosità è stata associata al tempo di ritorno, nel caso di aree in cui sia disponibile la sola analisi geomorfologica e storico-inventariale si è proceduto assegnando una pericolosità secondo un criterio tecnico-qualitativo.

Nella Tabella seguente si riportano le definizioni delle diverse classi di pericolosità sia per le aree studiate con il modello idraulico che per quelle oggetto della analisi geomorfologica.

Classe di Pericolosità	Tempo di ritorno area inondabile (per le aree studiate su base idraulica)	Tipologia area (per le aree studiate su base geomorfologica)
P3	Inferiore a 30 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di breve periodo.
P2	Tra 30 anni e 200 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni inserite nella dinamica fluviale di medio periodo.
P1	Tra 200 anni e 500 anni	Alveo attivo, aree golenali e alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di lungo periodo

Tabella associativa tra classi di pericolosità idraulica e risultati dell'analisi idraulica e geomorfologica

La Carta della Pericolosità Idraulica è riportata nelle TAVOLE II.B.3.6.1. sulla base cartografica costituita dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000.

3.10.8.4 Individuazione degli elementi a rischio

La cartografia degli elementi a rischio è analoga a quella redatta ai fini dell'analisi del Rischio da Frana., con l'eccezione delle modifiche riportate nella Tabella seguente, che scaturiscono da una diversa dinamica dei fenomeni, e pertanto vengono adottate ai fini di una più corretta valutazione del rischio idraulico:

<i>Tipologia uso del suolo</i>	<i>Modifiche rispetto alla classificazione adottata nell'analisi del rischio da frana</i>
Tutte le tipologie della classe 6 ad eccezione dei sistemi colturali e particellari complessi	Dalla classe 6 alla classe 8
Metanodotti	Dalla classe 1 alla classe 3
Sponde dei fiumi	Dalla classe 7 alla classe 5
Colture annuali associate a colture permanenti	Dalla classe 6 alla classe 8
Vegetazione ripariale	Dalla classe 8 alla classe 5
Cave e attività estrattive	Dalla classe 2 alla classe 3
Opere idrauliche	Dalla classe 3 alla classe 5

Modifiche alle classi della carta degli elementi a rischio

Si deve ricordare che le aree oggetto di futuri interventi urbanistici sono state classificate e perimetrate in funzione delle conoscenze acquisite nell'ambito del presente studio.

3.10.8.5 Mappatura del rischio idraulico

La valutazione del rischio è condotta sulla base delle indicazioni contenute nell'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 (DPCM 29/09/1998)".

Il rischio idraulico viene pertanto articolato in quattro classi: RI1, RI2, RI3 e RI4. La attribuzione delle classi di rischio è condotta sulla base di una tabella a due ingressi ove da un lato vi sono le classi di *pericolosità* e dall'altro le classi di *uso del suolo* in analogia con quanto adottato in studi precedenti.

In particolare, nella Tabella seguente sono elencate le classi di uso del suolo considerate nell'ambito del presente studio, mentre nella Tabella successiva sono riportate le classi di rischio idraulico in funzione della pericolosità idraulica e della classe di uso del suolo.

La mappatura del rischio viene ottenuta mediante la "sovrapposizione" delle mappe degli Elementi a Rischio, rappresentati dalle diverse classi dell'uso del suolo, con quelle della Pericolosità Idraulica, ottenendo in tal modo un'associazione tra il singolo elemento a rischio e la pericolosità dell'area in cui si trova.

Nel caso di aree analizzate su base geomorfologica, per le quali non si conosce il tempo di ritorno dell'inondazione, si è scelto di procedere sulla base delle associazioni già viste in precedenza.

Codice	Uso del suolo
1	Aree edificate urbane continue, autostrade, ferrovie, gallerie, grandi impianti di servizi pubblici e privati, insediamenti industriali e artigianali con spazi annessi, insediamenti commerciali, strade statali, tessuto residenziale continuo denso e mediamente denso
2	Aree per il tempo libero, aree sportive, campeggi, cantieri, insediamento rado, insediamento residenziale a tessuto discontinuo, P.I.P, parchi, strade provinciali, unità industriali e commerciali, Zona C, Zona D, zone edificate discontinue, installazioni speciali
3	Attività estrattive, cave, depuratori, discariche e depositi, metanodotti, strade comunali, tratturi, strade interpoderali
4	Oliveti, vigneti, frutteti
5	Corpi idrici (serbatoi, bacini, canali, estuari, fiumi, torrenti, fossi, paludi), formazioni riparie, opere di ingegneria idraulica, spiagge, dune, sponde fluviali e formazioni

	riparie, vegetazione ripariale
6	Sistemi colturali e particellari complessi
7	Boschi di latifoglie, aree a ricolonizzazione artificiale e naturale, aree agro-forestali, boschi di conifere e boschi misti
8	Colture annuali associate a colture permanenti, arboricoltura da legno, aree a pascolo, praterie e prati, aree a vegetazione rada, boschi cespugliati, brughiere, cedui matricinati, colture agrarie con spazi naturali importanti, rocce nude, falesie, rupi, affioramenti, seminativi in aree non irrigue, terre arabili con vegetazione continua e discontinua, vegetazione sparsa su calanchi e rocce

Classificazione dell'uso del suolo

Codice Uso del suolo	P3	P2	P1
1	R4	R3	R2
2	R4	R3	R2
3	R3	R2	R2
4	R3	R2	R1
6	R3	R2	R1
7	R2	R2	R1
8	R2	R1	R1
5	R1	R1	R1

Classificazione del rischio idraulico

La cartografia delle aree a rischio definita con la metodologia prima descritta è riportata nelle TAVOLE II.B.3.7 sulla base costituita dalla ortofoto alla scala 1:10.000.

Per le aree che ricadono nelle classi a rischio molto elevato (RI4) e elevato (RI3) è stata svolta un'analisi di dettaglio mirata a evidenziare le condizioni specifiche di rischio in relazione alle caratteristiche dei fenomeni che lo determinano. Per ciascuna di tali aree è stata redatta una Scheda contenente in forma sintetica gli elementi informativi principali per la valutazione del rischio, come di seguito specificato.

3.10.8.5.1 Analisi delle aree a rischio idraulico elevato e molto elevato

Sulla base dei risultati ottenuti dalla sovrapposizione della mappa dell'uso del suolo con quella della pericolosità idraulica sono state individuate e analizzate le aree ricadenti nelle classi R4 e R3 di rischio molto elevato e elevato.

Per ciascuna di tali aree è stata condotta un'analisi di dettaglio finalizzata a:

- verificare l'effettiva corrispondenza dell'uso del suolo mediante confronto con i rilievi aerofotogrammetrici: ciò consente un più corretto inquadramento degli elementi a rischio che la sola mappa dell'uso del suolo, per il livello di risoluzione di cui dispone, non è in grado di offrire;
- individuare le locali condizioni di pericolosità in relazione alle caratteristiche idrauliche dell'evento e alle caratteristiche morfologiche e topografiche del corso d'acqua e del territorio circostante;

- valutare il livello di rischio idraulico mediante analisi ragionata degli elementi conoscitivi specifici considerati e attribuire la classe di rischio corrispondente.

In totale sono state individuate 21 aree a rischio molto elevato e elevato.

Per ciascuna di tali aree è stata redatta una Scheda Informatizzata del Rischio Idraulico contenente gli elementi sintetici utilizzati per la definizione del rischio. In particolare, per quanto riguarda la metodologia generale di valutazione e classificazione del rischio nelle suddette aree, sono stati adottati i seguenti criteri:

- • le infrastrutture di attraversamento, quali ponti e viadotti, che dalla procedura automatica di sovrapposizione della carta della pericolosità con quella dell'uso del suolo risulterebbero in classe R4, sono stati declassati nei casi in cui non risultano soggetti a sormonto;
- • agli impianti tecnologici, quali metanodotti e oleodotti, è stata attribuita la classe R3 assumendo l'attraversamento in alveo e valutando il rischio in termini di dinamica d'alveo piuttosto che in termini di inondazione;
- • le aree oggetto di futuri interventi urbanistici sono state classificate e perimetrate in funzione delle conoscenze acquisite nell'ambito del presente studio;
- • alle aree, per la maggior parte appartenenti alle classi di uso del suolo 3 e 4, spazialmente molto limitate e contenute all'interno di altre aree a rischio medio o moderato, è stata attribuita la classe di rischio delle aree circostanti.

L'ubicazione e la mappatura delle aree a rischio idraulico sono riportate nelle TAVOLE II.B.3.7.

Nella [Tabella seguente](#) per ciascuna classe di uso del suolo si riportano i valori delle aree comprese nelle diverse fasce di pericolosità.

classe uso suolo	Superficie per classi di pericolosità (m ²)			Totale (m ²)
	P1	P2	P3	
1	46000	18000	52000	116000
2	267000	389000	242000	898000
3	165000	166000	868000	1199000
4	867000	1079000	796000	2742000
5	1294000	2620000	11251000	15165000
6	204000	195000	210000	609000
7	638000	824000	2449000	3911000
8	3145000	5055000	7157000	15357000
Totale	6626000	10346000	23025000	

Estensione delle aree a pericolosità idraulica per le diverse categorie di uso del suolo

Nella Tabella seguente sono riportate le superfici delle aree classificate in funzione dell'uso del suolo e ricadenti nelle classi di rischio idraulico.

Classe uso del suolo	Superficie per classi di rischio (m ²)				Totale (m ²)
	R1	R2	R3	R4	
1	0	46000	18000	52000	116000
2	0	267000	389000	242000	898000

3	0	331000	867000	1000	1199000
4	867000	1079000	796000	0	2742000
5	15166000	0	0	0	15166000
6	204000	195000	210000	0	609000
7	637000	3273000	0	0	3910000
8	8201000	7156000	0	0	15357000
totale	25075000	12347000	2280000	295000	

Estensione aree a rischio idraulico

3.10.8.5.1.1 Relazione Integrativa R_01.01

La presente relazione è relativa alla ricostruzione idrologica dell'evento del gennaio 2003.

A tale scopo sono stati acquisiti i dati disponibili di pluviometria e di idrometria presso i seguenti Enti:

- Ufficio Idrografico di Pescara;
- Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore.

Nel bacino del fiume Trigno non risulta ad oggi funzionante nessuna stazione idrometrica dotata di una scala di deflusso aggiornata. La presente analisi farà pertanto riferimento alle verifiche condotte nel bacino del Biferno alla diga del Liscione e alla stazione di Altopantano contenute nella relazione integrativa redatta per il bacino del fiume Biferno.

Sulla base dei dati pluviometrici raccolti in primo luogo è stato applicato il modello idrologico con i parametri utilizzati nel PAI per la valutazione degli idrogrammi di piena per i vari tempi di ritorno. Successivamente sono stati applicati i parametri modificati a seguito delle tarature condotte sul bacino del fiume Biferno

Infine è stata condotta una valutazione del tempo di ritorno delle precipitazioni per le varie durate e della portata registrata durante l'evento.

I DATI PLUVIOMETRICI

I dati pluviometrici raccolti sono i seguenti:

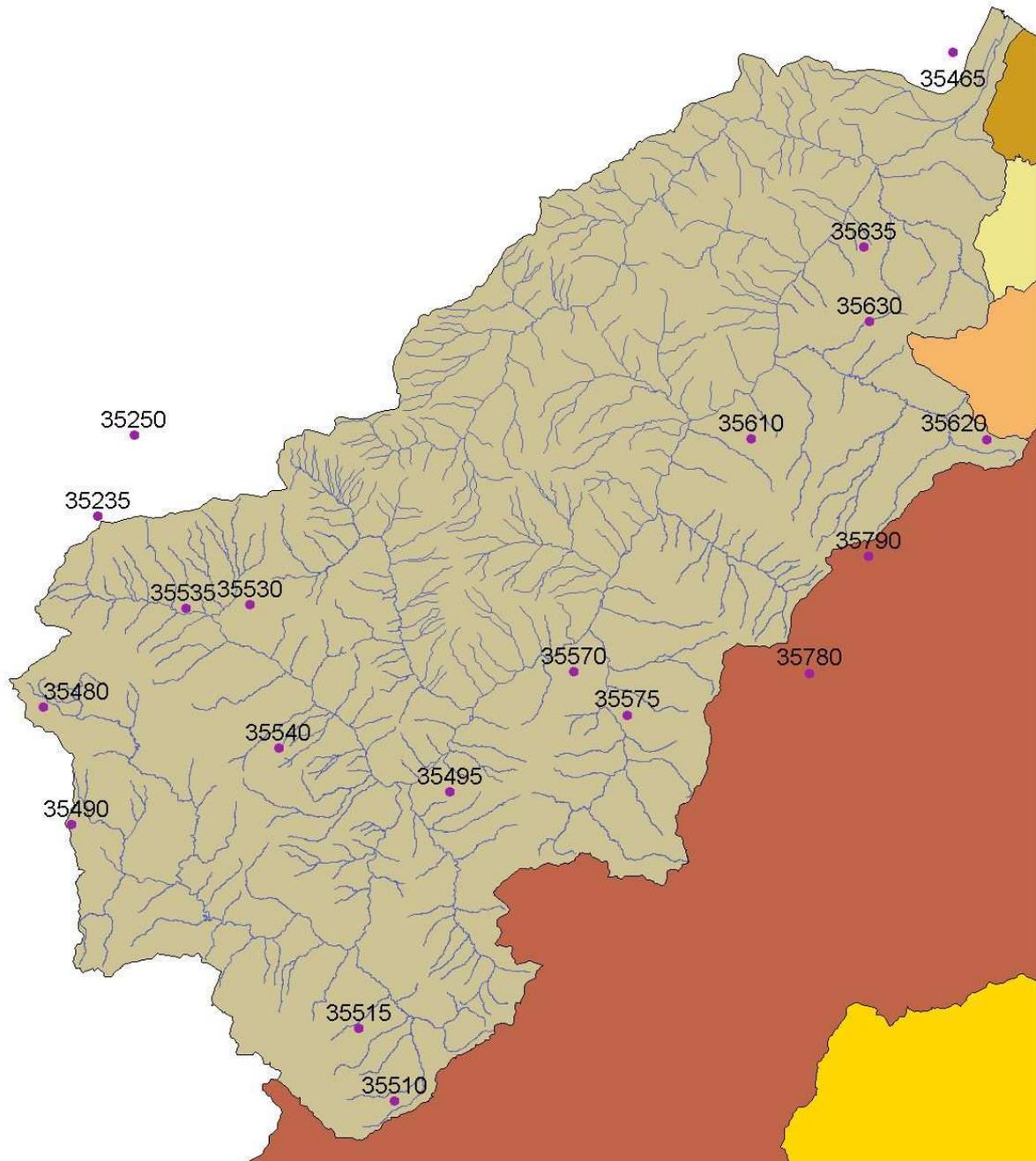
- Dati pluviometrici dell'Ufficio Idrografico di Pescara;
- Dati pluviometrici ERSAM;

Le stazioni pluviometriche utilizzate per la ricostruzione dell'evento nel bacino del fiume Trigno sono riportate in tabella.

Codice	Nome
35250	PESCOENNATARO
35465	MONTENERO DI B.-ERSAM
35480	VASTOGIRARDI
35490	CAROVILLI
35495	SALCITO-ERSAM
35510	FROSOLONE
35515	FROSOLONE-ERSAM
35530	AGNONE
35535	AGNONE-ERSAM
35540	PIETRABBONDANTE
35570	TRIVENTO
35575	TRIVENTO-ERSAM
35610	MONTEMITRO
35620	PALATA
35630	MAFALDA
35635	MAFALDA-ERSAM
35780	CIVITA_CAMPO_MARANO
35790	CASTELMAURO
35235	CAPRACOTTA-ERSAM

Elenco delle stazioni utilizzate

Le stazioni pluviometriche sono riportate nella seguente figura



Stazioni pluviometriche utilizzate

APPLICAZIONE DEL MODELLO IDROLOGICO

Il modello idrologico è stato applicato alla sezione di foce del bacino del fiume Trigno.

RICOSTRUZIONE DELL'EVENTO

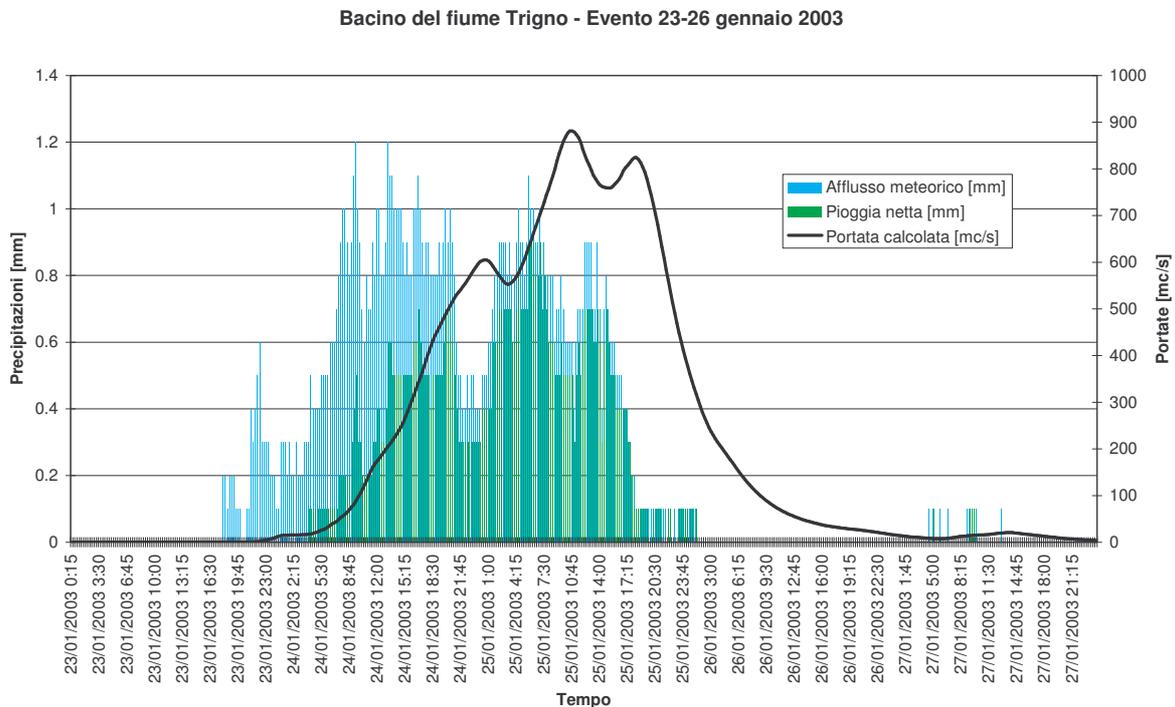
In primo luogo è stata stimata l'idrogramma di piena applicando i parametri adottati nel PAI per la stima degli idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno.

I parametri sono riportati nella tabella seguente

Parametri	
Saturazione	0.70
Infiltrazione	0.01
Ritenuta	2.00
Ipodermico	0.00
Trasferimento	0.28
Cinematico-invaso	0.45

Parametri del modello idrologico

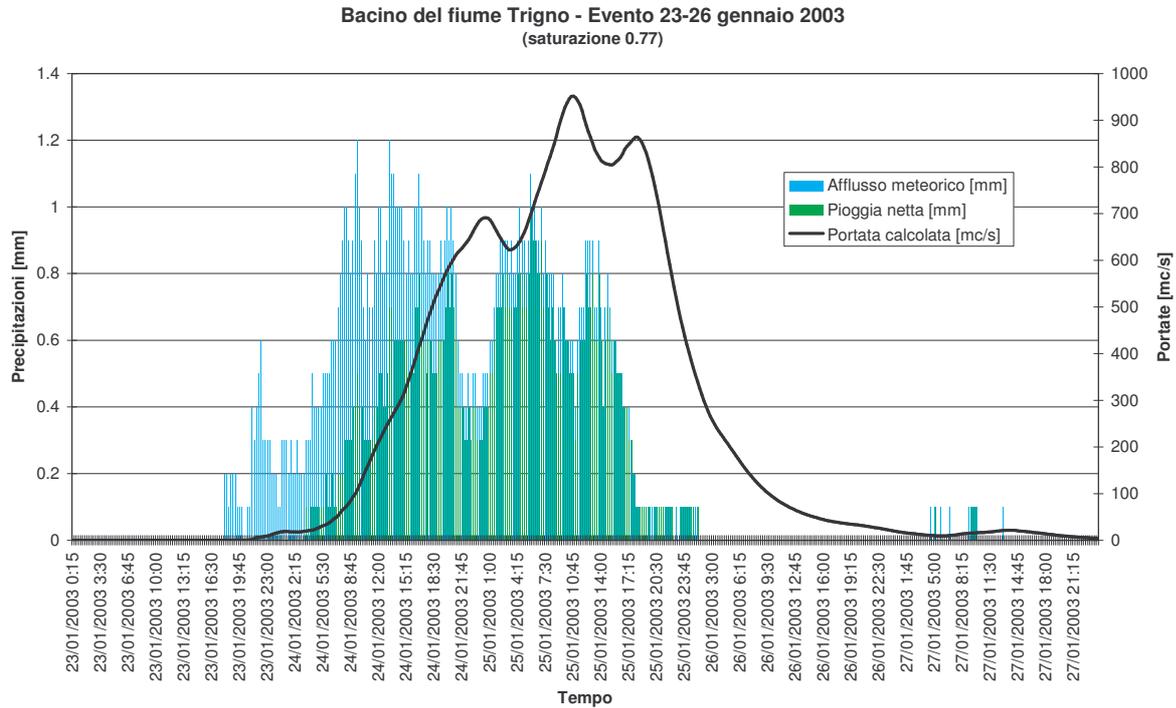
Il risultato è riportato nella figura seguente.



Idrogramma di piena ricostruito con i parametri originari

Si osservi che il picco di piena risulta di circa 880 mc/s con un afflusso meteorico complessivo di circa 153000000 mc e un coefficiente di deflusso di 0.59.

E' stata inoltre condotta una simulazione modificando il valore della saturazione iniziale a 0.77 in modo da avere lo stesso coefficiente di deflusso registrato sul Biferno alla diga del Liscione fornisce il risultato riportato nella figura seguente.

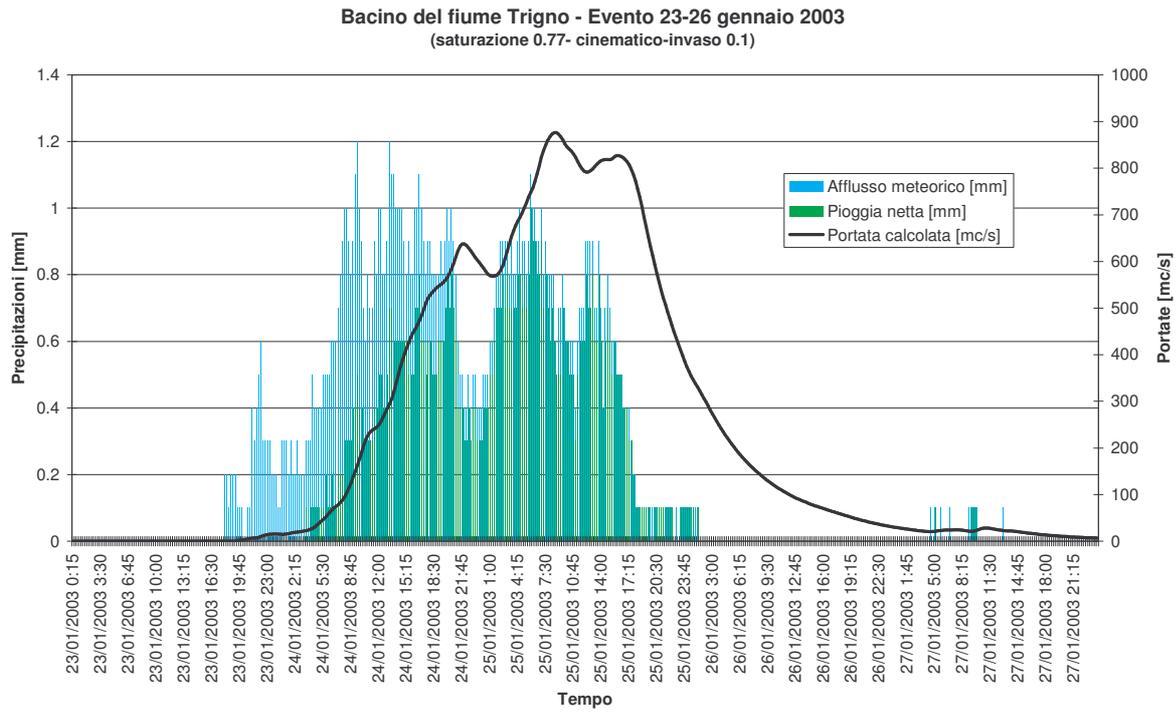


Idrogramma di piena ricostruito con saturazione 0.77

Si osservi che la ricostruzione non cambia nella sostanza. La portata la colmo risulta adesso leggermente superiore (950 mc/s contro 880mc/s). Il coefficiente di deflusso è in questo caso di 0.65.

E' stata infine condotta una simulazione con il rapporto cinematico invaso modificato a 0.1 in modo da avere un migliore adattamento della fase sempre nella taratura condotta alla diga del Liscione.

Il risultato è riportato nella figura seguente.



Idrogramma di piena ricostruito con saturazione 0.75 e rapporto cinematico invaso 0.1.

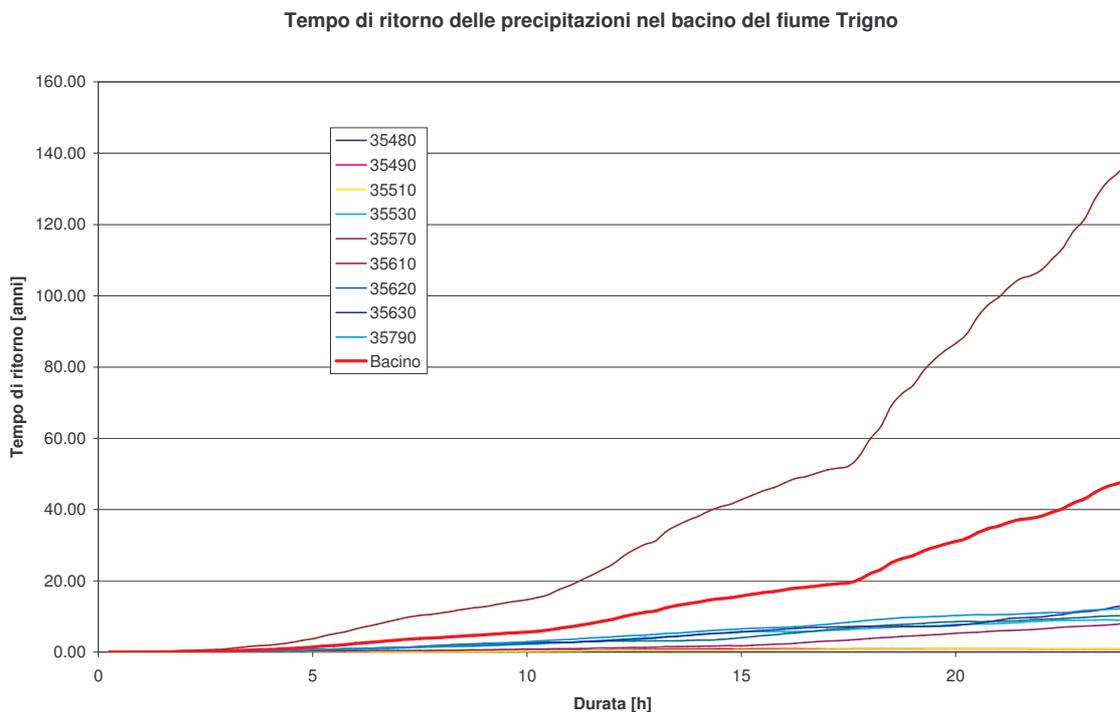
Si osserva che la portata si riduce a 875mc/s e che il picco si anticipa di circa 1.45 ore.

VALUTAZIONE DEI TEMPI DI RITORNO

LE PRECIPITAZIONI

La valutazione dei tempi di ritorno è stata condotta in primo luogo per le precipitazioni. La stima è stata condotta sulla base delle precipitazioni massime registrate durante l'evento per le diverse durate e sulla base delle curve di possibilità pluviometriche disponibili.

Nella figura seguente si riporta per le diverse durate il tempo di ritorno nelle stazioni dotate di CPP e medio sul bacino.

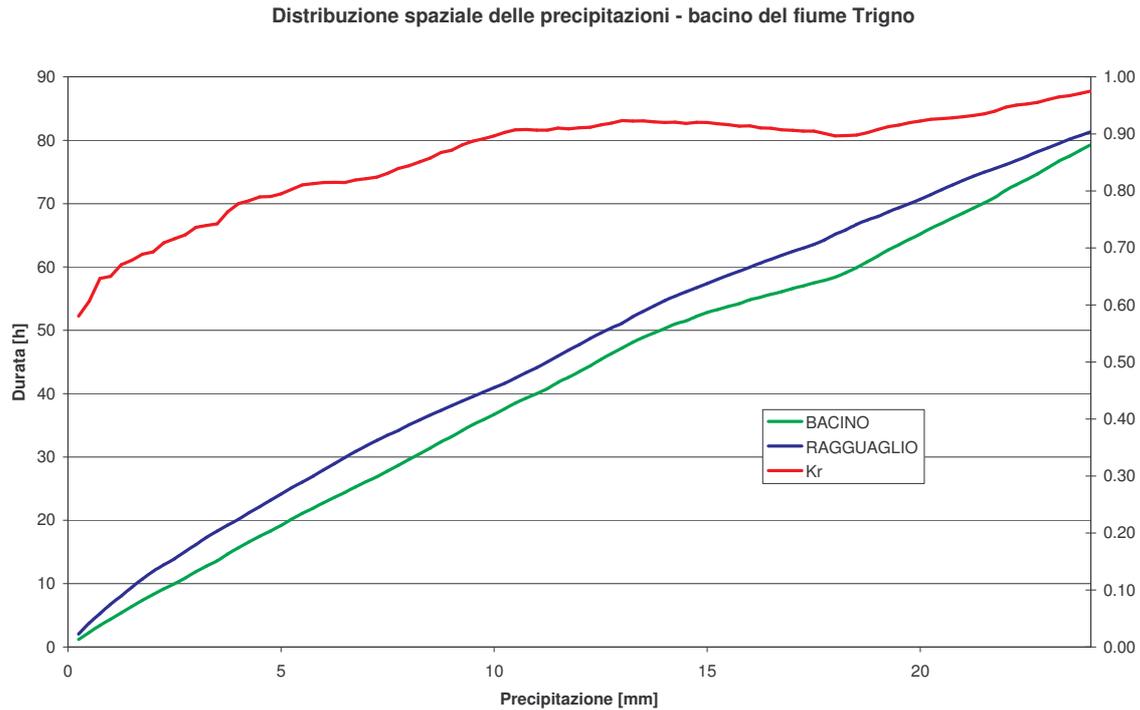


Tempi di ritorno delle precipitazioni per le diverse durate nel bacino del fiume Trigno

Nella figura seguente si riporta il valore delle precipitazioni massime per le diverse durate calcolate come media sul bacino e ragguagliate e partite da quelle massime registrate nelle singole stazioni assieme al corrispondente valore del coefficiente di ragguaglio areale.

Il tempo di ritorno medio di bacino aumenta con la durata fino a 50 anni per 24 ore.

Il coefficiente K_r si mantiene sotto 0.80 fino a durate fino a 10 ore per crescere fino a 0.98 per durate di 24 ore. Tali valori così elevati evidenziano una estrema uniformità della precipitazione a livello di bacino.



Precipitazioni massime per le diverse durate e Kr nel bacino del fiume Trigno

LE PORTATE

Le portate al colmo ricostruite dal modello idrologico sono riportate nella tabella seguente.

Sezione	Evento 2003
Trigno alla foce	875 mc/s – 950 mc/s

Portate al colmo ricostruite idrologicamente per l'evento del gennaio 2003

Il modello idrologico adottato nel PAI fornisce i seguenti valori delle portate nella sezione di foce per i diversi tempi di ritorno come riportato nella tabella seguente

Sezione	Tr 20	Tr 30	Tr 100	Tr 200	Tr 500
Trigno alla foce	940	1075	1564	1924	2518

Portate [mc/s] per i diversi tempi di ritorno

Dalla analisi delle tabelle prima riportate si ricava che alla foce del fiume Trigno l'evento ha avuto un tempo di ritorno **intorno ai 20 anni**.

CONCLUSIONI

La presente analisi è stata finalizzata alla ricostruzione idrologica dell'evento del gennaio 2003 nel bacino del fiume Trigno

Sono state utilizzate tutte le stazioni disponibili nel bacino (Ufficio Idrografico, ERSAM) al fine di avere un quadro il più esauriente possibile circa la distribuzione spaziale e l'entità delle precipitazioni.

La sezione di calcolo è stata quella del bacino alla foce.

Le elaborazioni sono state condotte sia adottando gli stessi parametri medi utilizzati nel PAI per la stima delle portate di piena per i diversi tempi di ritorno sia con due dei parametri (saturazione iniziale e rapporto cinematico invaso) modificati per uguagliare rispettivamente il coefficiente di deflusso e la fase del picco di piena alla diga del Liscione.

E' stata inoltre condotta una analisi dei tempi di ritorno delle precipitazioni e delle portate.

Le precipitazioni presentano dei tempi di ritorno per le durate critiche per il bacino (14 -.16 ore) **intorno a 20 anni.**

Le portate presentano anch'esse un tempo di ritorno compreso **intorno a 20 anni.**

Ciò è spiegabile considerando che l'evento del gennaio 2003 è stato caratterizzato da precipitazioni assai omogenee come evidenziato dalla analisi delle precipitazioni massime per le diverse durate che hanno consentito la risposta unitaria di tutto il bacino.

3.10.9 Definizione degli interventi

Le attività di definizione degli interventi per la mitigazione del rischio, sia di tipo strutturale che non strutturale, ha prodotto i seguenti elaborati specifici che assieme alla relazione generale costituiscono il fondamento del Progetto di Piano:

- Programma prioritario degli interventi
- Norme di Piano
- Indicazione su eventuali sistemi di allarme e allerta
- Quadro del fabbisogno economico degli interventi

3.10.9.1 Attività comuni alle due tematiche

Di seguito si espongono brevemente le attività svolte inerenti indistintamente sia la tematica “Assetto di versante” sia la tematica “Assetto idraulico”.

3.10.9.1.1 Norme di Piano

Le Norme di Piano predisposte per il bacino del fiume Biferno e Minori derivano da quelle proposte per il “Progetto di Piano Stralcio del Bacino del fiume Trigno (territorio abruzzese)”.

Tali norme sono state oggetto, rispetto alla prima stesura, di una serie di modifiche condotte dalla Segreteria Tecnica della Autorità di Bacino a seguito delle revisioni del Comitato Tecnico della Autorità di Bacino.

Ulteriori modifiche scaturiscono dalle risultanze della Conferenza Programmatica, come successivamente dettagliatamente descritte.

3.10.9.1.2 Sistemi di allarme e di allerta

Sono state analizzate le problematiche relative alla predisposizione di un sistema di monitoraggio dei dissesti idrogeologici finalizzato sia alla gestione degli allarmi (monitoraggio in tempo reale) che allo studio dei processi fisici secondo i quali si evolve il bacino idrografico, pervenendo alla conclusione che tale sistema:

- a) dovrà avvalersi delle informazioni provenienti dalle reti di monitoraggio già presenti sul territorio eventualmente ampliate e integrate ove questo sia necessario;
- b) dovrà essere principalmente finalizzato all'acquisizione di dati, misure e rilievi delle principali grandezze fisiche che intervengono nei processi di versante e nella formazione e propagazione degli eventi di piena e che costituiscono la base conoscitiva di riferimento per le attività di previsione, prevenzione e riduzione del rischio.

3.10.9.1.3 Quadro del fabbisogno economico degli interventi

Il quadro del fabbisogno economico degli interventi è stato redatto sulla base delle analisi condotte per la riduzione del rischio idraulico e da frana.

Il costo degli interventi è stato valutato sulla base di parametrizzazioni a scala di bacino suddividendo gli interventi per tipologie.

3.10.9.2 Attività relative all'assetto di versante

3.10.9.2.1 Definizione e criteri degli interventi di mitigazione del rischio

Apposito elaborato del Progetto di PAI è stato dedicato a studi di approfondimento per gli scenari di rischio, che contengono la sintesi degli aspetti naturali dell'evento che produce rischio, delle sue caratteristiche, degli elementi sui quali è presente o si attende un danno e consentono di predisporre un piano di interventi per la mitigazione del rischio.

Tali approfondimenti risultano essere di semplice indirizzo giacchè le specifiche condizioni geologiche, idrogeologiche, geotecniche ed idrauliche dovranno essere oggetto di studi di dettaglio, i presupposti imprescindibili per la definizione progettuale degli interventi di sistemazione.

Gli approfondimenti indicati per i diversi scenari prospettano le linee di azione da intraprendere, i criteri da adottare e suggeriscono le possibili tipologie di opere da realizzare per la mitigazione del rischio.

Nelle analisi sono state privilegiate, con priorità in termini di urgenza e di impegno economico, gli scenari di rischio che comportano problemi diretti per la pubblica incolumità (vita umana). La presenza di tale bene scaturisce dalla classificazione del territorio di studio attraverso classi con valore intrinseco decrescente; in ordine di priorità, pertanto, sono stati ordinati gli scenari R4 e, secondariamente, alcuni degli scenari R3.

3.10.9.3 Attività relative all'assetto idraulico

3.10.9.3.1 Definizione degli interventi strutturali di messa in sicurezza

La definizione degli interventi strutturali, sia sotto il profilo tipologico che economico, risulta ovviamente più approfondita per le aree oggetto di specifico studio idraulico rispetto a quella dedotta per le aree oggetto di indagine su base geomorfologica.

A partire dal quadro conoscitivo sul rischio idraulico sono state identificate le strategie di intervento sia di tipo strutturale che non strutturale (vincoli sulla destinazione d'uso delle aree stesse e/o norme di edificabilità) in modo da conseguire un'omogenea riduzione del rischio sull'intero territorio di competenza, sia regionale che interregionale.

Per gli interventi di tipo strutturale, cioè finalizzati alla riduzione del tempo di ritorno delle inondazioni, è stata valutata la possibilità di laminazione delle piene e quindi di riduzione della portata, nonché i possibili interventi per aumentare la capacità di smaltimento del corso d'acqua.

La valutazione della tipologia degli interventi strutturali è stata definita in funzione di una preliminare valutazione della fattibilità tecnica svolta utilizzando i risultati delle verifiche idrauliche.

L'efficacia degli interventi nella riduzione del rischio idraulico è stata poi verificata attraverso la simulazione idraulica dei corsi d'acqua considerati nello scenario di progetto.

I risultati delle analisi hanno fornito un quadro in base al quale sono stati definiti gli indirizzi e le proposte operative per la programmazione degli interventi. In particolare, a ciascun intervento è stato attribuito un livello di priorità facendo riferimento al tempo di ritorno dell'evento per il quale l'intervento è progettato, classificandolo in *intervento a breve termine* se il tempo di ritorno è di 30 anni, oppure *di lungo termine* se il tempo di ritorno è di 200 anni.

La valutazione dei costi e di conseguenza l'analisi economica è stata definita su base essenzialmente parametrica.

La finalità ultima degli interventi è comunque la messa in sicurezza per un tempo di ritorno di 200 anni.

Pertanto, gli interventi a breve termine sono quelli che dovrebbero essere realizzati in una prima fase in quanto finalizzati alla messa in sicurezza con tempo di ritorno 30 anni. In modo analogo quelli sul lungo termine sono interventi di seconda fase e sono finalizzati all'integrazione e/o completamento delle opere necessarie alla messa in sicurezza con tempo di ritorno 200 anni.

La parametrizzazione dei costi di ciascun intervento è stata condotta sulla base delle principali dimensioni dell'intervento stesso; ad esempio per le opere di laminazione di è fatto riferimento al volume invasato mentre le arginature sono state parametrizzate in funzione della loro altezza e della loro lunghezza.

3.10.9.3.2 Criteri e obiettivi per la definizione degli interventi

Gli interventi per la riduzione del rischio, come già evidenziato nei paragrafi precedenti, 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 nei tratti critici.

L'individuazione degli interventi è stata pertanto orientata da un lato al reperimento di aree di laminazione per l'abbattimento dei colmi e dei volumi di piena e, dall'altro, alla riprofilatura dei tratti insufficienti e all'adeguamento delle strutture arginali in prossimità dei centri abitati.

Si è scelto di programmare gli interventi in modo da ridurre progressivamente la pericolosità dei corsi d'acqua, eliminando cioè dapprima le situazioni che originano un'alta probabilità di inondazione e poi quelle che danno luogo a fenomeni inondativi di minor frequenza.

Pertanto sono state previste due fasi temporali consecutive di intervento:

- nella prima vengono realizzate le opere necessarie alla messa in sicurezza da eventi con tempo di ritorno *trentennale* (Tr30); gli interventi di questa fase sono classificati come interventi *a breve termine*, in quanto di maggior urgenza;
- nella seconda si sono considerate le opere per la messa in sicurezza da eventi con tempo di ritorno *duecentennale* (Tr200); detti interventi sono classificati, pertanto, come interventi *a lungo termine*.

Naturalmente gli interventi a breve termine possono apportare benefici anche nei confronti delle piene ducentennali; anzi, molti di essi (ad es. gli interventi a breve termine sui ponti) sono progettati in modo da essere definitivi, cioè pienamente validi anche nei confronti delle piene ducentennali

3.10.9.3.3 **Verifica idraulica degli interventi strutturali di messa in sicurezza**

Gli interventi previsti sono stati verificati mediante la modellazione idrologica e idraulica; in particolare, sulla base dei risultati ottenuti nella verifica in assenza di interventi (stato attuale), le condizioni critiche sono state adeguate mediante le diverse tipologie di intervento adottando le seguenti metodologie di schematizzazione:

- per i tratti di adeguamento arginale, l'eliminazione delle condizioni di esondazione per tracimazione è stata ottenuta mediante il contenimento dei massimi livelli di piena confinando il deflusso all'interno di appositi marcatori d'alveo inseriti all'interno del modello di simulazione;
- il controllo dei fenomeni esondativi attuato tramite le casse di espansione è stato simulato trasformando aree che, allo stato attuale, risultano soggette ad allagamento per eventi con tempi di ritorno tra 30 e 200 anni. La simulazione in tal caso è stata condotta assumendo la stessa morfologia delle aree inondabili già utilizzata nella verifica dello stato attuale, dalla quale è stata dedotta la legge di riempimento della cassa. La connessione idraulica tra cassa e corso d'acqua è stata simulata mediante uno sfioratore al quale sono stati attribuiti e verificati i parametri di lunghezza di sfioro e quota della soglia in relazione all'efficienza della cassa stessa;
- l'adeguamento delle strutture di attraversamento è stato simulato mediante modifica altimetrica della sezione idraulica, sopraelevando l'impalcato alla quota tale da non interagire con i livelli idrici massimi associati all'evento con tempo di ritorno di 200 anni. La sezione idraulica in senso trasversale viceversa non è stata modificata;
- gli interventi di riprofilatura della sezione idraulica sono stati schematizzati eliminando evidenti restringimenti ai quali è stata assegnata la sezione più adeguata dell'alveo immediatamente a monte o a valle del tratto considerato;
- altri interventi, di tipo puntuale, che comprendono diverse tipologie di opere, quali portelle di presidio insufficienze arginali localizzate, sopraelevazioni di strade, dei quali si è tenuto conto o in fase di simulazione (eliminazione di sfioratori nelle sezioni considerate) o in fase di interpretazione dei risultati delle verifiche idrauliche.

3.11 IL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE

Il Piano di Bacino costituisce uno strumento in continua evoluzione e aggiornamento. Tutte le elaborazioni condotte sono state inserite in un Sistema Informativo che consente una rapida consultazione.

Le descrizioni dettagliate del Sistema Informativo è contenuta in specifico elaborato del Progetto di PAI.

Il Sistema Informativo Territoriale (SIT) è stato implementato attraverso il software ESRI-Arcview®, con lo scopo di ottenere uno strumento di conoscenza e di pianificazione del territorio interrogabile sulla base di query definite ad arbitrio dell'utente.

Nel SIT l'informazione territoriale è articolata nelle sue due componenti fondamentali, fra loro associate inscindibilmente:

- quella geografica - geometrica (entità puntuali, lineari e areali e loro inquadramento geografico);
- quella alfanumerica (informazione di vario tipo, organizzata in "campi" a formare una tabella).

Gli elaborati del Progetto di Piano stralcio adottato dall'Autorità sono in formati strutturati topologicamente in ambiente GIS tipo cover Arc/Info.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica degli strati informativi prodotti per l'assetto idraulico e per quello di versante.

3.11.1 Assetto di versante

Di seguito si elencano i principali tematismi relativi all'Assetto di Versante presenti nel SIT:

- elementi a rischio (comune anche all'Assetto Idraulico);
- geolitologia;
- geolitologia discontinuità strutturali;
- geolitologia giaciture;
- geomorfologia elementi poligonali;
- geomorfologia elementi lineari;
- coperture sciolte;
- infrastrutture;
- classe sismica;
- SIC;
- danni segnalati;
- frane elementi poligonali;
- frane elementi lineari;
- frane elementi puntuali;
- pericolosità
- rischio.

3.11.2 Assetto idraulico

Di seguito si elencano i principali tematismi relativi all'Assetto Idraulico presenti nel SIT:

- limiti di bacino idrografico;
- limiti amministrativi e di competenza (Comuni, Comunità Montane, Consorzi di Bonifica, Province, Regioni);
- uso del suolo;
- aree storicamente inondate;
- opere idrauliche e marittime - infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua;
- stazioni di misura idropluviometriche;

- reticolo idrografico acquisito a media scala;
- sezioni fluviali di interesse;
- sezioni fluviali rilevate topograficamente;
- sezioni fluviali rilevate speditivamente;
- punti di ripresa fotografici (e fotografie relative);
- aree di potenziale esondazione utilizzate nel modello idraulico;
- aree inondabili classificate su base idrologico-idraulica;
- aree inondabili classificate su base geomorfologica;
- aree a differente pericolosità idraulica;
- aree a differente rischio idraulico;
- interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico.

4 REDAZIONE DEL PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO A CURA DELLA SEGRETERIA TECNICO – OPERATIVA.

Nella seduta conclusiva del 18 ottobre 2011, la **Conferenza Programmatica indetta dalla Regione Molise** ha espresso parere positivo al Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Trigno - territorio molisano - sulla base delle osservazioni pervenute nelle varie sedute tenutesi ed accettate dalla Conferenza stessa.

Con deliberazione n. 409 del 25 giugno 2012 la Giunta Regionale del Molise ha preso atto del parere finale espresso dalla Conferenza facendo propri il "*documento istruttorio e la conseguente proposta dei pareri ...*" così come di seguito riportato:

“.....

- 1) *di fare proprio il documento istruttorio e la conseguente proposta corredati dei pareri di cui all'articolo 13 del regolamento interno della Giunta che si allegano alla presente deliberazione quale parte integrante e sostanziale, rinviando alle motivazioni in essi contenute;*
- 2) *di procedere alla validazione delle procedure, condotte a norma dell'art. 1-bis della legge 11 dicembre 2000, n. 365 di gestione della Conferenza Programmatica per l'espressione del parere sul progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino regionale del fiume Trigno, i cui lavori sono documentati nel verbale All. A e all. D, nonché nei verbali All. B tavolo Tecnico di Montenero di Bisaccia e All. C Tavolo Tecnico Pescolanciano;*
- 3) *di procedere alla presa d'atto del parere finale, esplicitamente riportato nel documento istruttorio.*

.....”.

Le determinazioni finali della Conferenza Programmatica, di cui agli allegati della deliberazione di G.R. del Molise n. 409/2012, riportano le modifiche e/o integrazioni da apportare al Progetto di PAI, sulla base delle risultanze delle attività tecnico-amministrative di confronto tra l'autorità di bacino e gli enti portatori d'interesse.

In particolare, per quanto riguarda la parte normativa, è emersa l'esigenza di procedere alle seguenti modifiche:

- 1) ridefinizione della classe a pericolosità da frana elevata PF2 graduando i livelli di pericolosità nell'ambito della suddetta classe in modo tale da individuare due sottoclassi;
- 2) modifica dell'art. 18, "*Il demanio fluviale*" delle Norme Tecniche del PAI;
- 3) modifica del comma 2 dell'articolo 19 delle Norme Tecniche del PAI;
- 4) modifica degli art.17 e 28 "*Realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico*";
- 5) modifica della metodologia utilizzata per l'esecuzione delle verifiche idrauliche contenute nell'Allegato 1 "*Indirizzi tecnici per la redazione di studi e verifiche idrauliche*”;

Relativamente agli aspetti prettamente tecnici sono state esplicitate le seguenti proposte:

- 1) fornitura sulla base di apposita convenzione da stipulare con i Comuni interessati, degli "shape files" delle carte tematiche e del data-base di catalogazione, strumento di lavoro intermedio dello studio del PAI.
- 2) verifica incrociata, con onere di aggiornamento, tra Progetto di PAI e studi successivi, quali: microzonazione sismica, supporto a P.R.G. o loro varianti di data successiva al progetto di PAI, ulteriori studi messi a disposizione dagli interessati anche in corso di Conferenza.
- 3) aggiornamento della perimetrazione di pericolosità da frana conseguente al sopralluogo effettuato in data 3 maggio 2012 nel territorio del Comune di Chiauci;
- 4) aggiornamento della carte della pericolosità allegate al progetto di PAI per una nuova perimetrazione della pericolosità idraulica in area costiera del Comune di Montenero di Bisaccia che sarà elaborata, sentita l'Amministrazione Comunale, sulla base dei nuovi dati DTM resi disponibili dal Ministero dell'Ambiente e costituirà una proposta di aggiornamento da sottoporre all'esame del Comitato Tecnico;

- 5) aggiornamento delle carte relative alla pericolosità, all'uso del suolo e al rischio dell'area denominata Piana Fumatori sulla base degli elaborati descrittivi e grafici che saranno consegnati dal Comune di Pescocostanzo, relativi sia al piano di fabbricazione che allo studio idraulico eseguito a cura del Consorzio di Bonifica Sud Bacino Moro – Sangro – Sinello e Trigno.

4.1 ASSETTO DI VERSANTE

Sulla base delle indicazioni scaturite dagli incontri tecnici e tenuto conto del parere della Conferenza programmatica di cui all'art. 1-bis della L. 365/00, proposto in via definitiva nella seduta del 7 maggio 2012 e validato con D.G.R. n. 409 del 25/6/2012, la fase di aggiornamento del Piano di Bacino - assetto di versante - si è esplicitata in una revisione riguardante gli aspetti normativi e tecnici.

L'aggiornamento ha riguardato la revisione dell'inventario dei fenomeni franosi, della pericolosità e del rischio da frana come conseguenza del recepimento degli studi redatti successivamente al Progetto di PAI; ci si riferisce in particolare agli studi di microzonazione sismica, allo studio IFFI, alle segnalazioni pervenute dal Servizio Geologico, ecc.

Per quanto riguarda gli studi di microzonazione sismica, il Servizio Geologico della Regione Molise ha evidenziato incongruenze tra le perimetrazioni presenti nella carta della pericolosità da frana del PAI e gli elaborati a corredo dei suddetti studi (in particolare per detto confronto è stata utilizzata la carta geomorfologica). Anche se non risulta propriamente corretto effettuare un confronto diretto tra cartografie redatte con finalità diverse e con contenuti diversi, sono state analizzate le osservazioni inerenti i 13 comuni segnalati e di questi, a seguito degli approfondimenti condotti, sono state accolte e recepite le osservazioni relative ai comuni di Acquaviva Collecroci, Torella del Sannio, Duronia, Molise, San Biase, Trivento, , Tavenna, Mafalda, Montenero di Bisaccia, Montefalcone del Sannio, Montemitro, San Felice del Molise, Roccavivara, Chiauci, Poggio Sannita e Agnone.

Per i comuni di Chiauci, San Biase, Trivento, Acquaviva Collecroci, Tavenna, Mafalda, Montenero di Bisaccia, Montefalcone del Sannio, Montemitro, San Felice del Molise e Roccavivara sono stati effettuati dei sopralluoghi congiunti tra il Servizio Geologico Regionale e l'Autorità di Bacino.

Per tutti i comuni segnalati dal Servizio Geologico sono state analizzate le discordanze evidenziate e, laddove si è accertato l'esistenza di perimetrazioni di maggior dettaglio, le stesse sono state recepite e integrate agli elaborati del PAI, poiché la finalità e l'oggetto del piano, tipicamente rivolto alla prevenzione del dissesto idrogeologico e ai danni gravi a persone ed attività, suggeriscono la raccolta dei contributi conoscitivi di dettaglio.

Sulla scorta delle considerazioni svolte si è concluso che le modifiche apportate al piano non hanno stravolto né la natura né i suoi contenuti essenziali e che le modificazioni introdotte alle singole perimetrazioni si configurano come un approfondimento del quadro conoscitivo del dissesto, in linea con le finalità e la natura del Piano.

Occorre sottolineare, inoltre, che le modifiche ritenute di approfondimento e di migliore conoscenza dello stato dei luoghi, hanno comportato la ripermutazione dei poligoni dell'inventario dei fenomeni franosi già esistenti nonché l'inserimento di nuovi poligoni identificativi del/dei movimento/i franoso/i; successivamente si è proceduto all'attribuzione del livello di pericolosità corrispondente, in accordo con la metodologia del PAI e alla conseguente determinazione del rischio, in funzione della classe degli elementi a rischio.

In detta fase la pericolosità da frana è stata considerata coincidente con l'areale del movimento franoso.

Sono state aggiornate le tavole della pericolosità da frana T.02, le tavole del rischio da frana T.03 e gli studi di approfondimento per gli scenari prioritari (All. A.02).

Relativamente all'integrazione del PAI con "ulteriori studi messi a disposizione dagli interessati in corso di Conferenza" si evidenzia che vi è stata la richiesta da parte del comune di Chiauci di modifica degli elaborati del PAI per un'area interessata dalla realizzazione di un Baby Park. Detta

modifica, anche a seguito del sopralluogo espletato, è stata ritenuta accoglibile e, pertanto, si è proceduto, ad una ripermutrazione di detta area.

Con nota prot. n. RA/216347 la Regione Abruzzo ha trasmesso il verbale finale di chiusura della Conferenza Programmatica tenutasi il 27 giugno 2013.

Per quanto riguarda l'assetto di versante, dalle indicazioni emerse dai Tavoli Tecnici congiunti, dai sopralluoghi espletati e, sulla base delle integrazioni trasmesse a seguito richiesta avanzata dal Servizio Difesa del Suolo della **Regione Abruzzo** (rif. nota del 31/5/2012) quest'AdB ha proceduto all'aggiornamento parziale delle tavole del Progetto di Piano del bacino del fiume Trigno relativamente alle situazioni ritenute meritevoli di essere accolte.

Le modifiche hanno riguardato l'inventario dei fenomeni franosi, la pericolosità e il rischio da frana per i comuni di **Furci, Carunchio, Fraine, e San Buono.**

Agli stessi con nota n. 449 del 15/04/2013 quest'Autorità di Bacino ha trasmesso le planimetrie in formato pdf delle modifiche apportate agli elaborati di Piano.

Comune	Richiesta	Esito
Carunchio	riclassificazione di un areale a pericolosità da frana elevata per la presenza di un movimento franoso allo stato attivo	Richiesta accolta modifica alle tavole del Progetto di PAI : T02.05, T03.05
Furci	aumento del livello di pericolosità da frana dell'area in corrispondenza della periferia meridionale del centro abitato	Richiesta accolta modifica alle tavole del Progetto di PAI: T02.05, T03.05 e A02 Tav. n. 37
Fraine	riclassificazione di aree a pericolosità da frana e l'inserimento di nuove aree a pericolosità da frana per tre zone del centro abitato	Richiesta accolta modifica alle tavole del Progetto di PAI : T02.10, T03.10
San Buono	la deperimetrazione di un'area classificata a pericolosità da frana elevata (PF2) in corrispondenza della piana alluvionale	Richiesta accolta modifica alle tavole del Progetto di PAI : T02.02, T03.02.

Per i comuni di Torrebruna e frazione Guardiabruna, Celenza sul Trigno e Fresagrandinaria, essendo stata rinvenuta non esaustiva la documentazione tecnica presentata è stato deciso di rinviare la problematica alla prima variante di PAI.

Il Comune di Fresagrandinaria, nell'ambito della Conferenza presenta la richiesta di produrre della documentazione tecnica in un arco di tempo pari a 10 giorni, a sostegno delle osservazioni già presentate, e che detta documentazione possa essere valutata dal Comitato Tecnico.

Per quel che concerne gli **aspetti normativi** si è proceduto alla modifica dell'art. 24 con la ridefinizione della classe di pericolosità da frana elevata PF2 ed individuazione, all'interno delle stessa, di due sottoclassi come di seguito riportato:

“.....appartengono alla classe PF2, caratterizzata da livelli di pericolosità da frana elevata:

e) le aree in cui sono presenti elementi distintivi del carattere di quiescenza rappresentati da indicatori geomorfologici diretti quali la presenza di corpi di frana preesistenti e/o da segni precursori di fenomeni gravitativi (ondulazioni, contropendenze, fratture di trazione, aperture anomale nei giunti di discontinuità, rigonfiamenti, etc.);

- f) gli areali che sulla base dei caratteri fisici (litologia e caratteristiche geotecniche dei terreni, struttura e giacitura dei corpi geologici, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto, etc.), vegetazionali e di uso del suolo sono privi, al momento, di indicazioni morfologiche di fenomeni franosi superficiali e/o profondi ma che potrebbero evolvere attraverso fenomenologie di frana a cinematica rapida (crolli, ribaltamenti, debris flow);
- g) le aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato attivo;
- h) i fenomeni di dissesto superficiali, quali i soliflussi e/o le deformazioni viscosse dei suoli, per i quali è scontata l'attività continua nel tempo o, al più, il carattere stagionale; tali fenomeni vengono pertanto censiti come frane s.s. anche se tali non possono considerarsi (Canuti & Esu 1995; Cruden 1991);
- i) le frane sulle quali sono stati realizzati interventi di consolidamento, ovvero le frane stabilizzate artificialmente.

Nell'ambito di tale classe di pericolosità vengono distinte due sottoclassi:

sottoclasse PF2a: comprende le tipologie indicate precedentemente con le lettere a) (frane quiescenti) e b) (areali che potrebbero evolvere attraverso fenomenologie di frana a cinematica rapida, quali crolli, ribaltamenti, debris flow);

sottoclasse PF2b: comprende le tipologie precedentemente contrassegnate con le lettere c) (aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato attivo), d) (fenomeni di dissesto superficiali, quali soliflussi e/o deformazioni viscosse dei suoli) ed e) (frane stabilizzate artificialmente).

L'applicazione delle norme di cui ai successivi art. 26 e art. 27, è demandata alla responsabilità del geologo abilitato che individuerà, nell'ambito della redazione della Relazione di compatibilità idrogeologica, la tipologia di fenomeno riscontrata in base alla quale l'area viene classificata in sottoclasse A o in sottoclasse B, e, di conseguenza, la tipologia di intervento consentito.

I comuni competenti al rilascio dell'autorizzazione all'esecuzione delle opere, ai fini del controllo ad essi demandato, possono richiedere all'Autorità di Bacino, sulla base di apposita convenzione, i dati informatici relativi all'inventario dei fenomeni franosi utilizzato in fase di redazione del Progetto di Piano....”.

In ogni caso, la distinzione fra gli areali delle due sottoclassi non risulterebbe visibile dagli elaborati grafici (nei quali continuerebbero a visualizzarsi gli areali distinti solo nelle tre classi principali) bensì sarebbe deducibile dalla consultazione, mediante *software* GIS, del *database* associato.

A seguito dell'individuazione delle due sottoclassi sono stati normati anche gli interventi in esse consentite e riportati negli articoli 26 e 27.

Altra modifica riguarda gli articoli 17 e 28 della Normativa di Attuazione che trattano la “Realizzazione di opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse” dove è stata sostituita la parola “servizi essenziali” con “opere pubbliche opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse”.

4.2 ASSETTO IDRAULICO

Relativamente all'assetto idraulico la Conferenza Programmatica della Regione Molise ha formulato le seguenti osservazioni:

1) osservazione sulla “possibilità di attivare la procedure di sdemanializzazione per quelle aree che si identificano nell'alveo abbandonato da un corso d'acqua, di cui all'ex articolo 946 c.c., riservandone il divieto per quei casi contemplati dagli artt. 942 e 945 c.c. perché di nuova formazione dopo l'entrata in vigore della legge n. 37 del 5/1/1999”.

La Segreteria Tecnica Operativa ha modificato l'articolo 18 – “Il demanio fluviale” inserendo al comma 1) la dicitura “Nei casi non previsti dalla normativa nazionale è vietata la sdemanializzazione di aree del demanio idrico.” al posto di “...e vietata la sdemanializzazione di aree del demanio idrico.

2) osservazione su “...la necessità della modifica dell'art. 19 comma 2 della Norme Tecniche che regola la rimozione di materiale inerte dagli alvei fluviali”

La Segreteria Tecnica Operativa ha modificato la lettera a) del comma 2 dell'articolo 19 “Rimozione dei sedimenti” eliminando la dicitura “...preferibilmente, in ambiti fluviali diversi per reimmettere il materiale nella naturale dinamica fluviale;”

3) **richiesta** da parte del Comune di Montenero di Bisaccia per una nuova perimetrazione della pericolosità idraulica nell'area costiera;

4) **aggiornamento** delle carte tematiche relative alla pericolosità, all'uso del suolo e al rischio idraulico dell'area denominata “*Piana Fumatori*” sulla base degli elaborati descrittivi e grafici consegnati dal Comune di Pescocostanzo, relativi sia al piano di fabbricazione che allo studio idraulico eseguito a cura del Consorzio di Bonifica Sud Bacino Moro – Sangro – Sinello e Trigno.

5) **osservazione** sulla metodologia utilizzata per l'esecuzione delle verifiche idrauliche contenute nell'Allegato 1 la Segreteria Tecnica Operativa per tener conto di quanto proposto dalla Conferenza Programmatica ha modificato l'Allegato 1 con le seguenti precisazioni:

- a. la possibilità di utilizzare delle curve inviluppo delle portate di massima piena per i diversi tempi di ritorno solo in assenza di studi idrologici;
- b. la possibilità di utilizzare, per il dimensionamento delle opere idrauliche, portate di massima piena ricavate dalle diverse formule presenti in letteratura, previa verifica da parte dell'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione all'esecuzione delle opere;
- c. la possibilità che le diverse strutture pubbliche (uffici regionali, provinciali e comunali) possano richiedere una verifica sul calcolo idrologico all'Autorità di Bacino qualora non si utilizzassero le curve inviluppo;
- d. l'Autorità di Bacino esprime il proprio parere sul calcolo idrologico in base ai valori di portata calcolati con il modello idrologico utilizzato per la redazione del Progetto di PAI.

Per quanto riguarda la proposta di modifica relativamente alla metodologia per l'esecuzione delle verifiche idrauliche - *Allegato 1* “Indirizzi tecnici per la redazione di studi e verifiche idrauliche” - si riportano di seguito le proposte avanzate dalla regione Abruzzo e della regione Molise :

ALLEGATO 1 - INDIRIZZI TECNICI PER LA REDAZIONE DI STUDI E VERIFICHE IDRAULICHE

Gli studi idraulici devono essere basati sul rilievo dell'alveo nel tratto di interesse con un numero adeguato di sezioni con densità longitudinale non inferiore a cinque volte la larghezza dell'alveo ed estese fino alle aree golenali.

INTEGRAZIONE AL TESTO ORIGINALE	PROPOSTA DELLA CONFERENZA PROGRAMMATICA DEL TRIGNO- REGIONE ABRUZZO
	<p>Nel presente allegato si intendono così definite le seguenti tipologie di attraversamento:</p> <p>TOMBINO: opera d'arte atta a mantenere la continuità di un percorso viario (sia pedonale che carrabile) in presenza di un avvallamento naturale e/o artificiale del terreno avente luce massima metri 2,50;</p> <p>PONTE: opera d'arte atta a mantenere la continuità di un percorso viario (sia pedonale che carrabile) in presenza di un avvallamento naturale e/o artificiale del terreno avente luce superiore di metri 2,50.</p>

TESTO ORIGINALE	PROPOSTA DELLA CONFERENZA PROGRAMMATICA DEL TRIGNO- REGIONE ABRUZZO
<p>Le verifiche idrauliche saranno condotte a seconda dei casi con modelli di moto permanente, vario monodimensionale, vario bidimensionale</p>	<p>Le verifiche idrauliche saranno condotte a seconda dei casi con modelli di moto permanente, uniforme, vario monodimensionale, vario bidimensionale</p> <p>Lo schema di moto uniforme può essere utilizzato per i corsi d'acqua minori, intendendosi come tali i tributari di ordine superiore al primo, ovvero per i tributari del primo ordine nel caso di realizzazione di tombini.</p>

Lo schema di moto permanente può essere utilizzato qualora sia sufficiente determinare i livelli idrometrici senza compiere valutazioni circa la capacità di laminazione del corso d'acqua.

La modellazione in moto vario sarà utilizzata qualora il fenomeno di laminazione sia significativo o siano presenti significative esondazioni del corso d'acqua.

La relazione idraulica dovrà evidenziare le condizioni al contorno che si sono assunte e le scabrezze. Si dovrà determinare la massima portata smaltibile in alveo e le aree inondabili con tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni.

Negli studi connessi alla realizzazione di opere idrauliche vanno condotti calcoli per definire le condizioni di deflusso allo stato attuale, allo stato di progetto e nelle eventuali fasi intermedie. I progetti che non garantiscono la messa in sicurezza per tempo di ritorno di 200 anni devono stimare il rischio residuo.

TESTO ORIGINALE	PROPOSTA DELLA CONFERENZA PROGRAMMATICA DEL TRIGNO-REGIONE MOLISE	PROPOSTA DELLA CONFERENZA PROGRAMMATICA DEL TRIGNO-REGIONE ABRUZZO																																
<p>Nella seguente tabella sono riportate le curve di inviluppo per il calcolo delle portate di piena con tempi di ritorno di 30, 100, 200 e 500 anni, ove Q è la portata in mc/s e A è l'area del bacino sotteso in kmq.</p> <table border="1" data-bbox="151 595 513 880"> <thead> <tr> <th>Tempo di ritorno</th> <th>Curva inviluppo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>$Q = 8 A^{0.72}$</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>$Q = 10 A^{0.72}$</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>$Q = 13 A^{0.72}$</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>$Q = 17 A^{0.72}$</td> </tr> </tbody> </table>	Tempo di ritorno	Curva inviluppo	30	$Q = 8 A^{0.72}$	100	$Q = 10 A^{0.72}$	200	$Q = 13 A^{0.72}$	500	$Q = 17 A^{0.72}$	<p>In assenza di studi idrologici occorre per il calcolo delle portate di piena utilizzare le seguenti curve inviluppo ove Q è la portata in mc/s e A è l'area del bacino sotteso in kmq.</p> <table border="1" data-bbox="561 607 946 853"> <thead> <tr> <th>Tempo di ritorno</th> <th>Curva inviluppo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>$Q = 8 A^{0.72}$</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>$Q = 10 A^{0.72}$</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>$Q = 13 A^{0.72}$</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>$Q = 17 A^{0.72}$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Le Autorità competenti al rilascio dell'autorizzazione all'esecuzione delle opere possono richiedere all'Autorità di Bacino, qualora nel calcolo idrologico non si utilizzassero le curve inviluppo, una verifica sul valore della portata di massima piena utilizzata. La Segreteria Tecnica dell'Autorità di Bacino effettuerà la verifica del suddetto valore della portata di massima piena sulla base del valore calcolato con il modello idrologico utilizzato per la redazione del PAI.</p>	Tempo di ritorno	Curva inviluppo	30	$Q = 8 A^{0.72}$	100	$Q = 10 A^{0.72}$	200	$Q = 13 A^{0.72}$	500	$Q = 17 A^{0.72}$	<p>In assenza di studi idrologici occorre per il calcolo delle portate di piena utilizzare le seguenti curve inviluppo ove Q è la portata in mc/s e A è l'area del bacino sotteso in kmq.</p> <table border="1" data-bbox="999 571 1383 857"> <thead> <tr> <th>Tempo di ritorno</th> <th>Curva inviluppo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>$Q = \dots A^{0.72}$</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>$Q = 8 A^{0.72}$</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>$Q = 10 A^{0.72}$</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>$Q = 13 A^{0.72}$</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>$Q = 17 A^{0.72}$</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>N.B. Il coefficiente dovrebbe essere inserito sulla base della curva di inviluppo definita dall'AdB.</i></p> <p>Le Autorità competenti al rilascio dell'autorizzazione all'esecuzione delle opere possono richiedere all'Autorità di Bacino, qualora nel calcolo idrologico non si utilizzassero le curve inviluppo, una verifica sul valore della portata di massima piena utilizzata. La Segreteria Tecnica dell'Autorità di Bacino effettuerà la verifica del suddetto valore della portata di massima piena sulla base del valore calcolato con il modello idrologico utilizzato per la redazione del PAI.</p>	Tempo di ritorno	Curva inviluppo	10	$Q = \dots A^{0.72}$	30	$Q = 8 A^{0.72}$	100	$Q = 10 A^{0.72}$	200	$Q = 13 A^{0.72}$	500	$Q = 17 A^{0.72}$
Tempo di ritorno	Curva inviluppo																																	
30	$Q = 8 A^{0.72}$																																	
100	$Q = 10 A^{0.72}$																																	
200	$Q = 13 A^{0.72}$																																	
500	$Q = 17 A^{0.72}$																																	
Tempo di ritorno	Curva inviluppo																																	
30	$Q = 8 A^{0.72}$																																	
100	$Q = 10 A^{0.72}$																																	
200	$Q = 13 A^{0.72}$																																	
500	$Q = 17 A^{0.72}$																																	
Tempo di ritorno	Curva inviluppo																																	
10	$Q = \dots A^{0.72}$																																	
30	$Q = 8 A^{0.72}$																																	
100	$Q = 10 A^{0.72}$																																	
200	$Q = 13 A^{0.72}$																																	
500	$Q = 17 A^{0.72}$																																	

TESTO ORIGINALE	PROPOSTA DELLA CONFERENZA PROGRAMMATICA DEL TRIGNO- REGIONE ABRUZZO
<p>Le scabrezze idrauliche dovranno fare riferimento alla effettiva condizione del corso d'acqua in funzione della vegetazione presente in alveo, dell'entità del trasporto solido e alle particolari condizioni di deflusso. Si riporta di seguito una tabella con i valori di scabrezza (espressi in termini del coefficiente di Gauckler-Strickler) di riferimento da assumersi nelle verifiche idrauliche. Segue tabella</p>	<p>Le scabrezze idrauliche dovranno fare riferimento alla effettiva condizione del corso d'acqua in funzione della vegetazione presente in alveo, dell'entità del trasporto solido e alle particolari condizioni di deflusso.</p>

Descrizione del corso d'acqua	Ks [m ^{1/3} s ⁻¹]	N.B.1 SI PROPONE DI ELIMINARE TABELLA CON I VALORI DI SCABREZZA
Alvei naturali con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea, fondo mobile con materiale di grossa pezzatura, alvei in roccia con sporgenze e grossi massi	20-25	
Alvei naturali tortuosi con presenza di vegetazione arbustiva e arborea, fondo mobile con sedimenti di media pezzatura	25-30	
Alvei naturali rettilinei con scarsa presenza di vegetazione arbustiva e arborea, fondo mobile con sedimenti di piccola pezzatura	30-35	
Alvei artificiali inerbiti in assenza di vegetazione arbustiva e arborea	35-40	
Alvei artificiali rivestiti in calcestruzzo in assenza di manufatti interferenti con le acqua	40-45	
<p>Per le perdite concentrate si adotteranno di norma i seguenti coefficienti ζ moltiplicativi della variazione del carico cinetico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0.1 per contrazione; • 0.2 per espansione; • 0.3 per contrazione in presenza di ponti; • 0.5 per espansione in presenza di ponti. 		NB.2 ANALOGAMENTE, SI PROPONE DI ELIMINARE LE INDICAZIONI SULLE PERDITE DI CARICO CONCENTRATE

TESTO ORIGINALE	PROPOSTA DELLA CONFERENZA PROGRAMMATICA DEL TRIGNO-REGIONE MOLISE	PROPOSTA DELLA CONFERENZA PROGRAMMATICA DEL TRIGNO - REGIONE ABRUZZO																																														
<p>Le opere che interessano i corsi d'acqua devono essere progettate e realizzate tenendo conto della portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni. Dovranno essere inoltre adottati i franchi riportati nella seguente tabella rispetto al livello di piena sopraccitato.</p> <table border="1" data-bbox="220 723 665 1189"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Stato del bacino sotteso</th> <th colspan="2">Tipo di opere</th> </tr> <tr> <th>Argini e difese spondali</th> <th>Attraversamenti</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sufficientemente sistemato</td> <td>cm 50</td> <td>cm 75</td> </tr> <tr> <td>Poco sistemato ma non dissestato</td> <td>cm 75</td> <td>cm 100</td> </tr> <tr> <td>Dissestato</td> <td>cm 100</td> <td>cm 150</td> </tr> </tbody> </table> <p>Il franco non potrà comunque essere inferiore al carico cinetico della corrente.</p> <p>Deroghe ai franchi sopra definiti potranno essere ammesse dall'Autorità competente al rilascio dell'autorizzazione, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino.</p>	Stato del bacino sotteso	Tipo di opere		Argini e difese spondali	Attraversamenti	Sufficientemente sistemato	cm 50	cm 75	Poco sistemato ma non dissestato	cm 75	cm 100	Dissestato	cm 100	cm 150	<p>Le portate di piena da utilizzarsi nella progettazione di opere che interessano i corsi d'acqua sono quelle con tempo di ritorno 200 anni.</p> <p>I progetti che non garantiscono la messa in sicurezza per tempo di ritorno 200 anni o i franchi indicati devono stimare il rischio residuo.</p> <table border="1" data-bbox="687 761 1118 1220"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Stato del bacino sotteso</th> <th colspan="2">Tipo di opere</th> </tr> <tr> <th>Argini e difese spondali</th> <th>Attraversamenti</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sufficientemente sistemato</td> <td>cm 50</td> <td>cm 75</td> </tr> <tr> <td>Poco sistemato ma non dissestato</td> <td>cm 75</td> <td>cm 100</td> </tr> <tr> <td>Dissestato</td> <td>cm 100</td> <td>cm 150</td> </tr> </tbody> </table> <p>Il franco non potrà comunque essere inferiore al carico cinetico della corrente.</p> <p>Deroghe ai franchi sopra definiti potranno essere ammesse dall'Autorità competente al rilascio dell'autorizzazione, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino.</p>	Stato del bacino sotteso	Tipo di opere		Argini e difese spondali	Attraversamenti	Sufficientemente sistemato	cm 50	cm 75	Poco sistemato ma non dissestato	cm 75	cm 100	Dissestato	cm 100	cm 150	<p>Le portate di piena da utilizzarsi nella progettazione di opere che interessano i corsi d'acqua sono quelle con tempi di ritorno indicati in funzione della presenza di centri abitati e nel rispetto dei franchi minimi riportati in tabella.</p> <table border="1" data-bbox="1145 723 1551 1081"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di opere</th> <th colspan="2">Tempo di ritorno</th> <th rowspan="2">franco min.</th> </tr> <tr> <th>centro abitato</th> <th>fuori centro abitato</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Argini e difese spondali</td> <td>200</td> <td>100</td> <td>cm 50</td> </tr> <tr> <td>Tombini</td> <td>30</td> <td>10</td> <td>cm 50</td> </tr> <tr> <td>Ponti</td> <td>200</td> <td>200</td> <td>cm 150</td> </tr> </tbody> </table> <p>Il franco non potrà comunque essere inferiore al carico cinetico della corrente, fatta eccezione nel caso di realizzazione di tombini al di fuori di centri abitati.</p> <p>I progetti che non garantiscono la messa in sicurezza per i tempi di ritorno indicati o i franchi indicati devono stimare il rischio residuo.</p> <p>Deroghe ai franchi sopra definiti potranno essere ammesse dall'Autorità competente al rilascio dell'autorizzazione, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino.</p>	Tipo di opere	Tempo di ritorno		franco min.	centro abitato	fuori centro abitato	Argini e difese spondali	200	100	cm 50	Tombini	30	10	cm 50	Ponti	200	200	cm 150
Stato del bacino sotteso		Tipo di opere																																														
	Argini e difese spondali	Attraversamenti																																														
Sufficientemente sistemato	cm 50	cm 75																																														
Poco sistemato ma non dissestato	cm 75	cm 100																																														
Dissestato	cm 100	cm 150																																														
Stato del bacino sotteso	Tipo di opere																																															
	Argini e difese spondali	Attraversamenti																																														
Sufficientemente sistemato	cm 50	cm 75																																														
Poco sistemato ma non dissestato	cm 75	cm 100																																														
Dissestato	cm 100	cm 150																																														
Tipo di opere	Tempo di ritorno		franco min.																																													
	centro abitato	fuori centro abitato																																														
Argini e difese spondali	200	100	cm 50																																													
Tombini	30	10	cm 50																																													
Ponti	200	200	cm 150																																													

7) **modifica** della lettera a) del comma 1 dell'art. 17 della Normativa di Attuazione
“Realizzazione di opere pubbliche o di pubblico interesse”

Analogamente all'assetto di versante è stata modificata la lettera a) del comma 1 dell'art. 17
inserendo la dicitura *“...si tratti di opere pubbliche e/o dichiarate di pubblico interesse non
delocalizzabili...”* al posto di *“...si tratti di servizi essenziali non delocalizzabili...”*

4.3 SINTESI ATTIVITÀ SVOLTE

Le principali differenze con il Progetto di Piano a seguito delle modifiche apportate possono essere così sintetizzate:

- revisione dei dati risultati dall'aggiornamento del quadro conoscitivo del dissesto in funzione dei contributi migliorativi portati dalle osservazioni;
- aggiornamento degli areali a pericolosità e a rischio da frana come risultato dall'aggiornamento del quadro conoscitivo del dissesto in funzione dei contributi migliorativi al progetto di piano;
- aggiornamento degli scenari di rischio prioritari R4/R3 con l'inserimento di nuovi scenari conseguenti dall'aggiornamento del quadro conoscitivo del dissesto;
- modifica delle norme di attuazione.

In particolare per quanto riguarda l'aggiornamento degli elaborati relativi all'assetto di versante sono stati inseriti e revisionati

- n. 123 poligoni dell'inventario dei fenomeni franosi;
- n. 213 poligoni della pericolosità da frana.

Sulla base dell'aggiornamento eseguito sono emerse, oltre a quelle già esistenti nel Progetto di PAI, nuove situazioni con un livello di rischio da frana molto elevato R4 che hanno riguardato i comuni di Agnone, Trivento, Carunchio, Fraine, Montenero di Bisaccia e San Felice del Molise: Analogamente, rispetto a quelle già presenti nel progetto di PAI, sono emerse situazioni a rischio da frana elevato R3 che hanno interessato i quasi tutti i comuni oggetto di revisione.

ID	COMUNE	LOCALITA'	LIVELLO DI RISCHIO R4/R3
1	Frosolone	Acquevive	R4
2	Civitanova del Sannio	La Civita	R4/R3
3	Duronia_Bagnoli del Trigno	Vallone Faite	R4/R3
4	Bagnoli del Trigno	centro abitato	R4/R3
5	Pietrabbondante	centro abitato	R4
6	San Biase	Colle Giamingo- Casa Marchetta	R3
7	Trivento	Codacchi	R4/R3
8	Agnone	Costone San Pietro	R4
9	Capracotta	Lamatura	R4
10	Trivento	Rione Casalotti-lato ovest del centro abitato	R4
11	Schiavi D'Abruzzo	CupelloCupello (FV Trigno)	R3
12	Schiavi D'Abruzzo	Macchia Rossa (FV Trigno)	R3
13	Schiavi D'Abruzzo	Cupello	R3
14	Schiavi D'Abruzzo	centro abitato NE	R4/R3
15	Castelguidone	Ponte Volturina	R4
16	Castelguidone	centro abitato	R4
17	Castelguidone	La Chiusa	R3
18	Schiavi D'Abruzzo	Felciara	R4/R3
19	Schiavi D'Abruzzo	Valloni	R4/R3
20	San Giovanni Lipioni	centro abitato	R4/R3
21	Torrebruna	centro abitato	R3
22	Castiglione Messer Marino	San Salvatore	R3
23	Torrebruna	Guardiabruna	R3
24	Celenza sul Trigno	centro abitato - NE (via Reccelle)	R3
25	Belmonte del Sannio	Monte Rocca l'Abate	R4
26	Castiglione Messer Marino	centro abitato	R4/R3
27	Castiglione Messer Marino	Fonte Gelata	R4/R3
28	Roccaspinalveti	Piano Traversa	R4
29	Roccaspinalveti	centro abitato	R3
30	Carunchio	Colle Passamonte	R4
31	Tufillo	La Spogna	R3
32	Palmoli	Colle delle Serre	R4
33	Fresagrandinaria	Piana Carbone	R4
34	Tavenna	Fontanelle - SS n. 157	R4/R3
35	Mafalda	Colle Ricolizia - SS n. 157 della valle del Biferno	R4
36	Palmoli	Crocegrossa	R4
37	Furci	centro abitato ENE	R4/R3
38	Fresagrandinaria	Colle Nardone	R4
39	Fresagrandinaria	Paglierini	R4/R3
40	Lentella	Costa di Toro	R4
41	Lentella	Colle delle Brecce	R4
42	Agnone	FV Verrino	R4
43	Trivento	Codacchi- lato est	R4/R3
44	Trivento	Vivara	R4
45	Fraine	centro abitato	R4/R3
46	Carunchio	centro abitato	R4
47	San Felice del Molise	centro abitato	R4
48	Montenero di Bisaccia	-centro abitato - lato ovest	R4/R3

Scenari di rischio R4/R3

4.4 ELABORATI DEL PAI

Il PAI rielaborato a seguito della fase di osservazione e sulla base delle indicazioni emerse a seguito dello svolgimento della Conferenza Programmatica di cui alla L. 365/2000, è costituito dagli elaborati di seguito indicati e specificati all'articolo 5 delle norme di Attuazione

Costituiscono parte integrante del PAI i seguenti elaborati:

1. Relazione generale (R. 01)
2. Elaborati grafici:
 - assetto dei versanti e assetto idraulico: carta degli elementi a rischio (tavole da T 01.01 a T 01.23);
 - assetto dei versanti: carta della pericolosità da frana e da valanga (tavole da T 02.01 a T 02.23);
 - assetto dei versanti: carta del rischio da frana e da valanga (tavole da T 03.01 a T 03.23);
 - assetto idraulico: carta della pericolosità idraulica (tavole da T 04.01 a T 04.24);
 - assetto idraulico: carta del rischio idraulico (tavole da T 05.01 a T 05.24);
 - assetto idraulico: carta degli interventi strutturali (tavola T 06.01-T 06 02);
 - assetto dei versanti: studi di approfondimento per gli scenari di rischio prioritari – R4/R3 (all. A. 02);
 - assetto idraulico: schede descrittive del rischio idraulico (all. A.03);
3. Norme di Attuazione (all. A01);
4. Programma prioritario degli interventi (R.02);
5. Indicazioni su eventuali sistemi di allarme ed allerta (R.03);
6. Quadro del fabbisogno finanziario (R.04);
7. Valutazione di incidenza (R05).

Gli elaborati cartografici sono stati suddivisi secondo l'inquadramento in scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale.

Gli stralci sono stati prodotti in formato PDF e sono stampabili in formato A3.

Gli elaborati sono stati redatti prendendo come base la Carta Tecnica Regionale e nel sistema di riferimento WS84 fuso 33:

- per la regione Molise detta carta è stata resa disponibile all'adozione del Progetto di Piano del bacino del fiume Biferno, con Delibera di Giunta Regionale n. 31 del 16 gennaio 2012.

- per la Regione Abruzzo è stata concessa l'autorizzazione con prot. n. 3525 in data 05/02/2013.

Le relazioni sono state tutte aggiornate sulla base delle osservazioni emerse in sede di Conferenza Programmatica.