



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
PARMA

ATTIVITÀ DI PIANIFICAZIONE DEL BACINO DEL FIUME PO

SOTTOPROGETTO SP 1.4

Rete idrografica minore naturale e artificiale

**MONOGRAFIA DEL TORRENTE GRANA-
MELLEA**

Rapporto Tecnico

N° PROGETTO: 57.A.001		N°. PRODOTTI: 003-008-012-014-018-023-025	
0	31 ottobre 2002	EMISSIONE FINALE MONOGRAFIA	
1			
2			
3			
4			
<i>revisione</i>	<i>data</i>	<i>descrizione</i>	<i>approvato</i>

INDICE DEL RAPPORTO TECNICO

1. PREMESSA.....	7
1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	7
1.2 ATTIVITÀ SVOLTE	8
2. CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA DEL RETICOLO IDROGRAFICO E DELLE AREE SOGGETTE AD ALLAGAMENTO.....	10
2.1 INTRODUZIONE	10
2.2 ATTIVITÀ E METODOLOGIA DI ANALISI PER LA RACCOLTA E LA SINTESI DEI DATI	10
CARTOGRAFIA STORICA	11
2.3 MODALITÀ DI RIPRODUZIONE DELLA CARTOGRAFIA DI CARATTERIZZAZIONE	20
2.4 RILIEVI TOPOGRAFICI PREGRESSI	21
2.5 NUOVI RILIEVI TOPOGRAFICI	22
2.6 VALUTAZIONE DI DINAMICA EVOLUTIVA.....	22
3. CATASTO DELLE OPERE IDRAULICHE.....	26
3.1 INTRODUZIONE E CONTENUTI.....	26
3.2 MODALITÀ GENERALI DELL'INDAGINE E RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI.....	26
3.3 CARATTERI GENERALI DEL CORSO D'ACQUA	28
3.4 SINTESI DEL GRADO DI PROTEZIONE E DELLE CRITICITÀ DI OPERE IDRAULICHE E ATTRAVERSAMENTI	30
4. AGGIORNAMENTO E SISTEMATIZZAZIONE DELL'IDROLOGIA DI PIENA.....	35
4.1 INTRODUZIONE	35
4.2 ELEMENTI CARATTERISTICI DEL BACINO.....	35
4.3 L'IDROGRAMMA DI PIENA.....	38
4.3.1 <i>NAM</i>	38
4.3.2 <i>Gli ietogrammi</i>	40
4.4 ALTRE METODOLOGIE.....	44
4.4.1 <i>Modello cinematico</i>	45
4.4.2 <i>I modelli MG e MGs</i>	45
4.4.3 <i>Il modello VAPI</i>	49
4.4.3.1 <i>Il modello VAPI – Regione Piemonte</i>	51
4.4.4 <i>Il modello SPI</i>	52
4.4.5 <i>Confronto</i>	52
4.5 STUDI PREGRESSI.....	55
4.6 CONCLUSIONI.....	55
5. VALUTAZIONE DEL PERICOLO ATTUALE DI ESONDAZIONE	57
5.1 INTRODUZIONE	57
5.2 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE STORICAMENTE INTERESSATE DA EVENTI ALLUVIONALI.....	58
5.3 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE ESONDABILI NELL'ATTUALE CONTESTO MORFOLOGICO DELL'ALVEO (RISCHIO ATTUALE)	60
5.3.1 <i>Richiamo alle attività collegate</i>	60

5.3.2	<i>Portate di piena di riferimento</i>	60
5.3.3	<i>Studio idrodinamico mediante modellistica numerica</i>	68
5.3.3.1	Messa a punto del modello idrodinamico di simulazione.....	68
5.3.3.1.1	Schematizzazione geometrica del corso d'acqua.....	68
5.3.3.1.2	Strutture idrauliche.....	69
5.3.3.2	Simulazione idraulica della situazione attuale.....	69
5.3.3.2.1	Simulazione idraulica tratto 1-54	70
5.3.3.2.2	Simulazione idraulica tratto 54-67.....	73
5.3.3.2.3	Simulazione idraulica tratto 67-83.....	76
5.3.4	<i>Delimitazione delle aree allagabili</i>	78
5.3.4.1	Tratto compreso fra le sezioni di chiusura 1-54.....	78
5.3.4.2	Tratto compreso fra le sezioni 54-67.....	79
5.3.4.3	Tratto compreso fra le sezioni 67-83.....	80
5.4	DETERMINAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO ATTUALE.....	80
5.4.1	<i>Metodologia utilizzata e richiamo delle attività collegate</i>	80
5.4.1.1	Criteri utilizzati per la valutazione del tirante idrico rispetto al p.c. nelle aree di esondazione 82	
5.4.1.2	Calcolo del massimo rischio idraulico attuale e sua rappresentazione	85
5.4.2	<i>Caratterizzazione del rischio idraulico attuale</i>	86
6.	CARATTERISTICHE SOCIO – ECONOMICHE DELLE AREE SOGGETTE AD ESONDAZIONE.....	89
6.1	INTRODUZIONE	89
6.2	RACCOLTA DATI	89
6.2.1	<i>Informazioni statistiche</i>	90
6.2.1.1	Censimento della Popolazione e delle Abitazioni 1991	90
6.2.1.2	Censimento dell'Industria e dei Servizi 1991.....	92
6.2.1.3	Censimento dell'Agricoltura (1990).....	92
6.2.1.4	5° Censimento Generale dell'Agricoltura (2000)	93
6.2.1.5	Altri censimenti	93
6.2.2	<i>Elementi areali</i>	93
6.2.3	<i>Elementi lineari</i>	96
6.2.4	<i>Elementi puntuali</i>	97
6.3	ORGANIZZAZIONE DEI DATI.....	97
6.3.1	<i>Informazioni statistiche</i>	98
6.3.2	<i>Elementi areali - Uso del suolo</i>	100
6.3.3	<i>Informazioni lineari</i>	101
6.3.4	<i>Informazioni puntuali</i>	102

6.4	METODOLOGIA DI ANALISI	102
6.4.1	<i>Definizione degli elementi territoriali di base</i>	103
6.4.2	<i>Valutazione delle grandezze coinvolte</i>	107
7.	CENSIMENTO DELLE EMERGENZE STORICO-CULTURALI, NATURALISTICHE ED AMBIENTALI.....	111
7.1	INTRODUZIONE E METODOLOGIA GENERALE.....	111
7.1.1	<i>Aspetti naturalistici</i>	111
7.1.1.1	Metodologia di dettaglio	111
7.1.1.2	Caratterizzazione delle emergenze.....	112
7.1.1.3	Gerarchizzazione delle emergenze.....	113
7.1.2	<i>Aspetti storico - culturali</i>	116
7.1.2.1	Metodologia di dettaglio	116
7.1.2.2	Caratterizzazione delle emergenze.....	116
7.1.2.3	Gerarchizzazione delle emergenze.....	118
7.2	GENERALITÀ	123
7.3	ASPETTI NATURALISTICI	123
7.3.1	<i>Quadro conoscitivo preliminare</i>	123
7.3.2	<i>Attività svolte</i>	124
7.3.3	<i>Ricognizione dei dati</i>	124
7.3.4	<i>Trasposizione dei dati</i>	125
7.3.5	<i>Caratterizzazione delle emergenze</i>	125
7.4	ASPETTI STORICO - CULTURALI	127
7.4.1	<i>Quadro conoscitivo preliminare</i>	127
7.4.2	<i>Attività svolte</i>	127
7.4.3	<i>Ricognizione dei dati</i>	127
7.4.4	<i>Trasposizione dei dati</i>	128
7.4.5	<i>Caratterizzazione delle emergenze</i>	128
7.5	CONCLUSIONI.....	128
8.	DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO	129
8.1	INTRODUZIONE	129
8.2	DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO.....	129
8.3	PONTE DELLA S.S. N. 22 PRESSO CARAGLIO (SEZ. 83) - PONTE DELLA STRADA S. BENIGNO - TARANTASCA (SEZ. 67).....	131
8.3.1	<i>Sintesi delle criticità e delle esigenze di intervento</i>	131
8.3.2	<i>Interventi principali</i>	132
8.3.3	<i>Valutazione sommaria dei costi di intervento</i>	133
8.3.4	<i>Descrizione delle fasce fluviali</i>	133

8.4	PONTE DELLA STRADA S. BENIGNO - TARANTASCA (SEZ. 67) - OPERA DI PRESA DELLA DERIVAZIONE DEL CANALE FIAT FERROVIARIA (SEZ. 19)	134
8.4.1	<i>Sintesi delle criticità e delle esigenze di intervento</i>	134
8.4.2	<i>Interventi principali</i>	135
8.4.3	<i>Valutazione sommaria dei costi di intervento</i>	137
8.4.4	<i>Descrizione delle fasce fluviali</i>	137
8.5	OPERA DI PRESA DELLA DERIVAZIONE DEL CANALE FIAT FERROVIARIA (SEZ. 19) - C.NA RONCAGLIA (SEZ. 12).....	139
8.5.1	<i>Sintesi delle criticità e delle esigenze di intervento</i>	139
8.5.2	<i>Interventi principali</i>	140
8.5.3	<i>Valutazione sommaria dei costi di intervento</i>	141
8.5.4	<i>Descrizione delle fasce fluviali</i>	141
8.6	C.NA RONCAGLIA (SEZ. 12) - CONFLUENZA NEL MAIRA (SEZ. 1).....	142
8.6.1	<i>Sintesi delle criticità e delle esigenze di intervento</i>	142
8.6.2	<i>Interventi principali</i>	143
8.6.3	<i>Valutazione sommaria dei costi di intervento</i>	143
8.6.4	<i>Descrizione delle fasce fluviali</i>	143

INDICE TABELLE

TABELLA 1.	DOCUMENTAZIONE AEREOFOTOGRAFICA CONSULTATA	12
TABELLA 2.	ESEMPIO DI TABELLA MORFOMETRICA DEL SOTTOTRATTO	17
TABELLA 3.	ELEMENTI CARATTERISTICI DEI BACINI SOTTESI DALLE SEZIONI DI INTERESSE.....	36
TABELLA 4.	PARAMETRI PLUVIOMETRICI CARATTERISTICI DELLE STAZIONI CONSIDERATE	37
TABELLA 5.	PORTATE AL COLMO NELLE SEZIONI DI INTERESSE OTTENUTE DALLA MODELLAZIONE	44
TABELLA 6.	ELEMENTI CARATTERISTICI DEI BACINI SOTTESI DALLE SEZIONI DI INTERESSE.....	49
TABELLA 7.	PORTATE AL COLMO NELLE SEZIONI DI INTERESSE OTTENUTE DAL MODELLO CINEMATICO	53
TABELLA 8.	PORTATE AL COLMO NELLE SEZIONI DI INTERESSE OTTENUTE DAL MODELLO MG (FORMULE (4.9)-(4.10))	53
TABELLA 9.	PORTATE AL COLMO NELLE SEZIONI DI INTERESSE OTTENUTE DAL MODELLO MG (FORMULE (4.11)-(4.12))	53
TABELLA 10.	PORTATE AL COLMO NELLE SEZIONI DI INTERESSE OTTENUTE DAL MODELLO VAPI.....	54
TABELLA 11.	PORTATE AL COLMO NELLE SEZIONI DI INTERESSE OTTENUTE DAL MODELLO VAPI – REGIONE PIEMONTE.....	54
TABELLA 12.	PORTATE AL COLMO NELLE SEZIONI DI INTERESSE OTTENUTE DAL MODELLO SPI	54
TABELLA 13.	PORTATE AL COLMO RICAVATE DALLO STUDIO EFFETTUATO DA HYDRODATA S.P.A.....	55
TABELLA 14.	PARAMETRI CARATTERISTICI DEI BACINI CHIUSI ALLE SEZIONI DI INTERESSE	56
TABELLA 15.	PARAMETRI PLUVIOMETRICI CARATTERISTICI DEL BACINO	56
TABELLA 16.	PORTATE AL COLMO NELLE SEZIONI DI INTERESSE OTTENUTE DALLA MODELLAZIONE ...	56
TABELLA 17.	VALORI DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA DI RIFERIMENTO PER ASSEGNATO PERIODO DI RITORNO.	61
TABELLA 18.	LIVELLI IDROMETRICI DEL TORRENTE MAIRA NELLA SEZIONE 0.	73
TABELLA 19.	CLASSI DI PERICOLOSITÀ UTILIZZATE	80
TABELLA 20.	CLASSI DI PERICOLOSITÀ UTILIZZATE PER L'EVENTO DI CROLLO ARGINALE	81
TABELLA 21.	LEGENDA USO SUOLO	100

TABELLA 22.	VALORI NORMALIZZATI UNITARI	107
TABELLA 23.	VULNERABILITÀ	109
TABELLA 24.	PERICOLOSITÀ	110

INDICE FIGURE

FIG. 1.	SINTESI GEOMORFOLOGICA (1:250.000)	25
FIG. 2.	IDROGRAMMI ALLE SEZIONI CONSIDERATE PER T=20 ANNI	41
FIG. 3.	IDROGRAMMI ALLE SEZIONI CONSIDERATE PER T=100 ANNI	42
FIG. 4.	IDROGRAMMI ALLE SEZIONI CONSIDERATE PER T=200 ANNI	42
FIG. 5.	IDROGRAMMI ALLE SEZIONI CONSIDERATE PER T=500 ANNI	43
FIG. 6.	SCHEMA PLANIMETRICO	62
FIG. 7.	IDROGRAMMI DI PORTATA INSERITI COME INPUT CONCENTRATI NELLE SEZIONI DI CHIUSURA PER IL TEMPO DI RITORNO DI T=20 ANNI.	63
FIG. 8.	IDROGRAMMI DI PORTATA INSERITI COME INPUT CONCENTRATI NELLE SEZIONI DI CHIUSURA PER IL TEMPO DI RITORNO DI T=100 ANNI.	63
FIG. 9.	IDROGRAMMI DI PORTATA INSERITI COME INPUT CONCENTRATI NELLE SEZIONI DI CHIUSURA PER IL TEMPO DI RITORNO DI T=200 ANNI.	64
FIG. 10.	IDROGRAMMI DI PORTATA INSERITI COME INPUT CONCENTRATI NELLE SEZIONI DI CHIUSURA PER IL TEMPO DI RITORNO DI T=500 ANNI.	64
FIG. 11.	IDROGRAMMI DI PORTATA DISTRIBUITI UNIFORMEMENTE LUNGO IL TRATTO IN OGGETTO PER IL TEMPO DI RITORNO DI T=20 ANNI.	65
FIG. 12.	IDROGRAMMI DI PORTATA DISTRIBUITI UNIFORMEMENTE LUNGO IL TRATTO IN OGGETTO PER IL TEMPO DI RITORNO DI T=100 ANNI.	66
FIG. 13.	IDROGRAMMI DI PORTATA DISTRIBUITI UNIFORMEMENTE LUNGO IL TRATTO IN OGGETTO PER IL TEMPO DI RITORNO DI T=200 ANNI.	66
FIG. 14.	IDROGRAMMI DI PORTATA DISTRIBUITI UNIFORMEMENTE LUNGO IL TRATTO IN OGGETTO PER IL TEMPO DI RITORNO DI T=500 ANNI.	67
FIG. 15.	IDROGRAMMA CONCENTRATO IN INGRESSO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA 54 PER ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO. 70	
FIG. 16.	IDROGRAMMA DISTRIBUITO LUNGO IL TRATTO 1-54 PER ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO.	72
FIG. 17.	IDROGRAMMA CONCENTRATO IN INGRESSO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA 67 PER ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO. 74	
FIG. 18.	IDROGRAMMA DISTRIBUITO LUNGO IL TRATTO 54-67 PER ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO	75
FIG. 19.	LIVELLI IDROMETRICI ALLA SEZIONE 54	75
FIG. 20.	IDROGRAMMA CONCENTRATO IN INGRESSO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA 83 PER ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO. 76	
FIG. 21.	IDROGRAMMA DISTRIBUITO LUNGO IL TRATTO 67-83 PER ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO	77
FIG. 22.	LIVELLI IDROMETRICI ALLA SEZIONE 48	77
FIG. 23.	SUDDIVISIONE DEL TERRITORIO DI BANDE	83
FIG. 24.	ELEMENTI PER LA DETERMINAZIONE DEI TIRANTI IDRICI	84

INDICE DELL'APPENDICE

VOLUME I

Allegati al Capitolo 2: “CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA, GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA DEL RETICOLO IDROGRAFICO E DELLE AREE SOGGETTE AD ALLAGAMENTO”

- 2.A Schede di caratterizzazione dei tratti fluviali omogenei
- 2.B Schede sintetiche di caratterizzazione dei sottotratti fluviali omogenei
- 2.C Schede di caratterizzazione morfometrica
- 2.D Schede descrittive di caratterizzazione dei sottotratti fluviali omogenei

Allegati al Capitolo 3: “CATASTO DELLE OPERE IDRAULICHE”

3.A Schede del catasto

VOLUME II**Allegati al Capitolo 4: “AGGIORNAMENTO E SISTEMATIZZAZIONE DELLA IDROLOGIA DI PIENA”**

4.A Idrogrammi stimati (forma tabulare)

Allegati al Capitolo 5: “VALUTAZIONE DEL PERICOLO ATTUALE DI ESONDAZIONE”

5.A Risultati delle simulazioni idrodinamiche

5.B Profili schematici di corrente

Allegati al Capitolo 8: “DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO”

8.A Franco idraulico, altezza di sormonto e stima del rigurgito in corrispondenza dei manufatti di attraversamento

VOLUME III**Allegati al Capitolo 6: “CARATTERISTICHE SOCIO – ECONOMICHE DELLE AREE SOGGETTE AD ESONDAZIONE”**

6.A Elenco dei comuni interessati dai fenomeni alluvionali del Fiume Granamellea

6.B Legenda Corine land cover

Allegati al Capitolo 7: “CENSIMENTO DELLE EMERGENZE STORICO – CULTURALI, NATURALISTICHE ED AMBIENTALI”

7.A Schede di caratterizzazione delle emergenze naturalistiche areali

7.B Schede di gerarchizzazione delle emergenze naturalistiche areali

VOLUME IV**QUADERNO DELLE OPERE TIPO****ALLEGATO: ELABORATI GRAFICI**

– Analisi geomorfologica	1:10.000
– Sintesi della valutazione del grado di sicurezza delle opere idrauliche	1:100.000
– Individuazione delle opere idrauliche e analisi critica	1:10.000
– Analisi idrologica	1:100.000
– Aree esondabili	1:100.000
– Aree esondabili	1:10.000
– Rischio massimo	1:10.000
– Sintesi del danno	1:100.000
– Beni a rischio	1:10.000
– Emergenze naturalistiche ed ambientali	1:10.000
– Emergenze storico culturali	1:10.000
– Cartografia di sintesi (Emergenze ambientali e storico-culturali)	1:100.000
– Cartografia di sintesi (Fasce fluviali per assegnati tempi di ritorno)	1:100.000
– Fasce fluviali ed interventi	1:10.000

1. PREMESSA

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La presente monografia riguarda il tratto di Grana – Mellea (corso d'acqua compreso nell'elenco della tabella 2 del PDA) compreso tra Caraglio (ponte S.S. n° 22 di Val Magra) e la confluenza nel Torrente Maira (Cavallermaggiore).e rientra nel lavoro svolto durante il Sottoprogetto SP 1.4 per la descrizione e l'interpretazione dei fenomeni di piena, di dissesto morfologico e di alterazione delle condizioni naturali ed artificiali del reticolo idrografico minore di pianura del bacino del Po.

Il Torrente in oggetto è uno degli affluenti di sinistra del Torrente Maira; a seconda dei tratti, viene denominato con due differenti toponimi; a monte dell'abitato di Mellea prende il nome di "Grana" mentre a valle è individuato come "Mellea". Il motivo di questa doppia denominazione è verosimilmente legato al fatto che durante le magre stagionali il Grana disperde le proprie acque in subalveo nella fascia pedemontana.

Il corso d'acqua scorre interamente nella provincia di Cuneo ed è caratterizzato da un tratto prettamente montano che si chiude a Monterosso Grana, un tratto pedemontano compreso tra Monterosso G. e Caraglio ed un tratto di pianura compreso tra Caraglio e la confluenza nel Maira presso Cavallermaggiore.

Esso si origina da più rami nei valloni compresi tra la Rocca Cernauda, il Monte Tibert e il Colle del Vallonetto e poi si insinua tra i più importanti bacini della Stura di Demonte e del Maira, senza raggiungere tuttavia lo spartiacque italo-francese.

La superficie totale del bacino è di 59 km²; le quote massima e minima del bacino sono rispettivamente di 2648 m s.l.m. e di 277 m s.l.m.

Come per i torrenti limitrofi Maira e Varaita, le caratteristiche idrologiche del corso d'acqua in oggetto sono condizionate dalle due porzioni fisiografiche distinte del bacino idrografico: la porzione montana è quella su cui si origina la portata di piena, ovvero dove si verifica la concentrazione dei deflussi legati al contributo dei versanti; la porzione di pianura è quella che invece trasla verso valle la piena, in parte ricevendo i contributi dei tributari ed in parte laminando i picchi di piena a causa delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo fluviale, che in piena tende ad occupare ampie zone sul piano campagna. Il regime delle portate è di tipo pluvio-nivale meno accentuato tuttavia di quelli dei vicini bacini del Maira e della Stura di Demonte.

La direzione principale della Val Grana è E – W e ricalca quella delle altre principali incisioni vallive. Allo sbocco in pianura il corso d'acqua devia, assumendo una direzione NE – SW tendente verso la confluenza a N – S in accordo con l'andamento dei principali corsi d'acqua di pianura.

Le confluenze più importanti avvengono nel tratto montano (Rio delle Frise) o pedemontano, mentre i principali tributari del tratto vallivo sono: il Rio S. Anna, la cui confluenza avviene in destra proprio in corrispondenza dello sbocco in pianura; il Fosso Martesino che confluisce da destra poco a valle di Caraglio; il Fosso Tavolera ed il Fosso Gamberale, affluenti rispettivamente di destra e di sinistra, le cui confluenze avvengono a breve distanza l'una dall'altra poco a valle del centro abitato di Centallo.

Nella zona di Savigliano il deflusso in alveo è condizionato da derivazioni ad uso industriale che riducono considerevolmente la portata.

I principali paesi attraversati dal Grana nel suo tratto montano sono: Pradleve, Monterosso Grana e Val Grana mentre a valle il torrente passa nelle vicinanze dei centri abitati di Caraglio, Passatore, Borghetto, Rua dei Rossi, San Benigno, San Quirico e lambisce la zona Nord Ovest di Centallo.

Il tratto denominato Mellea invece lambisce il paese di Levaldigi, quindi attraversa il territorio amministrativo di Genola senza entrare nel centro abitato ed infine attraversa la periferia Est della città di Savigliano.

1.2 ATTIVITÀ SVOLTE

Dopo una fase preliminare consistente nell'inquadramento generale di tutto il territorio in esame, nella individuazione delle problematiche più rilevanti, nell'acquisizione dei dati esistenti al fine di definire le esigenze di approfondimento conoscitivo per i diversi temi di studio (Attività 4.1 – Attività preliminari), si è proceduto per il corso d'acqua in oggetto

allo svolgimento delle attività previste dalla prescrizione tecnica di disciplinare riepilogate nel seguente elenco:

- Attività 4.2 Caratterizzazione geometrica, geomorfologica e idraulica del reticolo idrografico delle aree soggette ad allagamento;
- Attività 4.3 Catasto delle opere idrauliche;
- Attività 4.4 Aggiornamento e sistematizzazione dell'idrologia di piena;
- Attività 4.5 Valutazione del pericolo attuale di esondazione;
- Attività 4.6 Caratteristiche socio - economiche delle aree soggette ad esondazione;
- Attività 4.7 Censimento delle emergenze storico - culturali, naturalistiche ed ambientali;
- Attività 4.8 Delimitazione delle fasce fluviali per assegnati tempi di ritorno.

Nella presente relazione vengono dettagliatamente descritti il lavoro svolto ed i risultati ottenuti in merito alle attività sopra elencate.

2. CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA DEL RETICOLO IDROGRAFICO E DELLE AREE SOGGETTE AD ALLAGAMENTO

2.1 INTRODUZIONE

L'attività svolta ha avuto come finalità la caratterizzazione geometrica, geomorfologica ed idraulica di tratti di corsi d'acqua appartenenti al bacino del Fiume Po, localizzati nell'ambito del territorio delle regioni Piemonte, Lombardia ed Emilia Romagna.

La caratterizzazione è stata eseguita mediante rilievi topografici diretti, analisi della topografia pregressa, analisi della cartografia storica disponibile, fotointerpretazione delle immagini aeree derivanti da voli eseguiti in anni diversi confrontati con le attuali carte CTR. Ciò ha permesso di ricostruire la geometria della regione fluviale, evidenziare e cartografare gli elementi morfologici più significativi ed analizzare le tendenze evolutive dei corsi d'acqua. I dati ricavati dall'analisi cartografica e fotografica, sono stati controllati e tarati in sito mediante sopralluoghi diretti estesi a tutti i tratti di asta fluviale studiati.

Sia i rilievi topografici che quelli geomorfologici sono stati condotti nel periodo invernale e primaverile dell'anno 2001.

Tutte le informazioni rilevate durante i sopralluoghi in sito e quelle ricavate dall'analisi cartografica e fotografica, sono state riportate nelle schede e nella cartografia prodotta a corredo del presente studio. In particolare sono stati prodotti 4 tipi di schede in formato Access, dettagliatamente descritte nel successivo paragrafo.

La cartografia di caratterizzazione è stata prodotta, in scala 1:10.000 e 1:250.000, mediante l'utilizzo di un progetto GIS (Geographical Information System).

La cartografia 1:250.000 è allegata al presente Rapporto.

2.2 ATTIVITÀ E METODOLOGIA DI ANALISI PER LA RACCOLTA E LA SINTESI DEI DATI

L'attività svolta ha avuto come finalità la caratterizzazione geometrica e geomorfologica (parametri morfometrici) dei tratti dei corsi d'acqua indicati in tabella 2 del PDA appartenenti al bacino del Fiume Po, localizzati nell'ambito del territorio delle regioni Piemonte, Lombardia e d Emilia Romagna.

Sono state eseguite le seguenti attività:

- verifica delle cartografie esistenti,
- fotointerpretazione delle immagini aeree disponibili per l'identificazione dei tratti di alveo omogenei,

- fotointerpretazione delle immagini aeree disponibili per l'identificazione dei caratteri geomorfologici generali del tratto,
- analisi della topografia pregressa disponibile e significativa ai fini dello studio,
- rilievi topografici diretti di sezioni d'alveo e profili,
- sopralluoghi in sito volti a cartografare e descrivere i tratti di alveo omogenei,
- sopralluoghi in sito volti a cartografare e descrivere i caratteri geomorfologici del tratto,
- elaborazione e informatizzazione dei dati precedentemente raccolti,
- redazione di una scheda di caratterizzazione dei tratti omogenei,
- redazione di una scheda sintetica e una scheda descrittiva per ogni singolo sottotratto delle aste fluviali, corredate da una tabella morfometrica e da documentazione fotografica digitale,
- stesura di una carta di analisi geomorfologica alla scala 1:10.000,
- stesura di una carta di sintesi geomorfologica alla scala 1:250.000.

Cartografia storica

In primo luogo sono state analizzate cartografie IGM alla scala da 1:25.000 a 1:100.000 rilevate alla fine del XIX secolo (tra il 1877 e il 1902), al fine di verificare eventuali evidenze di dinamica fluviale e processi evolutivi dei corsi d'acqua.

Foto interpretazione

La foto interpretazione è stata condotta sui fotogrammi elencati nella tabella seguente, relativi alle aste oggetto di analisi. Quest'analisi ha permesso di cartografare gli elementi geomorfologici (scarpate fluviali, sponde in erosione, paleoalvei) lungo le aste fluviali, successivamente controllati sul terreno e di verificare l'estensione dei tratti di alveo omogenei. Inoltre, e non meno importante, questa attività ha permesso di mettere a confronto, in maniera più dettagliata rispetto all'analisi della cartografia storica, situazioni evolutive dei corsi d'acqua in tempi diversi, fornendo in questo modo lo strumento di analisi evolutiva. Il confronto tra fotogrammi successivi è stato condotto per quanto possibile su voli a scale paragonabili, al fine di garantire omogeneità di interpretazione: infatti, elementi lineari quali scarpate di erosione, visibili su un fotogramma alla scala 1:13.000, non sempre sono visibili su un fotogramma a scala minore.

Tabella 1. Documentazione aereofotografica consultata

Data	Proprietà	Scala approssimativa	Tipo
volo 1954-1957	GAI	1:34.000	b/n
volo 1954-1957	GAI	1:48.000	b/n
volo 1995-1996	IGM	1:30.000	b/n
volo 1985-1986	Regione Emilia Romagna	1:34.000	b/n
volo 1976-1978	Regione Emilia Romagna	1:13.000	colore
volo 1994	Regione Lombardia	1:30.000	colore
volo 2000	Regione Lombardia	1:30.000	colore
volo 1991	Regione Piemonte	1:30.000	b/n

Sopralluoghi

Il rilievo geomorfologico sul terreno è stato condotto nella stagione tardo invernale e primaverile dell'anno 2001. Detta attività ha permesso sia la verifica dei vari elementi geomorfologici precedentemente fotointerpretati, sia il rilevamento diretto sul terreno. In questa fase sono state rilevate le seguenti informazioni:

- l'approfondimento massimo del fondo dell'alveo in corrispondenza di opere lungo il corso d'acqua (ponti, viadotti, difese e opere in alveo),
- la variazione altimetrica del fondo (erosione o ripascimento),
- la composizione granulometrica prevalente nella regione fluviale,
- la presenza e la tipologia della vegetazione in alveo e nell'area golenale,
- le fotografie dei tratti omogenei e degli elementi geomorfologici.

Tutte le informazioni rilevate sono state descritte nelle schede e nella cartografia prodotta a corredo del presente studio. Nei paragrafi successivi sono descritti i metodi adottati e i risultati ottenuti.

Progetto GIS

L'elaborazione e l'informatizzazione dei dati raccolti è stata eseguita mediante la creazione di un progetto GIS (Geographical Information System). Lo standard utilizzato è stato quello della ESRI mediante il programma ArcView. Il progetto è contenuto nel CD-ROM allegato.

Schede

Come elencato sopra, per ogni tratto omogeneo è stata redatta una scheda di caratterizzazione, la quale si basa sulle considerazioni e sui dati contenuti nelle schede sintetiche e descrittive dei sottotratti. I sottotratti omogenei in tutte le schede e nella tabella morfometrica sono stati distinti in base ad un codice (es. GM 03.01), dove le lettere indicano il nome del corso d'acqua (Grana - Mellea), i primi due numeri il tratto omogeneo di riferimento a scala di sintesi, il terzo ed il quarto numero il sottotratto a scala di dettaglio.

Scheda di caratterizzazione dei tratti omogenei

Le indicazioni riportate in tale scheda derivano principalmente dalla rielaborazione dei dati della cartografia di dettaglio, relativi ai diversi indicatori della stabilità morfologica del corso d'acqua (dissesto spondale, erosione di fondo alveo, ripascimento), nonché alla eventuale presenza di misure ripetute nel tempo (vedi scheda morfometrica) e relativa comparazione.

Nella scheda di caratterizzazione del tratto omogeneo sono riportate le informazioni di seguito indicate:

1. caratteri del corso d'acqua (alveotipo);
2. tendenza evolutiva del profilo di fondo: erosione. Questa informazione riguarda il carattere prevalente con riferimento al dato relativo ai sottotratti della cartografia in scala 1:10.000: elevato=3 moderato=2 scarso=1 nullo=0;
3. tendenza evolutiva del profilo di fondo: ripascimento. Questa informazione riguarda il carattere prevalente con riferimento al dato relativo ai sottotratti della cartografia alla scala 1:10.000: elevato=3 moderato=2 scarso=1 nullo=0;
4. tendenza all'erosione spondale. Questa informazione riguarda il carattere prevalente con riferimento al dato relativo ai sottotratti della cartografia 1:10.000. Il valore numerico delle varie classi in funzione dell'indice di erosione di sponda (e_s) specificato nella cartografia a scala 1:10.000 sarà:
 $e_s > 50 = 4$; $e_s 30 \div 50 = 3$; $e_s 10 \div 30 = 2$; $e_s 5 \div 10 = 1$; $e_s < 5 = 0$
5. stabilità morfologica attuale della regione fluviale. Questa informazione riguarda la stabilità morfologica attuale della regione fluviale per i singoli tratti; essa esprime una sintesi dei precedenti indicatori ed è numericamente ottenuta dalla somma dei valori dei suddetti indicatori, come di seguito indicato.

- a1 - alvei stabili: $\sum \text{indicatori} \leq 3$
- a2 - instabilità moderata: $\sum \text{indicatori} 4 \div 5$
- a3 - instabilità elevata: $\sum \text{indicatori} \geq 6$

è stata comunque attribuita la classe a3 di instabilità elevata in tutti i casi in cui l'approfondimento massimo di fondo alveo (voce "2" della scheda di caratterizzazione dei tratti) è risultato superiore a 2 m, anche quando la sommatoria degli indici è risultata < 6 .

Scheda sintetica del sottotratto

La scheda sintetica di caratterizzazione del sottotratti porta le voci di seguito elencate.

1 - Alveotipo

La definizione dell'alveotipo è stata effettuata sulla base della morfologia prevalente. Nel caso di caratteri transizionali marcati sono state indicate le tipologie corrispondenti. Ad esempio un alveo sinuoso, localmente meandriforme, è indicato con la codifica S-M.

2 - Approfondimento massimo di fondo alveo

Il dato è stato fornito in base alle osservazioni dirette eseguite nel corso dei sopralluoghi, documentate con riprese fotografiche; in particolare scalzamento di ponti, viadotti, difese e opere in alveo ecc.

3 - Variazione media percentuale sezione incisa

Il dato non è stato fornito poiché non erano disponibili rilievi d'alveo comparabili.

4 - Variazioni altimetriche del fondo: erosione/ripascimento

Al fine di stimare la presenza e l'entità di eventuali variazioni generalizzate del fondo alveo lungo il tratto considerato, anche in relazione alle opere di difesa esistenti, è stato fatto riferimento agli elementi di seguito elencati:

- variazioni significative di larghezza dell'alveo inciso e dell'indice di ramificazione;
- evidenze di re-incisione di tratti d'alveo, con creazione di nuovi sistemi di sponde, interne rispetto al sistema spondale full-banks progressivo;
- trasformazioni o metamorfosi dell'alveotipo (passaggio da alvei larghi ramificati a monocursali o viceversa);
- modifiche areali delle barre attive in alveo; trasformazione di barre attive in golene e isole stabili per abbassamento del profilo di fondo e conseguente abbassamento di quota del livello idrometrico medio o viceversa;
- disattivazione o riattivazione di rami e canali secondari
- trasformazione delle lanche e zone umide perfluviali per modifica del livello medio di falda (legato al livello idrometrico del corso d'acqua);
- evidenze nelle strutture antropiche, quali ponti e opere trasversali (briglie, soglie, traverse).

In particolare, per le evidenze di abbassamento del profilo di fondo, si è adottata la distinzione che segue:

- **elevate**: diminuzione dell'indice di ramificazione, forte riduzione di larghezza d'alveo (>35-40%), trasformazione dell'alveotipo (in particolare da ramificato a unicursale), trasformazione in isole e golene stabili delle barre longitudinali e laterali lungo tutto il sottotratto, perdita di lanche e zone umide, disattivazione di rami secondari;

- **moderate:** presenza discontinua o occasionale degli elementi di cui sopra lungo il sottotratto considerato; perdita solo parziale dei caratteri tipici dell'alveotipo originale (es. mantenimento dell'alveotipo a canali intrecciati ma diminuzione dell'indice di ramificazione e della larghezza d'alveo);
- **scarse:** presenza sporadica degli elementi di cui sopra lungo il sottotratto considerato;
- **nulle:** assenza degli elementi indicatori di abbassamento del profilo di fondo.

Per quanto riguarda le evidenze di ripascimento si è adottata la distinzione che segue:

- **elevate:** sovralluvionamento evidente e costante lungo tutto il sottotratto; aumento dell'indice di ramificazione, tendenza ad aumentare la larghezza della sezione d'alveo per erosione di sponda (innescata dal sovralluvionamento e conseguente parzializzazione della sezione stessa); aumento areale dei depositi di barra;
- **moderate:** elementi di cui sopra, ma fortemente discontinui lungo il sottotratto;
- **scarse:** presenza sporadica degli elementi di cui sopra lungo il sottotratto considerato;
- **nulle:** assenza degli elementi indicatori di ripascimento.

5 - Erosione di sponda

E' stato espresso un giudizio sintetico relativo all'erosione di sponda che tiene conto anche della presenza delle opere di protezione longitudinale, con riferimento alle erosioni riconosciute dall'analisi delle foto aeree del volo aereo recente. Tale giudizio è stato espresso tramite distinte classi di valori, relativi al seguente rapporto percentuale e_s:

$[(\sum \text{tratti in erosione in sponda destra} + \sum \text{tratti in erosione in sponda sinistra})/lu(t)] \times 100$;
dove lu(t) rappresenta la lunghezza del corso d'acqua misurata lungo la linea di thalweg.

6 - Forme abbandonate ancora connesse all'ambiente fluviale per caratteri morfologici, ambientali e naturalistici

Appartengono a questa categoria le forme abbandonate ancora ben evidenti dal punto di vista morfologico (paleoalvei incassati rispetto all'attuale piano golenale, con sponde continue) e ambientale (presenza di vegetazione spontanea, lanche, zone umide e palustri);

7 - Forme abbandonate antiche, disgiunte dall'ambiente fluviale in relazione ai caratteri morfologici, ambientali e naturalistici

Appartengono a questa categoria gli alvei abbandonati, generalmente antichi, per i quali le evidenze morfologiche sono minime (spesso sottolineati solo dall'andamento curvilineo delle strade rurali, totalmente ricolmati e pressoché allo stesso livello del piano golenale attuale), e che risultano privi dei caratteri ambientali tipici delle aree perifluviali (lanche, zone umide, ecc.).

8 - Ampiezza media dell'inviluppo delle forme relitte presenti nella regione fluviale

Sono state considerate interne a tale inviluppo soltanto le forme ancora evidenti, continue e ben definite. Con riferimento alla distinzione di cui ai punti 6 e 7, sono stati presi in

considerazione i paleoalvei della categoria 6, oltre alle forme più evidenti e caratterizzanti la regione fluviale nell'ambito della categoria 7; verranno inoltre considerati i limiti dei terrazzi fluviali, dove presenti in tratti relativamente continui e verosimilmente con funzione ancora attuale di contenimento delle portate di piena.

9 - Composizione granulometrica prevalente nella regione fluviale

E' stata descritta visivamente la composizione granulometrica prevalente dell'alveo e della regione golenale, riferendosi ai seguenti intervalli:

- alluvioni fini, alluvioni sabbioso-ghiaiose,
- alluvioni ghiaioso-ciottolose,
- substrato affiorante di natura limo-argillosa,
- substrato affiorante di natura limo-sabbiosa,
- substrato affiorante lapideo.

10 - Presenza e tipologia della vegetazione nella regione fluviale

E' stata descritta la presenza di vegetazione lungo l'asta fluviale, distinguendo tra le aree in alveo e le aree golenali, operando le seguenti distinzioni:

- arborea
- arbustiva
- arborea arbustiva
- assente

Scheda descrittiva del sottotratto

La scheda descrittiva del corso d'acqua riporta le caratteristiche geomorfologiche, idrauliche, (presenza di opere trasversali e/o longitudinali che possono influenzare significativamente il deflusso) e di dissesto relative ad ogni singolo sottotratto di discretizzazione del corso d'acqua. Ad ogni scheda è associata almeno una foto (in formato numerico) significativa del tratto di fiume considerato. La scheda riporta le caratterizzazioni di seguito specificate.

Sottotratto

Codice e località di inizio e fine sottotratto

Caratteri del corso d'acqua

Indicazione dell'alveotipo prevalente, eventuali caratteri di transizione, variazioni locali delle caratteristiche generali.

Stabilità morfologica

3a) Processi di erosione spondale: è stata sinteticamente descritta la localizzazione, estensione, gravità dei processi e correlazione con la presenza o meno di opere

longitudinali; inoltre è stato evidenziato l'eventuale coinvolgimento di abitati e/o infrastrutture e manufatti ed è stato espresso il giudizio sul grado di stabilità raggiunto nel sottotratto tramite le opere di protezione longitudinale esistenti.

3b) Tendenze del fondo alveo (erosione/ripascimento). In questa parte della scheda sono stati riportati:

- evidenze planimetriche di cui ai punti 4 e 5 della scheda sintetica, testimonianti evoluzioni del fondo alveo; indicazione dei siti in cui si osservano tali evidenze e descrizione della tipologia (variazione indici morfometrici, evoluzione verso forme maggiormente canalizzate ecc.);
- evidenze di abbassamento/innalzamento del fondo identificate nel corso dei sopralluoghi, relative sia alla morfologia della sezione che alle strutture antropiche, in particolare di attraversamento e di difesa;
- giudizio sulla funzionalità delle opere trasversali presenti nel sottotratto, descritte sinteticamente, in ordine alla stabilizzazione del fondo.

Elementi di morfologia fluviale non più attivi

In questa parte della scheda sono indicati: presenza, localizzazione, continuità, tipologia delle forme relitte (paleoalvei, orli di terrazzi antichi ecc.); per i paleoalvei vengono distinti, in termini di localizzazione e caratteri principali, quelli ancora connessi all'ambiente fluviale per caratteri morfologici e naturalistici (presenza di lanche, zone umide ecc.).

Viene indicata l'ampiezza media della fascia interessata da forme relitte presenti nella regione fluviale, ancora evidenti e ben definite.

Tabella morfometrica del sottotratto

La scheda descrittiva e sintetica di ogni sottotratto sono inoltre accompagnate dalla tabella descrittiva dell'evoluzione morfometrica (tabella delle caratteristiche morfometriche riportata sotto) che riporta le variazioni percentuali dei principali indici dei corsi d'acqua derivati dal confronto tra foto aeree pregresse e cartografia storica (rilievo pregresso I), con la situazione riscontrata nel volo aereo e nella cartografia più recente disponibile (rilievo pregresso II).

In questa analisi di confronto tra la situazione storica e quella recente sono stati confrontati solo i dati derivanti dalla fotointerpretazione (foto storiche e recenti) e dall'analisi della cartografia (storica e recente). Per garantire una omogeneità dei risultati le osservazioni a terra non sono state considerate nel confronto, poiché non era disponibile un rilievo storico realizzato a terra con le stesse modalità dell'attuale.

Tabella 2. Esempio di tabella morfometrica del sottotratto

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHECORSO D'ACQUA: *Tresinaro*SOTTOTRATTO: *confluenza Rio Braglie - ponte SP n°52 Bagno Scandiano*

TR 03.01	La (m)	Luv (km)	Lut (km)
Rilievo progressivo (I)	40 1954 Δ anni 31	1.36 1954 Δ anni 31	1.72 1954 Δ anni 31
Rilievo progressivo (II)	40 1985 0.0 % 0.00	1.36 1985 0 % 0.00	1.71 1985 -0.5 % -0.01
	Ir	Is	Se (km)
Rilievo progressivo (I)	<input type="text"/> <input type="text"/> Δ anni <input type="text"/>	1.26 1954 Δ anni 31	0.21 1954 Δ anni 31.00
Rilievo progressivo (II)	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> -0.5 % -0.01	1.25 1985 -0.5 % -0.01	0.16 1985 -21.0 % -0.04

dove:

- La = larghezza d'alveo
- Luv = lunghezza (asse della valle)
- Lut = lunghezza (linea di thalweg)
- Ir = indice di ramificazione
- Is = indice di sinuosità
- Se = lunghezza totale sponde in erosione
- Ev = Evoluzione degli indici morfometrici

L'acquisizione delle informazioni sulle caratteristiche morfometriche è stata effettuata in riferimento alle definizioni di seguito riportate:

Larghezza dell'alveo (La, m)

La larghezza dell'alveo rappresenta la distanza media tra le due sponde, in riferimento al limite dell'alveo inciso o alveo di piena ("bankfull").

Lunghezza dell' "asse della valle" (Luv, Km)

Per "asse della valle" si intende la direzione nella quale il fiume è costretto a muoversi a causa di condizioni esterne, o comunque la direzione attorno alla quale si è mosso per un lungo periodo. Tale definizione, nel caso di valli montane incise, non pone particolari problemi di identificazione. Nel caso in esame, per i tratti di pianura dove i corsi d'acqua hanno divagato all'interno di fasce molto estese, la definizione non è stata altrettanto immediata. Infatti tale direzione non tiene conto delle variazioni di percorso del fiume dovute alla dinamica dei suoi meandri o comunque alla mobilità del suo alveo, ma solo della direzione di quella fascia entro la quale questi movimenti possono avvenire o sono avvenuti.

L'asse della valle è dunque definito come la direzione media dell'involuppo delle forme fluviali che sottolineano il campo di divagazione del corso d'acqua.

Lunghezza della "linea di thalweg" (Lut, Km)

Rappresenta la distanza da inizio a fine del tratto omogeneo considerato; per poter essere definita, necessita di alcune precisazioni relative al suo percorso.

Sono state considerate le seguenti possibilità:

- a. lunghezza media dei tratti seguendo la riva destra e la riva sinistra;
- b. lunghezza della linea equidistante fra le due rive destra e sinistra;
- c. lunghezza della linea di maggiore profondità dell'alveo;
- d. lunghezza della linea di maggiore velocità della corrente.

Le procedure ai punti a) e b) risultano quelle più semplici a definirsi, ma presentano notevoli imprecisioni nella loro realizzazione, specialmente quella al punto b) dove sono presenti significativi fenomeni di braiding. Le due procedure ai punti c) e d) sarebbero le più corrette per l'analisi della dinamica d'alveo e si differenzierebbero l'una dall'altra di piccole quantità, ma la definizione presuppone la conoscenza della batimetria dell'alveo e/o della distribuzione delle velocità in ogni sezione dell'alveo stesso.

Considerati tali problemi è stato adottato un sistema di riferimento definito "linea di thalweg", identificato attraverso una procedura intermedia tra quelle relative ai punti a), b), c), d).

La linea di thalweg misurata corrisponde dunque, nella definizione adottata, alla lunghezza della linea equidistante fra le due sponde destra e sinistra, purché tale linea ricada in un settore attivo dell'alveo, non ad esempio in corrispondenza di isole stabili; in tal caso la "linea di thalweg" segue la linea di corrente corrispondente al ramo principale.

Indice di ramificazione (ir)

L'indice di ramificazione è valutato in corrispondenza dei tratti a morfologia braided. In considerazione della complessità del calcolo, per la notevole irregolarità dell'andamento reale delle barre in alveo rispetto agli schemi geometrici teorici per il calcolo stesso, l'indice è approssimato a un numero intero (per i corsi d'acqua del bacino compreso tra 1 e 3), in funzione della disposizione delle barre stesse.

I corsi d'acqua esaminati non presentano un alveo tipo braided, di conseguenza i campi relativi a questo indice non sono stati compilati.

Indice di sinuosità (is)

E' definito indice di sinuosità il rapporto tra la lunghezza della linea di thalweg (Lut, Km) e la lunghezza dell'asse della valle (Luv, Km).

Lunghezza totale sponde in erosione (Se Km)

La lunghezza totale delle sponde in erosione è definita dalla somma per sottratto delle lunghezze delle sponde in erosione, osservate in destra e in sinistra idrografica.

L'evoluzione (Ev) di ogni sottotratto è definita dal rapporto percentuale e dalla differenza degli indici morfometrici relativi al rilievo pregresso (I) e al rilievo pregresso (II). In particolare l'evoluzione percentuale dell'indice Se è definito da:

$$[Se (II)-Se (I) / Se (I)] \times 100$$

I valori dell'evoluzione (Ev) nella tabella morfometrica possono essere leggermente differenti dai relativi indici morfometrici (vedere tabella sopra, indice Se). Ciò è legato all'elaborazione dei dati da parte del Data Base utilizzato che approssima gli indici alla seconda cifra decimale (10 m), errore questo che risulta accettabile e confrontabile all'errore indotto dalla scala di lavoro (scala 1:10.000).

Documentazione fotografica digitale

La documentazione fotografica è stata fornita in formato digitale (immagini .tiff). Questa rappresenta le caratteristiche tipo degli alvei di ciascun sottotratto omogeneo e le evidenze evolutive osservate sulle strutture antropiche, quali ponti e opere trasversali. La documentazione fotografica è individuata per mezzo di un codice (es. GM 03 G 01), dove le prime due lettere indicano il nome del corso d'acqua (Grana - mellea), i primi due numeri il tratto omogeneo di riferimento a scala di sintesi, la terza lettera la tipologia della fotografia (geomorfologia), il terzo ed il quarto numero si riferiscono ad una numerazione progressiva da valle verso monte. L'intera documentazione fotografica è consultabile dal progetto GIS mediante l'utilizzo dell'apposito pulsante (Hot Link).

2.3 MODALITÀ DI RIPRODUZIONE DELLA CARTOGRAFIA DI CARATTERIZZAZIONE

La cartografia di caratterizzazione è stata prodotta mediante l'utilizzo di un progetto GIS (Geographical Information System), contenente gli shape files con gli elementi morfologici dei corsi d'acqua analizzati. In particolare è stata prodotta una cartografia di analisi geomorfologica a scala 1:10.000 e una cartografia di sintesi geomorfologica a scala 1:250.000.

Cartografia in scala 1:10.000

La cartografia di analisi geomorfologica a scala 1:10.000 riporta i seguenti elementi:

- Andamento del corso d'acqua e delimitazione del sottotratto fluviale omogeneo in funzione dell'alveotipo e dell'assetto morfologico.
- Ubicazione delle sezioni d'alveo rilevate nel corso dello studio e relativo codice. Il codice segue una numerazione progressiva da valle verso monte.

- Ubicazione delle sezioni d'alveo derivanti da studi o progetti specifici pregressi e relativo codice. Il codice segue una numerazione progressiva da valle verso monte preceduta dalla lettera P (pregresse).
- elementi morfologici e di trasformazione idrografica recenti (elementi fotointerpretati più dati di terreno) :
 - orli di scarpata
 - tratti di sponda in erosione
 - paleoalvei e rami abbandonati ancora connessi all'ambiente fluviale
 - paleoalvei e rami abbandonati disgiunti dall'ambiente fluviale
- Ubicazione delle fotografie e relativo codice.
- Codice del sottotratto (es. GM 03.01)
- Indici di evoluzione del corso d'acqua per sottotratto secondo tabella morfometrica:
 - **Ev-La** Variazione percentuale della larghezza media dell'alveo inciso ("bankfull")
 - **Ev-Luv** Variazione percentuale della lunghezza dell'asse della valle
 - **Ev-Lut** Variazione percentuale della lunghezza della "linea di thalweg"
 - **Ev-Ir** Variazione dell'indice di ramificazione
 - **Ev-Is** Variazione percentuale dell'indice di sinuosità
 - **Ev-Se** Variazione percentuale della lunghezza totale delle sponde in erosione

Cartografia in scala 1:250.000

La cartografia in scala 1:250.000 è stata redatta al fine di fornire un quadro di sintesi, a livello di tratti omogenei, delle informazioni già riportate nella cartografia 1:10.000 e nelle relative schede descrittive. Essa riporta sostanzialmente i seguenti elementi:

- andamento del corso d'acqua e delimitazione dei tratti fluviali omogenei.
- Codice del tratto (es. GM 03).

2.4 RILIEVI TOPOGRAFICI PREGRESSI

Non esistono rilievi topografici pregressi relativi al Torrente Grana-Mellea utilizzabili per le valutazioni idrauliche da effettuare secondo le specifiche definite dall'Autorità di Bacino per lo svolgimento del presente lavoro.

Sono disponibili solo rilievi di carattere locale, integrati dal rilievo speditivo dei ponti, eseguiti per la definizione di interventi progettuali lungo il tratto di corso d'acqua

compreso tra l'ingresso nell'abitato di Savigliano e la confluenza nel Torrente Maira.

Tali rilievi di carattere locale sono stati eseguiti nell'ambito dello "Studio idrologico idraulico del Torrente Mellea" (Luglio 1999) propedeutico allo "Studio di fattibilità degli interventi di sistemazione del Torrente Mellea" (Dicembre 1999) commissionati dal Comune di Savigliano.

2.5 NUOVI RILIEVI TOPOGRAFICI

Il nuovo rilievo topografico, realizzato nel mese di aprile 2001, è costituito da 83 sezioni d'alveo con estensione media pari a 234 metri ed interasse medio di 530 metri e da un profilo d'alveo. Le sezioni sono state restituite in scala 1:200 per le altezze ed 1:500 per le lunghezze; il profilo è stato restituito in scala 1:500 per le altezze e 1:10.000 per le lunghezze.

Nelle sezioni eseguite in corrispondenza di manufatti di attraversamento (n. 23) è stata riportata la vista di detti manufatti con i dati geometrici più significativi ai fini delle verifiche idrauliche.

Nel profilo è riportata la codifica di detti attraversamenti assegnata nell'attività 4.3

2.6 VALUTAZIONE DI DINAMICA EVOLUTIVA

Tratto 1

Il tratto, esteso per una lunghezza di circa 4 chilometri, è compreso tra la confluenza nel Maira e C. Roncaglia ubicata a valle dell'abitato di Savigliano e della restituzione dei prelievi degli stabilimenti della Fiat Ferroviaria.

Il Torrente è caratterizzato principalmente da alveotipo monocursale sinuoso. Sporadicamente sono riconoscibili orli di scarpata di altezza molto contenuta.

Nel tratto considerato i rilevati della S.S. n°20 e della Ferrovia Torino – Savona scorrono circa parallelamente al torrente e possono esercitare un'azione di contenimento degli eventuali deflussi esondati.

In corrispondenza di alcune opere di attraversamento sono state osservate evidenze di approfondimento del fondo alveo per valori compresi tra 0.5 – 0.6 m. Analogamente sono state osservate tendenze localizzate al ripascimento. Complessivamente la tendenza evolutiva all'erosione del profilo di fondo appare moderata mentre la tendenza al ripascimento è scarsa.

I fenomeni di erosione spondale si estendono per una lunghezza totale di circa 685 m, determinando un coefficiente di erosione pari a 2. Tra i processi osservati alcuni determinano asportazione di terreno agricolo, mentre un altro potrebbe interessare una strada vicinale.

Nel complesso l'alveo risulta caratterizzato da instabilità moderata.

Tratto 2

Il tratto è lungo circa 5 km ed è compreso tra C.na Roncaglia e l'opera di presa della derivazione del canale FIAT Ferroviaria. Il tratto, che rappresenta il nodo idraulico più a rischio dell'intero corso d'acqua, è caratterizzato dalla presenza dell'abitato di Savigliano lambito dal Torrente sul margine orientale. In passato sono stati segnalati allagamenti che hanno coinvolto il centro abitato. Si segnala la possibilità che, in caso di eventi eccezionali, le acque in piena del Maira, che scorre a breve distanza in sinistra idrografica, possano parzialmente riversarsi nel Mellea accrescendo quindi l'estensione delle aree potenzialmente allagabili. Le aree maggiormente a rischio sono quelle in sponda sinistra comprese tra l'alveo e la ferrovia. Si tratta di aree urbanizzate con zone residenziali, industriali e adibite a servizi.

L'alveotipo principale del corso d'acqua è monocursale sinuoso con tratti rettilinei; la larghezza, soprattutto nel tratto urbano, è circa costante; il deflusso avviene in corrente normale non turbolenta ed è parzialmente condizionato dalla presenza di opere trasversali (traverse di derivazione), la portata è molto ridotta per effetto delle stesse derivazioni.

Nel tratto urbano non è possibile distinguere sempre alveo ed area golenale in quanto l'area urbanizzata è sovente a ridosso del corso d'acqua.

Si osservano tendenze all'approfondimento solamente a valle delle opere trasversali, mentre la tendenza al ripascimento è stata riscontrata solo localmente. Nel complesso la tendenza evolutiva dell'erosione del profilo di fondo appare nulla mentre è scarsa la tendenza al ripascimento.

Anche l'erosione spondale risulta presente solo a valle delle opere trasversali e delle zone abitate che peraltro sono difese in maniera continua. I fenomeni di erosione spondale si estendono per una lunghezza totale di circa 270 m, determinando un coefficiente di erosione pari a 1.

Nel complesso l'alveo è stabile.

Tratto 3

Il tratto è compreso tra l'opera di presa della derivazione del canale FIAT Ferroviaria e il ponte della strada S.Benigno Tarantasca per una lunghezza di 22 km. Nonostante l'estensione le caratteristiche del corso d'acqua sono piuttosto uniformi.

In questo tratto il Torrente presenta un alveotipo monocursale rettilineo caratterizzato da larghezza costante; localmente può essere caratterizzato da una certa sinuosità. È probabile che la tendenza a divagare sia stata contrastata in passato da opere di sistemazione idraulica. Alcune traverse condizionano parzialmente il deflusso mentre è considerevole la presenza di vegetazione-arborea arbustiva sulle sponde. Il corso d'acqua è fiancheggiato sporadicamente da terrazzi fluviali di altezza limitata (1 – 3 m).

Il Torrente lambisce l'abitato di Centallo e passa a breve distanza da Levaldigi senza determinare criticità particolari.

Nel tratto non sono state osservate evidenze di approfondimento o ripascimento in corrispondenza delle strutture antropiche, in diversi sottotratti tali fenomeni non erano valutabili; nel complesso tuttavia nel tratto considerato la tendenza evolutiva all'erosione del profilo di fondo appare scarsa, così come la tendenza al ripascimento.

Sono stati riconosciuti sporadici fenomeni di erosioni di sponda per una lunghezza totale di circa 490 m; la tendenza all'erosione è quasi nulla.

Nel complesso l'alveo risulta stabile.

Tratto 4

Questo tratto va dal ponte della strada S. Benigno - Tarantasca fino al ponte della S.S. n°22 presso Caraglio e si estende per una lunghezza di quasi 11 chilometri.

In questo tratto il torrente presenta un alveotipo monocursale rettilineo (o talora caratterizzato da una certa sinuosità) tendente nelle zone più a monte a ramificarsi diventando pluricursale con evidenti barre fluviali longitudinali o laterali ed orli di terrazzo più o meno continui anche se di altezza limitata. A partire dal ponte in prossimità di Borghetto (comune di Cuneo), la sezione si restringe e tendono a sparire le barre alluvionali.

Il tratto è soggetto ad una forte tendenza al ripascimento evidenziata dall'aumento dei depositi di barra e dall'allargamento della sezione d'alveo per erosione spondale innescata dalla parzializzazione della sezione stessa per l'abbondante sovralluvionamento. Meno evidente è la tendenza all'erosione di fondo, osservata in maniera evidente solo negli attraversamenti a monte del tratto considerato.

Nel complesso la tendenza evolutiva del profilo di fondo è moderata per quanto riguarda l'erosione ed elevata per il ripascimento.

Sono stati riconosciuti diversi fenomeni di erosione spondale che in alcuni punti generano scarpate verticali di altezze variabili (da 2 a 7 m). La lunghezza totale dei tratti in erosione è di circa 3400 metri che genera un coefficiente della tendenza all'erosione spondale pari a 3.

Nel complesso il tratto d'alveo risulta caratterizzato da instabilità elevata.

Fig. 1. Sintesi geomorfologica (1:250.000)

Inserire stampa layout contenuto in “sp1-4_005_geomorfologia_grana-mellea.apr”

3. CATASTO DELLE OPERE IDRAULICHE

3.1 INTRODUZIONE E CONTENUTI

In relazione alla Prescrizione Tecnica di Disciplinare e agli obiettivi dell'attività, viene presentato un quadro conoscitivo atto a valutare per le opere idrauliche :

- il grado di protezione offerto
- gli effetti indotti sui processi geomorfologici
- il grado di conservazione
- le interferenze indotte sul deflusso delle piene.

I risultati dell'attività in esame rappresentano quindi un completamento delle attività 4.1 (in particolare per l'inquadramento territoriale e la scelta dei nodi critici prioritari) e 4.2, in quanto apportano ulteriori elementi alla caratterizzazione geometrica, geomorfologica e idraulica del reticolo idrografico.

È importante osservare che, soprattutto per quanto riguarda il grado di protezione offerto e le interferenze indotte sul deflusso delle piene, le valutazioni possono essere considerate in alcuni casi preliminari in quanto espresse prima del completamento dell'aggiornamento dell'idrologia di piena e della valutazione del pericolo di esondazioni; di conseguenza sarà probabilmente necessaria in alcuni casi significativi una attualizzazione di dette valutazioni.

Il presente Rapporto tecnico è presentato in supporto alla cartografia di sintesi in scala 1:100.000 e di analisi in scala 1:10.000 e intende dare conto della documentazione disponibile, delle integrazioni di indagine effettuate e dei risultati ottenuti.

3.2 MODALITÀ GENERALI DELL'INDAGINE E RAPPRESENTAZIONE DEI RISULTATI

L'attività si è svolta con alcune diversità di modalità per i corsi d'acqua della tabella 2, quelli della tabella 3 e i nodi critici.

Per i corsi d'acqua della tabella 2, in mancanza di veri e propri progetti di sistemazione idraulica con indicazione di fasce fluviali o zone di esondazione e rischio idraulico, si è anzitutto ricorsi alla consultazione degli Enti operativi (Uffici del Genio civile, Magistrato del Po, Province e Comuni) aventi la responsabilità degli interventi sui singoli corsi d'acqua.

Non si sono rinvenuti presso tali Enti catasti di opere idrauliche organizzati con tutta evidenza e aggiornati; si è pertanto dovuto ricorrere, laddove possibile, quasi sempre allo spoglio degli interventi effettuati negli anni per riparazioni, manutenzioni, emergenze o nuove opere, deducibili dai documenti di appalto e di liquidazione dei lavori e dai disegni della contabilità.

In linea generale, tuttavia, si è reso necessario procedere con l'esecuzione di sopralluoghi specifici sui tratti di corsi d'acqua oggetto di indagine.

Per ogni corso d'acqua, quindi, la procedura ha comportato sia un controllo in andata e ritorno (dall'ufficio ai siti) per il completamento di dati importanti eventualmente mancanti, sia un'integrazione di opere con diretta indagine in campagna, indagine condotta in concomitanza con l'esame in sito delle caratteristiche geomorfologiche e della caratterizzazione geometrica dei rilevamenti topografici.

Questi ultimi in particolare, sia in fase di programmazione che di esecuzione e restituzione dei rilievi, hanno permesso di identificare e rappresentare le opere di attraversamento stradali e ferroviarie.

Con la procedura suddetta e dall'insieme della documentazione esistente e delle ricognizioni in sito, sono state dedotte e compilate le schede secondo i tipi indicati dall'Autorità di Bacino.

Mentre le opere di attraversamento sono rappresentate in tipologia e dimensione nel quadro della caratterizzazione geometrica (rilievi di sezioni), le schede rappresentano le opere idrauliche significative ai fini delle valutazioni indicate dagli obiettivi dell'attività.

Entrambe le opere, di attraversamento e di difesa idraulica, sono rappresentate nella cartografia di analisi in scala 1:10.000.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti, si sono utilizzate alcune procedure standardizzate per l'acquisizione dei dati e delle informazioni di interesse:

- la scheda sulle opere idrauliche principali, già citata in precedenza;
- la scheda di caratterizzazione di tratti omogenei di corso d'acqua per ciò che concerne la valutazione del grado di protezione offerta dalle opere di difesa e di giudizio complessivo sul corso d'acqua;
- la scheda di caratterizzazione delle opere di attraversamento in ordine ad eventuali criticità nei confronti del corso d'acqua,
- la documentazione fotografica relativa alle opere di maggior importanza.

Solo la prima scheda indicata è stata informatizzata secondo lo standard richiesto dall'Autorità di Bacino, non le altre, avendo uno scopo di supporto per le successive elaborazioni e per la predisposizione degli elaborati cartografici.

Nella cartografia di analisi ogni opera è identificata con un codice così definito: ad. es.: GM 01 D 001 dove:

GM	codice del corso d'acqua
01	codice del tratto omogeneo (coincidente con il tratto identificato nella caratterizzazione geomorfologica)
D	opere di difesa idraulica, oppure A opere di attraversamento
001	progressivo per corso d'acqua, per D e per A

La numerazione dei tratti e delle opere, analogamente con quanto già definito per le sezioni di rilievo, prende origine dal punto di confluenza del corso d'acqua nel ricettore principale ed è progressivo procedendo verso monte.

Con particolare tipologia di scrittura (come da leggenda della carta) sono codificate le opere per le quali è disponibile una rappresentazione fotografica.

La carta di sintesi 1:100.000 individua i tratti omogenei dei singoli corsi d'acqua e rappresenta con opportuna codifica il giudizio sul grado di protezione offerto dalle opere e sulle criticità.

Per i corsi d'acqua della tabella 3, sia che nei progetti esistenti (i cui contenuti generali sono descritti nel Rapporto di inquadramento territoriale dell'attività 4.1) siano tracciate le fasce fluviali o semplicemente le aree di esondazione, si è proceduto ad una verifica di dettaglio dei contenuti relativi alla documentazione topografica (planimetrie, sezioni dei corsi d'acqua, profili longitudinali), delle opere idrauliche e degli attraversamenti.

La necessità di integrazioni è stata collegata alla congruità della documentazione ai fini della definizione delle fasce e/o delle aree di esondazione.

In generale è stata riscontrata una sostanziale congruità, anche se la rappresentazione della situazione delle opere idrauliche di difesa è diversa da quella ora presentata per i corsi d'acqua della tabella 2; particolarmente dettagliata è invece in genere la descrizione dimensionale delle opere più importanti, quali diversivi, scaricatori di piena, vasche di laminazione.

Sempre disponibili risultano i rilievi d'alveo e quelli dei manufatti di attraversamento.

Per quanto riguarda i nodi critici infine, la rappresentazione delle opere idrauliche e di attraversamento è effettuata sulle cartografie 1:10.000 allegate alle singole monografie dei nodi con una descrizione del grado di protezione e delle criticità.

3.3 CARATTERI GENERALI DEL CORSO D'ACQUA

I principali centri abitati attraversati dal Grana nel suo tratto montano sono: Pradleve, Monterosso Grana e Val Grana mentre a valle il torrente passa nelle vicinanze dei centri abitati di Caraglio, Passatore, Borghetto, Rua dei Rossi, San Benigno, San Quirico e lambisce la zona Nord Ovest di Centallo.

Il tratto denominato Mellea invece lambisce il paese di Levaldigi, quindi attraversa il territorio amministrativo di Genola senza entrare nel centro abitato ed infine attraversa la periferia Est della città di Savigliano.

I principali tributari del tratto vallivo sono: il Rio S. Anna, la cui confluenza avviene in destra proprio in corrispondenza dello sbocco in pianura; il Fosso Martesino che confluisce da destra poco a valle di Caraglio; il Fosso Tavolera ed il Fosso Gamberale, affluenti rispettivamente di destra e di sinistra, le cui confluenze avvengono a breve distanza l'una dall'altra poco a valle del centro abitato di Centallo.

La suddivisione del corso d'acqua in tratti aventi caratteristiche omogenee dal punto di vista del grado di protezione offerto dalle opere, sia in termini di contenimento dei livelli di piena, sia di controllo dell'evoluzione morfologica dell'alveo, è rappresentata nella cartografia di sintesi in scala 1:100.000 allegata; i singoli tratti sono numerati con numerazione progressiva da valle verso monte.

Il primo tratto va dalla confluenza nel Torrente Maira al ponte della strada per Cascina Rosalia ed attraversa una zona in cui non sono presenti insediamenti abitativi di rilievo.

In questo tratto le aree golenali del Maira e del Mellea sono separate dal rilevato della S. S. n° 20 e le criticità sono determinate soprattutto dalle interferenze con le infrastrutture viarie presenti.

Nel secondo tratto, che raggiunge la sezione ad Ovest di Cascina Roncaglia a valle di Savigliano, contrariamente al tratto a valle, non sono presenti opere longitudinali o trasversali e si rilevano erosioni spondali in alcuni punti.

Lungo il terzo tratto, situato immediatamente a valle di Savigliano, comincia ad essere importante la presenza di fabbricati nelle vicinanze del corso d'acqua.

Questo arriva fino alla sezione ad ovest di Cascina Bastia ed è affiancato per quasi tutto il suo sviluppo al tratto terminale del canale industriale della Fiat Ferroviaria (la confluenza di quest'ultimo nel Mellea avviene proprio al confine tra secondo e terzo tratto).

Il quarto è il tratto maggiormente urbanizzato dell'attraversamento della città di Savigliano ed è caratterizzato da una forte presenza di opere (sia longitudinali che trasversali) che influenzano notevolmente il deflusso delle portate soprattutto durante le piene.

Esso arriva fino alla traversa di derivazione con possibilità di sussidio del canale industriale Fiat Ferroviaria situata nel centro di Savigliano e le criticità riscontrate interessano soprattutto le aree edificate in sponda sinistra.

Il tratto numero cinque si estende fino all'attraversamento della strada Savigliano – Genola ed è il proseguimento verso monte del tratto urbano di Savigliano.

Esso presenta una sezione piuttosto regolare ed è caratterizzato da una significativa presenza di vegetazione e depositi in alveo.

Il sesto tratto è compreso tra l'attraversamento della strada Savigliano – Genola e la traversa di derivazione del canale industriale Fiat Ferroviaria e non presenta criticità apparenti anche perché risente molto dell'influenza della derivazione a monte dove viene prelevata la quasi totalità della portata di magra.

Un problema comune ai primi sei tratti del torrente, è quello dell'interazione fra le piene del Maira e quelle del Mellea che, soprattutto nella parte a monte di Savigliano, scorrono a breve distanza con una linea spartiacque piuttosto bassa.

Eventuali esondazioni del Maira potrebbero confluire nel Mellea aggravando la già difficile situazione della città di Savigliano dove si ha un notevole restringimento della sezione di deflusso.

Va ricordato che le fasce B e C definite dall’Autorità di Bacino sul Torrente Maira hanno un andamento anomalo a monte di Savigliano; in particolare la fascia B “di progetto” segue un tracciato che influirebbe notevolmente sull’interazione tra i due torrenti creando una sorta di corridoio in destra idrografica verso il Mellea.

Tali aspetti sono stati approfonditi nell’ambito delle attività relative allo studio dei nodi critici ed in particolare nello studio del nodo critico di Savigliano codificato con il numero 1/1.

Il settimo tratto arriva fino alla strada Mellea – Maddalena e non presenta particolari problemi se non per la presenza di vegetazione e deposito in alveo soprattutto in corrispondenza dell’attraversamento della strada Levaldigi – Priglia.

In questo punto però la sezione del corso d’acqua si allarga leggermente e pertanto il manufatto di attraversamento non dovrebbe creare grossi problemi di rigurgito verso monte.

L’ottavo tratto, che si estende fino alla sezione ad est di Ciabot Demanio, località situata poco a valle del centro abitato di Centallo è invece caratterizzato da una maggiore instabilità della sezione d’alveo con erosioni spondali importanti in un paio di punti.

Il limite di monte del nono tratto coincide con la sezione ad est di Cascina Chiosco situata poco a monte dell’abitato di Centallo dove, soprattutto in sponda destra a valle della strada tra Centallo e Tarantasca, si ha la presenza di fabbricati nelle immediate vicinanze del corso d’acqua.

Il decimo tratto si estende fino all’attraversamento della strada tra San Benigno e Tarantasca e non presenta criticità apparenti anche se si è riscontrata una significativa presenza di vegetazione in alveo.

L’undicesimo tratto raggiunge la strada tra Viani e Madonna dell’Olmo e defluisce a breve distanza dal centro abitato di San Benigno con una sezione piuttosto irregolare e di larghezza variabile anche se il tracciato planimetrico del torrente è abbastanza rettilineo.

Il dodicesimo tratto invece interessa i centri abitati di Passatore e Rua dei Rossi ed è caratterizzato dalla presenza significativa di vegetazione in alveo con punti in erosione qualche dissesto delle sponde.

Infine il tredicesimo ed ultimo tratto presenta un alveo di magra di tipo sinuoso ed a volte pluricursale con alternanza di zone in erosione e di deposito ed aree golenali abbastanza ben definite.

3.4 SINTESI DEL GRADO DI PROTEZIONE E DELLE CRITICITÀ DI OPERE IDRAULICHE E ATTRAVERSAMENTI

TRATTO n° 1

In questo tratto sono presenti tre attraversamenti (due stradali ed uno ferroviario) con pile in alveo che determinano restringimenti della sezione di piena e favoriscono situazioni di erosione o deposito; tutti gli attraversamenti sono però lontani da insediamenti urbani ed eventuali esondazioni interesserebbero solo aree agricole.

L'unica opera di difesa longitudinale è costituita da un argine rivestito in pietrame situato in sponda sinistra, immediatamente a monte della linea ferroviaria Torino – Savona il quale, non essendo intestato a monte, appare facilmente aggirabile dalle acque esondate che verrebbero comunque contenute dal rilevato ferroviario.

L'attraversamento ferroviario è protetto da una platea in massi cementati avente funzione di consolidamento delle fondazioni del ponte; tale platea è in leggero dissesto nella parte terminale a valle.

Altra opera trasversale presente nel tratto in oggetto è una traversa di derivazione ad uso irriguo con scivolo a valle situata circa 600 m a monte dell'attraversamento della strada per Cavallermaggiore.

Tenuto conto delle opere di difesa presenti, il grado di protezione offerto sia rispetto al contenimento delle piene sia rispetto alle evoluzioni geomorfologiche del corso d'acqua è insufficiente.

TRATTO n° 2

In questo tratto non sono presenti opere di difesa mentre è presente un attraversamento stradale in corrispondenza di Cascina Rosalia. Il manufatto è stato oggetto di recenti interventi di sistemazione delle fondazioni delle pile e non determina restringimenti apparenti della sezione di piena.

Tenuto conto dell'assenza di opere di difesa lungo il tratto, il grado di protezione offerto sia rispetto al contenimento delle piene sia rispetto alle evoluzioni geomorfologiche del corso d'acqua è nullo.

TRATTO n° 3

In questo tratto sono presenti due opere di difesa longitudinali in sponda sinistra, a protezione del tratto che affianca il canale industriale Fiat Ferroviaria in corrispondenza di una centralina idroelettrica e di una cascina.

Le due difese sono a diretto contatto e presentano differenti tipologie costruttive: la prima (più vecchia) è costituita da un muro in c.a. al piede di una scogliera in massi cementati rinforzato da elementi tubolari sempre in c.a., la seconda (di recente realizzazione) è costituita da una semplice scogliera in massi di cava.

La scogliera in massi di cava è stata realizzata recentemente per ripristinare la parte terminale della vecchia difesa (più rigida) distrutta da una piena e per prolungare la stessa verso valle allo scopo di proteggere la zona in erosione più a valle.

Inoltre all'estremità di monte del tratto è presente una traversa di derivazione ad uso irriguo che, velocizzando la corrente a valle dello scivolo e trattenendo il materiale solido, favorisce fenomeni erosivi e di abbassamento del fondo.

Le opere di difesa presenti lungo il tratto offrono un grado di protezione rispetto al contenimento delle piene nullo e rispetto alle evoluzioni geomorfologiche del corso d'acqua insufficiente.

TRATTO n° 4

Essendo un tratto fortemente urbanizzato è caratterizzato dalla presenza di numerose opere di difesa longitudinale in destra e in sinistra, sia di tipo a scogliera che veri e propri muri verticali; l'effetto è quello di una vera e propria canalizzazione del corso d'acqua.

Tutte le opere di difesa appaiono in buone condizioni anche se i muri spondali presenti a monte del ponte di via Mellea restringono notevolmente la sezione del torrente e provocano situazioni di deposito a valle che vanno a parzializzare ulteriormente la già ristretta sezione dell'attraversamento stradale.

Notevole influenza sul deflusso delle portate in caso di piena e sull'evoluzione morfologica dell'alveo è determinata anche dalle opere di attraversamento costituite dal già citato ponte di via Mellea (sicuramente inadeguato), e dal sifone di attraversamento del canale industriale Fiat Ferroviaria situato proprio in corrispondenza dello stabilimento.

L'evoluzione dell'alveo risente anche degli effetti provocati dalla presenza di una traversa situata poco a monte del "tiro a segno" dove è possibile la derivazione di portate per il sussidio del canale industriale Fiat Ferroviaria o lo scarico da quest'ultimo delle portate in eccesso prima dell'ingresso nella parte più densamente urbanizzata di Savigliano.

La presenza delle opere longitudinali e trasversali sopra descritte offre un grado di protezione dalle piene ed un contenimento dell'evoluzione morfologica dell'alveo insufficiente.

TRATTO n° 5

Questo tratto presenta caratteristiche abbastanza simili al tratto precedentemente descritto sebbene la presenza di opere di difesa longitudinali sia meno fitta e non siano presenti muri in alveo.

In alcuni punti la sponda sinistra è stata leggermente rialzata rispetto al piano campagna ma non sono stati realizzati veri e propri argini.

Un restringimento notevole della sezione di deflusso si ha in corrispondenza dell'attraversamento della linea ferroviaria Torino – Savona, dove si è rilevata una forte presenza di deposito nonostante siano stati eseguiti recentemente lavori di disalveo e di risagomatura della sponda sinistra.

La tendenza al deposito è favorita anche dal rigurgito provocato dalla traversa appena citata nella descrizione del tratto n° 4.

Molto scarsa invece è l'influenza determinata dal viadotto della strada Savigliano – Marene che attraversa il torrente con un impalcato molto alto rispetto alla sommità delle sponde e con pile molto distanti tra loro rispetto alla larghezza della sezione d'alveo.

Tenuto conto delle opere di difesa e degli attraversamenti presenti, il grado di protezione offerto rispetto al contenimento delle piene e quello offerto rispetto alle evoluzioni geomorfologiche del corso d'acqua è adeguato.

TRATTO n° 6

Questo tratto è compreso tra l'attraversamento della strada Savigliano – Genola e la traversa di derivazione del canale industriale Fiat Ferroviaria ed è caratterizzato dall'assenza di opere di difesa.

La traversa è dotata di callone, pertanto il suo effetto sul trasporto solido è abbastanza contenuto mentre le pile dell'attraversamento stradale favoriscono situazioni di deposito che però sono circoscritte al tratto immediatamente a monte del ponte.

In questo tratto il grado di contenimento delle piene e dell'evoluzione morfologica dell'alveo è nullo.

TRATTO n° 7

In questo tratto sono presenti quattro attraversamenti stradali, dei quali due determinano restringimenti della sezione di piena mentre un terzo (attraversamento strada Mellea – Maddalena), essendo ubicato in un tratto d'alveo in cui la sezione si allarga notevolmente rispetto al tratto a monte, non sembra creare problemi per il deflusso delle portate di piena.

Lungo il tratto è presente anche una passerella pedonale in acciaio in Loc. San Bernardo che determina restringimento in larghezza della sezione di piena solo in larghezza.

Le difese longitudinali sono soltanto due (entrambi scogliere) a difesa di tratti del torrente in curva situati in prossimità di strade mentre l'unica opera di difesa longitudinale presente è costituita da una platea in cls di consolidamento delle fondazioni dell'attraversamento della strada per Cascina Mattione a Levaldigi.

In questo tratto, data l'assenza di opere di contenimento delle piene, si ha un grado di protezione offerto in tal senso nullo mentre il grado di protezione rispetto all'evoluzione morfologica dell'alveo è adeguato.

TRATTO n° 8

In questo tratto non sono presenti ne opere di difesa ne manufatti di attraversamento e si rilevano alcuni tratti di sponda in dissesto.

Il grado di protezione offerto per il contenimento delle piene e dell'evoluzione morfologica dell'alveo è nullo.

TRATTO n° 9

E' il tratto che interessa il centro abitato di Centallo dove sono presenti due muri spondali in c.a. a difesa di una strada e di diversi fabbricati in destra.

Non sono presenti opere di difesa trasversali mentre e l'unico ponte presente (attraversamento della strada Centallo – Tarantasca) è ubicato in un punto in cui la sezione del torrente si allarga compensando il restringimento determinato dalle pile in alveo.

Per quanto riguarda il contenimento delle piene, le opere di difesa presenti offrono una protezione nulla, il controllo dell'evoluzione morfologica dell'alveo è invece sufficiente.

TRATTO n° 10

In questo tratto non si rilevano criticità apparenti, la sezione è regolare e idraulicamente funzionale e non sono presenti né opere di attraversamento né opere di difesa pertanto il grado di protezione offerto per il contenimento delle piene e dell'evoluzione morfologica dell'alveo è nullo.

TRATTO n° 11

Questo tratto interessa il centro abitato di San Benigno ed è caratterizzato dalla presenza di ben quattro attraversamenti (tre stradali ed uno ferroviario) a breve distanza l'uno dall'altro.

Tutti gli attraversamenti provocano il restringimento della sezione di piena ed in particolare potrebbero essere a rischio gli insediamenti abitativi in sponda sinistra in corrispondenza di San Benigno.

Le pile del ponte della strada per Cascina Marcellina a San Benigno sono protette da una platea in cls che favorisce un leggero deposito di materiale solido a monte del manufatto.

Tenuto conto dell'assenza di opere di difesa, il grado di protezione offerto sia rispetto al contenimento delle piene sia rispetto alle evoluzioni geomorfologiche del corso d'acqua è nullo.

TRATTO n° 12

Le due opere di difesa longitudinali presenti sono entrambe in sponda sinistra e sono costituite da scogliere in massi a protezione di strade in adiacenza al corso d'acqua.

Una scogliera raccorda il corso d'acqua alla spalla dell'attraversamento della strada Passatore – San Pietro del Gallo.

La traversa di derivazione ad uso irriguo, ubicata poco a valle del sopra citato attraversamento stradale, favorisce il deposito di vegetazione e materiale solido che potrebbe aumentare il rigurgito verso monte durante le piene.

In questo tratto il grado di protezione offerto dalle opere di difesa presenti è nullo rispetto al contenimento delle piene ed è insufficiente rispetto all'evoluzione morfologica dell'alveo.

TRATTO n° 13

Questo tratto è caratterizzato da fenomeni di erosione diffusa ed è privo di opere di difesa.

Rilevante è anche l'abbassamento del fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento della S. S. n° 22 le cui pile presentano uno scalzamento che in alcuni punti raggiunge profondità superiori al metro.

L'assenza di opere di difesa comporta un grado di protezione sia rispetto al contenimento delle piene sia rispetto alle evoluzioni geomorfologiche del corso d'acqua nullo.

4. AGGIORNAMENTO E SISTEMATIZZAZIONE DELL'IDROLOGIA DI PIENA

4.1 INTRODUZIONE

L'attività svolta ha avuto come finalità l'aggiornamento e la sistematizzazione dell'idrologia di piena di tratti di corsi d'acqua appartenenti al bacino del F. Po, localizzati nell'ambito del territorio delle regioni Piemonte, Lombardia ed Emilia Romagna.

Nel seguito vengono illustrate metodologie e risultati dell'analisi idrologica per la definizione degli idrogrammi di piena per i diversi tempi di ritorno utilizzati nella successiva fase di modellazione idraulica.

La prima parte dell'attività è consistita nella delimitazione del bacino idrografico chiuso alle varie sezioni di interesse e nell'individuazione del reticolo idrografico superficiale interferente con l'asta fluviale in esame. Tali informazioni sono state riportate nella planimetria appartenente al prodotto 13 della presente attività relativa al T. Grana-Mellea.

Una volta definito il bacino sono state determinate le caratteristiche pluviometriche dell'area, sotto forma di parametri della curva di possibilità pluviometrica. In base a tali parametri sono stati definiti gli ietogrammi di progetto.

Il calcolo degli idrogrammi di portata chiusi alle sezioni di interesse è stato effettuato con il codice di calcolo Mike 11, modulo afflussi-deflussi. I risultati sono stati poi validati tramite un confronto con la portata al colmo di piena calcolata con altri metodi, sia diretti che indiretti, e con i risultati di altri studi effettuati sul medesimo corso d'acqua. Tale documentazione è stata utilizzata per la validazione solo dopo un'analisi della ripercorribilità e dell'attendibilità della metodologia adottata.

Tutti i metodi utilizzati verranno poi descritti nei successivi paragrafi della presente relazione.

Il risultato finale dello studio consiste quindi negli idrogrammi di piena nelle diverse sezioni di interesse e negli idrogrammi residui relativi ai sottobacini parziali compresi tra due sezioni successive, calcolati per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

Tali risultati costituiscono la base per la successiva attività di modellazione idraulica lungo il tratto di fiume in esame.

4.2 ELEMENTI CARATTERISTICI DEL BACINO

Il Torrente Grana-Mellea, appartenente all'AMBITO n.1 "Maira-Pellice", è un affluente in destra idrografica del T. Maira (vd. prodotto 13) e nasce ai piedi del Monte Tibert sulle Alpi Occidentali, in provincia di Cuneo e dopo un percorso di 68 km il T. Grana-Mellea confluisce nel T. Maira.

La superficie totale del bacino è di 59 km²; le quote massima e minima del bacino sono rispettivamente di 2648 m s.l.m. e di 277 m s.l.m.

Nell'ambito di questo studio sono state individuate quattro sezioni di rilevanza idrologica, in seguito indicate con la stessa codifica del rilievo topografico, per le quali si è proceduto alla determinazione delle onde di piena per assegnato tempo di ritorno: in corrispondenza del ponte della strada statale n°22, a Caraglio (sez. 83), nei pressi dell'abitato di S. Benigno (sez. 67), circa 2 km a valle di Centallo (sez. 54) e immediatamente a monte dell'immissione nel T. Maira (sez. 1).

In funzione dell'analisi idrologica sono stati individuati alcuni elementi caratteristici del bacino, quali tempo di corrivazione e coefficiente di afflusso, che definiscono la risposta del bacino ad un determinato evento di pioggia, ed i parametri della curva di possibilità pluviometrica, che individua il regime delle piogge dell'area cui si riferisce e permette di correlare, per ogni tempo di ritorno, la durata della pioggia alla sua intensità.

In tabella 3 sono riportate le principali caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici chiusi in corrispondenza delle quattro sezioni indicate.

Per quanto riguarda la determinazione del tempo di corrivazione, esso è stato calcolato utilizzando la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (H_{med} - H_{min})}$$

I valori di t_c delle diverse sezioni di interesse così ottenuti, sono anch'essi riportati in tabella 3.

Tabella 3. Elementi caratteristici dei bacini sottesi dalle sezioni di interesse

Sez.	A [km ²]	H_{min} [m s.l.m.]	H_{med} [m s.l.m.]	L [km]	t_c [h]
1	380	277	821	68	9.6
54	314	405	928	46	7.6
67	264	460	1007	34	6.2
83	153	560	1332	25	3.9

Il coefficiente di afflusso \square è stato stimato a partire da dati bibliografici (ad es. la carta dei coefficienti di afflusso del Servizio Idrografico Nazionale) e da valutazioni sulla geomorfologia del bacino e sull'uso del suolo, con particolari valutazioni sul rapporto tra le aree urbanizzate e non urbanizzate.

Per il T. Grana-Mellea è stato adottato un valore di \square pari a 0.50 per l'intero bacino.

Per la stima delle portate al colmo di piena e per la definizione delle relative onde si sono definite le curve di possibilità pluviometrica per i tempi di ritorno considerati (T=20, 100, 200, 500 anni).

Solitamente a tali curve viene data la semplice espressione di potenza, che lega i massimi annuali di precipitazione (h) alle varie durate di pioggia (d):

$$h_{d,T} = ad^n \quad (2.1)$$

in cui a e n ($0 < n < 1$) sono due parametri funzioni del tempo di ritorno T.

Per la definizione dei parametri a ed n del bacino sono state prese in considerazione le stazioni pluviometriche interne o molto prossime al bacino idrografico in esame. Nel caso del T. Grana-Mellea le stazioni considerate sono quelle di : Casteldelfo, Sampeyre, Acceglio Saretto, Combamala, Savigliano, Pietraporzio, Fedio C.le S.Giacomo, Vignolo C.le Roccaspanera e Brà. Per tutte le stazioni considerate i parametri a ed n per i tempi di ritorno di interesse sono stati ricavati dalla Direttiva Portate, redatta dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Si è quindi calcolata la media dei valori di a ed n così raccolti, ottenendo una coppia di valori dei parametri (a, n) per ogni tempo di ritorno considerato, che è stata adottata come caratteristica del bacino in esame.

In tabella 4 sono riportate le stazioni pluviometriche utilizzate, il codice relativo, i valori dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica al variare del tempo di ritorno e i valori medi adottati.

Tabella 4. Parametri pluviometrici caratteristici delle stazioni considerate

STAZIONE	<i>Tr = 20 anni</i>		<i>Tr = 100 anni</i>		<i>Tr = 200 anni</i>		<i>Tr = 500 anni</i>	
	a ₂₀	n ₂₀	a ₁₀₀	n ₁₀₀	a ₂₀₀	n ₂₀₀	a ₅₀₀	n ₅₀₀
1423 Casteldelfio	21.92	0.50	27.44	0.50	29.88	0.50	32.91	0.49
1424 Sampeyre	31.04	0.45	39.39	0.46	42.95	0.46	47.65	0.46
1433 Acceglio Saretto	20.92	0.49	26.49	0.48	28.87	0.48	32.01	0.48
1440 Combamala	31.98	0.40	40.55	0.39	44.22	0.39	49.04	0.39
1443 Savigliano	42.38	0.28	55.70	0.27	61.38	0.27	68.85	0.26
1516 Pietraporzio	27.84	0.42	35.83	0.41	39.25	0.40	43.76	0.40
1522 Fedio C.le S.Giacomo	29.83	0.50	37.48	0.50	40.74	0.50	45.05	0.50
1523 Vignolo C.le Roccaspanera	46.59	0.36	62.07	0.35	68.67	0.35	77.41	0.34
1538 Brà	39.74	0.25	51.34	0.24	56.29	0.23	62.82	0.23
BACINO	32.47	0.41	41.81	0.40	45.81	0.40	51.06	0.39

4.3 L'IDROGRAMMA DI PIENA

Lo scopo dell'analisi idrologica è la definizione degli idrogrammi di piena per la modellazione idraulica, nelle sezioni di interesse definite al paragrafo 4.2: la sezione 83, al ponte di Caraglio sulla statale n°22, la sezione 67, presso l'abitato di S. Benigno, la sezione 54, a valle di Centallo, e la sezione 1, alla foce.

Sono stati quindi determinati, con le metodologie che verranno descritte in seguito, gli idrogrammi di portata relativi ai sottobacini chiusi a tali sezioni.

Inoltre sono stati determinati gli idrogrammi relativi ai sottobacini detti "residui", compresi tra una coppia di sezioni adiacenti tra quelle considerate di interesse.

La modellazione idraulica del corso d'acqua ha richiesto infatti che fosse immesso come dato di ingresso anche l'idrogramma del bacino residuo, considerato come un'immissione distribuita lungo il tratto di corso d'acqua in studio (vedi relazione idraulica).

In definitiva, per ogni sezione di interesse sono stati ricavati 4 idrogrammi:

- l'idrogramma del bacino chiuso alla sezione di interesse immediatamente a monte rispetto a quella in esame;
- l'idrogramma del sottobacino residuo compreso tra la sezione in esame e quella più a monte;
- l'idrogramma, chiuso alla sezione in esame, ottenuto come combinazione dei due idrogrammi descritti ai punti precedenti;
- l'idrogramma chiuso alla sezione in esame, determinato in base al bacino complessivo chiuso a tale sezione.

Gli ultimi due idrogrammi descritti hanno evidentemente lo stesso significato fisico, pur essendo calcolati in maniera diversa: uno in base al bacino complessivo chiuso alla sezione in esame, l'altro come combinazione di due idrogrammi relativi a due sottobacini in cui tale bacino complessivo può essere suddiviso.

Tale scelta è dovuta all'esigenza di utilizzare l'ultimo degli idrogrammi descritti come taratura; si ritiene infatti che questo, per la metodologia con cui è calcolato e in relazione al tipo di dati in nostro possesso, sia maggiormente affidabile rispetto agli idrogrammi dei sottobacini parziali, in particolare di quello residuo. Il confronto tra i due idrogrammi chiusi alla stessa sezione è stato utilizzato, in definitiva, come taratura per i parametri del sottobacino residuo, parametri che necessitano di calibrazione.

Di seguito si descrive il codice di calcolo utilizzato per la trasformazione afflussi deflussi.

4.3.1 NAM

L'idrogramma di piena è stato ottenuto usando un modello deterministico a parametri concentrati (NAM = modello piogge-portate). Il NAM, sviluppato dal DHI Water &

Environment, fa parte di MIKE 11, un pacchetto software, per la simulazione del flusso nelle reti idriche superficiali.

Il NAM opera simulando in continuo la variazione di contenuto di acqua (in fase liquida o vapore) di quattro serbatoi distinti e reciprocamente collegati, i quali rappresentano gli elementi fisici principali di un qualsiasi bacino idrografico.

Il modello matematico è fisicamente basato e utilizza equazioni matematiche assieme a relazioni semi-empiriche; alcuni parametri possono perciò essere stimati dai dati fisici del bacino, mentre altri vengono definiti attraverso processi di calibrazione.

I quattro serbatoi rappresentano i seguenti processi:

- accumulo e scioglimento neve;
- intercettazione;
- infiltrazione;
- immagazzinamento nella falda.

Il modulo 'neve' è opzionale; la precipitazione passa attraverso il serbatoio di accumulo nevoso che è controllato dalle condizioni di temperatura. Questo modulo non è stato utilizzato in questa modellazione.

La quantità d'acqua intercettata dalla vegetazione, come quella immagazzinata nelle depressioni del terreno e nelle porzioni più superficiali del suolo coltivato, è simulata con un serbatoio superficiale di capacità massima U_{max} .

La quantità d'acqua nel livello subito sotto il suolo, cioè la zona delle radici ove avviene anche il processo di traspirazione, è simulata con un serbatoio inferiore sottostante, di capacità massima L_{max} .

La quantità di umidità U nel serbatoio superficiale è continuamente diminuita per evaporazione ed infiltrazione, ma durante la precipitazione viene aumentata in maniera considerevole. Quando viene saturata la capacità massima superficiale U_{max} , parte dell'eccesso di precipitazione P_n inizia a scorrere sulla superficie verso la rete di drenaggio, mentre parte si suddivide in infiltrazione verso la zona sottostante e verso la falda profonda.

Anche la quantità d'acqua contenuta nel serbatoio inferiore L è diminuita dalla traspirazione, mentre il contenuto reale di umidità controlla il tasso di infiltrazione.

L'acqua che percola, cioè la quantità d'acqua che non viene trattenuta in questo serbatoio, passa attraverso la zona insatura e raggiunge, ricaricandolo, il serbatoio della falda satura.

Quando il serbatoio superficiale sfiora, l'eccesso di pioggia produce: scorrimento, proporzionale a P_n e variabile linearmente con il contenuto di umidità del suolo nel serbatoio inferiore; infiltrazione, di cui una parte aumenta il contenuto di umidità del serbatoio L_{max} , mentre l'altra percola in profondità e ricarica il serbatoio rappresentante la falda.

Il contributo del deflusso ipodermico è assunto proporzionale ad U e varia linearmente con il contenuto relativo L/L_{\max} del serbatoio intermedio, secondo una legge simile alle precedenti con altre costanti adimensionali.

Le perdite per evapotraspirazione sono considerate in prima fase al tasso potenziale dal serbatoio superficiale; se il contenuto di umidità U è inferiore a tale tasso potenziale, la frazione rimanente per raggiungerlo è presa dalla zona delle radici con un tasso reale E_a , che è proporzionale al tasso potenziale.

Il fenomeno della percolazione viene simulato con un serbatoio lineare con una costante di tempo che ritarda la ricarica della falda.

Il flusso capillare dal livello di falda verso la zona aerata dipende dallo spessore del tratto insaturo nel profilo del terreno, e dal contenuto di umidità relativo L/L_{\max} della zona aerata.

Il livello di falda è calcolato considerando con un bilancio fra la porzione di ricarica, la porzione capillare, la perdita verso gli strati più profondi (variabile su scala mensile) e il deflusso di base.

Il deflusso di base è calcolato con un serbatoio lineare con una sua propria costante di tempo, ed avviene quando il livello di falda è superiore al livello massimo.

Il deflusso ipodermico e superficiale sono entrambi simulati attraverso due serbatoi lineari in serie con due costanti di tempo, le quali nel caso di scorrimento superficiale sono anche variabili nel tempo.

In questo modo si assicura, in pratica, l'assunzione del modello dell'onda cinematica per simulare i processi di deflusso superficiale e ipodermico; il deflusso di base è simulato invece secondo i processi della dinamica sotterranea.

4.3.2 Gli ietogrammi

Come ingresso nel modello è stata immessa una pioggia di progetto ad intensità costante con durata pari al tempo di corrivazione t_c del bacino.

L'intensità i_c di pioggia è stata ricavata dalla curva di possibilità pluviometrica, funzione della durata della pioggia e del tempo di ritorno T ; questa intensità sarà pari a

$$i_{c,T} = a t_c^{n-1} \quad (3.1)$$

Gli ietogrammi del bacino di monte e quello del bacino residuo sono stati traslati, ritardando l'inizio della pioggia, al fine di far coincidere i relativi istanti finali dell'evento con quello dello ietogramma del bacino chiuso alla sezione di valle.

Tale artificio è stato utilizzato per avere i colmi degli idrogrammi coincidenti e per ottenere un'onda 'combinata' confrontabile con quella del bacino complessivo, chiuso alla sezione

di valle. Così operando si è tenuto conto inoltre del tempo di ‘propagazione’ necessario all’onda di monte per spostarsi lungo il tratto di corso d’acqua considerato.

E’ necessaria a questo proposito una precisazione. La coincidenza temporale tra i colmi di piena degli idrogrammi non corrisponde, evidentemente, alla realtà fisica, nella quale i contributi, concentrati e distribuiti, dei vari sottobacini si combinano tra loro con i colmi sfasati per dare luogo all’onda complessiva del bacino chiuso ad una certa sezione. In questo caso, non essendo in grado, in base alle informazioni in nostro possesso, di scendere a questo grado di dettaglio, si è innanzitutto determinato l’idrogramma chiuso ad una certa sezione in base al suo bacino complessivo; si è quindi definito un idrogramma residuo che, sommato all’idrogramma del bacino di monte con coincidenza temporale dei colmi, dia come risultato l’idrogramma complessivo precedentemente determinato, secondo il procedimento di taratura descritto al capitolo 4.3.

Gli idrogrammi calcolati alle sezioni di interesse per i tempi di ritorno significativi sono rappresentati nel seguito; in Appendice sono riportati i medesimi risultati in forma tabulare.

La tabella seguente sintetizza i valori di portata al colmo nelle sezioni di interesse ricavabili dagli idrogrammi calcolati.

Fig. 2. Idrogrammi alle sezioni considerate per T=20 anni

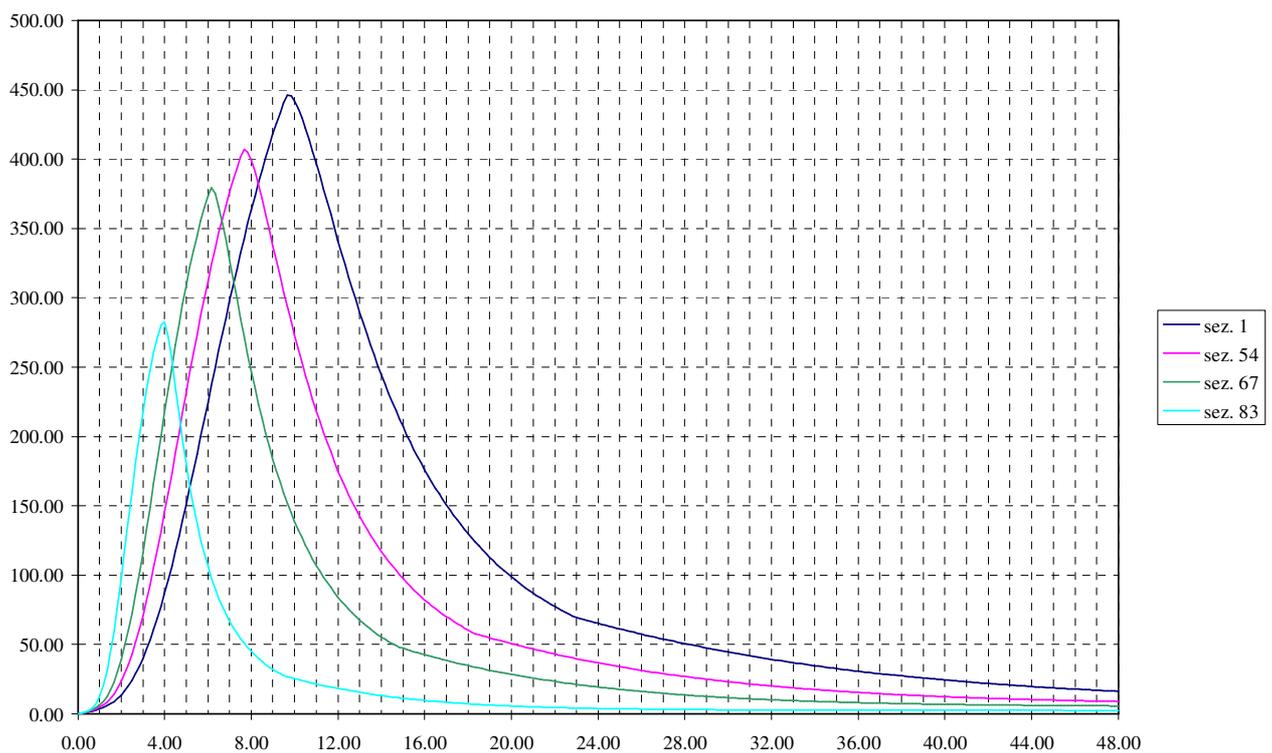
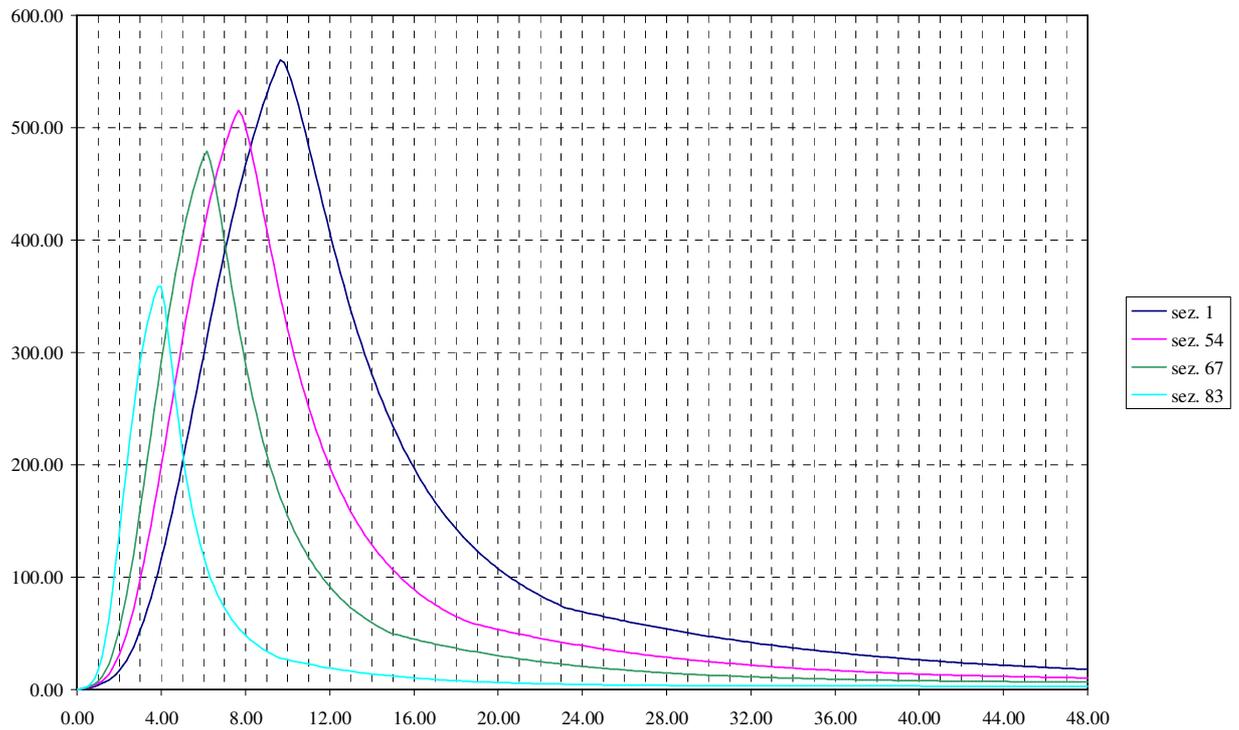


Fig. 3. Idrogrammi alle sezioni considerate per T=100 anni**Fig. 4. Idrogrammi alle sezioni considerate per T=200 anni**

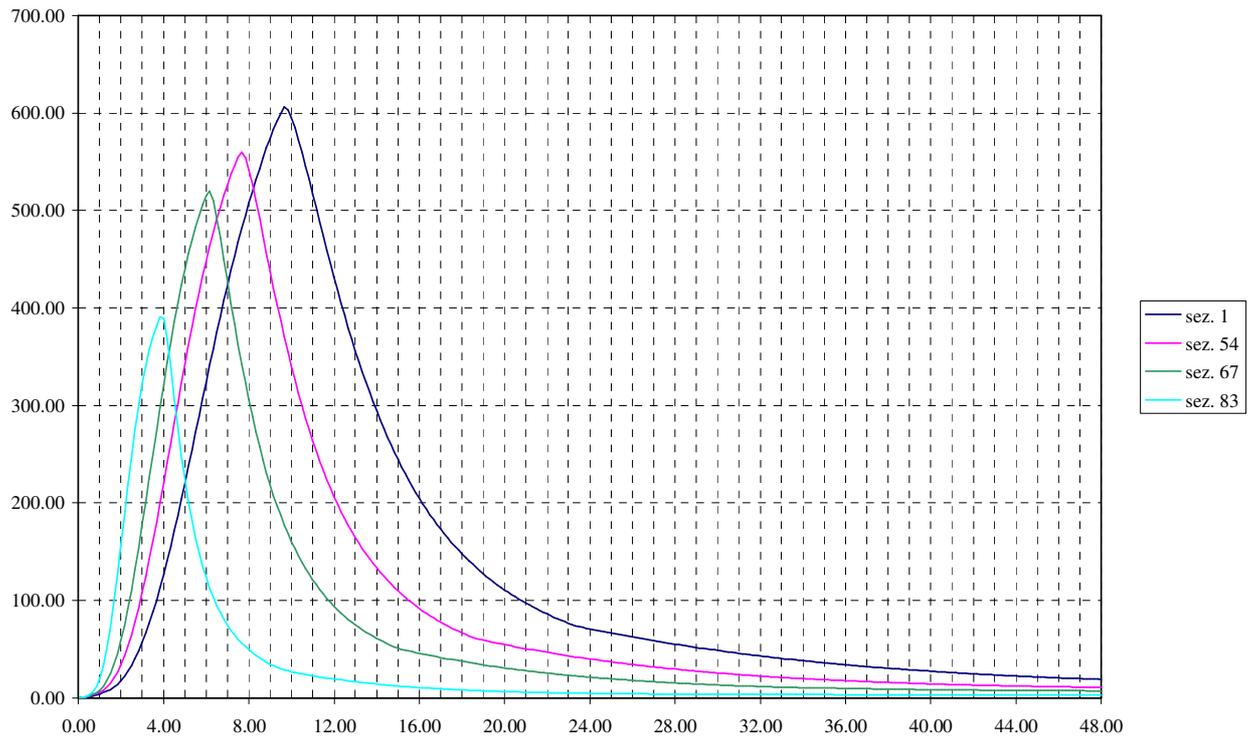


Fig. 5. Idrogrammi alle sezioni considerate per T=500 anni

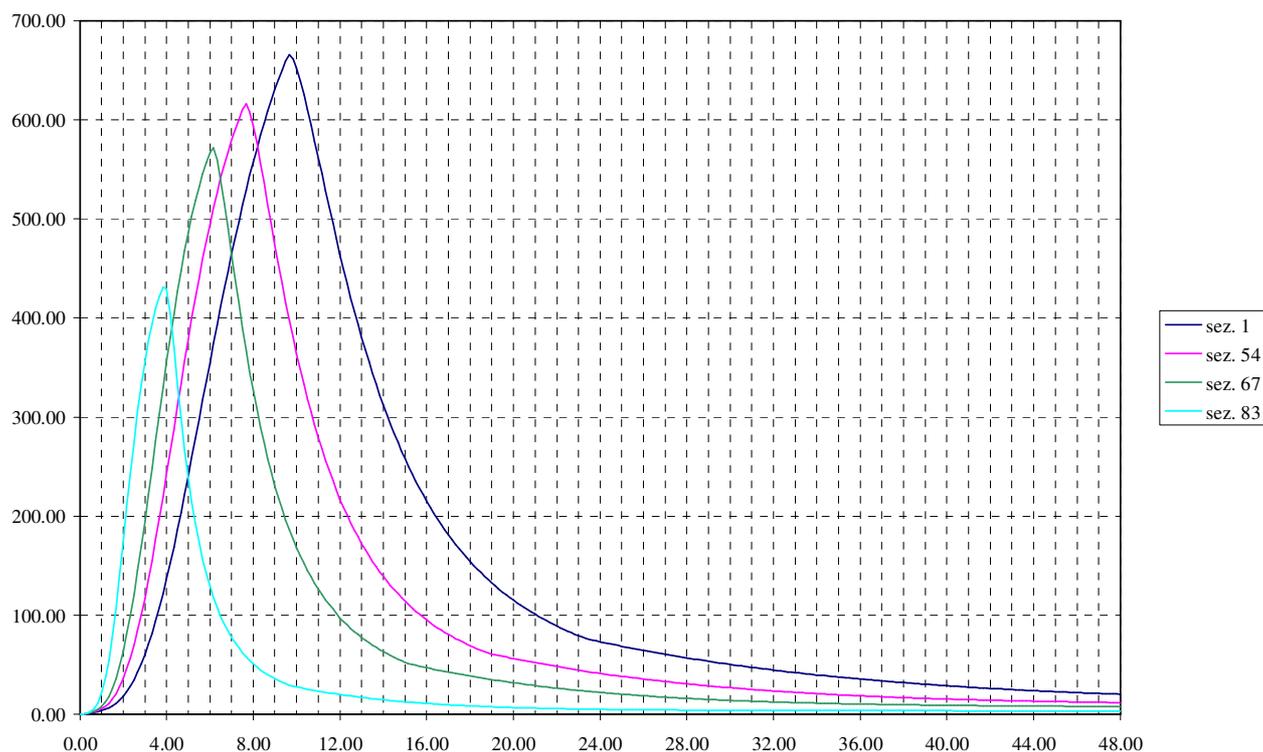


Tabella 5. Portate al colmo nelle sezioni di interesse ottenute dalla modellazione

Sez.	$Q_T=20\text{ann}$	$Q_T=100\text{ann}$	$Q_T=200\text{ann}$	$Q_T=500\text{ann}$
	i (mc/s)	i (mc/s)	i (mc/s)	i (mc/s)
1	446	561	606	666
54	407	515	560	616
67	379	479	520	572
83	283	358	391	431

4.4 ALTRE METODOLOGIE

Nel presente capitolo si procederà alla stima delle portate al colmo di piena di assegnato tempo di ritorno attraverso le principali metodologie presenti in letteratura. I risultati ottenuti tramite tali metodologie, di seguito descritte, verranno confrontati con i valori delle portate al colmo fornite dal codice di calcolo Mike 11 al fine di convalidarli.

4.4.1 Modello cinematico

Per la stima della portata al colmo di piena di assegnato tempo di ritorno T è stata utilizzata la formula razionale:

$$Q(T) = \phi A i_c(T), \quad (4.1)$$

dove $Q(T)$, A e $i_c(T)$ indicano rispettivamente la portata al colmo di piena di tempo di ritorno T , l'area del bacino e l'intensità della precipitazione relativa al centro di scroscio di durata pari al tempo τ_c critico del bacino; $\phi = \phi_1 \phi_2 \phi_3$ è un coefficiente minore di 1 che tiene conto delle perdite per infiltrazione (ϕ_1), del ragguaglio delle piogge all'area (ϕ_2) e dell'effetto di laminazione del bacino (ϕ_3).

La (4.1) può essere giustificata concettualmente assumendo uniforme nello spazio e nel tempo l'intensità di precipitazione e schematizzando il fenomeno di trasformazione afflussi - deflussi con un particolare modello cinematico.

Anche per l'applicazione di questo modello, il tempo di corrivazione t_c , è stato valutato attraverso la formula di Giandotti.

4.4.2 I modelli MG e MGs

Il modello probabilistico M.G. (Maione, 1997; Maione et al., 1998) si basa sull'ipotesi che l'intero territorio italiano possa essere considerato come un'unica macroregione nella quale può essere definita un'unica forma di distribuzione di probabilità a due parametri per la variabile Q .

Considerando che ai fini applicativi ciò che interessa dell'idrologia di piena è la stima delle portate di colmo caratterizzate da tempi di ritorno elevati (>20-50 anni), il modello è stato messo a punto utilizzando i soli valori massimi delle serie storiche formate dai massimi annuali delle portate di piena al colmo Q , ricavando da tali dati la forma della funzione di probabilità da associare alla variabile Q e stimando i parametri di tale funzione attraverso i momenti campionari delle singole serie; in particolare, sono stati considerati i dati registrati in 181 stazioni idrometrografiche, con almeno 20 anni di osservazioni, distribuite sull'intero territorio nazionale.

Partendo dalla funzione di Gumbel scritta nella forma:

$$\frac{Q}{\mu} = 1 + K(T)CV \quad (4.2)$$

in cui

$$K(T) = - \left[0.45 + 0.779 \ln \left(- \ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right] \quad (4.3)$$

dove CV indica il coefficiente di variazione della variabile Q .

Osservando che i 181 valori massimi \hat{Q}_i estratti da ciascuna serie, normalizzati rispetto alle medie campionarie delle singole serie e riportati nella rappresentazione $(CV_i, \hat{Q}_i/\mu_i)$, sembravano disporsi meglio attorno ad una curva avente la concavità rivolta verso l'alto piuttosto che ad una retta, come invece esigerebbe la (4.2), la nuova legge probabilistica è stata ricercata nella forma

$$\frac{Q}{\mu} = 1 + K(T)^\alpha \beta CV^\gamma. \quad (4.4)$$

Per determinare i valori dei tre parametri α , β e γ il campione è stato quindi suddiviso in classi, raggruppando i valori massimi relativi a serie storiche caratterizzate da valori di CV_i confrontabili. All'interno di ciascuna classe si è calcolato il tempo di ritorno di ciascun elemento assumendo come frequenza cumulata relativa l'espressione $(F_{\hat{Q}/\mu})^{1/Nmed}$, dove $F_{\hat{Q}/\mu}$ e $Nmed$ indicano rispettivamente la frequenza cumulata relativa di classe del generico elemento e il valor medio delle dimensioni delle serie storiche di appartenenza. Il valore del parametro β è stato determinato minimizzando la dispersione dei punti $Q^* = (Q/\mu - 1)/K(T)^\alpha$ così ottenuti in ogni classe. Infine, i valori dei parametri α e γ sono stati determinati eseguendo una regressione lineare dei logaritmi di Q^* rispetto ai logaritmi dei valori di CV rappresentativi delle classi corrispondenti; in definitiva si è ottenuto

$$\frac{Q}{\mu} = 1 + 1.67 \cdot K(T)^{0.8} CV^{1.34}. \quad (4.5)$$

Avendo poi verificato che i quantili della variabile Q/σ – a differenza di quelli della variabile Q/μ risultavano dipendere debolmente dal coefficiente di variazione, dalla (4.5) è stato ricavato un modello probabilistico ad un solo parametro, indicato con la sigla MGs:

$$\frac{Q}{\sigma} = 3.01 + 0.62 \ln T. \quad (4.6)$$

Dato che i modelli MG e MGs sono stati tarati sulla base dei valori massimi di 181 serie storiche aventi un numero medio di elementi pari a 34, il loro impiego è giustificato per la stima di portate al colmo di piena corrispondenti a valori del tempo di ritorno superiori a 30 anni.

Formule di stima regionale dei parametri $\mu(Q)$ e $\sigma(Q)$

L'applicazione dei modelli (4.3)-(4.4) richiede la stima dei parametri $\mu(Q)$ e $\sigma(Q)$. Nel caso di siti non strumentati o in presenza di serie storiche non sufficientemente estese tale stima deve essere effettuata per via indiretta. A tal fine sono state utilizzate relazioni di tipo multiregressivo espresse nella classica forma monomia:

$$\mu = a_0 A_1^{a_1} A_2^{a_2} A_3^{a_3} A_4^{a_4} \dots \quad (4.7)$$

$$\sigma = \beta_0 A_1^{\beta_1} A_2^{\beta_2} A_3^{\beta_3} A_4^{\beta_4} \dots, \quad (4.8)$$

dove A_k è il generico indice geomorfoclimatico scelto a rappresentare le caratteristiche del bacino in esame.

I parametri descrittivi delle caratteristiche geomorfoclimatiche considerate possono essere suddivisi in tre gruppi: al primo appartengono le grandezze geometriche che descrivono la geometria e la morfologia del bacino, al secondo quelle che descrivono la pluviometria, al terzo quelle che esprimono le caratteristiche di infiltrabilità dei suoli.

In particolare si sono considerate le seguenti variabili:

- l'area drenata A (km^2), superiore ai 100 km^2 ;
- un indice del regime pluviometrico: valor medio su tutti i pluviometri ricadenti nel bacino delle medie - M_h (mm) - o degli scarti quadratici medi - S_h (mm) - delle serie (almeno ventennali) delle altezze massime annuali di precipitazione giornaliera;
- un indice morfometrico del bacino: Lunghezza L dell'asta principale (km), altitudine media H rispetto alla sezione di chiusura (m) o combinazioni di tali parametri;
- un indice della permeabilità del bacino: il valor medio del coefficiente di deflusso mensile \square (mediato su almeno un ventennio e, per ogni anno, sui mesi nei quali si verificano con maggiore frequenza gli eventi di piena più intensi). Il parametro \square può essere ricavato direttamente solo nel caso delle stazioni idrometriche gestite dal Servizio Idrografico, per le quali, infatti, i dati relativi al bilancio idrologico su scala mensile, ed in particolare il coefficiente di deflusso, vengono calcolati anno per anno e pubblicati sulla *Parte II degli Annali Idrologici*. Nel caso di bacini privi di monitoraggio idrologico si possono assumere i valori di \square ottenuti per bacini vicini o ritenuti omogenei riguardo a tale parametro.

Le aree cui riferire i modelli (4.5) e (4.6) sono state individuate con la seguente procedura:

- si è considerata inizialmente una macroregione coincidente in pratica con l'intero territorio nazionale;
- si sono calcolati i valori campionari $m(Q)$ e $s(Q)$ delle serie storiche analizzate;
- si sono quindi stimati col metodo dei minimi quadrati i valori dei parametri delle (4.5) e (4.6) e calcolati con questi i valori di $\square(Q)$ e $\square(Q)$ relativi alle stazioni utilizzate per la taratura;
- considerando accettabili scarti percentuali dei valori calcolati di $\square(Q)$ e $\square(Q)$ rispetto ai corrispondenti valori sperimentali compresi tra -30% e 50% , si è infine esclusa la stazione che presentava di volta in volta lo scostamento massimo dall'intervallo sopra indicato e si è proceduto ad una nuova taratura delle (4.5) e (4.6).

Nel caso dell'intero campione di stazioni, per mantenere gli errori di stima nell'intervallo fissato è stato necessario escludere oltre la metà dei bacini considerati. Verificata quindi l'impossibilità di definire un'unica coppia di formule (4.5) e (4.6) per l'intero territorio nazionale si è proceduto ad un'analisi condotta su raggruppamenti più ristretti di bacini, per

saggiare la possibilità di eliminare, attraverso la maggiore omogeneità dei bacini stessi, l'influenza di eventuali fattori non considerati nell'analisi.

A questo scopo, i bacini dell'Italia Centrosettentrionale sono stati raggruppati in un'unica macroregione comprendente il bacino del Po, la Liguria e la Toscana e i bacini di Emilia e Marche.

Infine, per verificare la possibilità di ottenere stime più accurate, tale macroregione è stata divisa in tre distinte sottozone corrispondenti rispettivamente al bacino padano, ai bacini di Liguria e Toscana e ai bacini di Emilia e Marche.

In conclusione, per il Bacino del Po, sono state ricavate le seguenti:

$$\mu(Q) = 1.60 \cdot 10^{-4} A^{0.77} M_h^{2.19} \phi^{0.32} \quad (4.9)$$

$$\sigma(Q) = 2.27 \cdot 10^{-2} A^{0.60} S_h^{1.57} \phi^{0.46} \quad (4.10)$$

$$\mu(Q) = 3.61 \cdot 10^{-5} A^{0.80} M_h^{2.63} L^{-0.21} \quad (4.11)$$

$$\sigma(Q) = 1.17 \cdot 10^{-2} A^{0.71} S_h^{1.85} L^{-0.32} \quad (4.12)$$

$$\mu(Q) = 2.77 \cdot 10^{-4} A^{0.76} M_h^{2.32} H_{m.r.s}^{-0.19} \quad (4.13)$$

$$\sigma(Q) = 6.81 \cdot 10^{-3} A^{0.58} S_h^{1.72} H_{m.r.s}^{0.07} \quad (4.14)$$

Le formule (4.9) - (4.14) forniscono prestazioni sostanzialmente equivalenti sia in termini di estensione del dominio di validità, sia in termini di scostamenti medi (dell'ordine del 16-17%) dalle stime locali, basate sull'analisi delle serie storiche.

Nella tabella successiva sono riportati gli elementi caratteristici dei bacini sottesi dalle sezioni di riferimento necessari all'applicazione delle formule precedentemente riportate.

Tabella 6. Elementi caratteristici dei bacini sottesi dalle sezioni di interesse

Sez.	A [km ²]]	H _{min} [m s.l.m.]]	H _{med} [m s.l.m.]]	L [km]]	t _c [h]	M _h [mm]	S _h [mm]	□
1	380	277	821	68	9.6	70	20	0.50
54	314	405	928	46	7.6	70	20	0.50
67	264	460	1007	34	6.2	70	20	0.50
83	153	560	1332	25	3.9	70	20	0.50

4.4.3 Il modello VAPI

I modelli regionali VAPI elaborati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche si basano sul metodo della “portata indice”, ossia sull’ipotesi di esistenza di regioni compatte e idrologicamente omogenee all’interno delle quali le portate di colmo normalizzate rispetto ad una portata di riferimento – la portata indice appunto – siano descrivibili da una stessa distribuzione di probabilità, denominata curva di crescita.

Nei modelli VAPI la portata indice è assunta pari alla media μ della variabile e la distribuzione di probabilità utilizzata è la TCEV, avente la seguente espressione:

$$P(q) = \exp[-\lambda_1 \exp(-q/\theta_1) - \lambda_2 \exp(-q/\theta_2)], \quad (4.15)$$

dove λ_i e θ_i ($i = 1,2$) sono i quattro parametri (positivi) della distribuzione.

La (4.15) interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima relativa agli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda agli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma spesso catastrofici.

L’introduzione della TCEV si giustifica ipotizzando che gli eventi di piena siano indipendenti l’uno dall’altro e siano prodotti dalle due diverse situazioni meteoriche, una delle quali molto più intensa dell’altra.

Identificando dunque con gli indici “1” e “2” la componente ordinaria e quella eccezionale dovrà essere, in generale: $\lambda_1 \gg \lambda_2$ e $\theta_1 \ll \theta_2$.

La (4.15) può essere ridotta alla seguente forma canonica:

$$P(y) = \exp[-\exp(-y) - \lambda \exp(-y/\theta)] \quad y = (x - \varepsilon_1)/\theta_1; \quad (4.16)$$

$$\varepsilon_1 = \theta_1 \ln \lambda_1, \quad \theta = \theta_2/\theta_1, \quad \lambda = \lambda_2/(\lambda_1)^{1/\theta}.$$

Il legame tra la media e i parametri della distribuzione è espresso dalla seguente relazione:

$$\mu(X) = \theta_1 \eta, \quad \eta = \ln \lambda_1 + 0.5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \lambda_1^j}{j!} \Gamma(j/\theta). \quad (4.17)$$

A partire dalla (4.16) si può dimostrare facilmente che i coefficienti di asimmetria e di appiattimento dipendono solo da λ e θ , mentre il coefficiente di variazione dipende anche da λ_1 .

Sulle precedenti proprietà si basa la procedura gerarchica di regionalizzazione adottata dai modelli VAPI:

Primo livello di regionalizzazione: si individuano le zone all'interno delle quali \square , e quindi \square e \square , possono essere considerati costanti. La stima di \square e \square all'interno di tali zone viene effettuata con il metodo della massima verosimiglianza.

Secondo livello di regionalizzazione: si individuano le sotto-zone all'interno delle quali può essere considerato costante CV e si stima – utilizzando per \square e \square determinati al primo livello – il valore del parametro \square_1 all'interno di tali sotto-zone. Rimangono così individuate le curve di crescita della variabile $Q/\tilde{\square}$

Terzo livello di regionalizzazione: si individuano le aree all'interno delle quali si possono definire relazioni tra la media \square e le caratteristiche geomorfoclimatiche del bacino.

Scritta in termini della variabile adimensionale $X = Q/\mu$, la (4.15) assume la forma

$$P(x) = \exp\left[-\lambda_1 \exp(-x\eta) - \lambda \lambda_1^{1/\theta} \exp(-x\eta/\theta)\right]; \quad (4.18)$$

la funzione inversa della (2.18), espressa in funzione del tempo di ritorno $T = 1/(1-P)$ definisce la curva di crescita.

Nel modello messo a punto da Brath et al. (1998) il bacino del Po è stato suddiviso in 4 sottozone omogenee:

Regione 1: dal Sarca al Sesia;

Regione 2: dalla Dora Baltea al Tanaro;

Regione 3: dallo Scrivia al Trebbia;

Regione 4: dal Taro al Panaro.

Per la regione 2, nella quale ricade il bacino del T. Grana-Mellea, i parametri della curva di crescita sono:

$$\lambda = 0.22, \quad \theta = 7.33, \quad \lambda_1 = 16.31, \quad (4.19)$$

mentre la formula per la stima regionale della portata indice è:

$$\mu(Q) = 0.23A^{0.82}m_i^{0.79}. \quad (4.20)$$

Per la valutazione del parametro m_i (mm/h), rappresentante l'intensità media puntuale degli eventi intensi di pioggia, possono essere utilizzate le mappe appositamente predisposte dagli Autori; per tutte le sezioni di interesse è risultato $m_i=8$ mm/h.

4.4.3.1 Il modello VAPI – Regione Piemonte

E' stato messo punto un modello regionale VAPI specifico per il Piemonte, elaborato dal C.U.G.R.I. – Dipartimento di Ingegneria Civile – Università di Napoli “Federico II”.

Anch'esso si basa sul metodo della “portata indice”, ossia sull'ipotesi di esistenza di regioni compatte e idrologicamente omogenee all'interno delle quali le portate di colmo normalizzate rispetto ad una portata di riferimento – la portata indice appunto – siano descrivibili da una stessa distribuzione di probabilità, denominata curva di crescita.

Indicando con X il massimo annuale della portata di piena al colmo Q e con X_T il valore corrispondente ad un prefissato tempo di ritorno T in anni, si può porre:

$$X_T = K_T m(X) \quad (4.20)$$

dove:

K_T è il fattore probabilistico di crescita, costante su ampie aree omogenee o con variabilità geostatica assegnata,

$m(X)$ è la media della distribuzione dei massimi annuali della variabile X , ottenuta dalle serie storiche.

Per una pratica utilizzazione della relazione (4.20) occorre:

- identificare una sottozona (SZO) omogenea, nel senso di costanza dei parametri statistici o di una loro variabilità spaziale nota;
- specificare la legge di variazione del coefficiente di crescita con il tempo di ritorno;
- stimare il valor medio della distribuzione;

In particolare, per la specificazione della legge di variazione K_T con il tempo di ritorno T , si fa riferimento all'espressione della distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente (TCEV; Two-Component Extreme Value).

L'identificazione della sottozona SZO viene effettuata facendo riferimento all'informazione idrologica più diffusamente disponibile sul territorio italiano, in termini di densità spaziale di stazioni di misura e di numerosità campionaria delle serie storiche, le altezze di precipitazione giornaliere, rilevate alle stazioni pluviometriche.

Per la stima del valor medio, nel caso in cui non siano a disposizione informazioni idrometriche, si utilizza il modello geomorfoclimatico i cui parametri possiedono significato fisico, quali il tempo di ritardo del bacino, il coefficiente di afflusso di piena, il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena e la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia.

Per una descrizione più dettagliata del modello si rimanda al Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Piemonte effettuata dal CUGRI, pubblicata a Torino nel Febbraio 2001.

4.4.4 Il modello SP1

Nel caso del modello di regionalizzazione SP1, (1995) adottato dall’Autorità di Bacino del Fiume Po, la portata al colmo di assegnato tempo di ritorno è messa direttamente in relazione con le caratteristiche morfologiche e pluviometriche del bacino da una funzione del tipo

$$Q(T) = f_T(a, A, dH), \quad (4.21)$$

dove a è l’altezza di precipitazione di 24 ore di tempo di ritorno T (eventualmente calcolata in base a modelli di regionalizzazione delle piogge intense), A è la superficie del bacino (in km^2) e dH è la differenza tra altitudine media e minima del bacino (in m). La dipendenza dal tempo di ritorno è contenuta sia nella forma del legame funzionale sia nel parametro a .

Per la messa a punto del modello, le stazioni ricadenti nel bacino del Po sono state suddivise in gruppi sufficientemente omogenei rispetto alle caratteristiche dei bacini, in modo da applicare a ciascun gruppo un’unica formula di regionalizzazione. Per ciascuna stazione ricadente nella generica regione omogenea sono poi state stimate le portate di colmo corrispondenti a $T=10, 20, 50, 100, 200$ e 500 anni. Sulla base di tali stime e supposta la (4.21) della forma

$$Q = \alpha A^{m_1} a^{m_2} dH^{m_3}, \quad (4.22)$$

attraverso regressioni lineari nel piano bilogarithmico tra le portate di colmo corrispondenti ai diversi tempi di ritorno e le variabili descrittive considerate sono stati calcolati i parametri α e m_i . Infine è stata effettuata una regressione dei valori ottenuti per i parametri rispetto al tempo di ritorno.

I valori dei parametri della (4.22) per la regione omogenea in cui ricade il bacino idrografico (zona B-area omogenea 10) del fiume oggetto di studio sono riportate in formato tabulare nella relazione del SOTTOPROGETTO SP1 “Piene e naturalità alvei fluviali”.

4.4.5 Confronto

Di seguito sono riportate le tabelle riassuntive con i valori delle portate al colmo di piena ottenuti tramite le metodologie precedentemente descritte.

Le determinazioni effettuate con il metodo cinematico concordano pienamente con quanto ottenuto con il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni idrologiche (NAM), riportato in tabella 3-1

Si può notare invece come i vari metodi di regionalizzazione portino in questo caso a risultati piuttosto diversi tra loro, oltre che dai risultati forniti dal codice NAM.

In particolare il metodo VAPI, nella formulazione per la Regione Piemonte ed il metodo SP1 portano a curve di crescita del tutto diverse da quelle ottenute con le altre formulazioni.

Per quanto riguarda il metodo SP1 può essere fatta una considerazione generale, valida in pratica per tutti i corsi d'acqua esaminati. Le portate calcolate con il metodo SP1 seguono, come si è detto, una curva di crescita diversa. Quindi pur trovandosi in linea con le determinazioni di altri metodi per i tempi di ritorno di maggiore interesse ingegneristico (100, 200 anni), non è stato usato in genere nel presente studio.

Tabella 7. Portate al colmo nelle sezioni di interesse ottenute dal modello cinematico

Sez.	$Q_{T=20\text{anni}}$ (mc/s)	$Q_{T=100\text{anni}}$ (mc/s)	$Q_{T=200\text{anni}}$ (mc/s)	$Q_{T=500\text{anni}}$ (mc/s)
1	445	566	617	683
54	422	538	586	649
67	402	513	559	620
83	307	392	428	475

Tabella 8. Portate al colmo nelle sezioni di interesse ottenute dal modello MG (Formule (4.9)-(4.10))

Sez.	$Q_{T=20\text{anni}}$ (mc/s)	$Q_{T=100\text{anni}}$ (mc/s)	$Q_{T=200\text{anni}}$ (mc/s)	$Q_{T=500\text{anni}}$ (mc/s)
1	273	344	372	408
54	151	194	212	233
67	215	273	296	326
83	151	194	212	233

Tabella 9. Portate al colmo nelle sezioni di interesse ottenute dal modello MG (Formule (4.11)-(4.12))

Sez.	Q _{T=20anni} (mc/s)	Q _{T=100anni} (mc/s)	Q _{T=200anni} (mc/s)	Q _{T=500anni} (mc/s)
1	231	287	309	337
54	224	280	302	331
67	214	270	292	321
83	157	199	217	239

Tabella 10. Portate al colmo nelle sezioni di interesse ottenute dal modello VAPI

Sez.	Q _{T=20an ni} (mc/s)	Q _{T=100an ni} (mc/s)	Q _{T=200an ni} (mc/s)	Q _{T=500an ni} (mc/s)
1	433	812	956	1124
54	370	695	817	961
67	321	602	709	833
83	205	385	454	533

Tabella 11. Portate al colmo nelle sezioni di interesse ottenute dal modello VAPI – Regione Piemonte

Sez.	Q _{T=20an ni} (mc/s)	Q _{T=100an ni} (mc/s)	Q _{T=200an ni} (mc/s)	Q _{T=500an ni} (mc/s)
1	225	292	320	353
54	217	282	309	340
67	211	273	300	330
83	174	226	248	273

Tabella 12. Portate al colmo nelle sezioni di interesse ottenute dal modello SP1

Sez.	Q _{T=20anni} (mc/s)	Q _{T=100anni} (mc/s)	Q _{T=200anni} (mc/s)	Q _{T=500anni} (mc/s)
1	318	475	552	655
54	270	406	472	561
67	232	353	412	493
83	142	230	274	335

4.5 STUDI PREGRESSI

Si riportano in questo paragrafo i risultati delle analisi idrologiche desunti da uno studio precedente riguardante il bacino idrografico del T. Mellea, al fine di confermare ulteriormente i risultati del presente studio.

Nell'ambito dello *Studio idrologico idraulico del T. Mellea* eseguito dalla società Hydrodata nel 1999 per conto del Comune di Savigliano viene effettuata l'analisi idrologica del T. Mellea, nel territorio comunale di Savigliano (una decina di chilometri a monte della foce) e del T. Grana a Monterosso (circa 9 km a monte della sezione 83).

Tale studio calcola la portata di massima piena con il metodo cinematico, utilizzando dati di pioggia stimati con il metodo TCEV della Regione Piemonte per i due bacini considerati.

I valori delle portate al colmo ottenuti sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 13. Portate al colmo ricavate dallo studio effettuato da Hydrodata S.p.A.

SEZIONI	Area [km ²]	Q _{T=20anni} (mc/s)	Q _{T=100anni} (mc/s)	Q _{T=200anni} (mc/s)	Q _{T=500anni} (mc/s)
T. Mellea a Savigliano	330	449	580	344	-
T. Grana in pianura	200	357	455	510	-

Tali valori di portata possono essere confrontati con quelli determinati nel corso della presente analisi idrologica, anche se non in modo rigoroso dal momento che le sezioni di chiusura non coincidono (come risulta anche confrontando le superfici dei bacini).

Il confronto con la tabella 3-1 mostra un buon accordo tra quanto calcolato nella presente analisi e negli studi pregressi sopracitati.

4.6 CONCLUSIONI

A conclusione di quanto esposto fino ad ora, si riassumono i principali dati caratteristici del bacino ed i risultati dell'analisi effettuata.

Tabella 14. Parametri caratteristici dei bacini chiusi alle sezioni di interesse

Sez.	A [km ²]	L [km]	t _c [h]	□
1	380	68	9.6	0.50
54	314	46	7.6	0.50
67	264	34	6.2	0.50
83	153	25	3.9	0.50

Tabella 15. Parametri pluviometrici caratteristici del bacino

T [anni]	a	n
20	32.47	0.41
100	41.81	0.40
200	45.81	0.40
500	51.06	0.39

Tabella 16. Portate al colmo nelle sezioni di interesse ottenute dalla modellazione

Sez.	Q _T =20ann i (mc/s)	Q _T =100ann i (mc/s)	Q _T =200ann i (mc/s)	Q _T =500ann i (mc/s)
1	446	561	606	666
54	407	515	560	616
67	379	479	520	572
83	283	358	391	431

5. VALUTAZIONE DEL PERICOLO ATTUALE DI ESONDAZIONE

5.1 INTRODUZIONE

Lo studio in oggetto è stato svolto nell'ambito dell'attività 4.5 del Programma Dettagliato delle Attività con l'obiettivo di definire il rischio attuale di esondazione nelle aree limitrofe al corso d'acqua.

Come previsto dalla prescrizione tecnica di disciplinare le attività sono state svolte secondo le seguenti fasi:

- individuazione delle aree storicamente interessate da eventi alluvionali;
- individuazione delle aree esondabili nell'attuale contesto morfologico dell'alveo;
- determinazione del rischio idraulico attuale.

La prima fase, riferita a livello generale a tutti gli ambiti di studio della Tabella 1 del PDA, è consistita nell'analisi della documentazione acquisita finalizzata all'individuazione delle aree storicamente interessate da eventi alluvionali con particolare riguardo ai corsi d'acqua elencati nelle tabelle 2 e 3 ed ai nodi idraulici critici selezionati.

Tale attività è stata propedeutica per l'individuazione delle aree allagabili nei diversi tempi di ritorno che definiscono gli eventi di piena con l'assetto attuale del corso d'acqua oggetto di studio.

L'entità delle aree esondabili è stata quantificata in funzione della capacità di deflusso dei singoli tratti di corso d'acqua valutata per mezzo di calcoli eseguiti ricorrendo al modello di simulazione integrato, di tipo idrologico-idraulico, costituito dal codice di calcolo Mike 11 – HD accoppiato al modulo NAM per la generazione dell'idrogramma di piena. I limiti delle aree esondabili per i diversi periodi di ritorno considerati sono anche visualizzati nella allegata cartografia alla scala 1:10.000 (Prodotto 017, base CTR Regione Piemonte).

Lo studio idrologico su cui è basata l'analisi idraulica di seguito descritta è stato svolto nell'ambito dell'attività 4.4 del PDA che ha portato all'aggiornamento ed alla sistematizzazione dell'idrologia di piena e quindi alla definizione degli idrogrammi di piena corrispondenti ai diversi tempi di ritorno.

Successivamente, per le aree potenzialmente allagabili delimitate nell'ambito del presente studio, si è proceduto alla quantificazione del rischio idraulico attuale sulla base dei risultati dell'attività 4.6 del PDA in cui sono stati valutati, in relazione alle caratteristiche di urbanizzazione e di uso del territorio, i danni attesi sul sistema socioeconomico conseguenti alle esondazioni.

I risultati delle elaborazioni sviluppate sono anche visualizzati nella allegata cartografia del Rischio massimo (scala 1:10.000, base CTR Regione Piemonte) caratterizzando i differenti elementi puntuali, lineari ed areali potenzialmente a rischio in funzione del corrispondente valore massimo del rischio.

Infine sono state evidenziate le emergenze storico-culturali, naturalistiche ed ambientali risultanti dal censimento svolto nell'ambito dell'attività 4.7 del PDA, nei cui confronti porre maggiore attenzione, che ricadono nelle aree allagabili, quindi potenzialmente a rischio di compromissione, in funzione del corrispondente valore massimo del rischio.

5.2 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE STORICAMENTE INTERESSATE DA EVENTI ALLUVIONALI

Allo scopo di individuare le aree storicamente esondate dal Torrente Grana – Mellea è stata effettuata l'analisi dei dati riportati nelle seguenti fonti di informazioni:

- Data Base dei “Processi di instabilità naturali e dei danni indotti in Provincia di Torino” reso disponibile dalla “Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione” della Regione Piemonte attraverso il Sistema Informativo Prevenzione Rischi del “Settore Studi e Ricerche Geologiche”;
- Aree inondate durante l'evento del 13 – 16 ottobre 2000 di proprietà della “Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione” della Regione Piemonte;
- Aree inondate durante gli eventi del '77, '93, '94 e '99 fornite dal Servizio Difesa del Suolo della Provincia di Torino attraverso il proprio Sistema Informativo Territoriale (SIT).

Il data base dei “Processi di instabilità naturali e dei danni indotti in Provincia di Torino” contiene informazioni riguardo gli effetti ed i danni indotti da processi morfodinamici naturali (lungo i versanti ed i corsi d'acqua) che hanno interessato il territorio della Provincia di Torino tra il 1600 e il 1998.

Esso é stato realizzato con l'obiettivo principale dell'individuazione delle aree a maggiore criticità per l'impatto dei processi di instabilità naturali (processi fluvio-torrentizi e movimenti di versante), con particolare riferimento agli edificati.

Per questo motivo risultano dettagliate le sezioni dedicate sia alla descrizione dal punto di vista insediativo delle località interessate dai processi/danni, sia alla valutazione dei danni in termini di estensione ed intensità.

Per quanto riguarda le voci riferite ai processi ed agli effetti indotti risultano evidenziate le caratteristiche maggiormente significative per la definizione dei danni. A titolo di esempio, all'interno della tipologia crolli, sono state individuate due grandi famiglie in funzione dei volumi coinvolti (volumi maggiori o minori di 100 mc).

I dati, forniti in forma disaggregata, sono georiferiti attraverso due coppie di coordinate chilometriche UTM, che delimitano un rettangolo (xy min, xy max), oppure individuano un punto. In questo modo non vengono rappresentate le linee che indicano il limite delle aree allagate ma viene indicata la zona o il punto soggetto a criticità durante un evento.

Per ciascun rettangolo o punto sono indicati anche:

- il codice di archiviazione dell'informazione all'interno del data base;
- il comune territorialmente competente;
- l'anno di accadimento dell'evento;
- il corso d'acqua o i corsi d'acqua interessati.

Le aree inondate durante l'evento del 2000 sono state individuate in seguito ad una campagna di rilevamento condotta nelle aree maggiormente colpite al fine di fornire un primo quadro di quanto era accaduto sia in termini di estensione che di intensità dei processi.

Lo scopo principale dell'indagine, effettuata nel periodo compreso tra il 16 ottobre ed il 30 novembre 2000, è stato quello di rilevare le tracce dell'inondazione e di delimitare le aree allagate ma sono state acquisite anche informazioni in merito ai danni indotti provocati dalle acque di piena.

I dati acquisiti tramite il SIT della provincia di Torino invece sono relativi alle aree storicamente esondate delimitate nell'ambito degli studi in tema di manutenzione e ripristino dei corsi d'acqua promossi dalla Provincia di Torino.

I dati disponibili non contengono informazioni relative alle piene del Torrente Grana – Mellea e pertanto per tale corso d'acqua non è possibile effettuare la mappatura delle aree storicamente esondate però la Regione Piemonte, Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e sismico, ha redatto uno specifico rapporto sull'evento alluvionale del 7-9 ottobre 1996 verificatosi sul Piemonte sud occidentale, da cui si possono trarre le informazioni riguardanti il Torrente Grana-Mellea di seguito riportate.

Sul bacino montano si sono verificate situazioni di rischio essenzialmente a carico della viabilità, a causa di fenomeni franosi e dell'attività di corsi d'acqua minori; in pianura il corso d'acqua ha invece provocato allagamenti su vaste aree.

La città di Savigliano è risultata particolarmente colpita con allagamenti coinvolgenti abitazioni (con altezze dell'acqua generalmente inferiori ad 1 m, ma con massimi anche di 1,5 m), erosione di tratti di strada e danni alle opere di attraversamento.

Alcuni dei problemi di allagamento nel tratto urbano di Savigliano sono stati indotti anche dalle fuoriuscite del Mellea in prossimità della traversa di derivazione del canale Fiat Ferroviaria, dal convogliamento dell'acqua fuoriuscita verso l'abitato di Savigliano da parte della rete di canali irrigui e dal successivo sovraccarico dei condotti di scolo delle acque urbane che ha prodotto l'allagamento delle vie del concentrico.

Gli allagamenti più a valle, a monte della S.S. 20, hanno invaso aree golenali naturali; a valle del ponte ferroviario successivo (già intasato dai tronchi trascinati dalla corrente), il Mellea è fuoriuscito in sinistra interessando i complessi residenziali di Borgo Marene.

Nel tratto fino alla confluenza nel Torrente Maira i problemi sono risultati per lo più legati all'attività erosiva della corrente con conseguente dissesto di alcuni cigli stradali.

5.3 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE ESONDABILI NELL'ATTUALE CONTESTO MORFOLOGICO DELL'ALVEO (RISCHIO ATTUALE)

Nella presente analisi Idraulica, previa acquisizione di ogni informazione morfologica e idrologica atta a rappresentare il corso d'acqua in studio, sono state effettuate le simulazioni in condizioni di moto vario mediante schematizzazione monodimensionale e quasi-bidimensionale con il modello di calcolo Mike11 del DHI (Danish Hydraulic Institute Water & Environmental) per assegnati periodi di ritorno.

Attraverso lo studio idrodinamico modellistico del sistema fluviale alveo-golenale si perviene alla:

- a) i livelli idrodinamici per i periodi di ritorno pari a 20, 100, 200 e 500 anni rappresentanti le diverse situazioni di gravosità di riferimento;
- b) lo studio degli effetti degli interventi strutturali;
- c) la delimitazione delle aree esondabili;
- d) la caratterizzazione dei parametri di rischio.

Gli scenari simulati consentono di ricavare i livelli idrometrici necessari per delimitare le aree di esondazione e procedere quindi alla determinazione dei coefficienti di rischio.

5.3.1 Richiamo alle attività collegate

La presente relazione idraulica si avvale delle attività svolte nelle fasi precedenti e in particolare:

- a) della cartografia di base e dei rilievi della campagna topografica come supporto di base alla rappresentazione fisica del corso d'acqua, completa di profilo longitudinale, sezioni trasversali e strutture di controllo attraversate dal Torrente Grana-Mellea (attività. 4.2 del PDA);
- b) dell'analisi geomorfologica (attività. 4.2 del PDA);
- c) delle ricognizioni in campo mirate all'acquisizione di un'idonea conoscenza qualitativa delle criticità idrauliche (attività. 4.1, 4.2 e 4.3 del PDA);
- d) dell'analisi idrologica per l'acquisizione delle portate di piena caratteristiche di progetto (attività del PDA).

5.3.2 Portate di piena di riferimento

Gli idrogrammi di progetto relativi al torrente Grana-Mellea si riferiscono ai tempi di ritorno $T=20, 100, 200$ e 500 anni, corrispondente quest'ultimo ad un evento alluvionale di proporzioni catastrofiche.

Come già descritto nella relazione idrologica (attività. 4.4 del PDA), l'obiettivo di definire le aree esondabili richiede particolare cautela nell'individuazione dell'idrogramma di progetto con cui sollecitare il bacino al fine di limitare l'effetto della laminazione del colmo di piena che condurrebbe ad una sottostima della portata al colmo, in particolare nelle sezioni di valle del corso d'acqua.

Si è proceduto quindi alla suddivisione del bacino sotteso dal Torrente Grana-Mellea in una serie di sottobacini sui quali si è applicato il modello idrologico. Gli idrogrammi risultanti sono stati introdotti nel modello idraulico come input puntuale quando riferiti alla sezione di monte del tronco e come deflusso distribuito lungo i tratti d'asta se rappresentativi delle aree residue.

Nelle figure seguenti sono ripresentati gli idrogrammi utilizzati nel modello numerico di simulazione monodimensionale Mike11, risultanti dallo studio idrologico nelle sezioni di chiusura dei sottobacini definite nelle sezioni 83, 67, 54 e 1 presso la confluenza con il Torrente Maira.

Gli idrogrammi delle figg. 6, 7, 8 e 9 si riferiscono agli input inseriti in modo puntuale nelle sezioni di chiusura, mentre i seguenti idrogrammi di figg. 10, 11, 12 e 13 risultano dai bacini residui e vengono inseriti in modo distribuito lungo il relativo tratto dell'asta fluviale.

In tabella 17 viene infine presentato un riassunto dei valori di portata al colmo per ciascuna sezione di chiusura, al variare del periodo di ritorno. I valori di portata sono espressi in $[m^3/s]$.

Tabella 17. Valori delle portate al colmo di piena di riferimento per assegnato periodo di ritorno.

Portata [m ³ /s]	Sezioni di Chiusura			
	1	54	67	83
Q(20)	446	407	379	283
Q(100)	561	515	479	358
Q(200)	606	560	520	391
Q(500)	666	616	572	431

Fig. 6. Schema planimetrico

Inserire stampa di “gm_schema_planimetrico_modello.dwg”

Fig. 7. Idrogrammi di portata inseriti come input concentrati nelle sezioni di chiusura per il tempo di ritorno di T=20 anni.

Idrogrammi alle sezioni di chiusura - T=20 anni

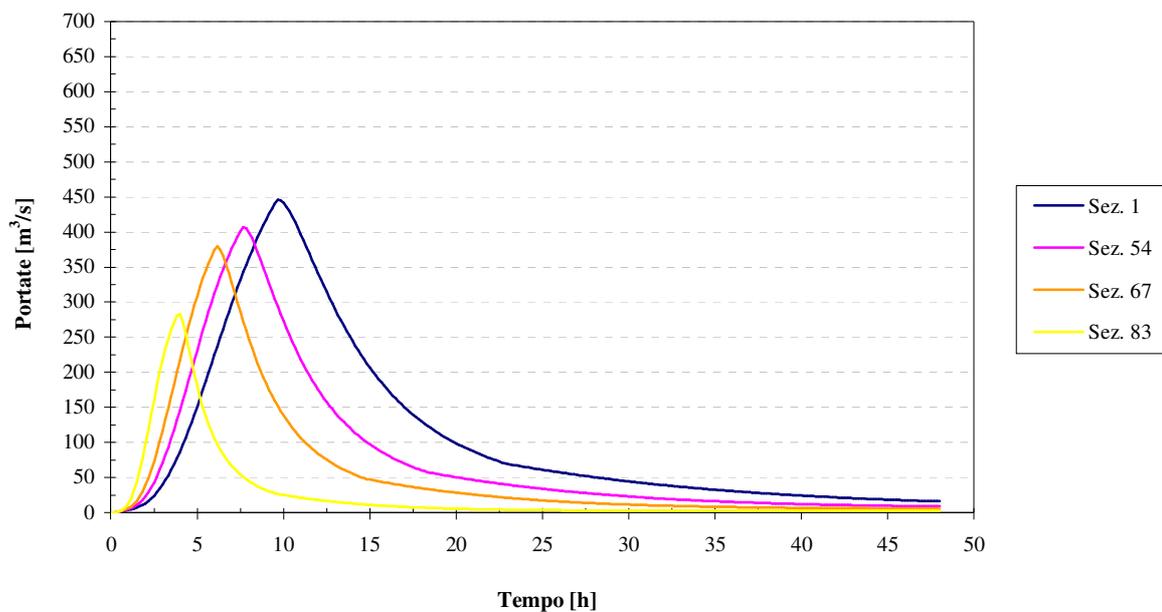
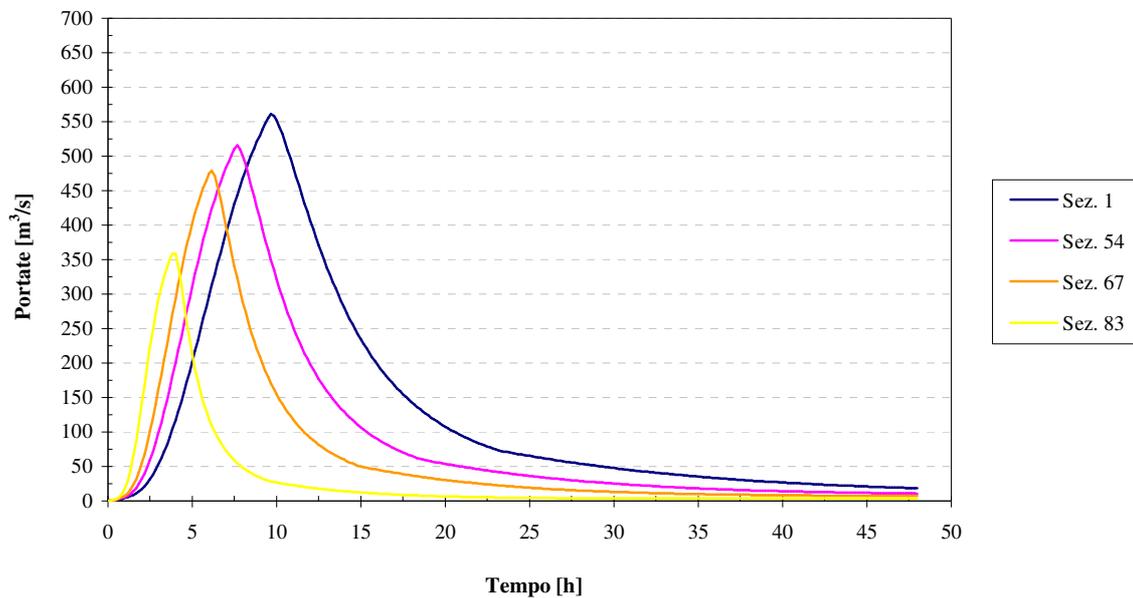
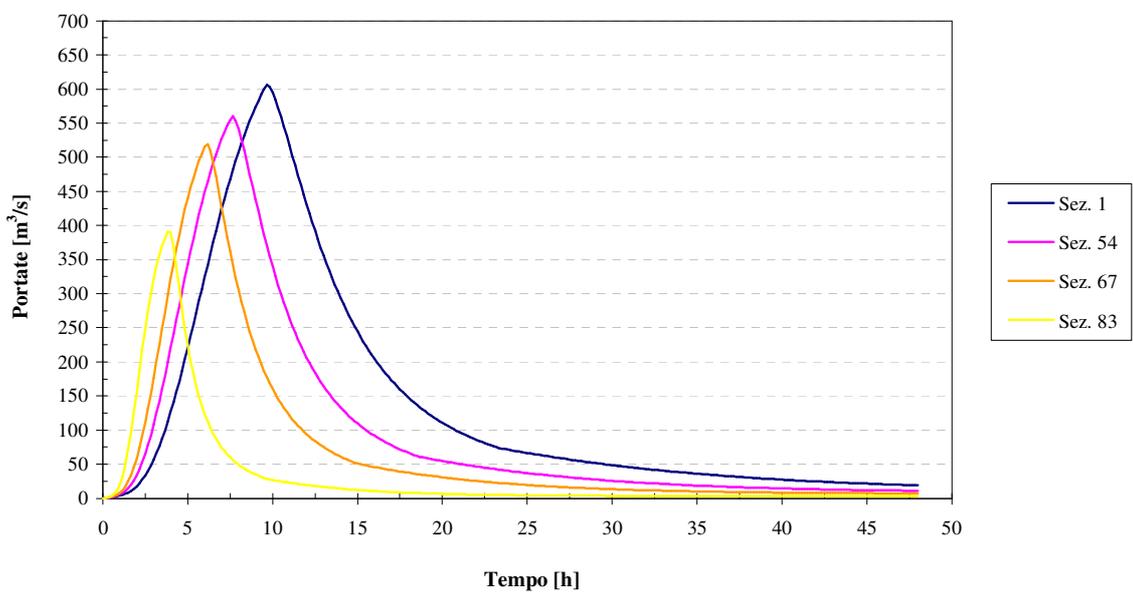


Fig. 8. Idrogrammi di portata inseriti come input concentrati nelle sezioni di chiusura per il tempo di ritorno di T=100 anni.

Idrogrammi alle sezioni di chiusura - T=100 anni

**Fig. 9. Idrogrammi di portata inseriti come input concentrati nelle sezioni di chiusura per il tempo di ritorno di T=200 anni.**

Idrogrammi alle sezioni di chiusura - T=200 anni

**Fig. 10. Idrogrammi di portata inseriti come input concentrati nelle sezioni di chiusura per il tempo di ritorno di T=500 anni.**

Idrogrammi alle sezioni di chiusura - T=500 anni

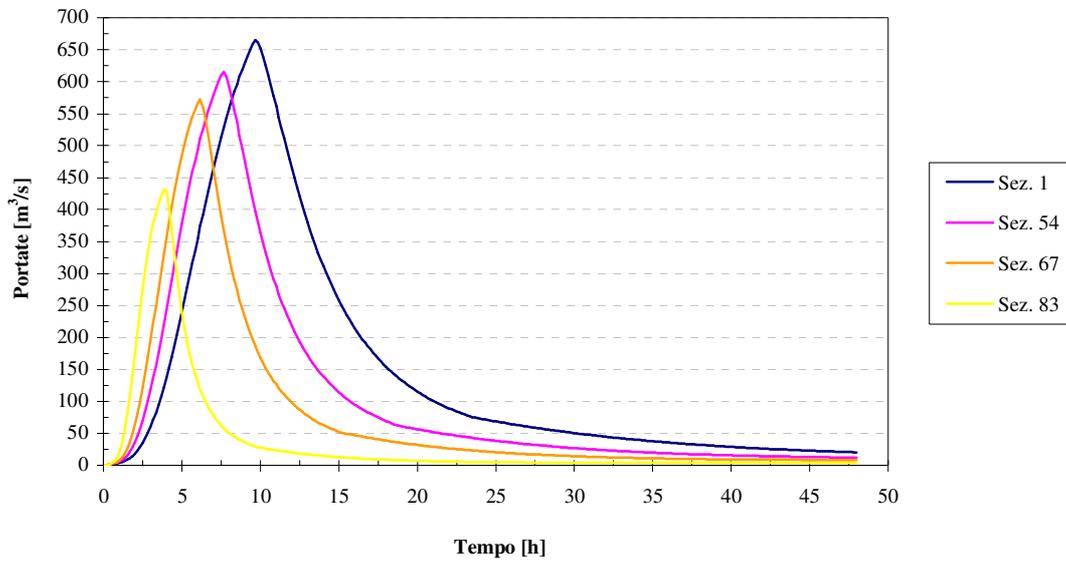


Fig. 11. Idrogrammi di portata distribuiti uniformemente lungo il tratto in oggetto per il tempo di ritorno di T=20 anni.

Idrogrammi dei bacini residui - T=20 anni

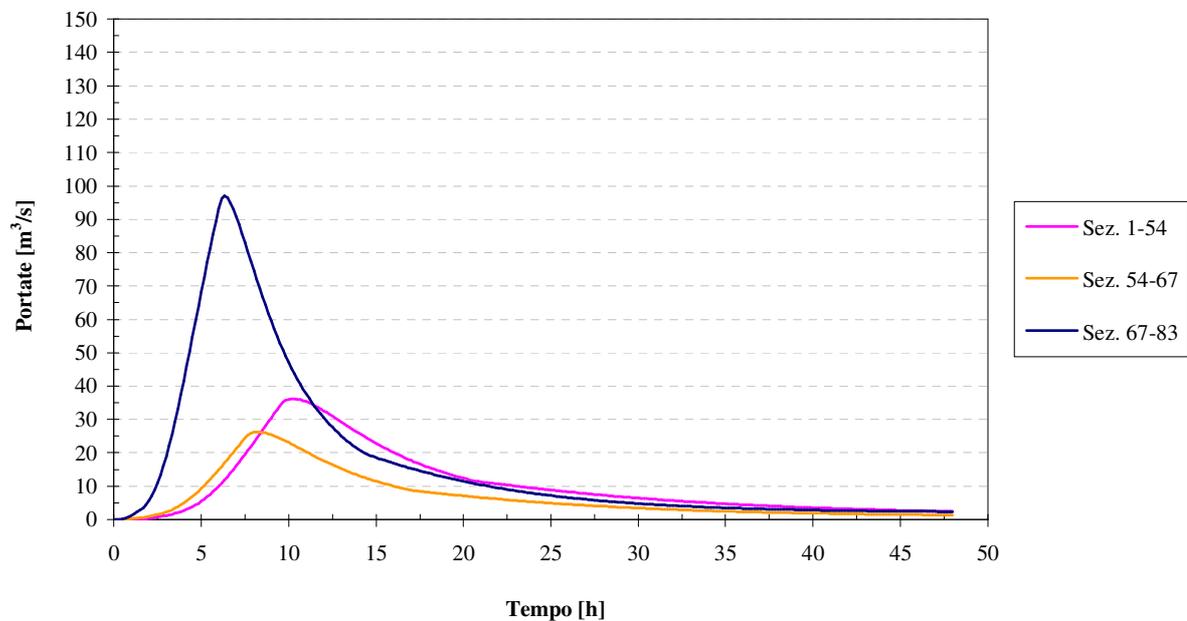


Fig. 12. Idrogrammi di portata distribuiti uniformemente lungo il tratto in oggetto per il tempo di ritorno di T=100 anni.

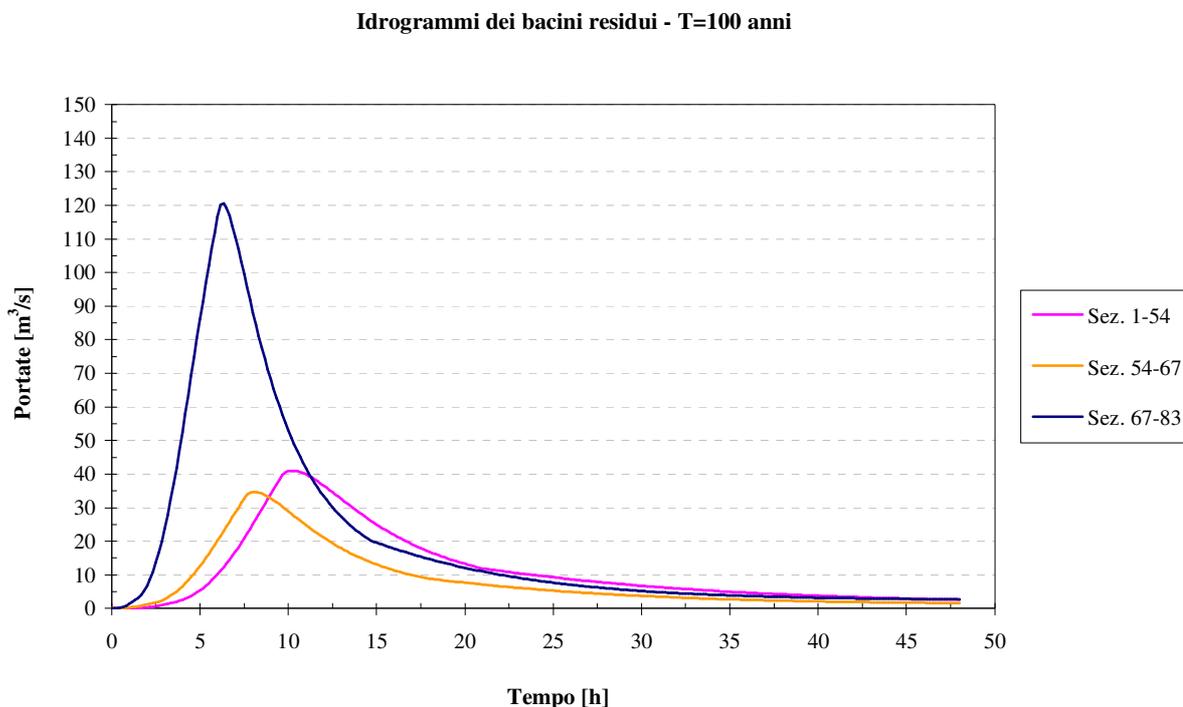


Fig. 13. Idrogrammi di portata distribuiti uniformemente lungo il tratto in oggetto per il tempo di ritorno di T=200 anni.

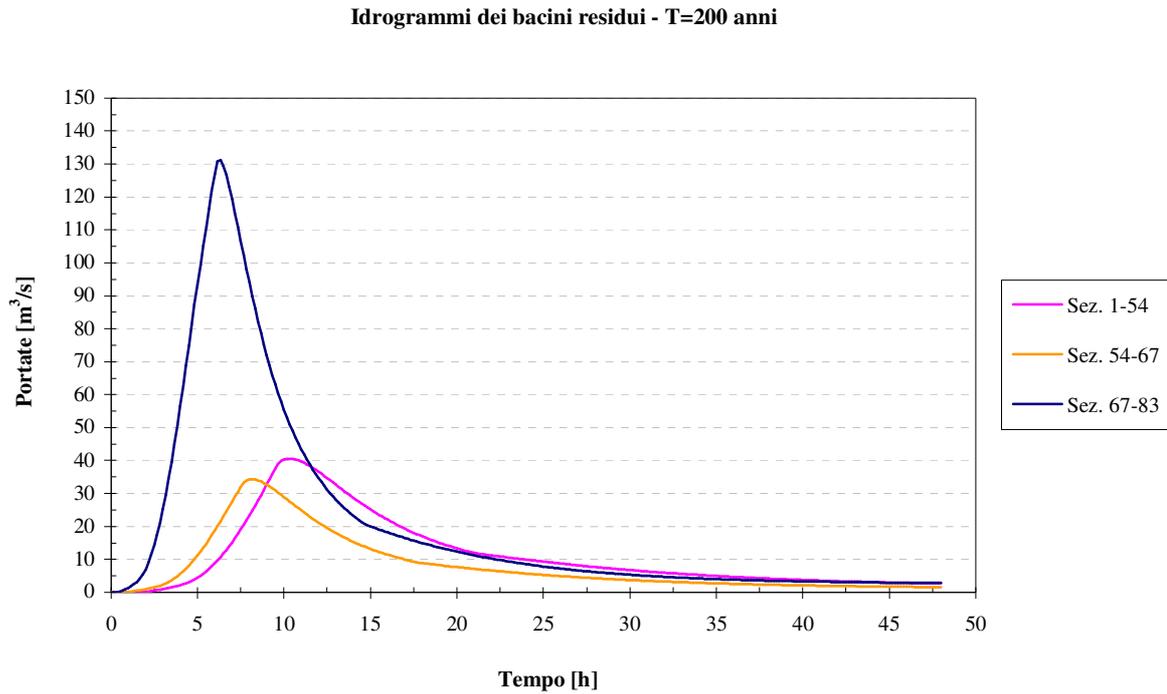
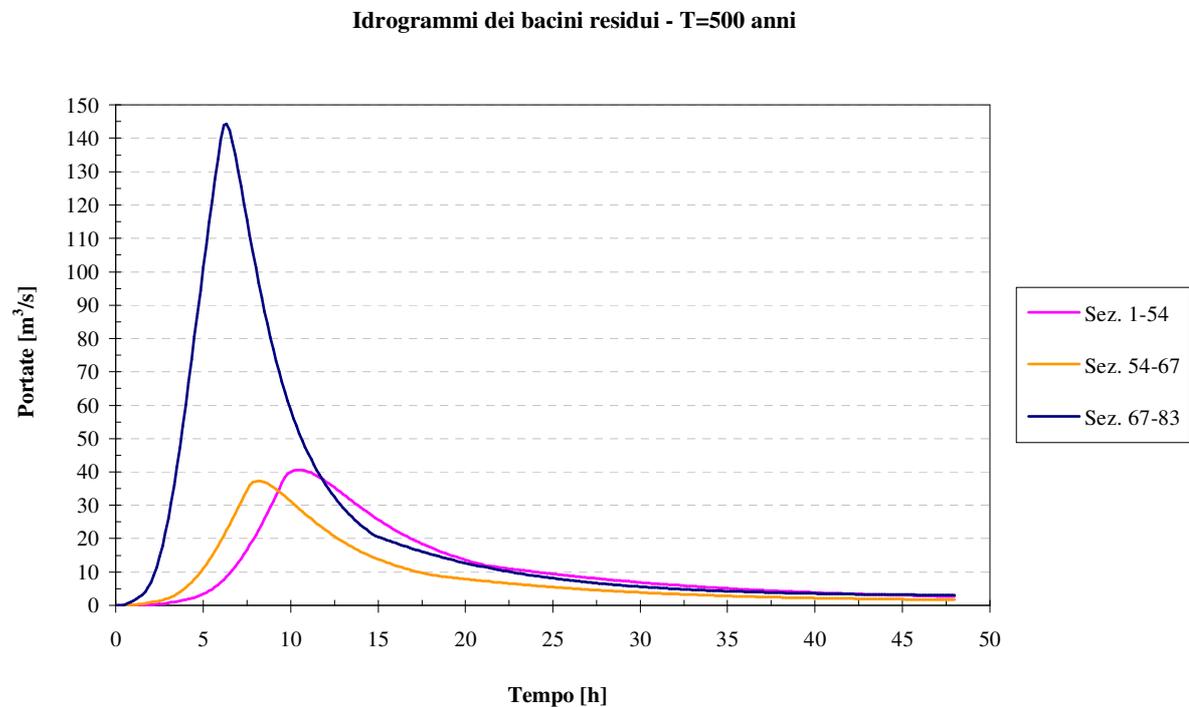


Fig. 14. Idrogrammi di portata distribuiti uniformemente lungo il tratto in oggetto per il tempo di ritorno di T=500 anni.



5.3.3 Studio idrodinamico mediante modellistica numerica

Nei paragrafi seguenti vengono descritte le attività condotte per la messa a punto del modello idrodinamico di simulazione delle condizioni di deflusso delle portate di piena di assegnato tempo di ritorno del Torrente Grana-Mellea.

5.3.3.1 Messa a punto del modello idrodinamico di simulazione

Con riferimento ai valori di portata di piena sopra indicati si è proceduto alle verifiche idrauliche del tratto di corso d'acqua in esame nella situazione attuale sulla base dei rilievi topografici disponibili (vedi documentazione di rilievo e analisi geomorfologica).

Le verifiche idrauliche effettuate in moto vario sono state condotte mediante applicazione di modellistica numerica, utilizzando il codice di calcolo MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute Water & Environmental descritto sinteticamente in Appendice.

La procedura di analisi modellistica è stata articolata come sotto descritto.

- Le simulazioni idrauliche considerate sono state suddivise per i tre tronchi di corso d'acqua compresi fra le sezioni di chiusura: 1-54, 54-67 e 67-83. Ciascuno di questi tronchi del Torrente Grana-Mellea verrà descritto in un paragrafo a parte al variare del periodo di ritorno.
- Si è proceduto con le simulazioni a partire dal tronco compreso fra le sezioni 1-54, a valle del Torrente Grana-Mellea applicando nella sezione 0 la condizione di valle imposta dal Torrente Maira, nella sezione 54 l'idrogramma di progetto fornito dal bacino sotteso dalla stessa sezione di chiusura e lungo tutto il tronco di corso d'acqua l'idrogramma distribuito del bacino residuo.
- Dalle simulazioni si è ottenuto il diagramma dei livelli idrometrici nella sezione 54 che è stato applicato come condizione di valle per il tratto del corso d'acqua compreso fra le sezioni 54-67 ripetendo la procedura in modo analogo per i tratti del Torrente Grana-Mellea a monte.

5.3.3.1.1 Schematizzazione geometrica del corso d'acqua

Nella verifica idraulica della situazione attuale sono stati utilizzati nel modello i dati relativi a 83 sezioni trasversali d'alveo di rilievo, in modo da rappresentare con precisione le caratteristiche geometriche e di scabrezza del reticolo idrografico in esame, caratterizzato dalle seguenti progressive chilometriche (vedi profilo longitudinale documentazione acclusa):

- progr. sezione 0: km 0,000;
- progr. sezione 83 km 41,992.

Nelle simulazioni sono stati considerati cautelativamente i seguenti valori di scabrezza c di Strickler:

- per il fondo alveo e i tratti di sponda non vegetati o scarsamente vegetati $c=35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ tra la progr. km 0,000 e la progr. km 22,686, $c=30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ tra le progr. km 22,685 e km 31,191, $c=27 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ tra le progr. km 31,191 e la progr. km 38,070, $c=25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ tra le progr. km 38,070 e la progr. km 41,992
- per le sponde e le aree golenali è stato assunto un parametro riduttivo in funzione del territorio circostante.

5.3.3.1.2 *Strutture idrauliche*

Nel modello sono stati inseriti i 21 attraversamenti che intersecano il corso d'acqua schematizzati come culvert (deflusso libero e/o a pressione), più stramazzo (nel caso di sormonto), caratterizzati dai valori delle rispettive luci libere di deflusso, dalle quote dell'estradosso e dalle dimensioni della luce sfiorante.

Sono inoltre state inserite 9 traverse caratterizzate da un salto di fondo superiore al mezzo metro, rappresentate come "broad crested weir".

Per ogni ponte e traversa sono stati inseriti nel modello, se non già presenti, due sezioni d'alveo, una a monte ed una a valle della struttura stessa.

5.3.3.2 Simulazione idraulica della situazione attuale

Nei paragrafi seguenti vengono descritte le simulazioni effettuate per ogni singolo tratto del Torrente Grana-Mellea compreso fra due successive sezioni di chiusura. La primo tratto rappresentato è compresa fra le sezioni 1-54, dotata della condizione di valle fornita dal Torrente Maira e le successive aste del corso d'acqua vengono simulate procedendo verso le sezioni di monte del Torrente Grana-Mellea.

I risultati delle simulazioni sono riportati in Appendice dove, suddivisi in base al tempo di ritorno, sono forniti i seguenti dati per tronco di corso d'acqua:

- il numero o denominazione delle sezioni trasversali d'alveo di rilievo;
- le distanze progressive (m) individuanti le varie sezioni sul profilo longitudinale;
- le quote di fondo alveo delle sezioni (m s.m.);
- i livelli idrici di piena al variare del periodo di ritorno (m s.m.);
- le quote identificative della sezione d'alveo inciso (m s.m.);
- le descrizioni sintetiche delle strutture presenti in alveo o interagenti con esso: per i ponti sono indicate le quote di intradosso e di estradosso (m s.m.) e per le traverse o soglie di fondo la quota di sfioro e di valle (m s.m.).

I profili risultanti dalle simulazioni sono presentati in Appendice dove, suddivisi per tronco di corso d'acqua, sono forniti i seguenti dati al variare del tempo di ritorno:

- il numero o denominazione delle sezioni trasversali d'alveo di rilievo;
- le distanze progressive (m) individuanti le varie sezioni sul profilo longitudinale;

- i livelli idrici di piena al variare del periodo di ritorno (m s.m.);

5.3.3.2.1 *Simulazione idraulica tratto 1-54*

In questa prima simulazione sono state considerate le 54 sezioni trasversali comprese fra le sezioni di chiusura 1-54 con l'aggiunta della sezione di confluenza con il Torrente Maira, caratterizzate dalle seguenti progressive:

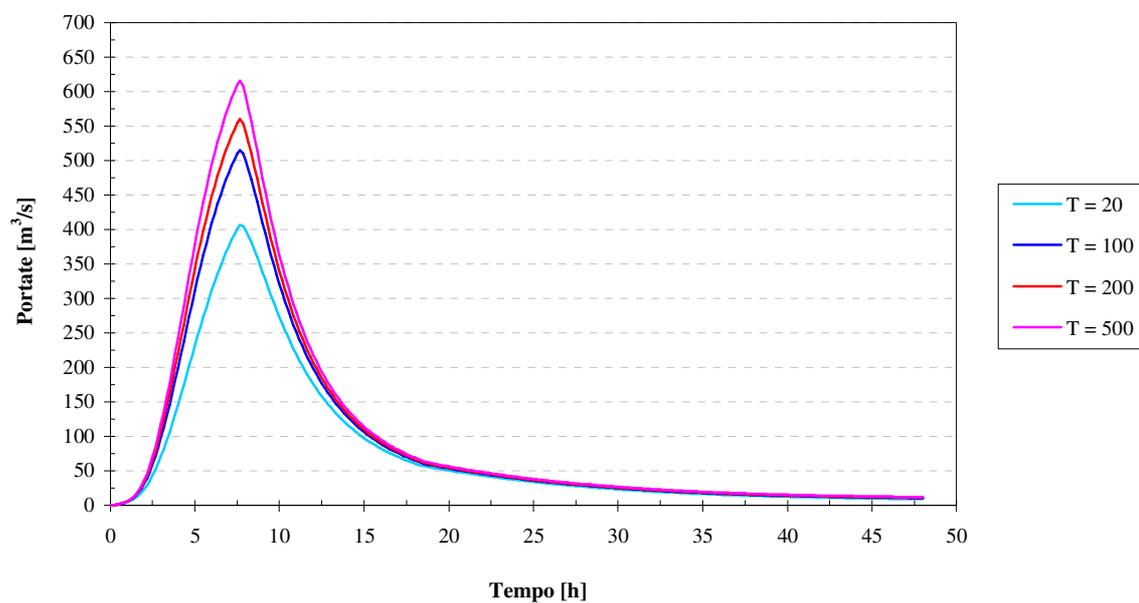
- progr. sezione 0: km 0,000;
- progr. sezione 54: km 22,686.

Le condizioni al contorno applicate sono le seguenti:

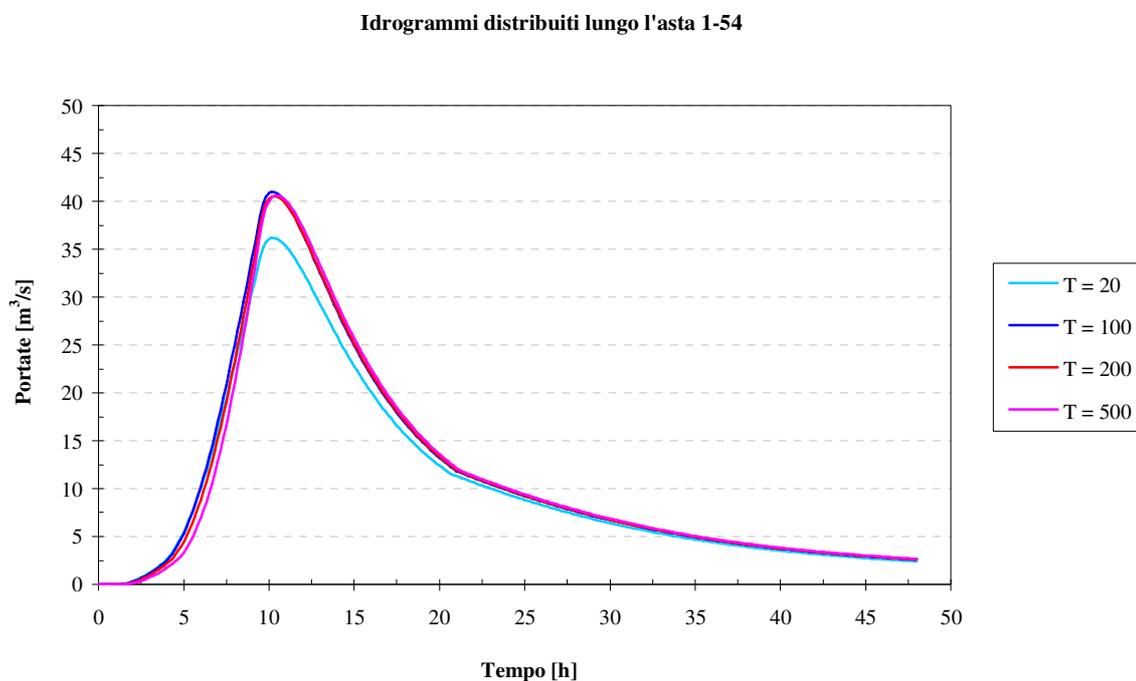
- portata per assegnato tempo di ritorno (20-100-200-500 anni) in ingresso a monte del tratto del corso d'acqua, nella sezione 54, presentato in figura seguente;

Fig. 15. Idrogramma concentrato in ingresso alla sezione di chiusura 54 per assegnato tempo di ritorno.

Idrogrammi - Sezione 54



- idrogramma uniformemente distribuito lungo tutto lo sviluppo del tratto in esame presentato in figura seguente;

Fig. 16. Idrogramma distribuito lungo il tratto 1-54 per assegnato tempo di ritorno.

- La condizione di valle risponde allo standard assunto, in funzione del tempo di ritorno, per i corsi d'acqua oggetto dello studio, sintetizzato nel prospetto che segue.

TR Corso d'acqua in esame (anni)	TR Corso d'acqua ricevitore (anni)	
	A - Scala deflusso nota	B - Scala deflusso non disponibile
20	20	200
100	100	200
200	200	200
500	200	200

Vengono distinte:

- Situazione A, in cui è possibile definire una scala di deflusso nel ricevitore (o comunque sono ricostruibili i livelli relativi ai tempi di ritorno di interesse) congruente con i vincoli idraulici delle fasce fluviali (in particolare per TR = 200 anni).

- Situazione B, in cui, non disponendo dei suddetti elementi, viene assunto cautelativamente il livello nel ricettore previsto dal PAI per TR = 200 anni¹.

In ogni caso, data la bassissima probabilità che si verificano eventi estremi con la stessa ricorrenza statistica su entrambi i corsi d'acqua, per le verifiche relative al tempo di ritorno di 500 anni viene mantenuto nel ricettore il livello relativo a TR = 200 anni.

Il torrente Maira, ricettore del torrente Grana-Mellea, rientra nella situazione A. Il livello idrometrico nella sezione di confluenza per il tempo di ritorno T=200 è stato ricavato dalla fascia fluviale T=200 anni del P.A.I ed è stato assegnato anche al tempo di ritorno T=500. Gli altri due livelli di riferimento sono stati ottenuti dal progetto SP1 (Piene e naturalità degli alvei fluviali) trasladando opportunamente i valori in modo che i livelli riferiti al tempo di ritorno T=200 anni coincidessero.

Nella tabella seguente sono riportati i relativi livelli idrometrici nella sezione di confluenza.

Tabella 18. Livelli idrometrici del Torrente Maira nella sezione 0.

T [anni]	Livello idrometrico [m]
20	285.24
100	285.47
200	285.54
500	285.54

5.3.3.2.2 Simulazione idraulica tratto 54-67

In questo secondo tronco di corso d'acqua sono state considerate le sezioni trasversali comprese fra le sezioni di chiusura 54 e 67 caratterizzate dalle seguenti progressive:

- progr. sezione 54: km 22,686;
- progr. sezione 67: km 31,191.

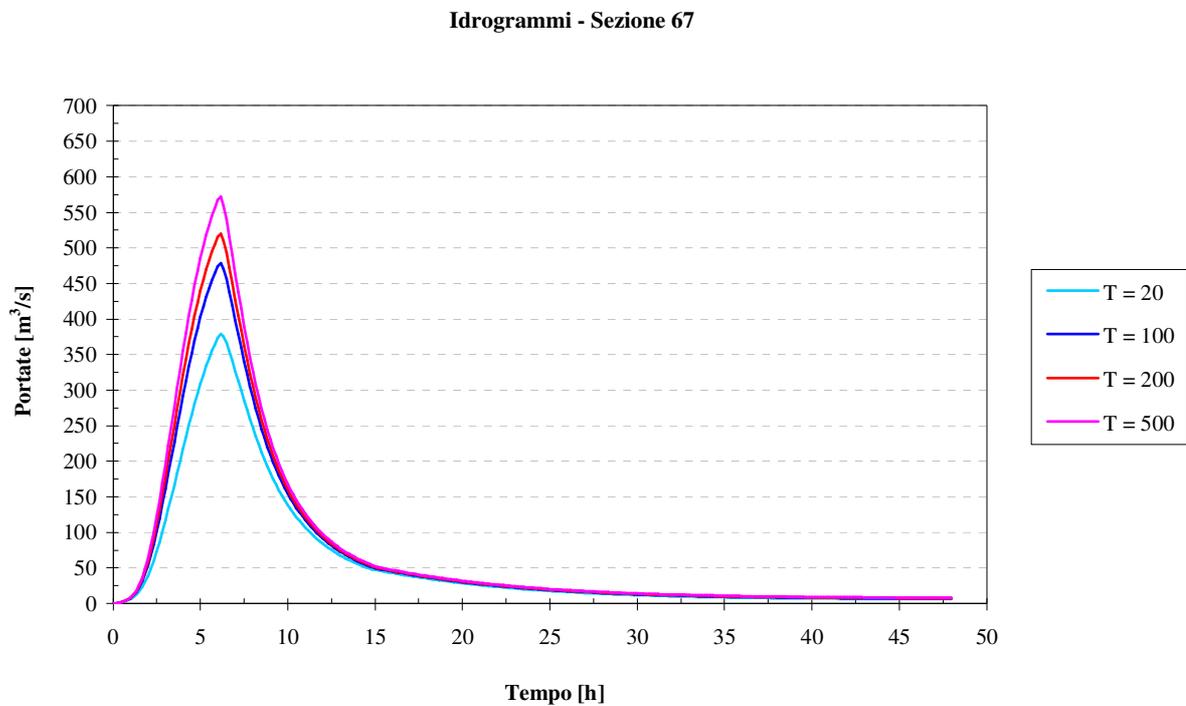
Le condizioni al contorno applicate sono le seguenti:

¹ La procedura standard applicata è la seguente:

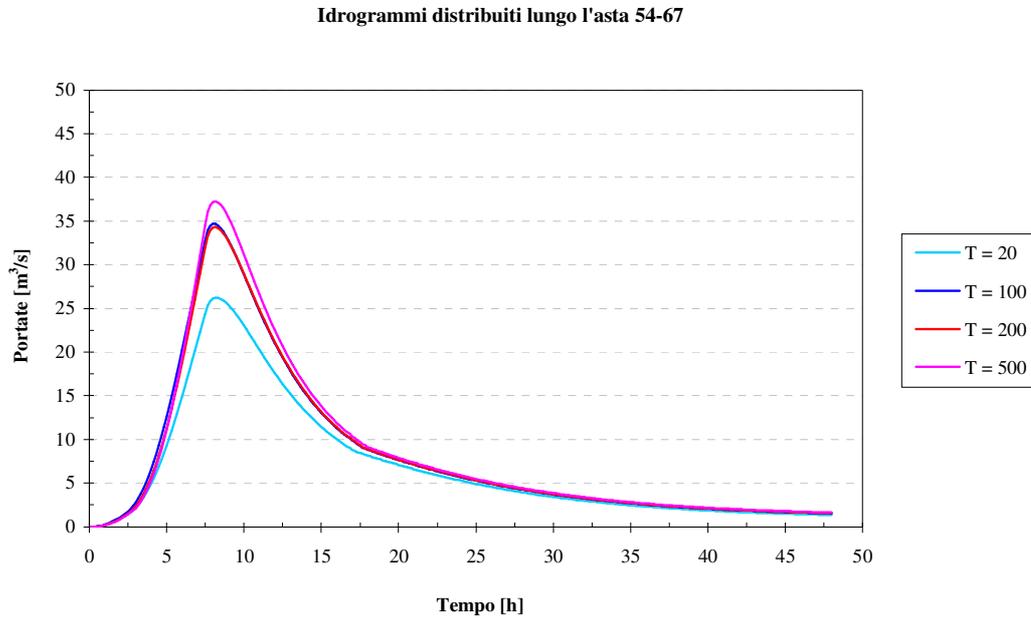
- valutazione dei livelli nel ricettore relativi a TR20, 100, 200 da simulazioni relative a studi pregressi;
- confronto con la quota TR200 del PAI (fascia B) e analisi critica dei dati
- in caso di discordanze non compatibili con il grado di approssimazione del tracciamento delle aree esondabili, non vengono utilizzati i livelli suddetti e si passa alla situazione B;
- in caso di differenze compatibili, si fa coincidere la quota della simulazione TR200 con quella del PAI e si traslano rigidamente (mantenendo le stesse differenze di quota con TR200) i livelli relativi a TR20 e TR100.

- portata per assegnato tempo di ritorno (20-100-200-500 anni) in ingresso a monte del tratto del corso d'acqua, nella sezione 67 come da figura seguente;

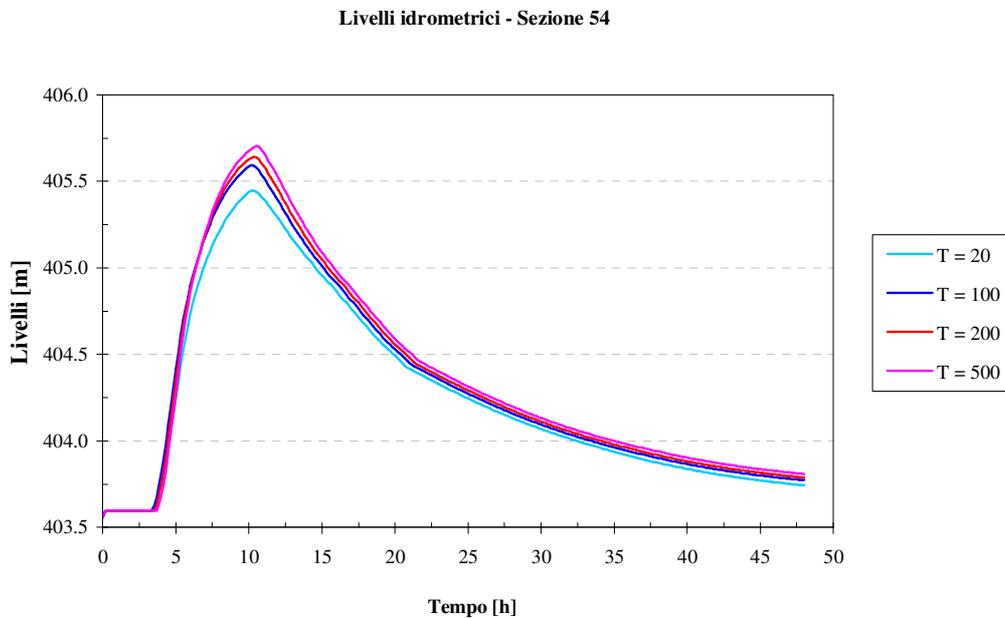
Fig. 17. Idrogramma concentrato in ingresso alla sezione di chiusura 67 per assegnato tempo di ritorno.



- idrogramma uniformemente distribuito lungo tutto lo sviluppo del tratto in esame come da figura seguente;

Fig. 18. Idrogramma distribuito lungo il tratto 54-67 per assegnato tempo di ritorno

- livelli idrometrici per assegnato periodo di ritorno ricavati dalla simulazione del precedente tratto 1-54 e imposti come condizione idrometrica di valle alla sezione 54, come da figura seguente;

Fig. 19. Livelli idrometrici alla sezione 54

5.3.3.2.3 Simulazione idraulica tratto 67-83

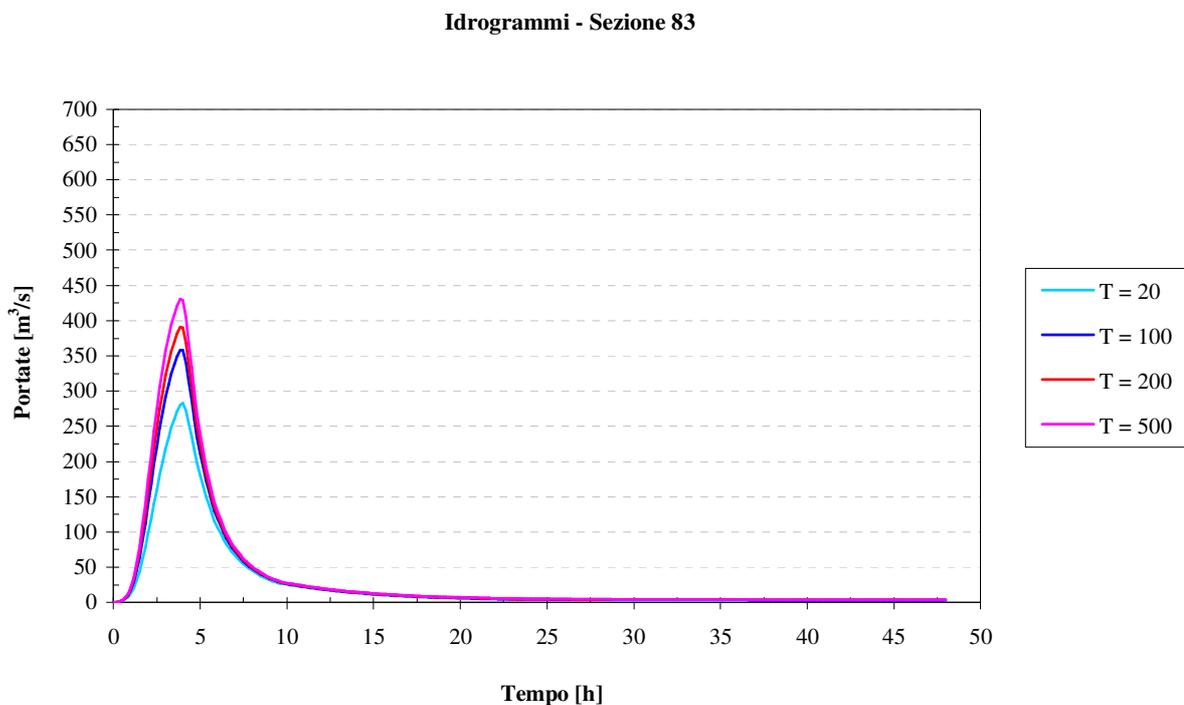
In questo terzo tronco di corso d'acqua sono state considerate le sezioni trasversali comprese fra le sezioni di chiusura 67-83 comprese fra le seguenti progressive:

- progr. sezione 67: km 31,191;
- progr. sezione 83: km 41,992.

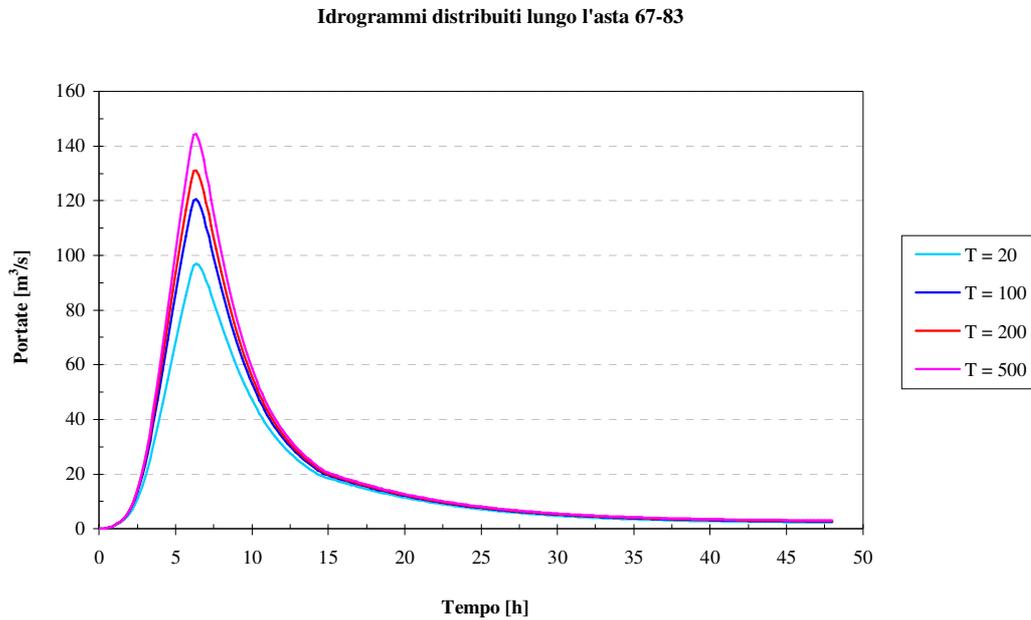
Le condizioni al contorno applicate sono le seguenti:

- portata per assegnato tempo di ritorno (20-100-200-500 anni) in ingresso a monte del tratto del corso d'acqua, nella sezione 83 come da figura seguente;

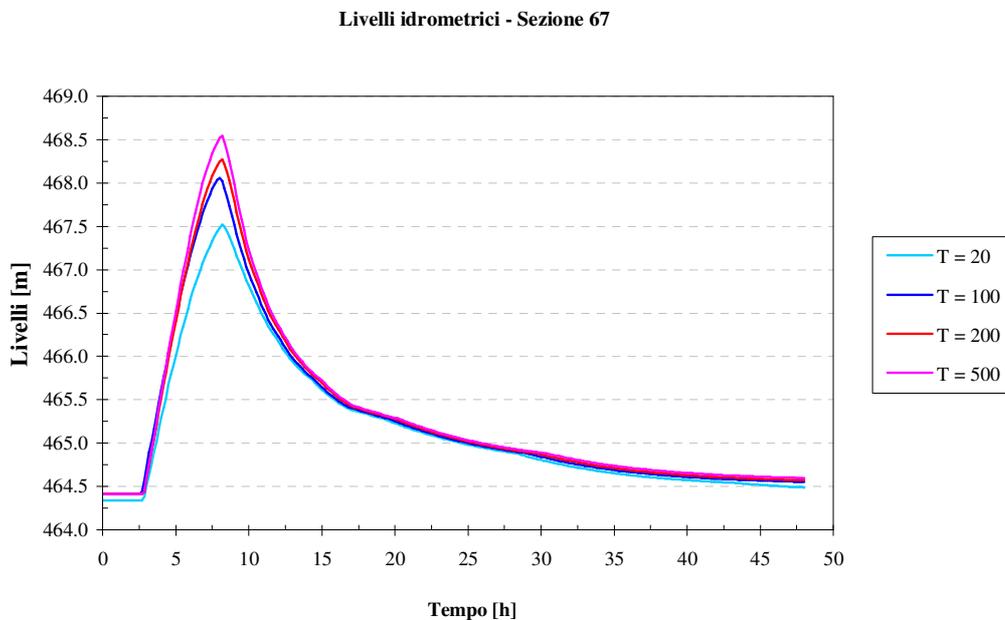
Fig. 20. Idrogramma concentrato in ingresso alla sezione di chiusura 83 per assegnato tempo di ritorno.



- idrogramma uniformemente distribuito lungo tutto lo sviluppo del tratto in esame presentato in figura seguente;

Fig. 21. Idrogramma distribuito lungo il tratto 67-83 per assegnato tempo di ritorno

- livelli idrometrici per assegnato periodo di ritorno ricavati dalla simulazione del precedente tratto 1-54 e imposti come condizione idrometrica di valle alla sezione 54, come da figura seguente;

Fig. 22. Livelli idrometrici alla sezione 48

I risultati della simulazione sono presentati in Appendice nelle tabelle e nei profili di corrente tratti dagli output di Mike11.

5.3.4 Delimitazione delle aree allagabili

Il comportamento in piena del torrente Grana-Mellea è condizionato dalle due porzioni fisiografiche distinte del bacino: la porzione montana e la porzione di pianura che trasla verso valle la piena laminando i picchi a causa delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo fluviale, che tende in piena ad occupare ampie zone sul piano campagna.

Il torrente Grana-Mellea è caratterizzato da un alveo inciso tale da determinare un rischio di allagamento per le aree limitrofe solo nel corso dei massimi eventi di piena di progetto, situazione aggravata dai numerosi attraversamenti presenti lungo il tratto fluviale che, risultando prevalentemente non verificati dal punto di vista idraulico, creano un marcato effetto di rigurgito nelle sezioni a monte delle strutture stesse, contribuendo ad un maggiore allagamento delle aree circostanti.

Questa situazione morfologica richiede, in fase di tracciamento delle aree di esondazione, particolare attenzione ad aree anche relativamente distanti dal corso d'acqua, soprattutto in prossimità degli insediamenti industriali e residenziali.

Per il tracciamento di queste aree esondabili, sono stati utilizzati i livelli idrometrici risultanti dalla simulazione monodimensionale presentati in Appendice. Nelle sezioni in grado di contenere la portata transitante, il modello Mike11 fornisce come output la larghezza massima del pelo libero e la sua quota rispetto alle sponde del corso d'acqua.

Si è prestata inoltre particolare attenzione all'assetto morfologico per l'eventuale attivazione di paleoalvei o per locali esondazioni in punti intermedi alle sezioni rilevate, di particolare importanza presso i centri abitati.

Non si è proceduto alla delimitazione delle aree allagabili per l'effetto di una rotta arginale in quanto le uniche difese spondali caratterizzate dalla presenza di un modesto rilevato spondale, situate nel centro abitato di Savigliano, svolgono una funzione di contenimento delle piene del tutto insufficiente (come dimostrato anche durante eventi di piena verificatisi in passato) sia perchè di sviluppo longitudinale ridotto e sia perchè di scarsa consistenza.

Nel seguito viene descritta la situazione dei tratti fluviali compresi fra le relative sezioni di chiusura, analizzando le aree soggette ad allagamento con particolare riguardo ai centri abitati.

5.3.4.1 Tratto compreso fra le sezioni di chiusura 1-54

Nel tratto di valle del torrente Grana-Mellea, immediatamente a monte della confluenza con il torrente Maira, sono presenti i due ponti A001 ed A002 che presentano

caratteristiche sufficienti al deflusso della piena cinquecentennale e non causano effetti di rigurgito rilevanti.

Le sezioni a monte del rilevato ferroviario A003 sono molto allargate sul piano campagna determinando una forte laminazione del colmo di piena: si ha infatti un allargamento delle aree esondabili prevalentemente in sponda destra dove il piano campagna è caratterizzato da quote decrescenti.

La delimitazione delle aree di esondazione ha messo in evidenza la criticità di alcune situazioni locali in particolare nel centro abitato di Savigliano nel settore in sinistra orografica subito a valle del ponte ferroviario A007 (area residenziale di Borgo Marene) e in destra orografica subito a monte del ponte di Via O. Moreno (A006) nel settore degli insediamenti commerciali e produttivi (area fieristica).

I risultati ottenuti evidenziano in particolare come la condizione di rigurgito indotta dai ponti sia molto critica a Savigliano, sia come entità del sopralzo, sia come lunghezza del relativo profilo di rigurgito.

Merita porre in evidenza il ponte di Via Moreno (luce netta 16m e altezza massima 4m circa) nel centro dell'abitato di Savigliano, che risulta essere addirittura tracinato dalla piena cinquecentennale: infatti il livello idrico di piena sul ponte è superiore di 0.6 m alla quota rilevata del piano stradale.

Anche il ponte ferroviario A007 nel caso di deflusso della piena con tempo di ritorno $T=500$ anni risulta tracinato con un battente di 0.5m circa.

Subito a monte dell'abitato di Savigliano è presente la traversa di derivazione del canale Fiat Ferroviaria (D012) che innalza i livelli a monte con quota a circa 326.5 m s.m.: tale livello determina esondazione sia in sponda sinistra che destra, con conseguente allagamento del piano campagna.

Per quanto riguarda la piena con tempo di ritorno $T=20$ anni le principali differenze si osservano nel tratto urbano poiché risultano minori gli effetti di innalzamento dei livelli indotti dai ponti; in particolare i ponti A007 e A006 non vengono sorpassati sebbene risultino ancora notevolmente impattati.

Un'ulteriore criticità al deflusso della piena cinquecentennale si riscontra in corrispondenza dell'attraversamento A010 (Via Mellea presso Genola) che a causa delle dimensioni geometriche ridotte determina l'allagamento di tutta la zona a monte.

Anche l'attraversamento A013, seppur non scavalcato dalla piena cinquecentennale, determina un forte rigurgito a monte tale da interessare l'abitato di Levaldigi.

5.3.4.2 Tratto compreso fra le sezioni 54-67

In questo tratto è presente un solo attraversamento critico in corrispondenza della strada Centallo-Tarantasca, che viene scavalcato dalla piena cinquecentennale con un battente di circa 0.4 m estendendo l'area di esondazione ad una parte dell'abitato di Centallo.

A monte dell'abitato di Centallo le aree di esondazione risultano essere meno estese e prevalentemente localizzate in sponda destra.

5.3.4.3 Tratto compreso fra le sezioni 67-83

L'ultimo tratto del torrente Grana-Mellea esaminato in questo studio presenta, particolarmente nella zona a monte, un alveo inciso molto approfondito accompagnato dalla presenza di terrazzamenti che permettono il contenimento delle portate di piena corrispondenti ai diversi tempi di ritorno.

Le uniche aree interessate ad allagamento sono localizzate nel tratto a valle della sezione 71 dove i livelli del pelo libero sono determinati dal forte rigurgito provocato dall'attraversamento A017 per C.na Marcellina a S. Benigno: il centro abitato risulta essere interessato sia dalla piena duecentennale, sia dalla piena con tempo di ritorno $T = 500$ anni.

5.4 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO ATTUALE

5.4.1 Metodologia utilizzata e richiamo delle attività collegate

Il rischio idraulico attuale è stato quantificato combinando i fattori di *Pericolosità*, *Valore* e *Vulnerabilità* ovvero *Pericolosità* e *Danno* degli elementi a rischio. Attraverso lo strumento ArcView ed a partire da mappe georeferenziate di aree di esondazione/pericolosità (derivate dallo studio idraulico) e di valore/vulnerabilità (derivate dall'analisi socio-economica) sono state infatti costruite le mappe georeferenziate di *rischio* idraulico.

Rispetto a quanto esposto nella metodologia contenuta nel capitolo relativo alla socio-economia, alla quale rimandiamo, occorre qui approfondire il concetto di *Pericolosità*, necessario alla definizione del *rischio* idraulico.

La **Pericolosità** dell'evento di tempo di ritorno T (anni), rappresenta la probabilità composta di non superamento che esso si manifesti nel corso di un periodo temporale prefissato t (anni), è stata calcolata secondo l'espressione:

$$P(\text{Pericolosità}) = 1 - (1 - 1/T)^t$$

dove t , assunto pari a 50 anni, rappresenta, nel nostro caso, l'orizzonte temporale di riferimento per la pianificazione.

Fissato quindi per ogni tempo di ritorno lo stesso valore di t , sono state individuate le seguenti 4 classi di pericolosità:

Tabella 19. Classi di pericolosità utilizzate

	t = 50anni			
T (anni)	20	100	200	500
1/T	0.05	0.01	0.005	0.002

1-1/T	0.95	0.99	0.995	0.998
Pericolosità	0.92	0.39	0.22	0.10

Nel caso particolare in cui la valutazione del rischio di esondazione sia conseguente a crollo del rilevato arginale sarebbe necessario considerare, a rigore, la probabilità congiunta dell'evento idrologico (nel caso specifico $T_r = 100$ anni), e del crollo del rilevato arginale; poiché i due eventi non sono indipendenti la probabilità che essi accadano contemporaneamente è data dal prodotto della probabilità incondizionata dell'evento idrologico centenario per la probabilità condizionata dell'evento di crollo, ovvero la probabilità che l'altro evento accada dopo che si è verificato il primo.

Poiché non è praticamente possibile valutare la probabilità congiunta dei due eventi, ne è stata effettuata una stima qualitativa in funzione delle informazioni disponibili. Si sono formulate cioè ipotesi di bassa, media ed alta probabilità di collasso arginale in concomitanza di un evento di piena centenario, associando ad essa i valori rispettivamente di 0,25, 0,50 e 0,75 in funzione delle possibili modalità di collasso. In altre parole, se nel punto di ipotetica rottura la piena centenaria dà origine in condizioni attuali a sormonto, si è attribuito all'evento congiunto una probabilità elevata (0.75) di verificarsi, mentre se in condizioni attuali la piena centenaria risulta contenuta senza franco ovvero con un franco apprezzabile si è attribuito all'evento rispettivamente una probabilità media (0.5) e bassa (0.25) di verificarsi. Il prodotto della probabilità così valutata per la probabilità dell'evento centenario fornisce nei vari casi la probabilità congiunta dell'evento di crollo, quindi le seguenti possibili 3 classi di pericolosità:

Tabella 20. Classi di pericolosità utilizzate per l'evento di crollo arginale

t = 50 anni			
T (anni) = 100			
P (evento idrologico centenario) = 0,01			
P (crollo argine) =	Bassa 0.25	Media 0.50	Alta 0.75
P (composta) =	0.0025	0.005	0.0075
Pericolosità =	0.118	0.222	0.314

In generale, attraverso lo strumento ArcView ed a partire dalla mappa delle esondazioni, è stato assegnato ad ogni porzione di territorio delimitata come area di esondazione di tempo di ritorno T o conseguente a crollo arginale, la classe di pericolosità corrispondente. Per le stesse aree l'analisi socio-economica forniva la *vulnerabilità* in funzione del tirante idraulico e il *valore*. Noto quanto sopra è stato possibile, sulla base delle indicazioni relative alle quote assolute del pelo libero e del piano campagna, determinare il *danno*

atteso associato a quell'elemento a rischio ed a quel tempo di ritorno. Moltiplicando infine questo per la pericolosità dell'evento corrispondente si è ottenuto il *rischio* idraulico relativo.

Sulla base dei risultati del censimento dei beni storico-architettonici e delle aree di vincolo naturalistico e paesaggistico ed in relazione all'estensione delle aree di esondazione di diverso tempo di ritorno è stata infine effettuata un'analisi di tipo descrittivo del rischio associato agli elementi richiamati sopra, di supporto alla successiva attività di perimetrazione delle fasce fluviali e di definizione delle opzioni d'intervento.

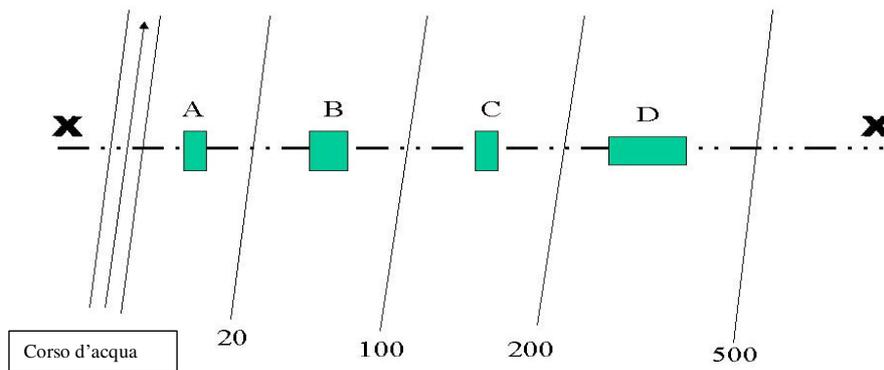
5.4.1.1 Criteria utilizzati per la valutazione del tirante idrico rispetto al p.c. nelle aree di esondazione

La valutazione del tirante idraulico a rigore deriva dal confronto tra i livelli relativi a ciascun evento di esondazione di dato tempo di ritorno e la realtà topografica locale. L'opportunità di non frammentare eccessivamente le aree a cui riferire l'analisi socioeconomica e quella del rischio idraulico ha suggerito però di aggregare porzioni di territorio alle quali potesse essere assegnato un tirante medio omogeneo e di disegnarle sulla base dei limiti di esondazione già determinati nel corso dell'analisi idraulica.

La valutazione del tirante idrico rispetto al piano campagna è stata quindi effettuata con riferimento a tronchi fluviali ritenuti indicativamente omogenei dal punto di vista dell'andamento delle esondazioni. A ciascun tronco fluviale omogeneo, è stato attribuito un valore del tirante idrico di riferimento di assegnato tempo di ritorno caratterizzante l'esondazione delle aree interessate.

In altre parole il territorio a rischio è stato suddiviso trasversalmente in quattro bande:

- banda A: interna all'area di esondazione $T = 20$ anni;
- banda B: interna all'area di esondazione $T = 100$ anni ma esterna all'area di esondazione $T = 20$ anni;
- banda C: interna all'area di esondazione $T = 200$ anni ma esterna all'area di esondazione $T = 100$ anni
- banda D: interna all'area di esondazione $T = 500$ anni ma esterna all'area di esondazione $T = 200$ anni.

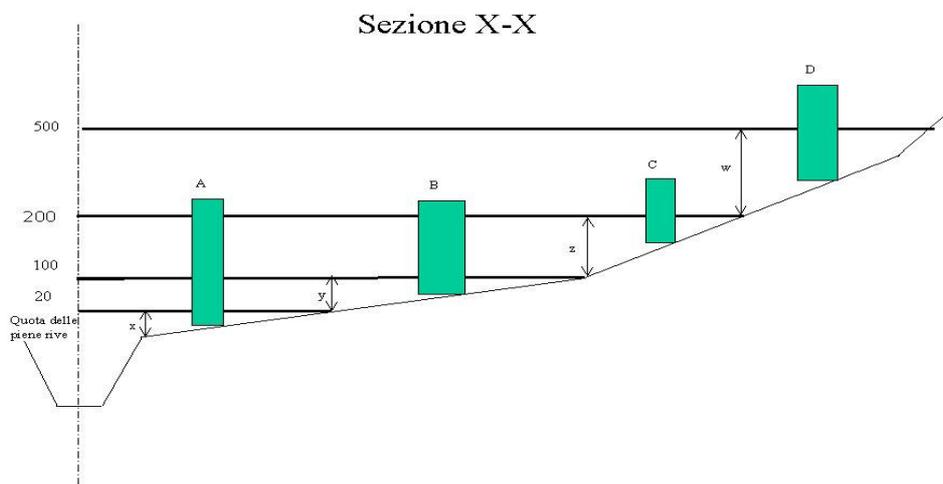
Fig. 23. Suddivisione del territorio di bande

La suddivisione in bande coincidenti con i limiti di esondazione relativi a diversi tempi di ritorno consente di avere una adeguata rappresentazione della variabilità trasversale del tirante, senza parcellizzare eccessivamente l'area di studio, e mantenendo una forte relazione con i risultati dell'analisi idraulica (livelli idrici e tempi di ritorno).

La definizione delle aree omogenee dal punto di vista del tirante e l'assegnazione a ciascuna di esse dei valori del tirante stesso, è stata effettuata confrontando i livelli idrici H20, H100, H200, e H500 relativi a ciascuna sezione e ad eventi con diverso tempo di ritorno; considerato quindi:

- $x = H_{20} - H_{sr}$, tirante idrico per $T=20$ anni riferito alla sommità delle rive;
- $y = H_{100} - H_{20}$, incremento del tirante idrico tra $TdR = 100$ e 20 anni;
- $z = H_{200} - H_{100}$, incremento del tirante idrico tra $TdR = 200$ e 100 anni;
- $w = H_{500} - H_{200}$, incremento del tirante idrico tra $TdR = 500$ e 200 anni,

Fig. 24. Elementi per la determinazione dei tiranti idrici



per ciascuna sezione si avrà (in funzione del tempo di ritorno, TdR):

TdR	Banda A	Banda B	Banda C	Banda D
500	$w+z+y+x$	$w+z+y$	$w+z$	w
200	$z+y+x$	$z+y$	z	-
100	$y+x$	y	-	-
20	x	-	-	-

ovvero, con h_{XXX} =altezza assoluta del livello idrico con $T=XXX$ anni e h_{sr} quota di sommità rive:

TdR	Banda A	Banda B	Banda C	Banda D
500	$h_{500}-h_{sr}$	$h_{500}-h_{20}$	$h_{500}-h_{100}$	$h_{500}-h_{200}$
200	$h_{200}-h_{sr}$	$h_{200}-h_{20}$	$h_{200}-h_{100}$	-
100	$h_{100}-h_{sr}$	$h_{100}-h_{20}$	-	-
20	$h_{20}-h_{sr}$	-	-	-

Vengono in questo modo individuati per ogni corso d'acqua tanti valori x , y , z , w quante sono le sezioni trasversali.

Per come sono stati calcolati, i suddetti valori x , y , z e w rappresentano, fissata la sezione ed il tempo di ritorno, il massimo tirante presente su ciascuna "banda" (A, B, C o D), il che ha comportato una valutazione del danno a favore di sicurezza.

La suddivisione (stavolta trasversale al corso d'acqua) delle bande sopra descritte in aree caratterizzate da valori omogenei del tirante medio avviene in modo diretto, identificando

tratti fluviali omogenei per mezzo dell'osservazione dei livelli idrici presenti in sezioni di calcolo consecutive ed assegnando ad essi i valori medi delle grandezze x , y , z , w rappresentativi del tratto fluviale considerato.

I valori medi del tirante così individuati sono serviti da input per le analisi socioeconomiche descritte al capitolo successivo: sulla base di essi è stata stimata la vulnerabilità legata a ciascun evento simulato e quindi l'entità del danno degli elementi a rischio (areali, lineari e puntuali).

5.4.1.2 Calcolo del massimo rischio idraulico attuale e sua rappresentazione

Per il calcolo del rischio sono state combinate le elaborazioni relative alla socio-economia e quelle relative all'idraulica, in modo tale da poter associare ad ogni elemento a rischio un valore della *pericolosità* in funzione della sua posizione all'interno delle diverse aree di esondazione.

Il *danno* stimato per ogni elemento (ovvero la composizione del suo *valore* con la sua *vulnerabilità* all'evento simulato) è stato quindi moltiplicato per la *pericolosità* associata ad esso e quindi per ogni elemento è stato calcolato il *rischio* per un dato tempo di ritorno. In questo modo per ogni elemento sono stati calcolati 4 valori del *rischio* idraulico attuale.

Ad esempio, indicate le grandezze coinvolte con le loro iniziali e mettendo a pedice il tempo di ritorno considerato per l'evento, per l'area generica "k" si avrà:

$$R_{k,20} = D_{k,20} * P_{20}$$

$$R_{k,100} = D_{k,100} * P_{100}$$

$$R_{k,200} = D_{k,200} * P_{200}$$

$$R_{k,500} = D_{k,500} * P_{500}$$

poiché il *rischio* contiene il sé il riferimento al tempo di ritorno per mezzo della *pericolosità* (è, potremmo dire, adimensionalizzato rispetto alla frequenza dell'evento), il *rischio* da considerare per l'area omogenea generica "k", sarà il massimo dei *rischi* calcolati negli scenari relativi a eventi con diversi tempi di ritorno.

Per una immediata leggibilità dei risultati sono state quindi individuate quattro classi di rischio, opportunamente scaglionate, nelle quali far ricadere ciascuna "area omogenea rispetto al rischio" sulla base del *massimo dei rischi* che la caratterizza.

L'ampiezza delle 4 classi di *rischio* massimo utilizzate per la rappresentazione cartografica è stata stabilita tenendo conto dell'andamento della *pericolosità* in funzione del tempo di ritorno, ovvero adottando ampiezze di classe tanto più ridotte quanto più sono modesti i valori del *rischio* massimo calcolati.

Sono state quindi adottate le seguenti classi di rappresentazione:

1^a classe $0 \leq \text{rischio massimo} < 3.5$ (basso)

2^a classe $3.5 \leq \text{rischio massimo} < 7$ (medio)

3^a classe $7 \leq \text{rischio massimo} < 15$ (elevato)

4^a classe $15 \leq \text{rischio massimo} < 40$ (molto elevato)

I risultati sono stati rappresentati nella carta del “Rischio massimo” (scala 1:10000).

La rappresentazione sulla carta del *rischio* è stata effettuata tenendo unicamente conto del valore del rischio associato agli elementi areali. La distinzione della tipologia di tutti elementi a rischio ed il relativo valore di *rischio* stimato è stata tuttavia mantenuta a livello di tabelle che forniscono pertanto le informazioni raccolte ed elaborate in maniera completa.

5.4.2 Caratterizzazione del rischio idraulico attuale

Il Torrente Grana – Mellea, nel tratto compreso tra l’attraversamento della S.S. 22 della Val Magra a Caraglio e l’attraversamento della strada per Borghetto, presenta aree esondabili piuttosto ristrette rispetto alla dimensione dell’alveo con il limite delle esondazioni relative ai tempi di ritorno 100 e 200 anni praticamente coincidenti.

Procedendo verso valle, fino al centro abitato di Centallo, le aree esondabili per tempi di ritorno 100, 200 e 500 anni tendono ad allargarsi mentre quelle relative ad eventi ventennali restano quasi sempre contenute nell’alveo inciso o al più interessano settori golenali molto prossimi ad esso.

Tra Caraglio e San Benigno le aree caratterizzate da valori del rischio appartenenti alla classe *molto elevato* sono limitate ad una piccola fascia contenuta nel perimetro delle aree esondabili per $Tr = 20$ anni e non interessano centri abitati; qualche fabbricato isolato ed un piccolo agglomerato di case situato in sinistra idrografica, all’altezza di San Benigno, sono invece esposti a rischio *basso*.

Tra San Benigno e Centallo i settori caratterizzati da rischio *molto elevato* aumentano a causa dell’allargamento dell’area esondabile per $Tr=20$ anni ed interessano la parte dell’abitato di quest’ultimo compresa in tale area.

Buona parte dell’abitato di Centallo è comunque compresa anche in aree a classe di rischio *basso* e alcuni fabbricati sono esposti a rischio *medio*.

Tutto il tratto di torrente Grana – Mellea compreso tra Centallo e l’ingresso nella città di Savigliano presenta aree esondabili pressoché omogenee con quelle interessate da eventi con tempo di ritorno 100 e 200 anni a volte coincidenti a causa della presenza di elementi morfologici del territorio che limitano l’espansione delle acque esondate in alcuni punti.

Tutta l’area esondabile per eventi con $Tr=20$ anni rientra nella classe di rischio *elevato* ma in essa ricadono solo alcune cascate a monte di Savigliano (Ceresetta, Braldabelli e Tettona) mentre non vi sono comprese aree urbanizzate.

Un numero maggiore di edifici sparsi lungo tutto il tratto sopra citato e soprattutto una larga parte dell’abitato di Levaldigi rientrano invece in aree a rischio *molto elevato* o *elevato*; tutto l’abitato di Levaldigi è comunque esposto a rischio *moderato*.

Anche parti degli agglomerati di C. Angelo Custode, Madonna di San Vito, C.na San Bernardo e Villa Storta, situati nel territorio comunale di Genola, sono esposti a rischio *molto elevato* o *elevato*.

Molto ampia è poi la parte di Savigliano interessata dalle esondazioni del Mellea che in questo tratto sono causate, oltre che dalla limitatezza della sezione d'alveo, anche dalla presenza di una serie di opere trasversali che ostacolano il regolare deflusso delle portate di piena.

Sono esposte rischio di categoria *molto elevato* o *elevato* alcuni quartieri residenziali della città, diversi insediamenti industriali e produttivi e numerose infrastrutture viarie.

Dopo aver oltrepassato Savigliano, fino alla confluenza nel T. Maira, le acque di esondazione del Mellea possono espandersi più facilmente, quindi le aree esondabili sono più estese (soprattutto quella con tempo di ritorno ventennale) e di conseguenza le fasce di territorio caratterizzate da valori di rischio *molto* o *elevato* sono più ampie ma in esse sono comprese solo poche cascate tra cui la più importante è C.na Rosalia.

La maggior parte delle infrastrutture esposte a rischio individuate nell'ambito dell'attività 4.6 è situata nel comune di Savigliano dove sono caratterizzate da valori di rischio *molto elevato* tratti della strada Savigliano – Genola e della Ferrovia Torino – Savona e lo stabilimento industriale della Fiat Ferroviaria.

Rientrano poi nella classe di rischio *elevato* altri tratti della rete viaria numerosi tronchi dell'acquedotto e della rete fognaria della città.

Altri elementi infrastrutturali esposti a rischio sono dislocati in tutti gli altri comuni interessati dalle aree di esondazione del Torrente Grana – Mellea ma nessuno di essi rientra nella classe di rischio *molto elevato*; quasi tutti gli attraversamenti della rete viaria e ferroviaria presenti rientrano comunque nella classe di rischio *elevato*.

Di seguito sono infine segnalate le emergenze naturalistiche e storico – culturali (individuate nell'ambito dell'attività 4.7) nei cui confronti porre maggiore attenzione, ovvero le emergenze con valori di giudizio più alto² localizzate nelle aree a rischio idraulico *elevato* o *molto elevato*:

Emergenze naturalistiche

- GM Sv 01 Area di rilevanza ambientale, sistema del verde nel comune di Centallo (CN).

valore dell'emergenza “alto”.

Emergenze storico – culturali

² IV classe = “alto” e V classe = “eccezionale” per le emergenze naturalistiche

IV classe = “buono” e V classe = “ottimo” per le emergenze storico-culturali.

Non sono state individuate emergenze con valori di giudizio “buono” o “ottimo” in aree a rischio elevato o molto elevato.

6. CARATTERISTICHE SOCIO – ECONOMICHE DELLE AREE SOGGETTE AD ESONDAZIONE

6.1 INTRODUZIONE

L'attività svolta ha avuto come finalità la valutazione delle attività socio-economiche funzionali alla valutazione del *rischio idraulico* nelle aree soggette a potenziale esondazione.

In maggior dettaglio, lo scopo dell'analisi è quello di fornire una valutazione parametrica del *valore* e della *vulnerabilità* delle aree potenzialmente inondabili e si pone quindi come attività intermedia tra la delimitazione delle aree potenzialmente inondabili per un dato tempo di ritorno e la valutazione del *rischio* connesso alla loro inondazione, entrambe trattate nel capitolo precedente. Le procedure già accennate in quel contesto vengono quindi qui riprese e approfondite.

Le grandezze utilizzate per l'analisi rimandano alle correnti definizioni di letteratura, che definiscono come *danno* la combinazione del *valore* dell'elemento a rischio in occasione di un dato evento di esondazione (normalizzato e comparabile con i valori degli altri elementi) con la *vulnerabilità* dello stesso (ovvero la porzione di valore che andrebbe presumibilmente persa in occasione di quel dato evento).

Nella presente relazione verranno analizzati gli aspetti insediativi rappresentati dalle aree urbanizzate ad uso abitativo, destinate ad attività produttive e ad uso agricolo. Verranno altresì effettuate valutazioni sulle infrastrutture ricadenti nelle aree potenzialmente esondabili quali: trasporti, viabilità, servizi idrici ed energetici.

6.2 RACCOLTA DATI

Sulla base della delimitazione delle aree allagabili definita nell'ambito dell'attività relativa all'analisi idraulica, sono stati individuati i comuni il cui territorio è interessato da fenomeni di esondazione (vedi allegati al presente capitolo, in appendice).

La prima fase dell'attività è stata svolta su base comunale, ovvero la raccolta di informazioni è stata estesa all'intero territorio dei comuni interessati da fenomeni alluvionali del corso d'acqua in esame. Sono stati individuati dati sia di tipo statistico sulla popolazione e sulle attività produttive dei comuni, sia dati di tipo spaziale riferite all'utilizzo del suolo, alla localizzazione di infrastrutture di rete o concentrate. Sono state pertanto definite quattro categorie di informazioni raccolte: informazioni statistiche, elementi areali, elementi lineari ed elementi puntuali.

6.2.1 Informazioni statistiche

Per tutti i comuni potenzialmente interessati da fenomeni alluvionali sono stati reperiti dati statistici sulla popolazione, sulle attività produttive agricole ed industriali, desunti da censimenti effettuati sull'intero territorio nazionale. Vengono di seguito descritti i dati raccolti a livello comunale in relazione al censimento da cui essi provengono.

6.2.1.1 Censimento della Popolazione e delle Abitazioni 1991

POPOLAZIONE RESIDENTE (Fonte ISTAT 1991)

La popolazione residente di ciascun comune è costituita dalle persone aventi dimora abituale nel comune e ivi presenti alla data del censimento e delle persone aventi anch'esse dimora abituale all'interno del comune ma che alla data del censimento risultavano assenti per uno dei seguenti motivi:

- emigrazione in altro comune o all'estero;
- servizio di leva, di richiamo alle armi, di volontariato;
- istruzione, noviziato religioso;
- ricovero in istituti di cura (massimo per due anni)
- detenzione in attesa di giudizio, condanna inferiore ai cinque anni;
- affari, turismo, breve cura, ecc.;
- servizio statale all'estero;
- missione fuori sede, compresa la frequenza di corsi di qualificazione professionale;
- imbarco su navi della marina militare e mercantile.

POPOLAZIONE RESIDENTE ATTIVA (Fonte ISTAT 1991)

La popolazione attiva è costituita dalle persone in condizione professionale, cioè da coloro che, nella settimana precedente il censimento, risultavano occupate o disoccupate alla ricerca di nuova occupazione e dalla popolazione in cerca di prima occupazione.

POPOLAZIONE RESIDENTE NON ATTIVA (Fonte ISTAT 1991)

La popolazione non attiva è costituita dalla popolazione in condizione non professionale depurata dalle persone in cerca di prima occupazione.

La popolazione in condizione non professionale è costituita:

- da tutti i bambini e ragazzi con meno di 14 anni;
- dalle persone in cerca di prima occupazione;
- dalle casalinghe;
- dagli studenti;
- dalle persone ritirate dal lavoro;
- dagli altri censiti in età da 14 anni e oltre che non rientrano nelle quattro voci precedenti, compresi coloro che stanno assolvendo gli obblighi di leva;

ABITAZIONI (Fonte ISTAT 1991)

Per abitazione si intende un insieme di vani, o anche un vano solo, destinato funzionalmente ad uso di alloggio, che dispone di ingresso indipendente su strada, pianerottolo, cortile, terrazza, ballatoio, e simili e che alla data del censimento è occupato o è destinato ad essere occupato da una famiglia o da più famiglie coabitanti.

6.2.1.2 Censimento dell'Industria e dei Servizi 1991

ADDETTI AGRICOLTURA (Fonte ISTAT 1991)

Addetti all'agricoltura, caccia, silvicoltura e pesca.

ADDETTI INDUSTRIA (Fonte ISTAT 1991)

Addetti all'industria.

ADDETTI COMMERCIO (Fonte ISTAT 1991)

Addetti al commercio.

ADDETTI ALTRE ATTIVITA' (Fonte ISTAT 1991)

Addetti ad altre attività.

ADDETTI ISTITUZIONI (Fonte ISTAT 1991)

Addetti alle istituzioni.

UNITA' LOCALI AGRICOLTURA (Fonte ISTAT 1991)

Rientrano nell'agricoltura: attività agricole, coltivazioni, allevamento e servizi connessi; caccia e silvicoltura; pesca; piscicoltura e servizi connessi.

UNITA' LOCALI INDUSTRIA (Fonte ISTAT 1991)

Rientrano nell'industria: estrazioni di minerali, attività manifatturiera di ogni tipo; produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua; costruzioni.

UNITA' LOCALI COMMERCIO (Fonte ISTAT 1991)

Rientrano nel commercio: commercio all'ingrosso e al dettaglio; riparazione di autoveicoli, motocicli e di beni personali e per la casa; alberghi e ristoranti.

UNITA' LOCALI ALTRE ATTIVITA' (Fonte ISTAT 1991)

Rientrano nelle altre attività: trasporti, magazzinaggio e comunicazioni; intermediazione monetaria e finanziaria; attività immobiliari, noleggio, informatica, ricerca, altre attività professionali e imprenditoriali.

UNITA' LOCALI ISTITUZIONI (Fonte ISTAT 1991)

Rientrano nelle istituzioni: pubblica amministrazione e difesa; assicurazione sociale obbligatoria; istruzione, sanità e altri servizi sociali; altri servizi pubblici, sociali e personali.

6.2.1.3 Censimento dell'Agricoltura (1990)

SUPERFICIE AGRICOLA TOTALE _ SAT (Fonte ISTAT 1990)

Area complessiva dei terreni dell'azienda destinati a colture erbacee e/o arboree, inclusi i boschi, la superficie agraria non utilizzata, nonché l'area occupata da parchi e giardini

ornamentali, fabbricati, terre sterili, canali, ecc. situati entro il perimetro dei terreni che costituiscono l'azienda.

SUPERFICIE AGRICOLA UTILIZZATA _ SAU (Fonte ISTAT 1990)

Insieme dei terreni investiti a seminativi, orti familiari, prati permanenti e pascoli, coltivazioni legnose agrarie e castagneti da frutto. Essa costituisce pertanto, la superficie investita ed effettivamente utilizzata in coltivazioni propriamente agricole.

GIORNATE DI LAVORO MANODOPERA (GLT) (Fonte ISTAT 1990)

Una giornata di lavoro agricola si riferisce a una prestazione lavorativa non inferiore ad 8 ore. Se il lavoro prestato giornalmente presso l'azienda è stato inferiore alle 8 ore si sono convertite le ore di lavoro complessive in giornate di 8 ore. Se, invece, le ore di lavoro giornaliero hanno superato le 8 ore non si è operata alcuna conversione.

6.2.1.4 5° Censimento Generale dell'Agricoltura (2000)

CAPI DI BESTIAME (Fonte ISTAT 2000)

Capi di bestiame presenti sul territorio comunale suddivisi in: bovini e bufalini, ovini e caprini, equini, suini.

6.2.1.5 Altri censimenti

ISTITUTI DI CURA PUBBLICI (Fonte ISTAT 1993)

Questa definizione si riferisce agli istituti pubblici generali, specializzati e psichiatrici ed agli ospedali gestiti da enti. Sono esclusi gli ospedali militari, infermerie delle carceri, ospedali psichiatrici giudiziari e gli istituti in cui l'attività prevalente è quella di ricovero e non di cura.

ISTITUTI DI CURA PRIVATI (Fonte ISTAT 1993)

Questa definizione si riferisce agli istituti privati generali, specializzati e psichiatrici.

UNITA' SCOLASTICHE (Fonte ISTAT 1993)

Viene riportato, per ciascun comune il totale delle unità scolastiche presenti nel territorio comunale.

6.2.2 Elementi areali

Si riferiscono ad informazioni caratterizzate da una distribuzione areale sul territorio. Tali informazioni riguardano in particolare l'uso del suolo.

E' stata utilizzata come base uniforme per l'intero territorio indagato un sistema informativo messo a punto dalla Commissione Economica Europea nel 1985 relativo alla attuale occupazione dei suoli dell'intero territorio comunitario. Tale sistema informativo è denominato **Corine** (Coordination of Information on the Environment) e nasce

dall'esigenza di conoscere in modo omogeneo lo stato dell'ambiente in Europa allo scopo di indirizzare i piani di intervento.

La metodologia utilizzata per la creazione della base di uso del suolo "Corine" si fonda sulla fotointerpretazione di immagini da satellite alla scala 1:100.000 e la loro digitalizzazione. L'unità minima cartografabile è stata fissata a 25 ettari, rappresentati alla scala 1:100.000 da una particella quadrata di lato pari a 5 cm (500 m).

La cartografia Corine presenta una legenda di tipo gerarchico a tre livelli per un totale di 44 classi al livello 3 (vedi allegati al presente capitolo). Il primo livello prevede la classificazione in territori artificializzati, agricoli, foreste ed ambienti seminaturali, zone umide e superfici d'acqua. Da queste prime grandi categorie si scende, per ognuna di esse, in un sottolivello in cui viene diversificata la tipologia delle aree classificate e da questo sottolivello si giunge ad una differenziazione di dettaglio.

La classe delle aree artificiali include tutte le zone urbanizzate, composte sia da tessuto urbano continuo (copertura maggiore dell'80%) che discontinuo (copertura tra il 50 l'80%), compresa la viabilità, gli aeroporti, gli spazi di pertinenza stradale o ferroviaria, le aree verdi di competenza urbana e le zone ricreative (campeggi, campi da golf, ippodromi, etc.), con esclusione dei nuclei abitativi sparsi. Le discariche e le aree estrattive sono state identificate come informazioni territoriali di notevole interesse.

Nella classe delle aree agricole, i seminativi identificano superfici coltivate regolarmente arate e generalmente sottoposte a rotazione, compresi i vivai, le colture orticole in terra o sotto copertura, gli impianti per la produzione di piante aromatiche o medicinali, le colture foraggere (prati artificiali). Le classi dei frutteti, composta da impianti puri o misti di alberi da frutto, compresi i nocioleti ed i castagneti da frutto e degli oliveti che includono piantagioni pure o miste a vite, sono state riunite nell'unica classe delle colture permanenti. Per la notevole importanza locale sono mantenute differenziate le risaie ed i vigneti.

I prati stabili includono zone per lo più pascolate ma anche periodicamente sfalciate, comprese le marcite, mentre la classe relativa alle aree agroforestali comprende colture annuali o pascoli sotto copertura di specie forestali.

Nella classe delle zone agricole eterogenee sono state inglobate le aree indifferenziate, corrispondenti alle colture annuali e permanenti associate, alle aree coltivate complesse, composte da mosaici colturali ed alle aree agricole e naturali ove le colture agrarie occupano una superficie compresa tra il 25 ed il 75%.

Per quanto concerne le aree boscate e seminaturali vi si trovano differenziati i boschi di latifoglie di conifere classificati tali allorché interessino almeno il 75% della superficie ed i boschi misti identificati quando non si verifica prevalenza di una delle due precedenti tipologie; vi sono compresi i pioppeti e gli eucalitteti. Quest'ultima circostanza non permette di differenziare gli impianti di forestazione produttiva, nè i rimboschimenti che risultano inglobati nella classe.

La classe di II livello relativa agli arbusteti include le aree caratterizzate da vegetazione arbustiva e cespugliosa, quali le brughiere (eriche, rovi, ginestre), le garighe (su terreni calcarei) e le macchie (su terreni silicei) ed i popolamenti di Pino Mugo; vi sono comprese

le formazioni derivanti da degradazione della foresta od al contrario da zone in rinnovazione.

La classe relativa ai pascoli si trova al I livello della legenda in virtù della sua importanza in ambiente montano, vi sono rappresentati i pascoli naturali e le praterie di alta quota.

Le aree nude propriamente dette sono rappresentate dalle rocce, che comprendono a loro volta le falesie. La classe delle sabbie comprende sabbie fluviali e costiere (dune e spiagge), compresi i ghiaioni dei corsi d'acqua, ambienti che possono risultare importanti rappresentando ecosistemi ben definiti legati a fasi pioniere (e spesso cicliche) di vegetazione. In questo livello, per l'importanza che rivestono in ambiente alpino, sono stati differenziati i ghiacciai.

Il livello delle "acque" è stato suddiviso in due sottoclassi le zone umide continentali che comprendono i corpi d'acqua localizzati ed interni e le acque in genere che comprendono i corsi d'acqua, i laghi, le lagune ed i mari.

A integrazione del Corine Land Cover sono state utilizzate informazioni provenienti dal dataset dei dati vettoriali tratti dalla **Carta Tecnica Regionale 1:10.000** della Regione Piemonte suddivisi per province. I dati sono organizzati nei seguenti livelli informativi:

- Limiti amministrativi
- Idrografia
- Strade
- Ferrovie
- Elettrodotti e funicolari
- Isolati uso del suolo
- Toponomastica

La georeferenziazione è in coordinate UTM; l'elissoide di riferimento adottato è INTERNATIONAL909, ED50 con proiezione UTM. Il collaudo del metodo di produzione del dataset è stato effettuato dalla Regione Piemonte - Pianif. Territoriale nel 1998.

Il dataset "Isolati" contiene la suddivisione del territorio regionale in porzioni con caratteristiche omogenee dal punto di vista dell'uso del suolo, denominate isolati. La delimitazione degli isolati è stata derivata da interpretazione degli elementi significativi presenti sulla CTR, mediante digitalizzazione manuale a video di elementi presenti sulle immagini raster utilizzate come sfondo e tramite selezione di dati vettoriali numerici originali. L'isolato è delimitato da strade, linee ferroviarie, corpi idrici, e in mancanza di questi, da altri elementi divisori quali recinzioni, muri, siepi. In base a questa definizione si sono utilizzati gli elementi della idrografia e quelli della viabilità per delimitare all'interno degli isolati gli ingombri dei corpi idrici areali e delle strade. Tali ingombri non contengono attributi. L'isolato può ricadere solo in un comune e deve sempre essere

collegato alla rete viaria. La minima superficie di territorio acquisita come isolato è di 2500-3000 mq.

I tipi di usi del suolo proposti sono stati così codificati:

''	Corpi idrici e ingombro stradale
A	Aree agricole e naturali
AE	Aree ad attività estrattiva
AR	Aree agricole e naturali miste ad aree residenziali
C	Cascine
IA	Altre infrastrutture
IR	Infrastrutture e impianti tecnologici
IT	Infrastrutture ed impianti per i trasporti
NC	Aree di incerta classificazione
P	Aree produttive
R	Aree residenziali
RP	Aree prevalentemente residenziali miste a produttivo

6.2.3 Elementi lineari

Si riferiscono ad informazioni distribuite linearmente sul territorio. Riguardano la viabilità principale (strade, autostrade, linee ferroviarie), infrastrutture di rete relative a servizi tecnologici (acquedotti, collettori fognari, gasdotti, elettrodotti).

Sono stati utilizzati i livelli informativi (Strade, Ferrovie, Elettrodotti e funicolari) provenienti dal dataset dei dati vettoriali tratti dalla **Carta Tecnica Regionale 1:10.000** della Regione Piemonte, fonte di dati descritta precedentemente per gli elementi areali. Il dataset contiene i grafi della viabilità regionale rappresentati da una serie di archi connessi fra loro e nodi (punti di intersezione fra gli archi). Anche in questo caso la georeferenziazione è in coordinate UTM; l'ellissoide di riferimento adottato è INTERNATIONAL909, ED50 con proiezione UTM.

La patrimonialità delle strade e la caratterizzazione delle stesse è definita secondo la seguente classificazione:

1	Autostrada
2	Strada statale
3	Strada Provinciale
4	Superstrada

Inoltre i dati vettoriali sono integrati da una tabella contenente la denominazione delle S.S. e autostrade.

Sono stati presi in considerazione anche i dati vettoriali sulla viabilità messi a disposizione dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Le ferrovie sono descritte con una tabella contenente la denominazione delle linee ferroviarie, presente nel dataset "CTR CTR speditiva 1:10.000". Vengono distinti i binari semplici e doppi, in galleria o no, per tutti gli elementi del grafo, ad eccezione dei tratti di diramazione in area di scalo.

La Regione Piemonte ha inoltre fornito i dati in forma vettoriale relativi alle reti idriche, suddivise in acquedotti di adduzione, di distribuzione e le reti di collettori fognari sull'intero territorio regionale. Ciascuno di tali elementi è descritto dal diametro della tubazione e dal tipo di materiale da cui è costituito.

6.2.4 Elementi puntuali

Si riferiscono ad informazioni concentrate sul territorio che rappresentano strutture notevoli di rilevanza socio-economica.

E' stata utilizzata come fonte per l'individuazione dei principali elementi puntuali il sistema informativo Corine (Coordination of Information on the Environment), già precedentemente descritto. Sono stati estratti come elementi puntuali le zone di estrazione, i cantieri, le discariche, gli aeroporti e le unità industriali o commerciali ricadenti all'interno dei comuni potenzialmente interessati da fenomeni alluvionali del corso d'acqua oggetto di studio.

La Regione Piemonte ha fornito la localizzazione delle principali discariche ricadenti all'interno dei comuni considerati nel presente studio e di tutti i depuratori sul territorio regionale con i relativi volumi annui smaltiti.

Non è stato possibile reperire la localizzazione delle infrastrutture ospedaliere e delle unità scolastiche, poiché non sembra esistere un sistema informativo di georeferenziazione di tali strutture.

6.3 ORGANIZZAZIONE DEI DATI

I dati di tipo statistico sulla popolazione e sulle attività produttive dei comuni e le informazioni di tipo spaziale (georeferenziate) riferite all'utilizzo del suolo, alla localizzazione di infrastrutture di rete o puntuali, sono stati elaborati ottenendo una base informativa georeferenzata collegata ad un catalogo informatizzato di immediata consultazione per i territori dei comuni interessati dagli eventi alluvionali.

6.3.1 Informazioni statistiche

I dati statistici ottenuti dai censimenti ISTAT relativi alle caratteristiche socio – economiche dei territori comunali considerati, sono stati raccolte in distinte tabelle formato .dbf collegate fra loro dal codice ISTAT e dal nome del Comune a cui i dati si riferiscono.

Nel dettaglio le informazioni catalogate sono le seguenti:

– Comuni.dbf:

Cod_ISTAT	codice Istat del Comune
Nome_Comun	nome del Comune
Area	superficie del Comune (in m ²)
Provincia	Provincia di appartenenza del Comune
Regione	Regione di appartenenza del Comune

– Allevamenti.dbf:

Cod_ISTAT	codice Istat del Comune
Nome_Comun	nome del Comune
bov_buf_t	numero totale di capi bovini e bufalini
suin_t	numero totale di capi suini
eq_t	numero totale di capi equini
ov_ca_t	numero totale di capi ovini e caprini
bov_buf_m	densità media di capi bovini e bufalini
suin_m	densità media di capi suini
eq_m	densità media di capi equini
ov_ca_m	densità media di capi ovini e caprini

– Manodopera agricola.dbf:

Cod_ISTAT	codice Istat del Comune
Nome_Comun	nome del Comune
SAT	superficie agricola totale
SAU	superficie agricola utilizzata
N_giorni_a	numero di giornate lavorative annuali

– Attività economiche.dbf:

Cod_ISTAT	codice Istat del Comune
Nome_Comun	nome del Comune

N_unità_lo	numero totale unità locali
N_addetti	numero totale di addetti
N_add_agr	numero totale addetti agricoltura
N_add_ind	numero totale addetti industria
N_add_comm	numero totale addetti commercio
N_add_ist	numero totale addetti istituzioni
N_add_altr	numero totale addetti altro
N_un_l_agr	numero totale unità locali agricoltura
N_un_l_ind	numero totale unità locali industria
N_un_l_comm	numero totale unità locali commercio
N_un_l_ist	numero totale unità locali istituzioni
N_un_l_alt	numero totale unità locali altro
– <u>Popolazione.dbf:</u>	
Cod_ISTAT	codice Istat del Comune
Nome_Comun	nome del Comune
P Res	numero totale residenti
P att	popolazione attiva
P non att	popolazione non attiva
– <u>Strutture pubbliche.dbf:</u>	
Cod_ISTAT	codice Istat del Comune
Nome_Comun	nome del Comune
Is_cura_pu	numero istituti di cura pubblici
Is_cura_pr	numero istituti di cura privati
U_scol	numero di unità scolastiche
– <u>Edifici.dbf:</u>	
Cod_ISTAT	codice Istat del Comune
Nome_Comun	nome del Comune
N_abit	numero totale di abitazioni

6.3.2 Elementi areali - Uso del suolo

Al fine di ottenere una copertura di uso del suolo sufficientemente dettagliata, è stata adottata come base uniforme di uso del suolo la copertura di “Corine Land Cover”, integrata con i dati vettoriali tratti dalla Carta Tecnica Regionale 1:10.000 della Regione Piemonte. Sono state così individuate cinque differenti categorie non più aggregate secondo criteri prettamente naturalistici, ma secondo criteri di carattere socio-economico.

Si è proceduto aggregando alcune classi presenti nella copertura “Corine” in cui sono state mantenute separate le aree urbanizzate residenziali dalle aree industriali, mentre sono state raccolte sotto un’unica dicitura tutte le tipologie di territori agricoli. Sono state altresì aggregate le aree incolte di diversa natura (foreste, pascoli, arbusteti, ecc.).

Dalle diverse categorie del dataset “Isolati” della Carta Tecnica Regionale del Piemonte sono state estrapolate quelle che individuano zone urbanizzate residenziali (AR, C, R); tali aree sono state utilizzate per integrare quelle provenienti dall’uso del suolo “Corine”. Il medesimo procedimento è stato effettuato per le aree produttive (categorie: AE, IR, P, RP).

In conclusione le categorie di uso del suolo adottate nel presente lavoro sono le seguenti:

- **Aree urbanizzate residenziali:** che comprende sia il tessuto urbano continuo che quello discontinuo, quali zone periferiche, case sparse e cascine.
- **Aree produttive:** che comprende sia le aree in cui sono presenti unità industriali o commerciali, sia aree soggette ad altri tipi di attività quali: zone di estrazione, aeroporti, discariche, cantieri ed impianti tecnologici in genere.
- **Aree a verde urbano:** che comprendono zone all’interno del tessuto urbano adibite a verde pubblico (parchi, cimiteri) e zone attrezzate per attività sportive o di svago.
- **Aree agricole:** che comprendo indistintamente tutti le zone agricole: sia terreni arabili irrigati che non irrigati. Sono inclusi in questa categoria tutte i terreni adibiti a colture permanenti (risaie, vigneti, frutteti, oliveti) e le praterie.
- **Aree incolte a vegetazione spontanea:** a questa categoria appartengono le foreste, le aree con vegetazione arbustiva o erbacea, le zone umide (paludi, torbiere, corpi idrici) nonché gli spazi aperti con poca o alcuna vegetazione.

A ciascuna di queste categorie è stato associato un *Cod_suolo* (riportato nella tabella che segue). Si evidenzia che le classi con *Cod_suolo* pari a 4 e 5 appartengono entrambe alla categoria “aree agricole” ma differiscono tra di loro per il valore comunale del rapporto tra la SAU (Superficie Agricola Utilizzata) e la SAT (Superficie Agricola Totale). Nei comuni in cui tale rapporto percentuale è risultato essere inferiore al 45% (generalmente zone montane), è stato associato alle aree agricole un codice di uso del suolo pari a 5, mentre nei comuni con un rapporto di superficie agricola utilizzata superiore a tale valore è stato associato alle aree agricole un codice di uso del suolo pari a 4.

Tabella 21. Legenda uso suolo

Cod_suolo	Tipo_suolo
1	Aree urbanizzate residenziali
2	Aree a verde urbano
3	Aree produttive
4	Aree agricole (SAU <= 45%)
5	Aree agricole (SAU >45%)
6	Aree incolte a vegetazione spontanea

La copertura di uso del suolo così elaborata è stata restituita in corrispondenza dei Comuni oggetto dell'indagine, specificando le seguenti informazioni:

Uso del suolo comunale elaborato.dbf:

Cod_suolo	categoria di uso del suolo
Tipo_suolo	uso suolo
Area	superficie (in m ²)
Cod_Istat	codice Istat del Comune di appartenenza
Nome_Comun	nome del Comune

6.3.3 Informazioni lineari

Le informazioni distribuite linearmente sui territori considerati, raccolte in base ai dati forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, dalle banche dati regionali e dallo studio delle carte tecniche regionali, sono state organizzate nelle seguenti tabelle associate a shapefile omonimi:

– Strade.dbf:

Lunghezza	lunghezza della strada (in m)
Tipo	tipo e numero della strada
Tratta	tratto coperto dalla strada
Descrizion	descrizione della strada (strada statale, autostrada, strada provinciale, superstrada)

– Ferrovie.dbf:

Lunghezza	lunghezza della ferrovia (in m)
Tipo	numero della linea ferroviaria
Tratta	tratto coperto dalla ferrovia
Descrizion	descrizione

– Elettrodotti metanodotti oleodotti.dbf:

Lunghezza	lunghezza del collettore (in m)
-----------	---------------------------------

Descrizion descrizione (elettrdotto/metanodotto/oleodotto)

6.3.4 Informazioni puntuali

Le informazioni puntuali, desunte dalle banche dati delle Regioni e dal Corine Land Cover, rappresentano strutture notevoli quali attività produttive, discariche, impianti di depurazione, aeroporti e cave. Tale informazione è stata strutturata nelle seguenti tabelle associate a shapefile omonimi:

– Unità industriali o commerciali.dbf:

Cod_Istat codice Istat del Comune di appartenenza
Nome_Comun nome del Comune

– Discariche.dbf:

Cod_Istat codice Istat del Comune di appartenenza
Nome_Comun nome del Comune

– Aeroporti.dbf:

Cod_Istat codice Istat del Comune di appartenenza
Nome_Comun nome del Comune

– Miniere e cantieri.dbf:

Cod_Istat codice Istat del Comune di appartenenza
Nome_Comun nome del Comune

6.4 METODOLOGIA DI ANALISI

La prima fase dell'attività è stata rivolta, come esposto nel dettaglio nei precedenti paragrafi, alla raccolta di informazioni statistiche e territoriali e alla loro sistematizzazione ed organizzazione. Il modello territoriale ottenuto è stato quindi dettagliato incrociandolo con i risultati dell'analisi idraulica, al fine di pervenire alla definizione di aree omogenee dal punto di vista del *danno* e del *rischio* potenziale per gli elementi esposti a rischio di alluvione. Successivamente si è provveduto ad elaborare i dati resi omogenei ed adeguati all'analisi socio-economica svolta con strumenti informativi territoriali.

Nel seguito viene in evidenziato dettaglio quali sono le relazioni tra le grandezze utilizzate e come esse concorrano a definire le porzioni di territorio poste a base dell'analisi. Ciò appare opportuno sia perché l'analisi di rischio, specie se condotta a grande scala e conseguentemente con minore dettaglio sui dati di base, risulta fortemente sensibile rispetto alla scelta dei parametri che la compongono, sia perché questo aiuta nella comprensione delle scelte adottate nell'individuazione degli elementi territoriali omogenei

a cui è stata riferita l'analisi. In questa descrizione non si potranno non richiamare elementi relativi al *rischio*, pertinenti al capitolo precedente, ma strettamente legati alla trattazione che viene qui svolta.

In forma funzionale si può scrivere:

$$\text{Danno} = \text{Valore} * \text{Vulnerabilità}$$

$$\text{Rischio} = \text{Danno} * \text{Pericolosità}$$

con:

$$\text{Valore} = f(\text{bene esposto})$$

$$\text{Vulnerabilità} = f(\text{bene esposto, caratteri idraulici dell'evento}) = 0 \div 1$$

$$\text{Pericolosità} = f(\text{frequenza dell'evento, orizzonte di previsione}) = 1 - (1 - 1/T)^t$$

dove T e t , entrambi espressi in anni, rappresentano rispettivamente il Tempo di Ritorno dell'evento e l'orizzonte temporale di riferimento per la pianificazione.

In generale quindi il *rischio* è così composto:

$$\text{Rischio} = f(\text{bene esposto, caratteri idraulici dell'evento, frequenza dell'evento, orizzonte di previsione})$$

Il valore numerico della *vulnerabilità* da associare ad ogni elemento a rischio è funzione sia della natura intrinseca del bene offeso (deperibilità per il contatto con l'acqua), sia della pericolosità dell'evento considerato in quanto, preso un elemento a rischio, la sua aliquota compromessa in seguito ad un allagamento può dipendere:

- dall'altezza raggiunta dall'acqua sul piano campagna (espresso come tirante idrico) che a sua volta è funzione dell'intensità o magnitudo dell'evento;
- da caratteristiche idrauliche quali la velocità di deflusso delle acque di inondazione (dinamica debole e/o forte del fenomeno);
- dal tempo di permanenza delle acque di alluvione (particolarmente per l'agricoltura e per le infrastrutture viarie).

Tuttavia, per studi del carattere di quello qui condotto si ritiene accettabile, per la quantificazione della vulnerabilità degli elementi a rischio, il solo effetto del tirante idrico sul p.c.. Semplificando quindi l'espressione funzionale del *rischio* diventa:

$$\text{Rischio} = f(\text{bene esposto, tirante idraulico, frequenza dell'evento, orizzonte di previsione})$$

6.4.1 Definizione degli elementi territoriali di base

L'analisi territoriale, come detto precedentemente, è stata finalizzata alla costruzione di un modello territoriale costituito da un GIS in cui sono stati associati tematismi di tipo puntuale, lineare ed areale a campi descrittivi alfanumerici che ne caratterizzano la tipologia e la consistenza. Tale analisi è stata svolta considerando come "area di indagine"

i territori dei comuni interessati dai fenomeni di esondazione o comunque quelli attraversati dai corsi d'acqua in studio. Sulla medesima area sono stati inoltre raccolti dati statistici (fonte ISTAT) relativi alla caratterizzazione socio economica dei territori in esame (popolazione, abitazioni, attività economiche, strutture pubbliche).

L'individuazione degli *elementi territoriali di base* a cui riferire la valutazione del *rischio* idraulico e del *danno* potenziale, si è successivamente basata sull'incrocio di tali tematismi con le aree soggette ad esondazione, suddivise in poligoni chiusi caratterizzati da valori costanti del tirante idrico in corrispondenza dei differenti tempi di ritorno considerati.

I dati così raccolti sono stati organizzati in shapefile, contenenti tutti gli elementi a rischio censiti sui territori interessati dagli eventi alluvionali. Tale archivio contiene nel dettaglio le seguenti informazioni:

– Elementi a rischio areali.dbf:

Cod_Istat	codice Istat del Comune di appartenenza
Nome_Comun	nome del Comune
Cod_suolo	categoria di uso del suolo (vedi paragrafo 3.1.2)
Tipo_suolo	uso suolo
Area	superficie (in m ²)
H_20	tirante idrico (tempo di ritorno 20 anni)
H_100	tirante idrico (tempo di ritorno 100 anni)
H_200	tirante idrico (tempo di ritorno 200 anni)
H_500	tirante idrico (tempo di ritorno 500 anni)
Cod_elem	codice distintivo dell'elemento

– Elementi a rischio lineari.dbf:

Cod_Istat	codice Istat del Comune di appartenenza
Nome_Comun	nome del Comune
Descrizon	descrizione dell'elemento (tipo di strada, ferrovia....)
Lunghezza	lunghezza dell'elemento
H_20	tirante idrico (tempo di ritorno 20 anni)
H_100	tirante idrico (tempo di ritorno 100 anni)
H_200	tirante idrico (tempo di ritorno 200 anni)
H_500	tirante idrico (tempo di ritorno 500 anni)
Cod_elem	codice distintivo dell'elemento

– Elementi a rischio puntuale.dbf:

Cod_Istat	codice Istat del Comune di appartenenza
Nome_Comun	nome del Comune
Descrizon	descrizione dell'elemento (sito produttivo, discarica, aeroporto,...)
H_20	tirante idrico (tempo di ritorno 20 anni)
H_100	tirante idrico (tempo di ritorno 100 anni)
H_200	tirante idrico (tempo di ritorno 200 anni)
H_500	tirante idrico (tempo di ritorno 500 anni)
Cod_elem	codice distintivo dell'elemento

A ciascuna delle categorie di beni esposti che costituiscono il modello territoriale è stato associato un parametro di *valore* normalizzato, in modo che esso fosse confrontabile con categorie differenti, e due diverse *vulnerabilità* (corrispondenti a potenziali percentuali di perdita del parametro di valore), queste ultime valutate in funzione del tipo di processo naturale, ovvero dell'intensità (valore del tirante idrico), che le può coinvolgere. Il prodotto del parametro di *valore* per le diverse *vulnerabilità* considerate ha fornito i valori del *danno* atteso associabile ad ogni categoria di bene esposto per ogni evento considerato.

Nel seguito viene fornita una descrizione dettagliata del metodo con il quale sono stati individuati gli elementi territoriali di base a cui è riferita la presente analisi.

Alla definizione delle *aree omogenee dal punto di vista del danno* (e del *rischio*) utilizzate nella procedura di analisi, concorrono altre aree omogenee connotate come segue:

- ***aree omogenee dal punto di vista dell'uso*** (insediamenti, attività o caratteristiche presenti); con questo tipo di suddivisione del territorio, rappresentata nella carta dell'uso del suolo, è possibile attribuire valori alle aree, correlando il tipo di uso del suolo al suo *valore normalizzato unitario* [Valore = f(bene esposto)]
- ***aree omogenee dal punto di vista delle grandezze idrauliche*** (quali il tirante o l'intensità dell'evento), identificate dall'analisi idraulica, ma inadeguate a fare valutazioni circa la *vulnerabilità*, in quanto essa è funzione anche dell'elemento a rischio [Vulnerabilità = f(bene esposto, caratteri idraulici dell'evento)].

Per disporre quindi di elementi geografici utili a valutare l'entità del *danno* e quindi del *rischio* è necessario fare una ulteriore suddivisione per identificare le:

- ***aree omogenee dal punto di vista del danno***, cioè dei parametri che determinano queste due grandezze (uso del suolo per il *valore*; ancora uso del suolo, ma anche grandezze idrauliche e tempo di ritorno dell'evento per la *vulnerabilità*); dato un evento, le aree omogenee dal punto di vista del *danno* (e del *rischio*) sono il massimo comune denominatore tra le due aree omogenee indicate sopra.

Quando non si disponga di scenari relativi a diversi tempi di ritorno e quindi diverse aree allagabili, a cui sono associate diverse *pericolosità* e diverse grandezze idrauliche, il *rischio* si otterrà semplicemente moltiplicando il *danno* ottenuto per ciascuna area con la

pericolosità dell'unico evento simulato; altrimenti occorrerà ripetere la procedura tante volte quanti sono gli eventi e riaggregare infine i risultati.

In SP 1.4 in particolare:

- le aree “iso-uso” derivano dall’indagine sulla tipologia dei beni presenti nelle aree sottoposte a pericolo di esondazione.
- le aree “iso-pericolosità” sono rappresentate dalle aree esondabili, in quanto sono in diretta relazione con il tempo di ritorno dell’evento che le produce.
- le aree omogenee dal punto di vista dei caratteri idraulici (aree “iso-tirante” in SP1.4) a rigore derivano dal confronto tra i livelli relativi a ciascun evento di esondazione di dato tempo di ritorno e la realtà topografica locale. L’opportunità di non creare una ulteriore zonizzazione indipendente del territorio, da mettere poi a massimo comun denominatore con le altre (iso-uso e iso-pericolosità), ha suggerito però di legare le porzioni di territorio iso-tirante ai confini esterni delle aree di esondazione relative a ciascun dato tempo di ritorno, rendendole così automaticamente sottomultipli di quelle iso-pericolosità. La procedura che ha reso possibile questa accortezza è descritta nel paragrafo 5.4.1.1 del precedente capitolo.

In definitiva si avranno per ogni area omogenea quattro valori di *danno* (legati a quattro valori del tirante, uno per ogni tempo di ritorno, eventualmente pari a zero) e quattro valori di *pericolosità* (legati ai diversi tempi di ritorno degli eventi di esondazione).

Quanto detto per le aree vale, mutatis mutandis, per gli elementi lineari (già omogenei dal punto di vista funzionale: strade, ferrovie, acquedotti,...): questi sono stati “tagliati” in modo che ciascun segmento risultante cadesse interamente in aree caratterizzate da un tirante idrico costante in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno.

Le suddivisioni sopra descritte non sono state ovviamente necessarie per gli elementi di tipo puntuale, ciascuno dei quali non può (per definizione geometrica) che essere interessato da un unico tirante per ogni dato evento.

La rappresentazione degli elementi così determinati è riportata nella “**carta dei beni a rischio**”, in quanto tutti gli elementi presenti sono caratterizzati dall’essere ciascuno internamente omogeneo rispetto ai parametri necessari al calcolo del *rischio* (e del *danno*); la produzione di questa carta è stata preferita a quella della “**carta del danno per assegnato tempo di ritorno**”, per privilegiare la rappresentazione dei dati di base (uso del suolo) rispetto a quella delle elaborazioni intermedie (*danno*).

Ritenendo a questo punto indispensabile un collegamento a quanto consegue a proposito del calcolo del *rischio*, diremo che moltiplicando ogni *danno* per la relativa *pericolosità* si otterrà il *rischio* associato ad un dato evento in una data area omogenea. Ad esempio, per l’area generica “k” si avrà:

$$R_{k,20} = D_{k,20} * P_{20}$$

$$R_{k,100} = D_{k,100} * P_{100}$$

$$R_{k,200} = D_{k,200} * P_{200}$$

$$R_{k,500} = D_{k,500} * P_{500}$$

poiché il *rischio* contiene il sé il riferimento al tempo di ritorno per mezzo della *pericolosità* (è, potremmo dire, adimensionalizzato rispetto alla frequenza dell'evento), il *rischio* da considerare per l'area omogenea generica "k", sarà il massimo dei *rischi* calcolati negli scenari relativi a eventi con diversi tempi di ritorno.

Per una immediata leggibilità dei risultati sono state quindi individuate quattro classi di rischio, opportunamente scaglionate, nelle quali far ricadere ciascuna "area omogenea rispetto al rischio" sulla base del *massimo dei rischi* che la caratterizza.

6.4.2 Valutazione delle grandezze coinvolte

Dopo aver definito il tipo di usi del suolo sui quali condurre l'analisi, è stata redatta la **tabella dei valori normalizzati unitari**: in essa a ciascuna tipologia di elemento a rischio viene associato il relativo *valore normalizzato unitario*: normalizzato in quanto deve rendere confrontabile il "valore" di elementi diversi (monetizzabili e non) e unitario in quanto riferito all'unità secondo la quale l'elemento è stato parametrizzato (ad. es., per gli elementi areali, la superficie).

Nella presente analisi il *valore* non rappresenta una grandezza economica, ma un peso che viene dato a ciascuna tipologia di beni a rischio relativamente alle altre. Le tabelle che seguono riportano i *valori normalizzati unitari* adottati:

Tabella 22. Valori normalizzati unitari

ELEMENTI AREALI	VALORE
Area urbanizzata residenziale	40
Area Produttiva	20
Area a verde urbano	12
Area agricola (Sau>45%)	7
Area agricola (Sau<45%)	6
Area incolta a vegetazione spontanea	2
ELEMENTI LINEARI	VALORE
Autostrada	40
Strada Statale	30
Strada Provinciale	20
Ferrovia	40
Acquedotto	20
Collettore fognario	20
Elettrodotto, metanodotto, oleodotto	20
ELEMENTI PUNTUALI	VALORE
Unità industriali e produttive	40
Aeroporto	40
Discarica	40
Miniere e cantieri	20
Impianti di depurazione	30

Allo stesso modo la vulnerabilità non rappresenta propriamente la perdita di valore del bene, quanto la sensibilità comune al verificarsi dell'evento che provoca il danneggiamento.

Di conseguenza, piuttosto che una funzione continua, si è scelto di introdurre due classi di vulnerabilità, relative l'una ad un evento "severo" (con tirante medio superiore o uguale ai 50 cm) e l'altra ad un evento "moderato" (con tirante medio inferiore ai 50 cm). Del resto, dati il carattere descrittivo dell'analisi di rischio idraulico in SP 1.4 e il fatto che, utilizzando un modello idraulico monodimensionale e/o quasi bi-dimensionale, non si conoscono le caratteristiche idrauliche della corrente sul piano campagna, si è ritenuto di considerare la dipendenza della vulnerabilità, oltre che dal tipo di uso del suolo, dal solo tirante idrico medio della corrente sul piano campagna.

Le tabelle che seguono riportano quindi i valori adottati:

Tabella 23. Vulnerabilità

ELEMENTI AREALI	SEVERO	MODERATO
Area urbanizzata residenziale	1.00	0.75
Area Produttiva	1.00	0.75
Area a verde urbano	0.75	0.50
Area agricola (Sau>45%)	1.00	0.50
Area agricola (Sau<45%)	1.00	0.50
Area incolta a vegetazione spontanea	0.50	0.25
ELEMENTI LINEARI	SEVERO	MODERATO
Autostrada	1.00	0.75
Strada Statale	1.00	0.50
Strada Provinciale	0.75	0.50
Ferrovia	1.00	0.75
Acquedotto	0.50	0.25
Collettore fognario	0.75	0.50
Elettrodotta, metanodotta, oleodotta	0.50	0.25
ELEMENTI PUNTUALI	SEVERO	MODERATO
Unità industriali e produttive	1.00	0.75
aeroporto	0.75	0.50
discarica	0.75	0.25
miniere e cantieri	0.75	0.25
impianti di depurazione	0.75	0.25

E' utile sottolineare che l'attribuzione dei valori alle variabili fin qui descritte non deriva da una valutazione diretta, quanto da un approccio comparativo. Nel concreto esse sono state determinate attraverso una procedura iterativa di:

1. attribuzione di valori e andamenti alle grandezze o alle funzioni *valore* e *vulnerabilità*,
2. scelta delle soglie sulla base delle quali suddividere in classi di rischio i risultati,
3. verifica della significatività dei risultati dell'analisi,
4. revisione dei valori, degli andamenti e delle classi,

fino ad ottenere una rappresentazione del rischio idraulico chiaramente esplicativa dell'importanza delle realtà coinvolte e della frequenza dei fenomeni.

Inoltre i dati statistici ottenuti dai censimenti ISTAT, relativi alle caratteristiche socio – economiche dei territori considerati, sono noti unicamente su base comunale e in alcuni casi sovracomunale. Si è pertanto tenuto conto di tali elementi solo indirettamente, attribuendo un valore maggiore ai territori urbanizzati e a quelli produttivi, ritenendo che su di essi vi sia una maggiore presenza di popolazione, attività produttive, strutture sociali, ecc.

Richiamando infine quanto fatto per il calcolo del rischio, ricorderemo che per quanto riguarda la *pericolosità*, adottando per l'orizzonte temporale della pianificazione t 50 anni, e per tempi di ritorno T , quelli utilizzati in SP 1.4 si ha:

Tabella 24. Pericolosità

T (anni)	20	100	200	500
Pericolosità	0.92	0.39	0.22	0.10

L'attribuzione dei valori alle variabili idrauliche (tirante idraulico) deriva invece, come si è detto, direttamente dall'analisi idraulica.

L'analisi effettuata è stata organizzata e riassunta in una tabella associata agli shapefile degli elementi a rischio contenente, tra l'altro, le seguenti informazioni:

- classe di danno per l'evento di tempo di ritorno 20 anni (D_20)
- classe di danno per l'evento di tempo di ritorno 100 anni (D_100)
- classe di danno per l'evento di tempo di ritorno 200 anni (D_200)
- classe di danno per l'evento di tempo di ritorno 500 anni (D_500)
- codice distintivo dell'elemento (Cod_elem)

Il prodotto finale delle valutazioni effettuate è rappresentato in sintesi sulla cartografia a scala 1:100.000, in cui è raffigurata la massima estensione dell'allagamento con la classificazione in due differenti classi di *danno*, medio alto (*danno* > 17) e medio basso (*danno* ≤ 17).

Le analisi socio-economiche effettuate, riferite agli elementi territoriali di base, sono poi state riportate in cartografia tematica in scala 1:10.000, descrittiva dell'uso del suolo.

7. CENSIMENTO DELLE EMERGENZE STORICO-CULTURALI, NATURALISTICHE ED AMBIENTALI

7.1 INTRODUZIONE E METODOLOGIA GENERALE

Le attività relative alle aree interessate dai fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua sono state condotte in base alle indicazioni metodologiche generali di seguito sintetizzate.

7.1.1 Aspetti naturalistici

7.1.1.1 Metodologia di dettaglio

Sono state considerate oggetto di indagine le aree di elevato interesse ambientale e naturalistico per le quali esistano provvedimenti amministrativi di tutela a livello statale e/o regionale, e/o di cui siano note segnalazioni da parte di enti di ricerca e/o associazioni protezionistiche.

È stata in primo luogo definita la tipologia delle aree da considerare nell'ambito dello studio, coerentemente con gli obiettivi dell'indagine stessa.

Sono state considerate in questo modo diverse tipologie di aree di particolare pregio naturalistico - ambientale che, per le caratteristiche geomorfologiche, floristico - vegetazionali, faunistiche ed ecosistemiche, costituivano motivo di interesse indipendentemente dalla presenza di uno specifico strumento legislativo di tutela.

Tali tipologie sono quelle di seguito indicate:

1. Parchi regionali (istituti e in via di istituzione)
2. Siti di interesse comunitario (SIC, SIN, SIR Direttiva 92/43/CEE e ZPS Direttiva 79/409/CEE)
3. Aree di rilevanza ambientale (bellezze d'insieme) individuate mediante il vincolo paesaggistico di cui alla ex L. 1497/39
4. Aree di rilevanza ambientale (sistema del verde) individuate dalle leggi regionali
5. Aree naturalistico - ambientali omogenee individuate dai Piani Paesistici.

Alcune di queste tipologie includono ovviamente areali in cui l'importanza naturalistica si accompagna anche all'importanza paesaggistica.

Parallelamente, si è quindi provveduto ad individuare e a prendere contatto con le Amministrazioni, gli Uffici, gli Enti e le Associazioni competenti nella gestione delle varie aree protette, al fine di raccogliere le informazioni bibliografiche e cartografiche relative alle aree considerate.

Oltre alle informazioni di carattere generale reperite a livello centrale (Ministero dell'Ambiente), la maggior parte delle notizie è stata reperita presso l'amministrazione regionale negli uffici preposti alla programmazione territoriale ed alla conservazione e gestione delle risorse naturali ed alle aree protette.

Successivamente al reperimento della cartografia e della bibliografia di settore si è proceduto all'analisi della stessa, al fine pervenire ad una conoscenza delle singole aree necessaria alla stesura delle schede descrittive e di valutazione della qualità ambientale.

Tali aree sono state quindi rappresentate in carta attraverso l'individuazione planimetrica della loro estensione, secondo quanto desunto dalle carte tematiche di riferimento nel corso dello studio.

Vengono di seguito descritte le schede di caratterizzazione e di gerarchizzazione utilizzate durante questa fase, nonché la metodologia utilizzata nella loro compilazione e nella redazione dei tematismi cartografici.

7.1.1.2 Caratterizzazione delle emergenze

I dati e le informazioni reperite sono state inserite nelle schede descrittive riportate nel paragrafo 3.5, redatte per le aree di interesse naturalistico individuate.

La scheda di caratterizzazione ed i criteri

La scheda è stata divisa in due parti: nella prima sono inserite informazioni di carattere geografico - amministrativo (denominazione dell'area, localizzazione geografica); nella seconda parte, oltre alla codifica, sono riportate informazioni relative alle normative di riferimento e all'ente gestore, alla descrizione fisica dell'area e degli elementi faunistico - vegetazionali presenti al suo interno.

Le aree di particolare pregio naturalistico, individuate secondo quanto precedentemente indicato, sono state riportate sulla cartografia tematica in scala 1:10.000 e 1:100.000, di sintesi, allegata al rapporto tecnico.

Le aree sono state riportate in cartografia attraverso l'indicazione planimetrica della loro estensione.

Nella carta di sintesi in scala 1:100.000 sono state riportate tutte le aree che appartengono alle due classi di giudizio di valore più alto (V = "eccezionale"; IV "alto"), come identificate nel successivo paragrafo.

Ad ogni area è stato attribuito un codice alfanumerico secondo il seguente schema:

- Sigla del corso d'acqua
- Sigla della tipologia
- Numero progressivo dell'emergenza.

Tipologia	Codice
Siti di Interesse Comunitario	Sc

Aree di rilevanza ambientale: bellezze d'insieme	Ar
Parchi regionali	Pr
Aree di rilevanza ambientale: sistema del verde	Sv
Aree naturalistico - ambientali omogenee	Ao

7.1.1.3 Gerarchizzazione delle emergenze

La valutazione qualitativa di ogni area di interesse naturalistico, precedentemente individuata, si basa essenzialmente sull'assegnazione di un punteggio differenziato ad una serie di descrittori della qualità ambientale.

Nell'ambito dello studio sono stati individuati quattro descrittori degli aspetti qualitativi naturalistici:

- Estensione dell'area;
- Naturalità dell'area;
- Valore culturale ed estetico;
- Sovrapposizione con altre aree.

I criteri di assegnazione del punteggio, basato su una scala di cinque valori, sono stati definiti attraverso l'individuazione di alcune classi dimensionali, nel caso dell'estensione dell'area (< 10 ha, 11 - 100 ha, 101 - 1000 ha, 1001 - 10.000 ha, > 10.000 ha), mentre nel caso degli altri descrittori sono state proposte delle scale dimensionali secondo la seguente scala di giudizio: bassa, medio - bassa, media, medio - elevata, elevata.

Il punteggio complessivo ottenuto attraverso la somma della valutazioni parziali è stato suddiviso in una scala numerica a cui è stato assegnato un giudizio di "valore naturalistico dell'area" (medio, medio-alto, alto, eccezionale).

I quattro giudizi associati al punteggio utilizzano una terminologia che esclude i termini *basso* e *medio - basso*, utilizzati in precedenza per i singoli descrittori analitici, in quanto non ritenuti idonei a definire un valore naturalistico per aree già ritenute in prima analisi delle "emergenze naturalistiche".

La scheda di gerarchizzazione ed i criteri

Per la valutazione degli aspetti qualitativi è stata predisposta una scheda sintetica in cui sono riportati i cinque criteri utilizzati per la valutazione della qualità ambientale e il punteggio totale che ogni area di interesse naturalistico ha conseguito.

I criteri o descrittori della qualità ambientale sono di seguito definiti.

Estensione nell'area

La dimensione di una determinata area è una caratterizzazione oggettivabile e strettamente collegata alla ricchezza di specie ed alla diversità di habitat.

Si può quindi supporre, in termini del tutto generali, ed a parità di alcune condizioni, che la qualità ambientale aumenti con le dimensioni.

Infatti, maggiori sono le dimensioni dell'unità ambientale e più elevato potrà, in linea generale, risultare il numero di specie ed il numero di habitat presenti, inoltre, a più elevate dimensioni superficiali corrisponde anche una maggiore probabilità di trovare elementi di interesse nell'unità ambientale (cfr. Malcevski, 1991).

Per la valutazione di questa componente della qualità ambientale sono state considerate cinque classi e ad ognuna è stato assegnato il seguente punteggio:

< 10 ha = 1

11 - 100 ha = 2

101 - 1000 ha = 3

1001 - 10.000 ha = 4

> 10.000 ha = 5

Naturalità

Il concetto di naturalità descrive il grado delle influenze antropiche che influenzano o hanno influenzato un determinato comprensorio o una determinata unità ambientale.

Un'elevata naturalità di un comprensorio può essere espressa in termini di assenza di perturbazioni di origine antropica (assenza di insediamenti e di attività umane).

Nel complesso, ad una maggiore naturalità corrisponde una più elevata qualità ambientale.

La valutazione di questa componente della qualità ambientale è stata effettuata attraverso cinque classi di giudizio:

- bassa naturalità o elevato grado delle influenze antropiche = 1
- medio - bassa naturalità o grado medio - alto delle influenze antropiche = 2
- media naturalità o grado medio delle influenze antropiche = 3
- medio - alta naturalità o grado medio - basso delle influenze antropiche = 4
- alta naturalità o grado basso delle influenze antropiche = 5

Valore culturale ed estetico

La qualità ambientale di un'area è anche determinata dall'importanza che l'area può svolgere sul piano culturale ed estetico (Malcevski, 1991).

Inoltre, una determinata area può ospitare, oltre ad elementi rappresentativi della naturalità, anche elementi facilmente fruibili dal pubblico, resi accessibili attraverso sentieri e punti di osservazione e comprensibili attraverso pannelli esplicativi, guide e musei; tutto ciò necessariamente determina un maggiore valore dell'area sotto l'aspetto strettamente didattico e culturale e qualitativo generale.

La valutazione del valore culturale ed estetico è stata svolta attraverso l'utilizzo di tre livelli di giudizio:

- grado basso di presenza di specie o elementi di pregio culturale ed estetico e loro fruibilità = 1
- grado medio di presenza di specie o elementi di pregio culturale ed estetico e loro fruibilità = 2
- grado alto di presenza di specie o elementi di pregio culturale ed estetico e loro fruibilità = 3

Sovrapposizione con le altre aree

Il numero di aree a forte rilevanza naturalistico - ambientale (tipologicamente differenziate) che si sovrappongono sullo stesso ambito territoriale, numero inteso come numero dei provvedimenti di tutela che insistono sullo stesso territorio, può essere considerato come un indicatore delle motivazioni che hanno giustificato l'imposizione di un regime di tutela e quindi, indirettamente, del valore dell'area.

Le classi di giudizio rappresentative sono quindi tre:

- media (presenza di una sola area);
- alta (presenza di due aree);
- elevata (presenza di più di due aree).

Il termine *basso* è escluso dalle classi di giudizio, in quanto anche la presenza sul territorio di una sola area ambientale ha già valore naturalistico per essere definita "emergenza naturalistica".

Scala nel punteggio del valore naturalistico

Il valore naturalistico complessivo per ogni area è composto attraverso la somma dei punteggi parziali assegnati ad ogni criterio descrittore della qualità ambientale.

L'indice risultante e l'algoritmo utilizzato è del tipo:

$$VN = \sum cq$$

dove VN = valore naturalistico e cq = componente o descrittore della qualità ambientale.

I punteggi ottenuti per ogni area d'interesse, compresi tra un minimo di 1 ed un massimo di 16, sono stati suddivisi in quattro classi di valori e ad ognuna di queste è stato assegnato un giudizio di valore naturalistico:

Valore Naturalistico medio	= 4
Valore Naturalistico medio - alto	= 4
Valore Naturalistico alto	= 4
Valore naturalistico eccezionale	= 4

7.1.2 Aspetti storico - culturali

7.1.2.1 Metodologia di dettaglio

Sono state considerate oggetto di indagine le aree caratterizzate da attività antropiche di elevato pregio paesistico, storico - culturale, architettonico ed archeologico, segnalate dagli enti preposti (soprintendenze, regioni, provincie, ecc.).

Le emergenze individuate sono state raggruppate e schematizzate nel modo seguente:

- Centri e nuclei di interesse storico
- Architettura religiosa
- Architettura civile
- Architettura militare
- Architettura industriale
- Archeologia
- Areali (insieme di singole emergenze tipologicamente omogenee).

Parallelamente, si è quindi provveduto ad individuare e a prendere contatto con le Amministrazioni, gli Uffici, gli Enti e le Associazioni competenti nella gestione dei singoli beni, al fine di raccogliere le informazioni bibliografiche e cartografiche relative agli stessi.

Oltre alle informazioni di carattere generale reperite a livello centrale (Soprintendenze BBAA e archeologiche), la maggior parte delle notizie è stata raccolta presso le amministrazioni regionali negli uffici preposti alla programmazione territoriale ed alla conservazione e gestione delle emergenze - architettoniche e archeologiche.

Successivamente al reperimento della cartografia e della bibliografia di settore si è proceduto all'analisi della stessa, al fine di pervenire ad una conoscenza delle singole emergenze e alla stesura delle schede descrittive e di valutazione delle stesse.

Tali beni sono stati quindi rappresentati in carta attraverso l'individuazione puntuale con un simbolismo grafico, secondo quanto desunto dalle carte tematiche di riferimento reperite nel corso dello studio.

Vengono di seguito descritte le schede di caratterizzazione e gerarchizzazione utilizzate durante questa fase, specificando la loro chiave di lettura.

7.1.2.2 Caratterizzazione delle emergenze

I dati e le informazioni reperite sono stati inseriti nelle schede descrittive riportate nel paragrafo 4.5 redatte per le singole emergenze individuate.

La scheda è stata distinta in due parti: nella prima sono inserite informazioni di carattere geografico - amministrativo (denominazione del bene, localizzazione geografica). Nella

seconda parte, oltre alla codifica, sono riportate informazioni relative all'età, l'utilizzo, la conservazione del bene, gli eventuali vincoli e le note descrittive.

Le emergenze individuate secondo quanto precedentemente indicato, sono riportate sulla cartografia tematica in scala 1:10.000 e 1:100.000 di sintesi allegata al rapporto tecnico. I beni sono stati riportati in cartografia attraverso la loro localizzazione puntuale. Nella carta di sintesi, redatta in scala 1:100.000, sono state riportate le singole emergenze appartenenti alle due classi di valore più alte: IV = "buono"; V = "ottimo", come indicate nel successivo paragrafo.

Ad ogni area è stato attribuito un codice alfanumerico, strutturato secondo il seguente schema:

- Sigla del corso d'acqua
- Sigla della tipologia
- Numero progressivo dell'emergenza

Codice	Tipologia
0 (zero)	= centri storici
1	= architettura religiosa
2	= architettura civile
3	= architettura militare
4	= architettura industriale
5	= archeologia (necropoli e tombe)
6	= archeologia (ritrovamento sporadico)
7	= archeologia (sito)
8	= areali paesaggistici di valore storico

Di seguito si riporta una nota esplicativa relativa alla lettura delle schede di caratterizzazione delle emergenze paesaggistiche (puntuali ed areali).

DENOMINAZIONE: Nome del toponimo

PRESENZA DI VINCOLI: Presenza di vincoli (per le emergenze areali su porzioni significative di territorio alla scala in esame) derivanti da ex L. 1497/39, ex L. 1089/39, ecc.

Per quanto concerne i centri storici la presenza di vincoli è riferita ipotizzata in base alla normativa urbanistica vigente.

IMPORTANZA: Indicare se riferibili a valori

- storico-testimoniali-culturali
- funzionali, fruizionali e turistici
- sociali ed economici.

7.1.2.3 Gerarchizzazione delle emergenze

Ad ogni emergenza identificata nella fase precedente saranno attribuiti giudizi sintetici di qualità rappresentativi del valore della stessa, sia sotto l'aspetto storico-testimoniale che percettivo.

Tali giudizi verranno aggregati in schede sulla base della valutazione distinta dai seguenti aspetti.

EMERGENZE PUNTUALI:

a) Valori storico testimoniali - culturali

- Estensione territoriale o dimensioni fisiche
- Età
- Rarità
- Sinergie con altre emergenze nel territorio circostante

b) Valori percettivo - visivi:

- Esposizione visuale
- Significati estetico-architettonici
- Omogeneità e coerenza con il contesto visivo circostante
- Sinergie visuali con altre emergenze
- Eventuali elementi detrattori

EMERGENZE AREALI:

I giudizi verranno aggregati in schede sulla base della valutazione così distinta:

- Estensione territoriale
- Livello di qualità
- Livello di importanza
- Esposizione visuale
- Sinergie con altre emergenze contigue

Sarà così possibile allestire una gerarchia sintetica dell'importanza di ogni emergenza; i giudizi sintetici di qualità attribuiti ad ognuno dei sopra illustrati aspetti saranno tradotti in parametri numerici adimensionali, in scala da 1 a 5.

La somma dei valori parziali corrisponderà al valore numerico assoluto dell'emergenza analizzata.

Considerando che le classi dei valori numerici parziali sono le seguenti:

EMERGENZE PUNTUALI		EMERGENZE AREALI	
I classe	V=1	I classe	V=1
0 = 9		0 = 5	
II classe	V=2	II classe	V=2
= 18		= 10	
III classe =	V=3	III classe =	V=3
= 27		= 15	
IV classe =	V=4	IV classe =	V=4
= 36		= 20	
V classe	V=5	V classe	V=5
= 45		= 25	

Ad ogni classe corrisponderà un valore di sintesi qualitativo per l'emergenza considerata:

I classe	=	basso
II classe	=	scarso
III classe	=	discreto
IV classe	=	buono
V classe	=	ottimo

In questo modo, due elementi distinti potranno raggiungere lo stesso punteggio complessivo, determinato però da diversi contenuti di valore dei vari aspetti, secondo l'illustrazione analitica riportata nella scheda.

Di seguito si riporta inoltre una breve specifica per ogni valore (sottocomponente) analizzato:

VALORI STORICO-CULTURALI

1) Estensione territoriale o dimensioni fisiche:

Se si tratta di un'emergenza puntuale si terrà conto delle dimensioni della stessa, se si tratta di un'emergenza areale si valuterà l'estensione territoriale. I valori assegnati sono sempre relativi ai termini di paragone esistenti nella cultura storico-architettonica regionale. Alla classe più alta corrisponderà il valore numerico più alto.

2) Età:

Sono stati presi in considerazione 5 periodi storico-architettonici ben definiti, compresi tra il romano e il moderno.

Al periodo più antico corrisponde il valore numerico più alto.

3) Rarità e/o unicità:

Questa sottocomponente considera l'emergenza in rapporto al numero degli esemplari esistenti in ambito regionale. Più è basso tale numero (valore massimo = unico

esemplare o pochi esemplari significativi relativamente alla tipologia considerata) più è alto il valore numerico corrispondente.

4) Sinergie con altre emergenze nel territorio circostante:

Rappresenta il rapporto che l'emergenza in esame ha con le altre situate nel contesto ambientale adiacente.

Alla classe più alta corrisponde il valore numerico più alto.

VALORI PERCETTIVO-VISIVI

1) Esposizione visuale:

E' considerata bassissima l'esposizione visuale di un'emergenza nascosta (sia da elementi naturali, morfologici che antropici); bassa se è seminascosta; media se ci sono alcuni ostacoli; alta con pochi ostacoli, ed elevata senza nessun tipo di ostacolo. Alla classe elevata corrisponde il valore numerico più alto.

2) Significati estetico-architettonici:

Questa classe rappresenta il peso dell'importanza estetica e del contenuto architettonico propri dell'emergenza stessa nei confronti dei restanti valori storico-testimoniali e culturali. Alla classe più alta corrisponde il valore numerico più alto.

3) Omogeneità e coerenza con contesto visivo circostante:

L'emergenza viene valutata in rapporto al contesto visivo che la circonda. L'omogeneità e la coerenza saranno massime quando l'ambito territoriale in cui sono inserite ha una valenza superiore e viceversa.

4) Sinergie visuali con altre emergenze:

Esprime il numero e la vicinanza (visuale) di altre emergenze o, in mancanza di questo, il grado di isolamento rispetto ad aree edificate.

5) Elementi detrattori:

Sono considerati detrattori tutti gli elementi che abbassano il valore del paesaggio, in quanto estranei. L'assenza di detrattori corrisponde al valore numerico più alto.

Di seguito si riporta una nota esplicativa relativa alla lettura della scheda di gerarchizzazione delle emergenze paesaggistiche.

VALORI STORICO TESTIMONIALI CULTURALI	CARATTERISTICHE	VALORE NUMERICO CORRISPONDENTE
ESTENSIONE TERRITORIALE O DIMENSIONI FISICHE	piccolissima	1
	piccola	2
	media	3
	grande	4
	grandissima	5
ETA'	Moderna/XIX-XX sec.	1
	Rinascimentale/XV-XIX sec.	2
	Gotica (Alto Medioevo)/XII-XVI sec.	3
	Romanica (Basso Medioevo)/IX-XII sec.	4
	Romana, Paleocristiana, Inizi Bizantina/IV-VII sec.	5
RARITA' E/O UNICITA'	moltissimi esemplari	1
	molti esemplari	2
	pochi esemplari	3
	rari esemplari	4
	unico esemplare	5
SINERGIE CON ALTRE EMERGENZE NEL TERRITORIO CIRCOSTANTE	minime	1
	basse	2
	medie	3
	medio-alte	4
	elevate	5

VALORI PERCETTIVO VISIVI	CARATTERISTICHE	VALORE NUMERICO CORRISPONDENTE
ESPOSIZIONE VISUALE	bassissima (nascosta) bassa (seminascosta) media (con qualche ostacolo) alta (con pochi ostacoli) elevata (senza ostacoli)	1 2 3 4 5
SIGNIFICATI ESTETICO- ARCHITETTONICI	minimo basso medio alto elevato	1 2 3 4 5
OMOGENEITA' E COERENZA CON IL CONTESTO VISIVO CIRCOSTANTE	nulla minima media medio-alta massima	1 2 3 4 5
SINERGIE VISUALI O GRADO DI ISOLAMENTO (DISTANZA DALLE AREE EDIFICATE)	<100 m 100-500 m 500-1000 m 1000-2000 m >2000 m	1 2 3 4 5
ELEMENTI DETRATTORI	>3 3 2 1 nessuno	1 2 3 4 5

7.2 GENERALITÀ

Il Torrente Grana-Mellea, che appartiene all'ambito n.1 denominato "Maira-Pellice", ricade interamente nella Regione Piemonte, in Provincia di Cuneo.

Il tratto in esame, della lunghezza di circa 44 Km, va da Caraglio (in corrispondenza dell'attraversamento della S.S. 22) alla confluenza nel Maira.

I Comuni interessati sono i seguenti: Caraglio, Cervasca, Cuneo, Centallo, Fossano, Savigliano, Genola e Cavallermaggiore.

7.3 ASPETTI NATURALISTICI

7.3.1 Quadro conoscitivo preliminare

La fase di costruzione del quadro conoscitivo preliminare è stata condotta privilegiando la ricerca e l'utilizzo, secondo le indicazioni fornite dal Programma Dettagliato delle Attività, dei Piani Territoriali Paesaggistici Regionali e Provinciali come già indicato in premessa.

Le aree a forte rilevanza naturalistico - ambientale che i piani paesistici o i piani territoriali a valenza ambientale hanno individuato, sono soggette a norme ed indirizzi vincolistici (a livello regionale) dettate dai piani stessi, ai sensi delle leggi nazionali in materia e nella fattispecie della ex L. 431/85 (Legge Galasso). Per una lettura semplificata degli elaborati grafici prodotti ed in considerazione della peculiarità delle aree oggetto di studio (fasce fluviali) si è ritenuto opportuno non riportare il vincolo previsto dall'art. 1, lettera c) L. 431/85: "sono sottoposti a vincolo paesaggistico ai sensi della L. 1497/39: ... i fiumi, i torrenti e i corsi d'acqua iscritti negli elenchi di cui al testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11/12/33 n. 1775, e le relative sponde o piede degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna".

Le informazioni utilizzate sono state desunte da:

- a) Programma Bioitaly, nell'ambito del programma LIFE NATURA 1994 (CE): "Siti di interesse comunitario" (S.I.C.), identificati dal D.M. Ambiente n. 357 del 8/9/1997 in attuazione della DIR 97/62/CE, modificato dal D.M. Ambiente del 20/01/1999;
- b) Zone di Protezione Speciale (Z.P.S.), designate ai sensi della DIR 79/409/CE; in particolare, per la Regione Piemonte i Siti di Interesse Comunitario (S.I.C.) coincidono con le Zone di Protezione Speciale (Z.P.S.);
- c) Siti di Interesse Naturalistico ai sensi delle leggi regionali vigenti;
- d) Piano Territoriale Regionale, approvato al Consiglio Regionale con delibera n.388 del 19/06/97 (C.R. 9126), in base alla L.56 del 5/12/77.

7.3.2 Attività svolte

Oltre alle fonti primarie di informazioni sopraindicate, dalle quali sono state direttamente ricavate le informazioni, per il Piano Territoriale Regionale si è proceduto ad una specifica elaborazione delle informazioni rese disponibili.

Poiché il Piano Territoriale Regionale è qualificato come “piano urbanistico-territoriale con specifica considerazione dei valori paesistici ed ambientali” (ai sensi della L.431/85), ma in effetti è prevalentemente paesaggistico, dallo stesso sono state quindi estrapolate ed elaborate solo le indicazioni relative alle seguenti categorie:

- a) Aree protette nazionali, che corrispondono alle zone di eccezionale interesse naturalistico-ambientale comprese in parchi nazionali ed in riserve naturali statali, soggette alla disciplina di cui alla L.394/91.
- b) Aree protette regionali, costituite dalle zone di rilevante interesse ambientale istituite a parco o a riserva naturale con leggi regionali, rientranti nel piano regionale delle aree protette di cui alla L.R. 36/92.
- c) Sistema del verde, che comprende le aree connotate dalla presenza di boschi con grado di copertura prevalentemente denso (superiore al 50%), quali fustaie, cedui di latifoglie varie, fustaie di conifere.
- d) Sistema delle emergenze paesistiche, comprendenti le principali quinte collinari o montane, nonché i sistemi delle piattaforme e dei crinali a forte energia di rilievo e con peculiari valenze ambientali.

7.3.3 Ricognizione dei dati

Sono di seguito riportate le cartografie consultate e le amministrazioni preposte contattate per l'aggiornamento delle informazioni del piano e per le ulteriori documentazioni aggiuntive. Le informazioni dedotte dalle relazioni e dalla letteratura sono state elaborate per la redazione delle schede di caratterizzazione e gerarchizzazione relative ad ogni singola emergenza e trasposte sulla cartografia allegata.

Sono state consultate le cartografie relative a:

- a) Carta dei Siti di Interesse Comunitario (SIC) e delle Zone di Protezione Speciale (ZPS) - scala 1:100.000
- b) Carta dei “Caratteri territoriali e paesistici della Regione Piemonte (PTR) - scala 1:250.000

Sono state direttamente contattate le seguenti amministrazioni preposte:

- Regione Piemonte - Ufficio Piani Paesistici, per le cartografie tematiche di preparazione al PTR ed i vincoli di cui alla L.431/85

- Regione Piemonte - Ufficio pianificazione e gestione urbanistica - Settore Pianificazione Territoriale Regionale, per il PTR.

7.3.4 Trasposizione dei dati

La collocazione planimetrica della emergenza nell'area delle esondazioni è stata realizzata mediante tematismi su basi cartografiche georeferenziate di sintesi, in scala 1:100.000, e di dettaglio in scala 1:10.000. La trasposizione dei dati riguarda una serie di aree riportate sulla carta attraverso l'indicazione planimetrica della loro estensione.

Ad ogni area è stato attribuito un codice alfanumerico relativo al corso d'acqua, alla tipologia dell'emergenza e al numero progressivo della stessa.

Lungo il tratto in esame è stata individuata una sola area naturalistica:

- a) sistema del verde, un'area lungo il corso del fiume, con ricca vegetazione boschiva e ripariale (tutelata ai sensi della L.431/85, art.1, lett.g).

7.3.5 Caratterizzazione delle emergenze

La caratterizzazione delle emergenze naturalistico - ambientali, che nell'ambito in esame sono sempre areali, è stata fatta seguendo i criteri metodologici riportati nella premessa e cercando di omogenizzare i dati diversificati desunti dalle varie fonti.

È stata inoltre fatta una distinzione ben precisa tra aree vincolate ai sensi delle leggi nazionali (L. 1497/39) e aree sottoposte a salvaguardia e tutela dai piani territoriali, ovvero vincolate ai sensi di leggi regionali o in via di codifica (parchi con piani adottati ed in fase di approvazione).

I codici che sono stati attribuiti alle aree, secondo la loro tipologia, sono i seguenti:

Tipologia	Codice
Siti di Interesse Comunitario	Sc
Parchi regionali (ai sensi della L. 431/85, art. 1, lett. f)	Pr
Aree di rilevanza ambientale (sistema del verde) ai sensi della L. 431/85, art. 1, lett. f e g)	Sv

Nella fascia di esondazione in esame è stata individuata un'unica area di rilevanza naturalistica, vale a dire:

Emergenze areali:

Codice	Tipologia	N.
(Sv)	Aree di rilevanza ambientale (sistema del verde ai sensi della L. 431/85, lett. g)	1

Totale emergenze naturalistiche: 1

Sono state considerate emergenze areali non solo quelle aree già vincolate a livello nazionale per motivi di interesse naturalistico - ambientale, ma anche quelle segnalate dal piano paesistico, oggetto di salvaguardia e tutela ancora non codificate.

7.4 ASPETTI STORICO - CULTURALI

7.4.1 Quadro conoscitivo preliminare

Le informazioni utilizzate sono state desunte:

- a) dal Piano Territoriale Regionale, approvato al Consiglio Regionale con deliberazione n.388 del 19/6/97 (C.R.9126), in base alla L.56 del 5/12/77;
- b) dalle schede di catalogazione dei beni storico-architettonici della Regione Piemonte - Soprintendenza BB.AA.

7.4.2 Attività svolte

Il Piano Territoriale Regionale è finalizzato principalmente a collegare strettamente, sia sotto il profilo della tutela sia sotto quello del governo, i problemi del territorio con quelli dell'ambiente, facendo confluire la disciplina paesistica in quella territoriale ma, nello stesso tempo, connotando quest'ultima anche in funzione dei valori paesistici, in una visione organica dell'intero territorio regionale.

Tra le categorie individuate dal piano, sono state considerate le seguenti:

- a) aree con strutture culturali di forte dominanza paesistica, dove sono presenti le testimonianze di un'attività agricola ad alta valenza paesistico-ambientale;
- b) centri storici;
- c) architetture o insiemi di beni architettonici di interesse regionale.

7.4.3 Ricognizione dei dati

Sono di seguito riportate le cartografie consultate e le amministrazioni preposte contattate per l'aggiornamento delle informazioni dei piani e per le ulteriori documentazioni aggiuntive. Le informazioni dedotte dalle relazioni e dalla letteratura sono state elaborate per la redazione delle schede di caratterizzazione e gerarchizzazione relative ad ogni singola emergenza e trasposte sulla cartografia allegata.

E' stata consultata la "Carta dei caratteri territoriali e paesistici" in scala 1:250.000.

Sono state inoltre consultate le schede di catalogazione dei beni storico-architettonici della Regione Piemonte, redatte dalla Soprintendenza BB.AA.

Sono state direttamente contattate le seguenti amministrazioni preposte:

- a) Regione Piemonte: Ufficio pianificazione e gestione urbanistica - Settore Pianificazione Territoriale Regionale, per il PTR

- b) Soprintendenza BB.AA.: Beni storico-artistici e architettonici della Regione Piemonte.

7.4.4 Trasposizione dei dati

La collocazione planimetrica delle emergenze puntuali è stata effettuata utilizzando un simbolismo grafico in corrispondenza del punto preciso dove è localizzato il bene. Ad ogni emergenza è stata attribuita una codifica alfanumerica a tre campi, così articolata:

- 1) sigla del corso d'acqua
- 2) tipologia
- 3) numero progressivo dell'emergenza.

7.4.5 Caratterizzazione delle emergenze

Le emergenze storico - culturali identificate sono puntuali dove la riconoscibilità dell'emergenza è univoca e il significato di caratterizzazione assume importanza decisiva.

Solo alcuni beni sono vincolati; essi presentano caratteristiche storiche, testimoniali e culturali tali da essere oggetto di tutela e salvaguardia.

La caratterizzazione è stata fatta seguendo i criteri metodologici descritti in premessa, cercando di omogenizzare i diversi dati desunti dalle varie fonti, e raggruppando solo in poche grandi classi tipologiche le numerose informazioni dettagliate disponibili ricavate dalle fonti stesse.

Le schede relative alla caratterizzazione delle emergenze storico-culturali sono così ripartite (codice per tipologia):

Codice	Tipologia	N.
(0)	Nuclei storici	3
(1)	Architettura religiosa	2
(2)	Architettura civile	9

Totale emergenze storico - culturali: 14

7.5 CONCLUSIONI

Le precedenti fasi di studio hanno permesso di parametrizzare gli aspetti relativi alle caratteristiche delle emergenze (naturalistiche e storico-culturali, puntuali ed areali) e al loro valore gerarchico.

Nell'ottica di una lettura di sintesi finalizzata a selezionare quelle emergenze nei cui confronti porre maggiore attenzione, si è ritenuto opportuno considerare solo le emergenze con valori di giudizio più alti, vale a dire:

IV classe = "alto" e V classe = "eccezionale" per le emergenze naturalistiche

IV classe = "buono" e V classe = "ottimo" per le emergenze storico-culturali.

Nella carta di sintesi, in scala 1:100.000, sono state quindi individuate e localizzate le sole emergenze relative a queste classi di giudizio.

Emergenze naturalistiche

È stata individuata una sola emergenza con valore "Alto"

- GM Sv 01 Area di rilevanza ambientale, sistema del verde nel comune di Centallo (CN).

Emergenze storico - culturali

Non sono state individuate emergenze con valori di giudizio "buono" e "ottimo".

Nelle successive fasi progettuali finalizzate alla determinazione degli interventi lungo il corso d'acqua, oltre a quelle riportate in questa fase, potranno essere considerate anche le emergenze che, nonostante abbiano un valore di giudizio inferiore, insistono direttamente nelle aree degli alvei fluviali.

8. DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO

8.1 INTRODUZIONE

Il presente capitolo illustra il lavoro svolto per la perimetrazione delle fasce fluviali e per la definizione dell'assetto di progetto del corso d'acqua e delle relative opere secondo criteri congruenti con quelli utilizzati nel "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico" così come previsto dall'attività 4.8 - DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO della prescrizione tecnica di disciplinare.

8.2 DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO

Le attività necessarie per la delimitazione delle fasce fluviali sono state svolte secondo le seguenti fasi:

- suddivisione dei corsi d'acqua in tratti omogenei;

- sintesi delle criticità e/o delle esigenze di intervento sulla base dell'assetto idraulico attuale del corso d'acqua (delineato nell'attività 4.3), delle tendenze evolutive dello stesso (individuate nell'attività 4.2) e della valutazione del rischio idraulico (fornita nell'attività 4.5) e delle emergenze naturalistiche, ambientali e storico-culturali presenti (censite nell'attività 4.7);
- definizione dell'assetto di progetto, individuazione dei siti e degli elementi da proteggere e definizione degli interventi;
- Individuazione degli elementi dimensionali e stima di massima dei costi di realizzazione in base agli elementi desumibili dal "Quaderno delle Opere Tipo" allegato alla presente monografia (Appendice);
- tracciamento delle fasce fluviali.

Per la suddivisione del corso d'acqua in tratti omogenei si è fatto riferimento alle caratteristiche geomorfologiche, alla presenza di opere idrauliche (grado di contenimento dell'evoluzione morfologica e protezione offerta per la difesa dalle piene) ed alla distribuzione areale del rischio idraulico.

In particolare il corso d'acqua è stato suddiviso nei quattro tratti di seguito elencati:

- ponte della s.s. n. 22 presso Caraglio (sez. 83) - ponte della strada S. Benigno - Tarantasca (sez. 67)
- ponte della strada S. Benigno - Tarantasca (sez. 67) - opera di presa della derivazione del canale FIAT ferroviaria (sez. 19)
- opera di presa della derivazione del canale FIAT ferroviaria (sez. 19) - c.na Roncaglia (sez. 12)
- c.na Roncaglia (sez. 12) - confluenza nel torrente Maira (sez. 1)

Per la delimitazione operativa delle fasce, si è proceduto come descritto nel seguito:

Fascia A (di piena): si è assunta la delimitazione più ampia tra le seguenti:

- Alveo di piena relativo alla portata con TR 200 anni o inviluppo dei meandri attuali (criterio prevalente nei corsi d'acqua monocursali o pluricursali). Si è assunta, come delimitazione convenzionale dell'alveo di piena, la porzione di alveo ove defluisce, a parità di livello idrico almeno l'80% della portata con TR 200 anni e dove si hanno velocità di corrente superiori a 0.4 m/s nella direzione principale del moto;
- Limite esterno delle forme fluviali potenzialmente attive per la portata con TR 200 anni (criterio prevalente nei corsi d'acqua ramificati);

Fascia B (di esondazione): per la delimitazione delle aree inondabili si è assunta come portata di riferimento la piena con TR 200 anni; la delimitazione sulla base dei livelli idrici relativi alla portata di riferimento è stata integrata con:

- Le aree sede di potenziale riattivazione di forme fluviali relitte non fossili, cioè ancora legate, dal punto di vista morfologico, paesaggistico e talvolta ecosistemico alla dinamica fluviale che le ha generate;
- Le aree di elevato pregio naturalistico ed ambientale e di quelle di interesse storico, artistico, culturale strettamente collegate all'ambito fluviale.

Nei tratti in cui il limite della fascia è rappresentato da opere di contenimento dei livelli idrici previste di nuova realizzazione, il limite stesso è stato evidenziato come "limite di progetto".

Fascia C (area di inondazione per piena catastrofica): si è assunta come portata di riferimento la massima piena storicamente registrata, se corrispondente a un TR superiore ai 200 anni, o in assenza di essa, la piena con TR 500 anni.

Nei paragrafi successivi sono illustrati i risultati delle attività svolte per la perimetrazione delle fasce fluviali e per la definizione dell'assetto di progetto per i vari tratti di corso d'acqua omogenei precedentemente elencati.

8.3 PONTE DELLA S.S. N. 22 PRESSO CARAGLIO (SEZ. 83) - PONTE DELLA STRADA S. BENIGNO - TARANTASCA (SEZ. 67)

8.3.1 Sintesi delle criticità e delle esigenze di intervento

Nel tratto in esame il torrente è soggetto ad una forte tendenza al ripascimento, evidenziata dall'aumento dei depositi di barra e dall'allargamento della sezione d'alveo per erosione spondale, innescata dalla parzializzazione della sezione stessa per l'abbondante sovralluvionamento. In particolare il tratto compreso tra il ponte della S.S. n. 22 a Caraglio (GM13A023) e il ponte della strada Passatore - S.Pietro del Gallo (GM12A020) è caratterizzato da fenomeni di erosione spondale diffusa (per una lunghezza totale di circa 3400 metri) ed è privo di opere di difesa.

L'unica opera di difesa spondale soggetta a fenomeni di erosione è presente in destra in prossimità di c.na Ruà Bernardo (GM013D025).

La tendenza all'erosione di fondo è evidente solo negli attraversamenti più a monte ed in particolare in corrispondenza dell'attraversamento della S.S. n. 22 le cui pile presentano uno scalzamento che in alcuni punti raggiunge profondità superiori al metro.

La briglia (GM12D023) ubicata poco a valle dell'attraversamento della strada Passatore - San Pietro del Gallo (GM12A020), favorisce il deposito di vegetazione e materiale solido che potrebbe aumentare il rigurgito verso monte durante le piene.

La presenza di una platea in cls a protezione delle pile del ponte per C.na Marcellina a S. Benigno (GM11A017) potrebbe incrementarne ulteriormente il rigurgito (pari circa a 2.0 m) in quanto favorisce un leggero deposito di materiale solido a monte del manufatto.

Il tratto che interessa il centro abitato di San Benigno è caratterizzato dalla presenza di ben quattro attraversamenti (tre stradali ed uno ferroviario) a breve distanza l'uno dall'altro. Tutti gli attraversamenti provocano il restringimento della sezione di piena ed in particolare potrebbero essere a rischio i seguenti insediamenti abitativi di maggiore interesse:

- abitati presenti in sponda sinistra e in sponda destra in corrispondenza di San Benigno lambiti già dalla piena centennale;
- c.na Gritti in sinistra lambita dalla piena duecentennale.

Ad eccezione del ponte della S.S. n. 22 a Caraglio (GM13A023) e del ponte della strada Viani - Madonna dell'Oglio (GM13A019), tutti i manufatti di attraversamento presenti lungo il tratto in oggetto sono inadeguati rispetto ai criteri di compatibilità imposti dalla Direttiva A.d.B.Po n. 2 del 11-5-1999 (vedere la tabella riportata in Appendice in cui sono elencati i valori del franco idraulico, dell'altezza di sormonto e del rigurgito calcolati in corrispondenza degli attraversamenti presenti lungo il tratto in esame).

8.3.2 Interventi principali

Sulla base delle indicazioni sopra riportate si ritengono necessari i seguenti interventi principali:

1. Innalzamento della quota di intradosso del ponte della strada Passatore - S. Pietro del Gallo (GM12A020).
2. Ampliamento della luce del ponte della stazione a S. Benigno (GM11A018).
3. Ampliamento della luce e innalzamento della quota di intradosso del ponte della strada C.na Marcellina (GM11A017).
4. Realizzazione di nuove difese spondali per il contenimento dell'evoluzione morfologica dell'alveo (vedere in Appendice schema tipologico A.2 valutato per $H = 3$ m) a monte del ponte della strada Passatore - S. Pietro del Gallo (GM12A020) in destra per circa 150 m.
5. Realizzazione di nuova briglia (vedere in Appendice schema tipologico A.3) a difesa dell'attraversamento della S.S. n. 22 a Caraglio.
6. Realizzazione di nuovi rilevati arginali per il contenimento dei livelli di piena (vedere in Appendice schema tipologico B.3 valutato per $H = 2$ m) a protezione dell'abitato di S. Benigno in destra per circa 600 m.
7. Manutenzione ordinaria delle sezioni di deflusso, finalizzata al ripristino dell'efficienza idraulica.

8.3.3 Valutazione sommaria dei costi di intervento

Con riferimento alla definizione quantitativa degli interventi definiti nel paragrafo precedente e ai dati di costo unitari definiti nel “Quaderno delle Opere Tipo” allegato alla presente monografia, si fornisce la seguente valutazione sommaria dei costi.

4)	Realizzazioni di nuove difese spondali	€	190'000.00
5)	Realizzazioni di nuove briglie	€	308'300.00
6)	Realizzazione di nuovi rilevati arginali	€	180'000.00
Stima dei costi totali		€	678'300.00

8.3.4 Descrizione delle fasce fluviali

Fascia A

Nel tratto in esame il corso d'acqua non presenta forme fluviali di rilievo riattivabili durante gli stati di piena e pertanto, in linea generale, il tracciamento della fascia A è stato eseguito con riferimento alle aree di esondazione della piena ventennale, rispetto alle quali si è considerato un ampliamento medio di circa 50 m. Tale ampliamento, operato allo scopo di tenere conto del minor valore della portata ventennale rispetto al 80% della portata con $Tr = 200$ anni, comporta una larghezza media della fascia pari a circa 150 m che diminuisce via via verso monte.

All'interno della fascia in esame non ricadono abitazioni o infrastrutture di particolare interesse.

Fascia B

La delimitazione della fascia in esame è stata tracciata esclusivamente sulla base dei livelli idrici relativi alla portata con $TR 200$ anni, poiché nel tratto in esame il corso d'acqua ha un andamento monocursale e non presenta rilevanti forme fluviali relitte ancora legate alla dinamica fluviale.

La delimitazione della fascia assume valenza “di progetto” in prossimità di S. Benigno in destra idrografica dove è prevista la realizzazione di difese arginali a protezione degli abitati.

Nei restanti tratti il limite della fascia coincide in genere con l'area esondabile, salvo locali ampliamenti dovuti a fattori di carattere geomorfologico e/o alla presenza di elementi naturali o infrastrutturali (rilevati stradali, limiti interpoderali, ecc.) di contenimento della piena. In particolare nel tratto di monte la fascia si appoggia ai numerosi orli di scarpata fluviale presenti in sinistra e in destra.

La fascia assume un'ampiezza variabile tra 200 e 500 m in funzione delle esigenze di protezione di infrastrutture e abitati e della morfologia del territorio; tale ampiezza si riduce via via verso monte.

All'interno della fascia in esame ricadono diverse cascate isolate sia in destra sia in sinistra e in particolare in sinistra sono interessate c.na Gritti e alcune abitazioni del comune di S. Benigno.

Fascia C

La delimitazione della fascia in esame è stata tracciata esclusivamente sulla base dei livelli idrici relativi alla portata con TR 500 anni.

Nel tratto in esame si discosta significativamente dalla fascia B prevalentemente in destra idrografica e nei tratti in cui sono in progetto arginature o adeguamenti degli attraversamenti stradali.

In particolare lambisce Rua dei Rossi e interessa totalmente S. Benigno.

8.4 PONTE DELLA STRADA S. BENIGNO - TARANTASCA (SEZ. 67) - OPERA DI PRESA DELLA DERIVAZIONE DEL CANALE FIAT FERROVIARIA (SEZ. 19)

8.4.1 Sintesi delle criticità e delle esigenze di intervento

Nel tratto in esame è probabile che la tendenza a divagare sia stata contrastata in passato da opere di sistemazione idraulica. Alcune traverse condizionano parzialmente il deflusso mentre è considerevole la presenza di vegetazione arborea - arbustiva sulle sponde. Il corso d'acqua è fiancheggiato sporadicamente da terrazzi fluviali di altezza limitata (1-3 m).

I fenomeni di erosione spondale presenti per una lunghezza totale di circa 490 m sono i seguenti:

- a monte del ponte della strada Mellea - Maddalena (GM07A014);
- in prossimità di c.na Boiatto in destra idrografica;
- in prossimità di c.na Ceresella in destra idrografica;
- a monte del viadotto della strada Savigliano - Marene (GM05A008);

Nel tratto in prossimità dell'abitato di Centallo, dove sono presenti due muri spondali in c.a. a difesa di una strada e di diversi fabbricati in destra, la maggiore criticità è da attribuire all'attraversamento (GM06A015) in corrispondenza della strada Centallo - Tarantasca, che viene sormontato già dalla piena centennale estendendo l'area di esondazione ad una parte dell'abitato in oggetto.

Un'ulteriore criticità si riscontra in corrispondenza dell'attraversamento (GM07A010) che a causa delle dimensioni geometriche ridotte determina l'allagamento di tutta la zona a monte già per la piena centennale.

La delimitazione delle aree di esondazione ha messo in evidenza la criticità di alcune situazioni locali in particolare nel centro abitato di Savigliano nel settore in sinistra orografica subito a valle del ponte ferroviario (GM05A007) (area residenziale di Borgo Marene). I risultati ottenuti evidenziano in particolare come la condizione di rigurgito indotta dai ponti sia molto critica a Savigliano sia come entità del sovrizzo sia come lunghezza del relativo profilo di rigurgito.

Merita porre in evidenza il ponte di Via Moreno nel centro dell'abitato di Savigliano, che risulta essere addirittura tracimato dalla piena ventennale.

Un restringimento notevole della sezione di deflusso si ha in corrispondenza dell'attraversamento della linea ferroviaria Torino - Savona, dove si è rilevata una forte presenza di deposito nonostante siano stati eseguiti in passato lavori di disalveo e di risagomatura della sponda sinistra.

La tendenza al deposito è favorita anche dal rigurgito provocato dalla traversa di derivazione del canale Fiat Ferroviaria (GM06D012) presente subito a monte dell'abitato di Savigliano che innalza i livelli a monte con quota a circa 326.5 m s.m.: tale livello determina esondazione sia in sponda sinistra che destra, con conseguente allagamento del piano campagna.

Ad eccezione del ponte della strada Savigliano - Genola (GM05A009), tutti i manufatti di attraversamento presenti lungo il tratto in oggetto sono inadeguati rispetto ai criteri di compatibilità imposti dalla Direttiva A.d.B.Po n. 2 del 11-5-1999 (vedere la tabella riportata in Appendice in cui sono elencati i valori del franco idraulico, dell'altezza di sormonto e del rigurgito calcolati in corrispondenza degli attraversamenti presenti lungo il tratto in esame).

8.4.2 Interventi principali

Sulla base delle indicazioni sopra riportate si ritengono necessari i seguenti interventi principali:

1. Ampliamento della luce e innalzamento della quota di intradosso dei seguenti ponti:
 - ponte della strada Centallo - Tarantasca (GM09A015);
 - ponte della strada Mellea - Maddalena (GM07A014);
 - ponte passerella in loc. S. Bernardo (GM07A013);
 - ponte della strada Levaldigi - Priglia (GM07A012);
 - ponte della strada per C.na Mattione a Levaldigi (GM07A011);
 - ponte V. Mellea a Genola (GM07A010);

- ponte della ferrovia TO - SV a Savigliano (GM04A007);
- 2. Adeguamento della traversa di derivazione del canale industriale Fiat Ferroviaria (GM06D012).
- 3. Realizzazione di nuove difese spondali per il contenimento dell'evoluzione morfologica dell'alveo:
 - a monte del ponte della strada Mellea - Maddalena (GM07A014) in sinistra e in destra complessivamente per circa 500 m (vedere in Appendice schema tipologico A.2 valutato per $H = 3$ m);
 - in prossimità di Savigliano in sinistra e in destra per complessivi 340 m (vedere in Appendice schema tipologico A.1 valutato per $H = 3$ m).
- 4. Adeguamento in quota e/o realizzazione di nuovi muri arginali per il contenimento dei livelli di piena
 - in prossimità di Centallo in destra per circa 600 m (vedere in Appendice schema tipologico B.2 valutato per un sovrizzo di 1.5 m);
 - in prossimità di Centallo in destra per circa 300 m (vedere in Appendice schema tipologico B.1 valutato per $H = 3$ m).
- 5. Realizzazione di nuovi rilevati arginali per il contenimento dei livelli di piena:
 - in prossimità di Centallo in destra per complessivi 600 m (vedere in Appendice schema tipologico B.3 valutato per $H = 2$ m);
 - in prossimità di Levaldigi in destra per circa 1'300 m (vedere in Appendice schema tipologico B.3 valutato per $H = 2$ m);
 - in prossimità di Savigliano in sinistra e in destra per complessivi 865 m (vedere in Appendice schema tipologico B.3 valutato per $H = 2$ m);
 - in prossimità di Savigliano in sinistra e in destra per complessivi 1'450 m (vedere in Appendice schema tipologico B.4).
- 6. Ricalibratura della sezione d'alveo con risagomatura della sezione trasversale ed abbassamento della quota di fondo allo scopo di migliorarne l'efficienza idraulica (vedere in Appendice schema tipologico B.5 valutato per $L = 20$ m) lungo il tratto compreso tra la traversa di derivazione del canale industriale Fiat Ferroviaria (GM06D012) e la traversa di sostegno del canale industriale Fiat Ferroviaria (GM05D010) per circa 1'860 m.
- 7. Manutenzione ordinaria delle sezioni di deflusso, finalizzata al ripristino dell'efficienza idraulica compatibilmente con il sistema del verde presente nel comune di Centallo (CN).

8.4.3 Valutazione sommaria dei costi di intervento

Con riferimento alla definizione quantitativa degli interventi definiti nel paragrafo precedente e ai dati di costo unitari definiti nel “Quaderno delle Opere Tipo” allegato alla presente monografia, si fornisce la seguente valutazione sommaria dei costi.

3)	Realizzazioni di nuove difese spondali	€	798'000.00
4)	Adeguamento e/o realizzazioni di nuovi muri arginali	€	885'000.00
5)	Realizzazioni di nuovi rilevati arginali	€	3'512'000.00
6)	Risagomatura della sezione d'alveo	€	930'000.00
Stima dei costi totali		€	6'125'000.00

8.4.4 Descrizione delle fasce fluviali

Il PAI prevede, immediatamente a monte di Savigliano, che il torrente Maira possa esondare in destra per tempi di ritorno dell'ordine di 100 anni e scaricare parte della portata defluente nella regione fluviale di competenza del torrente Mellea. Per valutare in modo adeguato l'entità di tale fenomeno nell'ambito dell'attività 4.9 si è approfondita l'analisi del nodo critico di Savigliano e studiata in particolare l'interferenza dei due corsi d'acqua. Pertanto le fasce B e C proposte per il torrente Mellea andranno raccordate con quelle in fase di verifica del torrente Maira nell'ambito di tale approfondimento.

Fascia A

Nel tratto in esame, in linea generale, il tracciamento della fascia A è stato eseguito con riferimento alle aree di esondazione della piena ventennale, rispetto alle quali si è considerato un ampliamento medio di circa 50 m. Tale ampliamento, operato allo scopo di tenere conto del minor valore della portata ventennale rispetto al 80% della portata con $T_r = 200$ anni, comporta una larghezza media della fascia pari a circa 200 m che aumenta via via verso valle e in particolare a monte di Savigliano dove presenta una larghezza di circa 300 m.

In alcuni tratti sono stati riportati locali ampliamenti dovuti a fattori di carattere geomorfologico e/o alla presenza di forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena, in particolare:

- in prossimità di c.na Tres Flores in sinistra
- in prossimità di c.na Motta in sinistra e in destra;
- nel tratto compreso tra c.na Ciabot e c.na Angelo Custode in sinistra e in destra.

La delimitazione della fascia è stata assunta coincidente con la fascia B “di progetto” nei seguenti tratti:

- in prossimità di Centallo in sponda destra;

- in prossimità di Levaldigi in sponda destra;
- in prossimità di Savigliano in sponda sinistra e in sponda destra.

All'interno della fascia in esame ricadono alcuni capannoni e caschine isolate tra cui si menzionano c.na Ceresetta minore e c.na Tettona.

Fascia B

La delimitazione della fascia in esame è stata tracciata esclusivamente sulla base dei livelli idrici relativi alla portata con TR 200 anni, poiché nel tratto in esame il corso d'acqua ha un andamento monocursale e non presenta rilevanti forme fluviali relitte ancora legate alla dinamica fluviale.

La delimitazione della fascia assume valenza “di progetto” nei seguenti tratti dove è prevista la realizzazione di difese arginali a protezione degli abitati:

- in prossimità di Centallo in destra idrografica;
- in prossimità di Levaldigi in destra idrografica;
- in prossimità di Savigliano in sinistra e in destra.

Nei restanti tratti il limite della fascia coincide in genere con l'area esondabile, salvo locali ampliamenti dovuti a fattori di carattere geomorfologico e/o alla presenza di elementi naturali o infrastrutturali (rilevati stradali, limiti interpoderali, ecc.) di contenimento della piena. In particolare in prossimità di c.na Tres Flores in sinistra e in destra e in prossimità di c.na Motta in sinistra la fascia involupa alcune forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena; mentre nel tratto compreso tra c.na Ciabot e c.na Angelo Custode la fascia si appoggia ai numerosi orli di scarpata fluviale presenti in sinistra e in destra.

La fascia assume un'ampiezza variabile tra 200 e 800 m in funzione delle esigenze di protezione di infrastrutture e abitati e della morfologia del territorio.

All'interno della fascia in esame ricadono diversi abitati, caschine isolate e fabbricati in genere sia in destra sia in sinistra. In particolare in destra ricadono alcune abitazioni di S. Quirino e in sinistra alcune abitazioni del comune di Cerallo.

Fascia C

La delimitazione della fascia in esame è stata tracciata esclusivamente sulla base dei livelli idrici relativi alla portata con TR 500 anni.

Nel tratto in esame si discosta significativamente dalla fascia B prevalentemente in destra idrografica e nei tratti in cui sono in progetto arginature o adeguamenti degli attraversamenti stradali. In particolare in destra a monte di Savigliano la fascia si appoggia al rilevato della strada Savigliano - Genola.

La fascia in esame interessa i seguenti comuni: Centallo, Levaldigi, Genola e Savigliano oltre a numerosi abitati e fabbricati sia in destra sia in sinistra.

A monte di Savigliano la fascia C in sinistra del t. Mellea andrà raccordata con quella del t. Maira in fase di verifica del nodo critico di Savigliano. In particolare l'intero centro abitato di Savigliano ricade in fascia C.

8.5 OPERA DI PRESA DELLA DERIVAZIONE DEL CANALE FIAT FERROVIARIA (SEZ. 19) - C.NA RONCAGLIA (SEZ. 12)

8.5.1 Sintesi delle criticità e delle esigenze di intervento

Il tratto in oggetto rappresenta il nodo idraulico più a rischio dell'intero corso d'acqua ed è caratterizzato dalla presenza dell'abitato di Savigliano lambito dal Torrente sul margine orientale. In passato sono stati segnalati allagamenti che hanno coinvolto il centro abitato. Si segnala la possibilità che, in caso di eventi eccezionali, le acque in piena del Maira, che scorre a breve distanza in sinistra idrografica, possano parzialmente riversarsi nel Mellea accrescendo quindi l'estensione delle aree potenzialmente allagabili. Le aree maggiormente a rischio sono quelle in sponda sinistra comprese tra l'alveo e la ferrovia. Si tratta di aree urbanizzate con zone residenziali, industriali e adibite a servizi.

Si osservano tendenze all'approfondimento solamente a valle delle opere trasversali, mentre la tendenza al ripascimento è stata riscontrata solo localmente. Anche l'erosione spondale risulta presente solo a valle delle opere trasversali e delle zone abitate che peraltro sono difese in maniera continua. Nel tratto in esame sono presenti i seguenti fenomeni di erosione spondale (per una lunghezza totale di circa 270 m):

- in prossimità della difesa GM03D009;
- nel tratto in prossimità di c.na Roncaglia in destra idrografica.

Essendo un tratto fortemente urbanizzato è caratterizzato dalla presenza di numerose opere di difesa longitudinale in destra e in sinistra, sia di tipo a scogliera che veri e propri muri verticali; l'effetto è quello di una vera e propria canalizzazione del corso d'acqua.

Tutte le opere di difesa appaiono in buone condizioni anche se i muri spondali presenti a monte del ponte di via Mellea restringono notevolmente la sezione del torrente e provocano situazioni di deposito a valle che vanno a parzializzare ulteriormente la già ristretta sezione dell'attraversamento stradale.

Notevole influenza sul deflusso delle portate in caso di piena e sull'evoluzione morfologica dell'alveo è determinata anche dalle opere di attraversamento costituite dal ponte di via Mellea (GM07A010) (sicuramente inadeguato), e dal sifone di attraversamento del canale industriale Fiat Ferroviaria situato proprio in corrispondenza dello stabilimento.

La delimitazione delle aree di esondazione ha messo in evidenza la criticità di alcune situazioni locali in particolare nel centro abitato di Savigliano nel settore in destra orografica subito a monte del ponte di Via O. Moreno (GM04A006) nel settore degli insediamenti commerciali e produttivi (area fieristica).

L'evoluzione dell'alveo risente anche degli effetti provocati dalla presenza di una traversa situata poco a monte del "tiro a segno" dove è possibile la derivazione di portate per il sussidio del canale industriale Fiat Ferroviaria o lo scarico da quest'ultimo delle portate in eccesso prima dell'ingresso nella parte più densamente urbanizzata di Savigliano.

In questo tratto sono presenti due opere di difesa longitudinali in sponda sinistra, a protezione del tratto che affianca il canale industriale Fiat Ferroviaria in corrispondenza di una centralina idroelettrica e di una cascina.

Le due difese sono a diretto contatto e presentano differenti tipologie costruttive: la prima (più vecchia) è costituita da un muro in c.a. al piede di una scogliera in massi cementati rinforzato da elementi tubolari sempre in c.a., la seconda (di recente realizzazione) è costituita da una semplice scogliera in massi di cava.

La scogliera in massi di cava è stata realizzata recentemente per ripristinare la parte terminale della vecchia difesa (più rigida) distrutta da una piena e per prolungare la stessa verso valle allo scopo di proteggere la zona in erosione più a valle.

Inoltre all'estremità di monte del tratto è presente una traversa di derivazione ad uso irriguo che, velocizzando la corrente a valle dello scivolo e trattenendo il materiale solido, favorisce fenomeni erosivi e di abbassamento del fondo.

8.5.2 Interventi principali

Sulla base delle indicazioni sopra riportate si ritengono necessari i seguenti interventi principali:

1. Ampliamento della luce e innalzamento della quota di intradosso del ponte della strada V. Moreno a Savigliano (GM04A006).
2. Adeguamento del sifone di attraversamento del t. Mellea da parte del canale industriale Fiat Ferroviaria (GM04A005).
3. Adeguamento della traversa di sostegno del canale Fiat Ferroviaria (GM05D010).
4. Realizzazione di nuove difese spondali per il contenimento dell'evoluzione morfologica dell'alveo (vedere in Appendice schema tipologico A.1 valutato per $H = 4$ m) in prossimità di Savigliano in sinistra e in destra complessivamente per circa 660 m.
5. Realizzazione e/o adeguamento in quota di muri arginali per il contenimento dei livelli di piena
 - in prossimità di Savigliano in sinistra per circa 100 m (vedere in Appendice schema tipologico B.1 valutato per $H = 5$ m);
 - in prossimità di Savigliano in destra per circa 140 m (vedere in Appendice schema tipologico B.2 valutato per un sovrizzo pari a 1.5 m);
6. Realizzazione di nuovi rilevati arginali per il contenimento dei livelli di piena:

- in prossimità di Savigliano in sinistra e in destra per complessivi 900 m (vedere in Appendice schema tipologico B.4);
 - a monte di Savigliano in sinistra per complessivi 600 m (vedere in Appendice schema tipologico B.3 valutato per H = 2.0 m).
7. Ricalibratura della sezione d'alveo allo scopo di migliorarne l'efficienza idraulica (vedere in Appendice schema tipologico B.5) lungo il tratto compreso tra la traversa di sostegno del canale industriale Fiat Ferroviaria (GM05D010) e c.na S. Anna per circa 4400 m.
 8. Manutenzione ordinaria delle sezioni di deflusso, finalizzata al ripristino dell'efficienza idraulica compatibilmente con il sistema del verde presente nel comune di Centallo (CN).

8.5.3 Valutazione sommaria dei costi di intervento

Con riferimento alla definizione quantitativa degli interventi definiti nel paragrafo precedente e ai dati di costo unitari definiti nel "Quaderno delle Opere Tipo" allegato alla presente monografia, si fornisce la seguente valutazione sommaria dei costi.

4)	Realizzazioni di nuove difese spondali	€ 759'000.00
5)	Realizzazioni di nuovi muri arginali	€ 442'000.00
6)	Realizzazioni di nuovi rilevati arginali	€ 1'845'000.00
7)	Risagomatura della sezione d'alveo	€ 1'100'000.00
	Stima dei costi totali	€ 4'146'000.00

8.5.4 Descrizione delle fasce fluviali

Fascia A

Nel tratto in esame la delimitazione della fascia è stata assunta quasi ovunque coincidente con la fascia B "di progetto" sia in sinistra sia in destra.

La fascia A si discosta dalla fascia B solo a valle di Savigliano prevalentemente in destra dove interessa c.na Bastiotta.

Fascia B

Nel tratto in esame la delimitazione della fascia assume sia in destra sia in sinistra quasi ovunque valenza di "progetto"; solo a valle di Savigliano si ha un ampliamento prevalentemente in destra essendo vincolata in sinistra dal rilevato del canale industriale Fiat Ferroviaria.

Fascia C

La delimitazione della fascia in esame è stata tracciata esclusivamente sulla base dei livelli idrici relativi alla portata con TR 500 anni.

Nel tratto in esame si discosta di poco dalla fascia B in destra; mentre in sinistra coinvolge l'intero centro abitato di Savigliano andando a coincidere con la fascia C del t. Maira.

8.6 C.NA RONCAGLIA (SEZ. 12) - CONFLUENZA NEL MAIRA (SEZ. 1)

8.6.1 Sintesi delle criticità e delle esigenze di intervento

In corrispondenza di alcune opere di attraversamento sono state osservate evidenze di approfondimento del fondo alveo per valori compresi tra 0.5 - 0.6 m. Analogamente sono state osservate tendenze localizzate al ripascimento.

Nel tratto in esame sono presenti i seguenti fenomeni di erosione spondale (per una lunghezza totale di circa 685 m):

- nel tratto in prossimità di c.na Rosalia in sinistra idrografica;
- a monte del ponte raccordo della S.S. n 20 a Cavallermaggiore (GM01A002)..

Tra i processi osservati alcuni determinano asportazione di terreno agricolo, mentre un altro potrebbe interessare una strada vicinale.

Le sezioni a monte del rilevato ferroviario (GM01A003) sono molto allargate sul piano campagna determinando una forte laminazione del colmo di piena: si ha infatti un allargamento delle aree esondabili prevalentemente in sponda destra dove il piano campagna è caratterizzato da quote decrescenti.

In questo tratto sono presenti tre attraversamenti (due stradali ed uno ferroviario) con pile in alveo che determinano restringimenti della sezione di piena e favoriscono situazioni di erosione o deposito; tutti gli attraversamenti sono però lontani da insediamenti urbani ed eventuali esondazioni interesserebbero solo aree agricole.

L'unica opera di difesa longitudinale è costituita da un argine rivestito in pietrame situato in sponda sinistra (GM01D002), immediatamente a monte della linea ferroviaria Torino - Savona il quale, non essendo intestato a monte, appare facilmente aggirabile dalle acque esondate che verrebbero comunque contenute dal rilevato ferroviario.

L'attraversamento ferroviario è protetto da una platea in massi cementati avente funzione di consolidamento delle fondazioni del ponte; tale platea è in leggero dissesto nella parte terminale a valle.

Ad eccezione del ponte della ferrovia TO - SV (GM01A003), tutti i manufatti di attraversamento presenti lungo il tratto di torrente in oggetto risultano inadeguati rispetto ai criteri di compatibilità imposti dalla Direttiva A.d.B.Po n. 2 del 11-5-1999 (vedere la

tabella riportata in Appendice in cui sono elencati i valori del franco idraulico, dell'altezza di sormonto e del rigurgito calcolati in corrispondenza degli attraversamenti presenti lungo il tratto in esame).

8.6.2 Interventi principali

Sulla base delle indicazioni sopra riportate si ritengono necessari i seguenti interventi principali:

1. Ampliamento della luce del ponte della S.S. n 20 a Cavallermaggiore (GM01A002).
2. Innalzamento della quota di intradosso dei seguenti ponti:
 - Ponte della strada per C.na Rosalia (GM02A004);
 - ponte della S.S. n. 20 a Cavallermaggiore (GM01A001).
3. Realizzazione di nuove difese spondali per il contenimento dell'evoluzione morfologica dell'alveo (vedere in Appendice schema tipologico A.2 valutato per $H = 3$ m) a monte del ponte della strada c.na Rosalia (GM02A004) in sinistra e in destra complessivamente per circa 500 m.
4. Manutenzione ordinaria delle sezioni di deflusso, finalizzata al ripristino dell'efficienza idraulica.

8.6.3 Valutazione sommaria dei costi di intervento

Con riferimento alla definizione quantitativa degli interventi definiti nel paragrafo precedente e ai dati di costo unitari definiti nel "Quaderno delle Opere Tipo" allegato alla presente monografia, si fornisce la seguente valutazione sommaria dei costi.

3)	Realizzazioni di nuove difese spondali	€	475'000.00
	Stima dei costi totali	€	475'000.00

8.6.4 Descrizione delle fasce fluviali

Fascia A

Nel tratto in esame, in linea generale, il tracciamento della fascia A è stato eseguito con riferimento alle aree di esondazione della piena ventennale, rispetto alle quali si è considerato un ampliamento medio di circa 50 m. Tale ampliamento, operato allo scopo di tenere conto del minor valore della portata ventennale rispetto al 80% della portata con $Tr = 200$ anni, comporta una larghezza media della fascia pari a circa 200 m che aumenta via via verso valle e in particolare a monte di Savigliano dove presenta una larghezza di circa 300 - 400 m.

All'interno della fascia in esame ricade solo un'abitazione: c.na Rosalia.

Fascia B

La delimitazione della fascia in esame è stata tracciata esclusivamente sulla base dei livelli idrici relativi alla portata con TR 200 anni, poiché nel tratto in esame il corso d'acqua ha un andamento monocursale e non presenta rilevanti forme fluviali relitte ancora legate alla dinamica fluviale.

Il limite della fascia coincide in genere con l'area esondabile, salvo locali ampliamenti dovuti a fattori di carattere geomorfologico e/o alla presenza di elementi naturali o infrastrutturali (rilevati stradali, limiti interpoderali, ecc.) di contenimento della piena; in particolare in sinistra e in destra la fascia segue il rilevato del ponte della ferrovia Torino - Savona (GM01A003).

La fascia assume un'ampiezza variabile tra 300 e 1000 m in funzione delle esigenze di protezione di infrastrutture e abitati e della morfologia del territorio.

All'interno della fascia in esame ricadono diverse cascate isolate e fabbricati in genere.

Fascia C

La delimitazione della fascia in esame è stata tracciata esclusivamente sulla base dei livelli idrici relativi alla portata con TR 500 anni.

Nel tratto in esame si discosta significativamente dalla fascia B prevalentemente in destra idrografica nel tratto a monte del ponte della ferrovia Torino - Savona (GM01A003) e sempre in destra è assunta coincidente con la fascia B in prossimità della confluenza con il t. Maira.

In sinistra la fascia C in oggetto è assunta coincidente con la fascia C del t. Maira.