



AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)

*Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico*

RELAZIONE

Ambito di Bacino di rilievo regionale:

PORA

Bacino:

MAREMOLA

Comuni:

MAGLIOLO

PIETRA LIGURE

TOVO S. GIACOMO

GIUSTENICE



APPROVAZIONE	Delibera del Consiglio Provinciale di Savona n. 47 del 25/11/2003
ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO	Decreto digitale del Direttore Generale n. 50 del 27/02/2018
ENTRATA IN VIGORE	Pubblicazione sul BURL n. 12 del 21/03/2018 - parte II

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

1	QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO	4
1.1	Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento.....	4
1.2	Strumenti di pianificazione vigenti	5
1.2.1	<i>Altri strumenti di pianificazione.....</i>	6
1.3	Dati utilizzati.....	6
2.	CARATTERISTICHE DEL BACINO	9
2.1	Geografia.....	9
2.2	Geologia	10
2.2.1.	<i>Metodologia di studio.....</i>	10
2.2.2.	<i>Caratteri geologici generali.....</i>	10
2.2.3	<i>Litostratigrafia e tettonica.....</i>	12
2.2.4	<i>Tettonica e assetto strutturale.....</i>	15
2.2.5	<i>Considerazioni relative allo stato della roccia</i>	17
2.3	Geomorfologia	18
2.3.1	Reticolo idrografico	18
2.3.1.1	<i>Tavolo del reticolo idrografico (tav. 13)</i>	20
2.3.2	Acclività	20
2.3.3	Caratterizzazione delle coperture.....	20
2.3.4	<i>Frane attive , quiescenti e franosità diffusa</i>	21
2.3.5	<i>Riporti artificiali e discariche.....</i>	22
2.3.6	Cave	23
2.3.7	<i>Alluvioni e terrazzi fluviali</i>	23
2.3.8	<i>Aree in erosione.....</i>	23
2.3.9	<i>Aree carsiche</i>	24
2.4	Idrogeologia	24
2.5	Uso del Suolo.....	25
2.6	Descrizione della rete idrografica.....	27
2.6.1	<i>Descrizione dell'asta principale.....</i>	27
2.7	Idrologia di piena.....	28
2.7.1	Premessa.....	28
2.7.2	<i>Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri. Valori di portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, per i bacini idrografici con foce al mar Tirreno – luglio 1999 - (C.I.M.A.) Università degli Studi di Genova.</i>	29
2.7.3	<i>Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica .</i>	35
2.7.4	<i>Portate di piena.....</i>	39
2.7.5	<i>Portate di piena di progetto per il bacino Maremola (Rif. Normativa di Piano) 45</i>	
3	PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO	46
3.1	Premessa.....	46
3.2	Problematiche di tipo geomorfologico.....	48

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

3.2.1	<i>Suscettività al dissesto dei versanti</i>	48
3.2.2	<i>Sintesi dei relativi rapporti tra i fattori considerati</i>	52
3.2.3	<i>Commento alla Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti</i>	52
3.3	Problematiche di tipo idraulico	53
3.3.1	<i>Aree storicamente inondate</i>	53
3.3.2	<i>Verifiche idrauliche</i>	54
3.3.3	<i>Fasce di inondabilità</i>	60
3.3.4	<i>Fascia di riassetto fluviale</i>	62
3.4	Principali criticità del bacino	62
3.4.1	<i>Criticità puntuali</i>	64
	Determinazione delle portate di progetto	66
	Analisi idraulica	67
3.5	Considerazioni sul trasporto solido	68
4	RISCHIO IDROGEOLOGICO	70
4.1	Premessa	70
4.2	Determinazione del rischio idrogeologico	71
4.3	Carta del rischio idraulico	73
4.4	Carta del rischio geomorfologico	74
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	75

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

PREMESSA

Il presente piano è stato redatto quale piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico in adempimento all'art.1, comma1, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 agosto 1998 n 267 e costituisce parte del piano di bacino stralcio per la difesa idrogeologica, nonché del piano di bacino completo, di cui alla legge 18 maggio 1989, n.183 e sue modificazioni ed integrazioni. Esso è, di conseguenza, un primo stralcio funzionale che risponde nei contenuti prioritariamente a quanto richiesto dal citato D.L. 180/98 e dal relativo "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98", pubblicato sulla G.U. del 5.1.1999.

Il percorso di formazione e adozione del presente piano è stato quello previsto in generale per i piani di bacino dalla normativa in allora vigente, con particolare riferimento alla legge regionale 21 giugno 1999, n.18.

Il presente piano di bacino stralcio si è avvalso degli studi propedeutici generali relativi alle caratteristiche del territorio e alle problematiche del bacino a suo tempo affidati dalle Amministrazioni ed Enti operanti sul territorio in esame.

LA PRESENTE RELAZIONE TECNICA DI PIANO È STATA REVISIONATA NEL CORSO DEL 2017 IN OCCASIONE DELLA VARIANTE AL PIANO DI BACINO COSTITUITA DALL'AGGIORNAMENTO DELLE FASCE DI INONDABILITÀ DEL T. MAREMOLA IN COMUNE DI PIETRA LIGURE, LOCALITÀ CAPOLUOGO, A SEGUITO DI STUDI DI MAGGIOR DETTAGLIO E DAL RECEPIMENTO DELLE AREE INONDATE NEI COMUNI DI GIUSTENICE E PIETRA LIGURE DURANTE L'EVENTO ALLUVIONALE CHE NEL NOVEMBRE 2016 HA INTERESSATO VASTE PORZIONI DEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI SAVONA.

LA VARIANTE DI CUI SOPRA HA COMPORTATO LA MODIFICA DEI SEGUENTI ELABORATI:

- RELAZIONE GENERALE;*
- VERIFICHE IDRAULICHE;*
- CARTA DELLE FASCE DI INONDABILITÀ;*
- CARTA DELLE AREE INONDABILI;*
- CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO.*

1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento

Il quadro di riferimento generale per la formazione del Piano di bacino è rappresentato dalle norme contenute nella legge quadro 18 maggio 1989, n. 183. Rilevanza particolare ha inoltre la legge 4 dicembre 1993, 493, che all'art.12 integra l'art. 17 della L. 183/89 con il comma 6 ter che introduce la possibilità di redigere ed approvare i piani di bacino anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali.

Per gli aspetti connessi alla pianificazione di bacino regionale si deve far riferimento alla legge regionale 28 gennaio 1993, n.9, che in sostanza recepisce la L.183/89, regionalizzandone i contenuti e istituendo l'Autorità di Bacino Regionale. Le procedure di approvazione dei piani di bacino sono state in parte modificate dalla legge regionale 21 giugno 1999, n.18.

Un ulteriore impulso alla pianificazione di bacino è stato fornito dal decreto legge 11 giugno 1998 n.180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 agosto 1998 n.267 "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed in favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", modificato dal D.L. 132/99, convertito, con modifiche, dalla L. 262/99. Tale decreto al comma 1 dell'articolo 1 dispone che entro il termine del 30 giugno 1999, le Autorità di bacino di rilievo nazionale ed interregionale e le regioni per i restanti bacini, adottano, ove non si sia già provveduto, piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico redatti ai sensi del comma 6-ter dell'art.17 della L.183/89 e successive modificazioni che contengano in particolare l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e le relative misure di salvaguardia.

I criteri relativi agli adempimenti di cui al comma 1 dell'art. 1 del succitato D.L. 180/98, sono stati forniti, come previsto dal comma 2 dell'art.2 del D.L. 180/98, in "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2", pubblicato sulla G.U. del 5.1.99. Esso, in particolare, pur ribadendo la necessità che le Autorità di Bacino compiano ogni sforzo per accelerare i tempi per l'adozione dei piani stralcio, stabilisce come termine ultimo per l'adozione dei piani stralcio per il rischio idrogeologico il 30 giugno 2001, e quello per l'approvazione il 30 giugno 2002. Specifica inoltre che le attività relative all'individuazione e alla perimetrazione delle aree a rischio di inondazione e a rischio di frana dovranno essere articolate nelle seguenti 3 fasi:

- 1) individuazione aree soggette a rischio idrogeologico;
- 2) perimetrazione, valutazione dei livelli di rischio e definizione di misure di salvaguardia;
- 3) programmazione della mitigazione del rischio.

Il D.L. 180/98, ha inteso quindi, dichiaratamente dare un'accelerazione agli adempimenti della L. 183/89, soprattutto a riguardo l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (inteso come inondazione e frana).

In adempimento al comma 1, art. 1, del suddetto D.L. 180/98, l'Autorità di Bacino di rilievo regionale intende adottare, entro la scadenza posta del 2001, piani di bacino stralcio (ai sensi del comma 6ter, art. 17. L.183) sul rischio idrogeologico, costituiti essenzialmente dalle due tematiche relative al rischio idraulico e rischio geomorfologico (susceptività al dissesto e rischio di frana).

Trattandosi di uno stralcio funzionale non esaurisce chiaramente tutte le tematiche previste dal piano di bacino completo. Peraltro è uno stralcio più limitato rispetto allo stralcio per la difesa idrogeologica così come impostato dall'Autorità di bacino di rilievo regionale in Liguria a seguito della L.R. 9/93. Questo tipo di piano, che è elaborato prioritariamente come adempimento al D.L. 180/98, è uno stralcio funzionale, che rappresenta una parte del piano stralcio per la difesa

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

idrogeologica e del quale sarà quindi parte integrante, così come del piano di bacino nella sua stesura completa.

Esso è quindi approvato con le procedure ordinarie previste dalla L. R. 18/99.

I criteri seguiti per l'elaborazione dei suddetti piani stralcio sul rischio idrogeologico sono quelli già adottati dall'Autorità di bacino regionale per la redazione dei piani stralcio per la difesa idrogeologica.

In particolare i criteri generali per l'elaborazione dei piani di bacino regionali sono stati formalizzati, così come previsto dalla L.9/93, nel documento "Criteri per l'elaborazione dei piani di bacino" approvati dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino di rilievo regionale nella seduta del 20.12.1994. Tali criteri sono stati poi integrati da una serie di raccomandazioni e documenti relativamente a specifiche problematiche.

Nell'ambito del presente piano stralcio per il rischio idrogeologico, oltre ai citati criteri generali, e a quelli relativi all'Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98", sono stati seguiti i criteri contenuti nelle seguenti raccomandazioni o seguenti raccomandazioni o linee guida:

- raccomandazione n.1 *"Metodologie per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione"*
- raccomandazione n. 3bis *"Documento propedeutico all'informatizzazione dei dati e delle cartografie di base per la redazione dei piani di bacino"*,
- raccomandazione n. 4 *"Standard cartografici relativi in particolare alle legende per la carta di copertura e d'uso del suolo, carta di dettaglio dei movimenti franosi, censimento dei movimenti franosi"*
- raccomandazione n. 4 *"Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico e idrogeologico- Carte derivate"*
- raccomandazione n. 7 *"Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale"*
- raccomandazione n. 8 *"Redazione della carta del rischio idrogeologico nei piani stralcio di bacino"*
- linea guida 1/1999 *"Nota sul rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale"*
- linea guida 2/2000 *"Indicazioni metodologiche per la costruzione della carta di suscettività al dissesto dei versanti"*
- linea guida 3/2000 *"Schema di struttura e dei contenuti essenziali di un piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico (ai sensi del comma 1, art.1, del DI180/98 e ss.mm.ed ii, convertito il Legge 267/98)"*

Si sottolinea, infine, che ai sensi della L. 183/89 il piano di bacino, così come i suoi stralci funzionali, è uno strumento sovraordinato per le parti prescrittive agli altri strumenti di pianificazione settoriale ed urbanistica, con effetto di integrazione e di prevalenza, in caso di contrasto, della pianificazione territoriale di livello regionale, provinciale e comunale.

1.2 Strumenti di pianificazione vigenti

Nell'ambito della pianificazione di bacino risulta di interesse la valutazione delle potenzialità e delle previsioni di sviluppo antropico contenute nei vari livelli di pianificazione. Nel presente piano stralcio, tuttavia, si è stabilito, a livello provinciale, di non sviluppare la presente fase che verrà invece, ampiamente trattata nei successivi studi ed elaborati relativi al Piano di Bacino 183.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

1.2.1 Altri strumenti di pianificazione

Relativamente alla Direttiva CEE 92/43/ CEE istitutiva dei siti "bioitaly", si osserva che nell'ambito del bacino del Maremola sono presenti i seguenti siti individuati come "SIC" (siti di importanza comunitaria):

IT 1323112 Monte Carmo-M.Settepani

IT 1324007 M.Chiazze Secche

1.3 Dati utilizzati

Per la cartografia di base del piano vengono utilizzati gli studi propedeutici al Piano di Bacino del Fiume Maremola redatti per conto della Provincia di Savona dallo Studio Carieri e gli approfondimenti svolti con gli studi di cui alla D.G.P. n° 9 prot. 9969/98, citata in premessa, dai medesimi professionisti che svolgono il presente lavoro.

Al fine della elaborazione del piano sul rischio idrogeologico ai sensi del comma 1, art. 1 del DL 180/98, si è proceduto alla validazione di quanto acquisito con la revisione, sistemazione ed aggiornamento dei dati mediante verifiche sul terreno.

Il lavoro è stato svolto in tre fasi successive secondo il calendario stabilito dal Settore Assetto Idrogeologico del Territorio della Provincia di Savona, che ha fornito anche le specifiche tecniche prodotte dalla Regione e le prescrizioni operative per il conseguimento di risultati uniformi e confrontabili.

Nella prima fase si sono curate le procedure per la stesura della cartografia di base secondo uno standard comune con i gruppi di professionisti che operano sugli altri bacini, nel rispetto delle linee guida proposte dalla Regione ed è stata redatta una prima stesura della cartografia di analisi.

Poiché partecipano all'analisi dei rischi naturali professionisti di diversa formazione scientifica, si è posta grande attenzione all'aspetto interdisciplinare, per ottimizzare lo scambio e l'uso delle informazioni all'interno del gruppo, pur con tutte le difficoltà ed i limiti derivanti dalle diverse impostazioni culturali e dal fatto di dover comunque affrontare un percorso prestabilito.

Parallelamente si è attivato un processo di analisi bibliografica - i lavori consultati sono citati nei "Riferimenti bibliografici" - e di validazione dei dati, provenienti in prevalenza dai piani regolatori comunali, in modo tale da disporre di una base affidabile sulla quale impostare l'analisi del rischio geomorfologico.

Per l'esame delle foto aeree del territorio è stato fatto riferimento ai voli 1973/74 e 1993/95; per ovvi motivi d'aggiornamento il processo di validazione ha quindi richiesto maggiore impegno nelle verifiche di campagna per l'individuazione delle situazioni più rappresentative sotto il profilo della stabilità dei versanti specie per quanto attiene i fenomeni di denudamento da parte degli incendi boschivi.

Sono inoltre stati visionati e/o acquisiti dati diversi messi a disposizione dal Settore Assetto Idrogeologico del Territorio della Provincia di Savona su supporto cartaceo ed informatico per la redazione delle singole carte. Sono state altresì utilizzate informazioni diverse fornite dai Comuni e dalle Comunità Montane.

Nella seconda fase l'attenzione si è spostata sulla formulazione di uno schema procedurale rispondente alle peculiarità del bacino per la definizione della pericolosità.

Si è eseguita una prima stesura della carta della suscettività al dissesto dei versanti impostata secondo lo schema predisposto dalla regione, ma con un margine soggettivo di interpretazione.

La stesura finale segue lo schema regionale nei singoli passaggi, ma apporta inevitabili correttivi alle non infrequenti situazioni in cui l'applicazione dell'automatismo non basta a cogliere i

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

fenomeni nella loro globalità ed interazione, come verrà meglio descritto a proposito della cartografia della suscettività al dissesto.

La terza fase è stata di revisione generale in funzione del riconoscimento delle criticità del bacino.

Durante lo svolgimento di quest'ultima fase hanno avuto luogo i noti eventi meteorici eccezionali dell'ottobre/novembre 2000 con conseguenti danni alluvionali ed innesco o riattivazione di dissesti lungo i versanti.

Il verificarsi di tali eventi in fase di chiusura dei lavori, con cartografia di base già completata, ha avuto come conseguenza il riaggiornamento della Carta geomorfologica della Carta della Franosità Reale, un intervento più radicale del previsto nella ridefinizione della suscettività al dissesto e, quindi delle priorità nell'indicazione degli interventi.

Come base cartografica è stata utilizzata la Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 e scala 1:10.000 (in formato raster e vettoriale) fornita dalla Provincia e dalla Regione.

Questa riporta il bacino nei fogli:

n° 228150 "Melogno "

n° 228160 "Calice Ligure "

n° 245030 "Magliolo"

n° 245040 "Pietra Ligure"

Tutti i tematismi di base sono stati ridisegnati secondo le specifiche di informatizzazione richieste.

I tematismi delle carte derivate sono stati perimetrati per sovrapposizione dei temi delle carte di base, secondo specifiche regionali.

L'area di indagine è coperta dalle basi cartografiche vettoriali in sc. 1:5000, per cui è stato possibile mantenere la georeferenziazione dei limiti geologici e di tutte le rappresentazioni areali e dei contenuti puntuali delle carte, secondo le tolleranze imposte dalla Committenza, nell'elaborazione cartografica in formato dwg e dgn secondo le dotazioni di software dei singoli studi professionali (AUTOCAD 2000 per i tematismi geologici e per l'uso del suolo) e (microstation per le elaborazioni topografiche ed idrauliche).

La georeferenziazione utilizza il sistema di coordinate Gauss Boaga.

Le rappresentazioni sono registrate su files e su livelli diversi e sovrapponibili con modalità standard che consentano l'inserimento nel Sistema Informativo Regionale di Bacino (SIREBA) in modo da facilitare interventi successivi secondo le necessità previste dal sistema.

La restituzione su supporto cartaceo viene presentata su base topografica ricavata da raster georeferenziati in formato citato in scala sc. 1:10000.

Per la parte idraulica è stato utilizzato il materiale relativo allo "Studio del deflusso idraulico nel Torrente Maremola dalla foce alla confluenza con il Rio Scarincio, con e senza il nuovo ponte in corrispondenza di Viale Repubblica" redatto dallo studio tecnico del Dott. Ing. Paolo Gaggero per conto del Comune di Pietra Ligure. Il suddetto materiale è stato messo a disposizione del CIMA dalla Amministrazione Provinciale di Savona.

Il Comune di Tovo S. Giacomo ha fornito il materiale relativo agli studi: "Ripristino della difesa spondale del Torrente Maremola in corrispondenza dell'area a parco pubblico" e "Ripristino della stabilità dei versanti e del dissesto idrogeologico per erosione del Torrente Maremola" redatti dall'Ing. Tiziano De Silvestri dello Studio Associato De Silvestri.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Durante lo svolgimento del lavoro, è emersa la necessità di integrare il rilievo attraverso un sopralluogo effettuato da professionisti incaricati dal CIMA nell'ottobre 2000 per il tratto a monte della confluenza del Torrente Maremola con il Rio Scarincio fino all'altezza dell'abitato di Tovo San Giacomo.

I dati e le elaborazioni a carattere idrologico sono stati tratti dallo studio propedeutico citato solo parzialmente, poiché si sono rese necessarie integrazioni ai fini di una descrizione maggiormente dettagliata dell'idrologia del bacino. Per quanto riguarda il rilievo delle sezioni idrauliche si è proceduto ad una prima fase di controllo dei dati disponibili e ad una seconda fase di integrazione con sopralluogo.

2. CARATTERISTICHE DEL BACINO

2.1 Geografia

Il Bacino del Torrente Maremola ricade nell'ambito di "CENTRO", definito dall'Autorità di bacino di rilievo regionale.

Il bacino così definito ha una superficie di 46Kmq.

I comuni compresi nell'area sono:

Pietra Ligure
Giustenice
Tovo S. Giacomo
Magliolo

La Comunità Montana di appartenenza nell'ambito della provincia di Savona è la Comunità Montana Pollupice.

Il Torrente Maremola ha bacino idrografico abbastanza esteso delimitato a Nord sullo spartiacque ligure padano da Bric Merizzo (1275m) Bric Agnellino (1335m) Monte Carmo (1385m); a levante dai crinali Bric Gettina (1026) M.Cucco M. Grosso (318m); a ponente dai crinali Bric Pratello Poggio S.Martino M. Pianosa per poi sfociare nel Mar Ligure all'altezza di Pietra Ligure.

Il reticolo idrografico è di tipo dendritico, discretamente organizzato, per quanto riguarda ed i suoi tributari. In base a considerazioni morfologiche di massima, come tratto vallivo dell'asta principale del Torrente si può considerare il tratto compreso l'abitato di Tovo S. Giacomo e la foce, che copre una distanza di circa 3 Km in direzione NW - SE.

La conformazione di bacino è prevalentemente montuosa e collinare, con le aree pianeggianti poco estese in rapporto al resto del bacino.

Il tessuto urbano è fitto ed ininterrotto lungo la tratta terminale del T. Maremola in corrispondenza dell'abitato di Pietra Ligure e diviene progressivamente rado nell'entroterra con tipici insediamenti a nucleo in corrispondenza delle diverse frazioni costituenti il comune di Giustenice, Tovo S. Giacomo e Magliolo.

Il paesaggio interno è quello tipico delle colline liguri, frequentemente terrazzate, lungo le quali prevale la coltivazione dell'ulivo. In quota diviene più aspro, e, soprattutto verso la cima del M. Carmo- M.Grosso-Colle del Melogno assume un carattere di tipo alpino.

Il panorama della Val Maremola appare contrastato in quanto nello spazio di pochi chilometri si concentrano aspetti del paesaggio che vanno dal quello montano a quello di città di mare a vocazione turistico - balneare.

Gli elementi climatici del territorio della Val Maremola sono stati ricavati dai dati desunti dagli Annali dalla Sezione Idrografica del Genio Civile di Genova per le stazioni termopluviometriche di Verzi e Colle del Melogno che ben rappresentano la situazione meteorologica delle aree in oggetto. Sono anche risultati disponibili i dati meteorologici raccolti dall'Istituto Ospedaliero di S. Corona in Pietra Ligure (dal 1938 al 1979 escluso il periodo bellico) che possono essere presi come riferimento per la fascia costiera.

I valori di piovosità medi annui variano con l'aumento dell'altitudine da circa 900 mm a 1300 mm. Per tutte le stazioni le massime precipitazioni si verificano in autunno e le minime in estate (considerando i dati mensili il massimo si verifica nei mesi di Ottobre-Novembre e il minimo nel mese di Luglio).

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Le precipitazioni nevose hanno permanenza al suolo molto limitata alle quote altimetriche più elevate per cui l'alimentazione nivale risulta pressoché nulla.

Le temperature medie annue variano da circa 16° nella zona costiera a 10° per la stazione del Colle del Melogno con valori intermedi di 14°-15° per le altre stazioni esaminate. I valori minimi medi annui sono al di sotto dei 10° e i valori medi massimi intorno ai 20°.

Il regime dei venti è variabile, con lunghi periodi di calma e vento debole (80%) intervallati da giorni ventosi; per quanto riguarda la provenienza vi è una dominanza dei venti di SW nella stagione estiva e NW nel periodo invernale con subordinate provenienze da S-SE.

L'andamento delle precipitazioni e delle temperature denota quindi un assetto climatico di tipo mediterraneo, che nella fascia territoriale più elevata (M. Carmo e in genere i rilievi altimetricamente più elevati), risente della quota e della vicinanza dello spartiacque padano. Il clima della zona può essere considerato temperato medio ad estate siccitosa.

2.2 Geologia

2.2.1. Metodologia di studio

L'elaborato grafico di riferimento è la Carta Geolitologica. La definizione stessa indica il risalto che si è voluto dare ai caratteri litologici rispetto all'attribuzione formazionale delle rocce in quanto più rispondente alla caratterizzazione fisica del materiale.

La suddivisione della roccia in base allo stato di conservazione viene tuttavia affrontato nell'elaborazione della Carta Geomorfologica, secondo le specifiche regionali (Raccomandazione 3 bis).

Come si è detto al §1.3 sono stati acquisiti i rilevamenti geologici dei Piani Regolatori, sono state esaminate le cartografie di riferimento più accreditate e sono stati eseguiti rilievi sul terreno.

Le formazioni ed i vari membri delle stesse sono riportati sulla Carta Geolitologica in funzione della litofacies prevalente; i simboli e le sigle di ciascun elemento cartografato corrispondono a quelli delle raccomandazioni per l'inserimento nel sistema informativo regionale di bacino. I terreni alluvionali sono stati suddivisi per tipologia.

2.2.2. Caratteri geologici generali

Il bacino è caratterizzato geologicamente da una buona percentuale di affioramento e dalla presenza di un relativamente limitato numero di litologie.

Le formazioni affioranti appartengono pressoché esclusivamente al Settore Orientale del Dominio Brianzonese Ligure mentre nella parte bassa del bacino sono poi presenti estesi depositi alluvionali terrazzati antichi e recenti.

La storia geologica della val Maremola è legata all'evoluzione delle "alpi liguri" nel settore detto del "Brianzonese Ligure" che si ritiene provenga dalla porzione del continente paleoeuropeo più prossima al suo margine continentale. Le diverse fasi dell'orogenesi alpina databili all'incirca tra i 40-90 milioni di anni fa che si realizzarono in seguito all'avvicinamento e alla collisione dei paleocontinenti europeo e africano (rappresentato dal promontorio dell'Insubria) hanno prodotto profonde deformazioni dei materiali oceanici e continentali che vennero quindi appilati gli uni sugli altri formando un complesso edificio e detto a "falde di ricoprimento".

In prima approssimazione, le falde che formano le Alpi liguri hanno una primitiva vergenza verso l'esterno dell'arco alpino; esse sono state successivamente deformate da una fase principale a vergenza interna ("retroflessioni", "retroscorrimenti"); pertanto, prescindendo da questa ultima e, a parte eccezioni variamente giustificabili, in generale si può ritenere che alle Unità geometricamente più elevate competa una collocazione paleogeografica più interna.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Tralasciando la Zona delfinese-provenzale e la Zona "sub-brianzonese", esterne al bacino, ed analizzando la Zona brianzonese e piemontese si può notare come la sua porzione più profonda, che è anche quella arealmente più estesa, sia costituita dalle Unità brianzonesi geometricamente inferiori, che prendono nomi diversi a E e W della valle del Tanaro. Esse si sovrappongono parzialmente l'una all'altra e, in profondità, sono probabilmente sovrascorse sulla Zona delfinese-provenzale. L'orogenesi non sembra aver modificato sostanzialmente i loro originari rapporti di contiguità.

Sulle Unità predette poggiano le Unità superiori (Unità di Mallare, Unità di M.Carmo e Unità di Castelvechio-Cerisola), completamente sradicate, attualmente formanti lembi isolati, sì che l'intera successione della pila di falde non è visibile in alcun luogo. La correlazione tra i vari lembi, spesso suscettibili di svariate soluzioni, sono essenzialmente fondate sull'identità di posizione geometrica relativa, di successione stratigrafica, di evoluzione tettonica e metamorfica alpina.

La struttura delle Alpi liguri è evidentemente il risultato di un'evoluzione complessa, diversa nelle varie Zone (delfinese, brianzonese, piemontese e piemontese-ligure).

A tutt'oggi sono stati ipotizzati una serie di possibili eventi (da I a VII) responsabili delle varie fasi deformative e metamorfiche.

Nello studio delle fasi alpine la correlazione tra ogni deformazione e metamorfismo all'interno di ogni Unità è necessariamente semplificata in quanto il culmine dell'evento metamorfico può in effetti essere anche immediatamente precedente o posteriore rispetto al piegamento; in generale, i primi eventi deformativi sono documentati da pieghe o scistosità visibili solo alla meso- o alla micro-scala, mentre le megastrutture corrispondenti non sono note.

Non è quindi possibile, allo stato attuale delle conoscenze, verificare se queste siano nate come pieghe coricate, oppure come gigantesche scaglie tettoniche ("duplexes"); al contrario, le ultime fasi di piegamento hanno generalmente lasciato scarse evidenze alla meso-scala, mentre la loro influenza sulle pieghe preesistenti appare chiaramente sotto forma di struttura di interferenza alla grande scala.

L'evoluzione si è compiuta in tre tappe principali.

- *Individuazione e traslazione delle falde verso l'esterno* (eventi I, II e III). Comprende le fasi principali di deformazione e metamorfismo. Esse sono più antiche nei domini interni, dai quali l'orogenesi si è progressivamente propagata verso quelli esterni. L'intensità della deformazione, espressa dalla morfologia delle pieghe e dal carattere della foliazione tettonica associata, è generalmente proporzionale al metamorfismo - per lo più di alta pressione - che si è contestualmente sviluppato. Risultano pertanto energicamente deformate e metamorfiche le Unità ofiolitifere, quelle piemontesi interne e quelle brianzonesi interne, la cui evoluzione strutturale si è compiuta in profondità, mentre sono comparativamente meno deformati e metamorfici i Flysch ad Elmintoidi, le Unità piemontesi esterne e brianzonesi esterne, la cui strutturazione è avvenuta in condizioni relativamente più superficiali.
- *Retroflessioni e retroscorrimenti* (evento IV). Si tratta del primo evento posteriore all'appilamento delle falde, che sono state rideformate con strutture in generale vergenti verso l'interno della catena (tranne quelle del Gruppo di Voltri e della Zona Sestri-Voltaggio che hanno direzione mediana). Questa fase ha intensità decrescente verso le Zone esterne e, su una stessa verticale, verso l'alto. Il metamorfismo si sviluppa in condizioni di pressione minore rispetto alle fasi precedenti.
- *Fasi tardive* (eventi V, VI e VII). Sono tutte blande e prive di metamorfismo; perciò non è sempre facile identificarle e correlarle a scala regionale. Le strutture più importanti, note nella maggior parte delle Unità, corrispondono a due generazioni di pieghe da aperte a blande, la prima debolmente vergente verso l'esterno della catena, la seconda praticamente priva di vergenza ed avente assi pressoché ortogonali a quelli di tutte le fasi precedenti.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Alla fine dell'Eocene l'edificio delle Alpi liguri è ormai costituito nelle sue linee essenziali e sostanzialmente emerso.

Pur attraverso pause ed anche temporanee e locali inversioni di tendenza, esso continuerà nel complesso a sollevarsi fino ai nostri giorni, senza più essere ricoperto integralmente dal mare, ma costituendo invece un'area di alimentazione per gli ingenti volumi dei depositi post-eocenici.

Benché di gran lunga inferiore a quella precedente, l'attività tettonica persiste ed è sufficiente a produrre nel substrato i piegamenti delle "fasi tardive"; essa è inoltre documentata dai caratteri e dalla distribuzione dei sedimenti oligo-mio-pliocenici.

Nel corso del pliocene e del Quaternario si sono a più riprese verificati dei movimenti tettonici, in prevalenza a componente verticale, che, oltre a determinare nuovi lineamenti morfologici, come scarpate di faglia, deformazione di preesistenti superfici, ecc., hanno spesso provocato sia fenomeni subsidenza sia modifiche all'assetto dell'idrografia e delle linee di costa.

Le principali fasi dell'attività neotettonica si sono succedute, separate da intervalli di relativa stabilità di durata assai diversa, con intensità generalmente decrescente. Una vivace neotettonica (collocabile a circa 1,65 Ma) segnerebbe la separazione tra il Pliocene e il Quaternario, mentre altre due distinte fasi neotettoniche marcherebbero la conclusione del Pleistocene antico (0,7 Ma) e l'inizio dell'Olocene (18 mila anni or sono).

I depositi quaternari sono costituiti da conglomerati e sabbie fluviali, distribuiti in vari ordini di terrazzi, e da sedimenti continentali rossi, provenienti dall'alterazione pedologica di conglomerati pliocenici.

Sui versanti sono diffuse le coperture detritiche, anche abbondanti, spesso associate a prodotti eluviali e colluviali.

2.2.3 Litostratigrafia e tettonica

Come evidenziato al § 2.2.2 il Dominio Brianzonese, a parte la zona costiera caratterizzata dai depositi terrazzati antichi e recenti e dalle alluvioni mobili attuali, occupa praticamente tutta la superficie del bacino.

Scisti di Gorra (GRR/sq)

Sotto questo simbolo sono stati cartografate le litologie di età permocarbonifera a facies eminentemente scistosa stratigraficamente riconducibili alla Formazione degli Scisti di Gorra e tettonicamente connesse all'Unità di Monte Carmo di cui ne costituiscono il tegumento.

La litologia più ricorrente è costituita da micascisti, sericitoscisti, cloritoscisti, micascisti, scisti quarzosi e scisti gneissici a forte anisotropia planare originati da sedimenti fini arenaceo-pelitici, tufiti e piroclastiti depositatisi sia in ambiente marino che continentale, durante la detrizione del basamento cristallino e, successivamente interessati da metamorfismo alpino di basso grado (facies scisti verdi) e spesso con intercalazioni lentiformi, non cartografabili separatamente, di rocce metandesitiche della Formazione di Eze.

In affioramento queste rocce appaiono caratterizzata da forte anisotropia planare legata ad una scistosità assai pervasiva ed elevata alterabilità superficiale con formazione di potenti manti detritico eluvio-colluviali a granulometria variabile, sebbene prevalentemente fine e comportamento eminentemente coesivo (**dt1**).

Nel complesso gli ammassi rocciosi della facies filladico-scistosa sono mediamente riconducibili alla IV Classe della Classificazione Rmr.

Formazione di Eze (EZE/pr)

Sotto questo simbolo sono stati cartografate i principali affioramenti di litologie d'età permocarbonifera a facies eminentemente massiccia stratigraficamente riconducibili alla

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Formazione di Eze e tettonicamente connesse all'Unità di Monte Carmo di cui ne costituiscono il tegumento.

Il litotipo della Formazione di Eze, diffusamente presente lungo la dorsale di Groppino, è riconoscibile in affioramento e distinguibile dalla roccia inglobante grazie al suo aspetto generalmente massiccio ed al colore verde scuro o bruno molto intenso. Petrograficamente il litotipo è rappresentato da meta-andesiti sia con giacitura filoniana che effusiva, talvolta trasformate, con metamorfismo alpino (facies scisti verdi a Glaucofane) in prasiniti o scisti prasinitici verdi.

Alcuni affioramenti hanno evidenziato la natura eminentemente piroclastica o lavica della roccia; sono altresì frequenti fenomeni di idrotermalizzazione che si manifestano in affioramento, con vene da centimetriche a decimetriche, spesso contorte, di quarzo, feldspati, tormalinite e calcite.

Nel complesso il litotipo appare di qualità medio-buona e pertanto riconducibile alla III Classe della Classificazione Rmr mentre le coltri detritiche associate appaiono generalmente a granulometria prevalentemente fine (**dt1**).

Porfiroidi del Melogno (PDM/po)

I Porfiroidi del Melogno derivano da estese effusioni ignimbriche acide a composizione da riolitica a riodacitica d'età Permiana, interessate da metamorfismo Alpino di bassa temperatura (scisti verdi) e localmente di bassa temperatura e alta pressione (facies di transizione scisti verdi - scisti blu).

Il litotipo dei Porfiroidi del Melogno si presenta come roccia generalmente massiva con anisotropie planari sviluppate e, localmente molto pervasive e talora polifasiche: il litotipo più frequente si presenta di colore verde, se su superficie fresca, o marrone su superficie alterata, finemente scistosa, con tessitura a bande millimetriche, alternativamente biancastre e verdastre con relativamente pochi fenocristalli subcentimetrici di quarzo e K-feldspato.

Nel complesso questi litotipi appaiono mediamente riconducibili alla III Classe della Classificazione Rmr mentre le coltri detritiche associate appaiono generalmente a granulometria prevalentemente fine o media.

Verrucano Brianzonese (Formazione di Monte Pianosa) e quarziti di Ponte di Nava (QPN/qz)

Come accade in molte altre zone dell'Unità di Monte Carmo del Brianzonese Ligure risulta molto difficile distinguere, e quindi delimitare arealmente, le facies spiccatamente conglomeratiche o arenaceo-pelitiche, attribuibili al Verrucano Brianzonese di età Permiana (o Formazione di Monte Pianosa) da quelle arenaceo-conglomeratiche delle quarziti triassiche della Formazione di Ponte di Nava.

Infatti, anche se in generale, si ha la sottoposizione dei conglomerati verrucani rispetto alle quarziti, è frequente una certa eteropia fra le due facies, complicata anche da episodi conglomeratici intercalati all'interno della facies arenacea. E' inoltre da tener presente che quando rocce della serie quarzitica, sono interessate da ingenti deformazioni tettoniche, come nell'area qui in esame, spesso si genera una cataclaste quarzosa descrivibile come una fine polvere bianca di cui è impossibile discernere l'origine arenacea o conglomeratica e con un comportamento nei casi peggiori di simile a quello di una sabbia cementata (questo è particolarmente evidente in prossimità dell'abitato di S. Michele in Comune di Giustenice).

Le rocce del complesso quarzítico affiorano strettamente associate, talvolta con contatto disturbato tettonicamente, con le dolomie in vari punti del bacino. Questa particolare condizione strutturale comporta, ovviamente, alcune difficoltà nella definizione della polarità delle serie stratigrafiche.

La stratigrafia delle quarziti ss è viceversa relativamente omogenea lungo tutti gli affioramenti, sebbene localmente si possono avere degli arricchimenti in clorite, miche bianche o sericite tali da portare a facies eminentemente quarzoscistiche: il litotipo più frequente è costituito

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

da bancate di potenza decimetrica di arenarie quarzose a granulometria da media a fine di colore grigio o verdino generalmente ben cementate.

Sotto il profilo geomeccanico le rocce del complesso quarzítico presentano, ad eccezione della facies cataclitica, un'elevata tenacità e buona compattezza nonostante il grado di fratturazione che localmente può diventare anche assai ingente. Altra caratteristica comune alle rocce del complesso quarzítico è la loro elevata alterabilità per detritazione termoclastica spesso associata a propensione al dissesto per frana di crollo: tale processo determina alla base dei rilievi in quarziti la formazione di estesi depositi di materiale sciolto eterogranulare a spigoli vivi ed elevato angolo d'attrito (**dt2**).

Questi ammassi rocciosi sono riconducibili alla II e III Classe della Rmr.

Dolomie di San Pietro dei Monti

Le rocce del calcareo-dolomitico di età Anisico-Lasinica affiorano diffusamente nell'ambito del bacino in corrispondenza associate alle quarziti e talvolta direttamente sulle facies permocarbonifere.

Il litotipo è rappresentato da dolomie, dolomie calcaree, calcari dolomitici, calcari e calcareniti appartenenti alla formazione mesotriassica di San Pietro dei Monti, strutturalmente connessa all'Unità di Monte Carmo.

In considerazione dell'intensa deformazione, sia duttile che fragile, della roccia e delle molte litofacies in essa esposte, risulta estremamente difficile costruire delle correlazioni atte a definire una serie unica o serie-tipo, per la cui definizione sarebbe necessario uno studio sedimentologico di tipo specialistico, il che esula dagli scopi di questo lavoro.

In generale il litotipo più frequente della copertura mesotriassica è costituito da alternanze di calcari dolomitici grigio chiaro e scuro disposti secondo strati di potenza da decimetrica a pluridecimetrica con giunti di strato evidenziati da spalmature argillose rossastre; sono inoltre frequenti intercalazioni decimetriche di peliti siltose e di brecce intraformazionali autoclastiche.

Sono inoltre rilevabili facies particolari e del tutto caratteristiche quali:

calcari pseudomarmorei di colore grigio-nocciola;

calcareniti di colore ocraceo-rossastro

calcare dolomitico grigio chiaro ben stratificato in banchi decimetrici, con passate pelitiche violacee-nerastre e siltitiche ocracee, con abbondanti dendridi arborescenti di manganese;

successioni monotone di dolomie grigio chiare e scure a stratificazione spesso confusa con livelli metrici di brecce autoclastiche intraformazionali a clasti eterometrici anche di grossa pezzatura;

dolomie e calcari dolomitici microcristallini molto compatti di colore grigio nocciola a patina d'alterazione biancastra o giallastra, con spalmature ematitiche rossastre e frequenti brecce intraformazionali a clasti minuti.

Sotto il profilo geomeccanico le rocce calcareo-dolomitiche presentano in generale buona tenacità e compattezza nonostante il grado di fratturazione che localmente può diventare anche assai ingente con block sizing anche subdecimetrico. Analogamente alle rocce quarzitiche anche quelle calcareo-dolomitiche appaiono alterabili per detritazione termoclastica con formazione alla base dei rilievi di materassi detritici a spigoli vivi ed elevato angolo d'attrito (**dt2**).

Il processo d'alterazione più importante è però sicuramente rappresentato dalla formazione di suoli rossastri di potenza nel bacino relativamente modesta con caratteristiche "terre rosse", essenzialmente costituiti da argille residuali più o meno siltose, sabbiose o clastiche, prodotte per dissoluzione chimica per decalcificazione dei carbonati.

Gli ammassi rocciosi calcareo-dolomitici sono mediamente riconducibili alla II e III Classe della Classificazione Rmr.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Calcari di Val Tanarello

I Calcari di Val Tanarello, di età Giurassica, affiorano nella parte terminale del Maremola in Comune di Pietra Ligure nell'ambito collinare delle Rocca delle Fene e M. Trabochetto; trattasi di calcari chiari ceroidi di norma ben stratificati, passanti a marmi rosati alla sommità della formazione.

L'elevato tenore di carbonato di calcio e un sensibile stato di fratturazione della roccia favoriscono lo sviluppo del carsismo. A tetto dei calcari sono presenti scaglie poco estese di scisti calcarei cretacei che non cartografabili separatamente agli affioramenti calcarei maggiori.

Gli ammassi rocciosi calcareo-dolomitici sono mediamente riconducibili alla II e III Classe della Classificazione Rmr.

Depositi alluvionali terrazzati antichi (ar)

Trattasi di alluvioni antiche terrazzate molto alterati i con depositi ghiaiosi grossolani in matrice argillosa azoica con fenomeni di ferrettizzazione.

Depositi alluvionali terrazzati recenti (ar)

Trattasi dei depositi terrazzati recenti e delle alluvioni sub-attuali oloceniche con affioramenti di terreni ghiaioso sabbiosi in matrice limosa variabile.

Depositi alluvionali mobili attuali (am)

Tali depositi occupano esclusivamente l'alveo attivo del T. Maremola nella sua asta terminale e sono costituiti da prevalenti sabbie e ghiaie.

2.2.4 Tettonica e assetto strutturale

In prima approssimazione, le falde che formano le Alpi liguri hanno una primitiva vergenza verso l'esterno dell'arco alpino; esse sono state successivamente deformate da una fase principale a vergenza interna ("retroflexioni", "retroscorrimenti"); pertanto, prescindendo da questa ultima e, a parte eccezioni variamente giustificabili, in generale si può ritenere che alle Unità geometricamente più elevate compete una collocazione paleogeografica più interna.

Tralasciando la Zona delfinese-provenzale e la Zona "sub-brianzonese", esterne al bacino, ed analizzando la Zona brianzonese e piemontese si può notare come la sua porzione più profonda, che è anche quella arealmente più estesa, sia costituita dalle Unità brianzonesi geometricamente inferiori, che prendono nomi diversi a E e W della valle del Tanaro. Esse si sovrappongono parzialmente l'una all'altra e, in profondità, sono probabilmente sovrascorse sulla Zona delfinese-provenzale. L'orogenesi non sembra aver modificato sostanzialmente i loro originari rapporti di contiguità.

Sulle Unità predette poggiano le Unità superiori (Unità di Mallare, Unità di M. Carmo e Unità di Castelvechio-Cerisola), completamente sradicate, attualmente formanti lembi isolati, sì che l'intera successione della pila di falde non è visibile in alcun luogo. La correlazione tra i vari lembi, spesso suscettibili di svariate soluzioni, sono essenzialmente fondate sull'identità di posizione geometrica relativa, di successione stratigrafica, di evoluzione tettonica e metamorfica alpina. Il sovrascorrimento tra le unità tettoniche di Mallare e Monte Carmo si ubica comunque in buona parte al di fuori dell'area di bacino considerata.

La struttura delle Alpi liguri è evidentemente il risultato di un'evoluzione complessa, diversa nelle varie Zone (delfinese, brianzonese, piemontese e piemontese-ligure).

A tutt'oggi sono stati ipotizzati una serie di possibili eventi (da I a VII) responsabili delle varie fasi deformative e metamorfiche.

Nello studio delle fasi alpine la correlazione tra ogni deformazione e metamorfismo all'interno di ogni Unità è necessariamente semplificata in quanto il culmine dell'evento metamorfico può in effetti essere anche immediatamente precedente o posteriore rispetto al

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

piegamento; in generale, i primi eventi deformativi sono documentati da pieghe o scistosità visibili solo alla meso- o alla micro-scala, mentre le megastrutture corrispondenti non sono note.

Non è quindi possibile, allo stato attuale delle conoscenze, verificare se queste siano nate come pieghe coricate, oppure come gigantesche scaglie tettoniche ("duplexes"); al contrario, le ultime fasi di piegamento hanno generalmente lasciato scarse evidenze alla meso-scala, mentre la loro influenza sulle pieghe preesistenti appare chiaramente sotto forma di struttura di interferenza alla grande scala.

L'evoluzione si è compiuta in tre tappe principali.

Individuazione e traslazione delle falde verso l'esterno (eventi I, II e III). Comprende le fasi principali di deformazione e metamorfismo. Esse sono più antiche nei domini interni, dai quali l'orogenesi si è progressivamente propagata verso quelli esterni. L'intensità della deformazione, espressa dalla morfologia delle pieghe e dal carattere della foliazione tettonica associata, è generalmente proporzionale al metamorfismo - per lo più di alta pressione - che si è contestualmente sviluppato. Risultano pertanto energicamente deformate e metamorfiche le Unità ofiolitifere, quelle piemontesi interne e quelle brianzonesi interne, la cui evoluzione strutturale si è compiuta in profondità, mentre sono comparativamente meno deformati e metamorfici i Flysch ad Elmintoidi, le Unità piemontesi esterne e brianzonesi esterne, la cui strutturazione è avvenuta in condizioni relativamente più superficiali.

Retroflessioni e retroscorrimenti (evento IV). Si tratta del primo evento posteriore all'appilamento delle falde, che sono state rideformate con strutture in generale vergenti verso l'interno della catena (tranne quelle del Gruppo di Voltri e della Zona Sestri-Voltaggio che hanno direzione mediana). Questa fase ha intensità decrescente verso le Zone esterne e, su una stessa verticale, verso l'alto. Il metamorfismo si sviluppa in condizioni di pressione minore rispetto alle fasi precedenti.

Fasi tardive (eventi V, VI e VII). Sono tutte blande e prive di metamorfismo; perciò non è sempre facile identificarle e correlarle a scala regionale. Le strutture più importanti, note nella maggior parte delle Unità, corrispondono a due generazioni di pieghe da aperte a blande, la prima debolmente vergente verso l'esterno della catena, la seconda praticamente priva di vergenza ed avente assi pressoché ortogonali a quelli di tutte le fasi precedenti.

Alla fine dell'Eocene l'edificio delle Alpi liguri è ormai costituito nelle sue linee essenziali e sostanzialmente emerso.

Pur attraverso pause ed anche temporanee e locali inversioni di tendenza, esso continuerà nel complesso a sollevarsi fino ai nostri giorni, senza più essere ricoperto integralmente dal mare, ma costituendo invece un'area di alimentazione per gli ingenti volumi dei depositi post-eocenici.

Benché di gran lunga inferiore a quella precedente, l'attività tettonica persiste ed è sufficiente a produrre nel substrato i piegamenti delle "fasi tardive"; essa è inoltre documentata dai caratteri e dalla distribuzione dei sedimenti oligo-mio-pliocenici.

Nel corso del pliocene e del Quaternario si sono a più riprese verificati dei movimenti tettonici, in prevalenza a componente verticale, che, oltre a determinare nuovi lineamenti morfologici, come scarpate di faglia, deformazione di preesistenti superfici, ecc., hanno spesso provocato sia fenomeni subsidenza sia modifiche all'assetto dell'idrografia e delle linee di costa.

Le principali fasi dell'attività neotettonica si sono succedute, separate da intervalli di relativa stabilità di durata assai diversa, con intensità generalmente decrescente. Una vivace neotettonica (collocabile a circa 1,65 Ma) segnerebbe la separazione tra il Pliocene e il Quaternario, mentre altre due distinte fasi neotettoniche marcherebbero la conclusione del Pleistocene antico (0,7 Ma) e l'inizio dell'Olocene (18 mila anni or sono).

Nel dettaglio del bacino del Maremola riconoscibile uno schema di evoluzione orogenetica sufficientemente conforme a quella generale delle Alpi Liguri.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

E' infatti appunto riconoscibile una migrazione dei sovrascorrimenti dalle zone paleogeografiche più interne, e quindi più antiche, verso quelle più esterne (avampaese) con conseguente accavallamento ed embricatura delle falde sovrascorse ed apparente inversione della polarità delle serie stratigrafiche.

Il territorio esaminato è contraddistinto da un'evoluzione tettonica assai complessa con diverse fasi di piegamento (almeno tre) che hanno generato pieghe plurideformate le cui mutue interferenze hanno originato un sistema a duomi e bacini (Menardi-Noguera 1984); l'assetto generale è ulteriormente complicato da un reticolo di faglie e fratture che intersecano e deformano ulteriormente la geometria degli ammassi rocciosi.

Le principali faglie risultano pressochè ortogonali tra loro, e quelle con direttrice NE-SW (linea T. Nimbato - Val Pora, Verzi S.Lorenzo) appaiono dislocate da una faglia trasversale allineata NW-SE (linea S. Lorenzo-Pietra Lig.).

La struttura principale è costituita dalla struttura del Monte Carmo caratterizzata da una grande piega anticlinale-sinclinale complessa con raddoppi tettonici e verso Nord implica una piega sinforme molto serrata con il tegumento permocarbonifero dell'U. di Mallare al nucleo; il contatto di tipo tettonico è segnalato da un sovrascorrimento rovesciato (MENARDI-NOGUERA 1984). Verso meridione sulla prosecuzione della faglia che tronca l'Unità di M. Carmo si trova l'elemento di M.Pianosa costituito alla base dai porfiroidi e dagli scisti permocarboniferi e da una classica successione triassica (F. M.Pianosa-Quarziti P. Nava-Dolomie P.Monti); l'assetto strutturale risulta caratterizzato da una piega anticlinale coricata ad andamento assiale NNW-SSE polideformata con una struttura complessiva a duomo. Verso Sud un'importante faglia diretta sub-verticale a direzione NW-SE separa "l'Elemento di Monte Pianosa" dall' "Elemento di Pietra Ligure". In contatto tettonico quasi verticale con i porfiroidi dell'anticlinale di Monte Pianosa si distingue con andamento sigmoidale la "lama di S.Michele" costituita da una scaglia assai sottile di terreni triassici (quarziti e dolomie) che verso nord sono in contatto tettonico con le rocce metamorfiche permocarbonifere dell'Unità di Mallare.

2.2.5 Considerazioni relative allo stato della roccia

Le caratteristiche di un ammasso roccioso dipendono dal litotipo stesso, dal suo grado di fratturazione-tettonizzazione e dal grado e natura d'alterazione.

Nel bacino in esame affiorano litotipi con genesi e storia geologico/deformativa assai diverse tra loro che vanno dalle rocce permocarbonifere alle coperture sedimentarie meso-cenozoiche.

Nel dettaglio nel bacino del Maremola la complessità dei rapporti tettonici tra le varie Unità e formazioni unitamente alle variabilissime condizioni giaciture, specie in relazione ai giunti di fratturazione e delle scistosità, anche in ambiti assai ristretti intraformazionali non consente una suddivisione nelle quattro classi Ro - R - Rs - Rf come proposto dalle Raccomandazioni Regionali bensì, in quanto decisamente più realistica della situazione del bacino, una suddivisione in due sole classi con accorpamenti di ammassi rocciosi con caratteristiche di conservazione, alterazione, fratturazione e giaciture simili:

Ro: roccia affiorante/subaffiorante con caratteristiche tessiturali-giaciture variabili

Rf: roccia in scadenti condizioni di conservazione e/o particolarmente fratturata

Al primo gruppo sono ascrivibili la quasi totalità delle dolomie e dei calcari marmorei, delle quarziti e verrucani, delle metandesiti di Eze ed una parte dei porfiroidi del Melogno.

Al secondo gruppo sono invece ascrivibili la totalità degli scisti di Gorra nonché una non trascurabile frazione dei porfiroidi unitamente ad alcune fasce cataclastiche in quarziti e dolomie.

In buona parte del bacino del Maremola affiora l'unità tettonica di "M. Carmo" con prevalenza di rocce metamorfiche del tegumento permocarbonifero caratterizzate, come già detto,

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

da diverse fasi deformative che hanno generato una struttura a "duomi e bacini asimmetrici" con presenza di scistosità, fratturazioni, clivaggi e laminazioni variamente diffuse negli ammassi rocciosi (Menardi - Noguera 1984). Tale complessità geostrutturale rende, a parere dello scrivente, giustificato ai fini tecnico applicativi la suddivisione sopra citata, suddividendo il territorio investigato in due sole classi aventi caratteristiche peculiari tali da essere coerentemente utilizzate nell'elaborazione della suscettività al dissesto dei versanti.

2.3 Geomorfologia

In linea di massima sono riconoscibili le seguenti zone dotate di una certa convergenza morfologica:

- zona di pianura alluvionale e terrazzi fluviali di cornice, subpianeggiante ed in gran parte urbanizzata soprattutto nell'ambito del comune di Pietra Ligure;
- zone collinari, generalmente ad intermedia acclività, prevalentemente interessate da attività agricola con tessuto urbano discontinuo con presenza di urbanizzazione sparsa ed a nucleo;
- zona montana, con quote anche superiori ai 1000 m s.l.m. in corrispondenza dello spartiacque ligure padano, prevalentemente ad elevata acclività con copertura boschiva o a prateria ed insediamenti in genere a nucleo.

Il paesaggio morfologico è in gran parte controllato sia da processi geomorfologici che dalle condizioni geologiche, specie in relazione all'erodibilità dei litotipi e coperture: in generale a litotipi più tenaci (dolomie, quarziti, ecc..) corrispondono versanti più acclivi ed uniformi mentre quelli in substrato più "tenero" appaiono meno acclivi e spesso interessati da rotture di pendenza e da alvei secondari molto incisi. Decisamente pianeggianti appaiono le alluvioni attuali che assumono l'aspetto di una stretta fascia che si incunea tra i versanti lungo l'asse del bacino.

Attualmente la deposizione avviene prevalentemente nei tratti più a valle delle aste principali, con alveo in erosione nella parte a monte.

Lungo l'asta principale del T. Maremola il limite fra tratto in erosione e tratto in deposizione è posto circa all'altezza dell'abitato di Tovo S. Giacomo.

I tributari minori del Maremola appaiono spesso in forte erosione, in particolare modo la Carta geomorfologica evidenzia una serie di erosioni concentrate di fondo nel tratto intermedio del versante sinistro.

L'impostazione del reticolo idrografico lungo le linee strutturali è spesso evidente anche in corrispondenza dei corsi d'acqua minori.

2.3.1 Reticolo idrografico

L'elemento peculiare dell'idrografia dell'area studiata è il Torrente Maremola che ha bacino idrografico abbastanza esteso delimitato a Nord sullo spartiacque ligure padano e sfocia direttamente nel Mar Ligure in comune di Pietra Ligure. I suoi affluenti principali sono costituiti, nella parte alta del bacino, dal Rio Sligie e dal Rio Lavazzino che al punto di confluenza costituiscono il T. Maremola e successivamente da Torrente di Giustenice (o Scarincio) che vi confluisce nella piana alluvionale di Pietra Ligure in Reg. Corti ad una quota di 7,5m.

Le principali caratteristiche morfometriche ed idrologiche possono essere così elencate:

- ⇒ *Superficie del bacino di dominio 45,7 kmq*
- ⇒ *Lunghezza dell'asta principale 14,8 Km*
- ⇒ *Punto più alto del bacino 1386,5 m*

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

- ⇒ *Altezza media del bacino 530 m*
- ⇒ *Pendenza media dell'asta fluviale 8%*
- ⇒ *Afflusso meteorico medio annuo 1285,5 mm (1950-1975) (Stazione pluviometrica del Melogno)*

Il corso d'acqua principale ha caratteristiche tipicamente torrentizie in un ambito prevalentemente "montano e/o collinare", l'asta fluviale risulta ad elevata pendenza (circa il 8 %), profondamente incisa nel substrato con tipologia prevalente di "alveo a fondo fisso" con scarsi sedimenti sciolti all'incirca fino all'altezza della località Corti; nella piana alluvionale l'andamento fluviale acquista progressivamente caratteristiche "di alveo a fondo mobile" inciso, prima, nei sedimenti alluvionali per poi interessare i terreni litoranei della piana recente.

Il Torrente Maremola così come molti altri corsi d'acqua liguri ha divagato nel corso dei millenni nella piana alluvionale, infatti anticamente esso scorreva molto più a levante del corso attuale e sfociava presumibilmente all'altezza della "Villa Paolina di Rosa"; tale situazione si è protratta almeno fino al 1700, infatti la cartografia ottocentesca già ubicava il corso d'acqua all'incirca nella posizione attuale. Oggi il torrente, arginato in tutta la sua lunghezza, segue un'ampia ansa all'altezza della centrale ENEL per poi, dopo la confluenza con il Torrente di Giustenice, attraversare la piana pietrese in direzione SSW mentre il vecchio paleoalveo tende ad un percorso più rettilineo verso il mare.

L'articolazione del sistema idrografico del bacino del Torrente Maremola (particolarmente nella zona di testata Rio Sligie-Rio Lavazzino) denota nel suo insieme una buona gerarchizzazione con reticolo di forma dentritico ben sviluppato caratteristico di un substrato geologico "impermeabile"; aste fluviali ripide (di 1° o 2° ordine) sono caratteristiche della parte terminale del bacino (M.Grosso e M.Trabochetto-R.Fene) alla presenza di litotipi calcarei.

La complessità dello sviluppo della rete idrografica viene caratterizzata attraverso la gerarchizzazione del reticolo che permette di definire l'ordine del bacino, ossia l'ordine dell'asta fluviale terminale. La classificazione del reticolo idrografico è stata condotta secondo la metodologia proposta da Horton Strahler.

Tale gerarchizzazione procede attribuendo un numero d'ordine crescente con l'importanza della ramificazione. Ovvero si attribuisce ordine 1 alle aste che non nascono da precedenti confluenze e si procede come segue:

un'asta che non nasce dalla confluenza di altre due è di primo ordine;

un'asta di ordine n e un'asta di ordine $(n-1)$ congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine n ;

due aste di ordine n congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine $(n+1)$.

Nel caso in esame la gerarchizzazione stata condotta sulla base del reticolo idrografico fornito da Provincia e Regione opportunamente revisionato e corretto sulla CTR alla scala 1:10.000.

In base alla gerarchizzazione del reticolo secondo Strahler l'ordine gerarchico dei corsi d'acqua principali del bacino risulta:

Torrente Maremola: ordine V

Rio Slige : ordine V

Rio Lavazzino : ordine IV

Torrente di Giustenice : ordine IV

Per i tributari di quelli sopraelencati si vedano le tavole relative alla Carta idrogeologica dove il reticolo gerarchizzato viene riportato in colori corrispondenti all'ordine gerarchico secondo legenda.

2.3.1.1 Tavolo del reticolo idrografico (tav. 13)

La Carta del Reticolo Idrografico non costituisce elaborato contenente le previsioni di Piano ma è da considerarsi parte degli elaborati di analisi al Piano stesso. La tavola 13 comprende i corsi d'acqua già iscritti negli elenchi delle acque pubbliche, (fermo restando che il valore di ufficialità può essere attribuito unicamente all'elenco delle acque pubbliche del territorio della Provincia di Savona pubblicato sulla G.U. n. 244 del 15/10/1941 ed integrato con D.P.R. del 30/06/1954), gli ulteriori tratti che rivestono significativa rilevanza idraulica nonché tutti i tratti individuati dalla base topografica della cartografia della Carta Tecnica Regionale.

2.3.2 Acclività

La carta dell'acclività ricavata per via informatica, è stata acquisita dalla Regione Liguria tramite la Provincia di Savona.

Il procedimento seguito ha impiegato il modello digitale del terreno, con maglia 20 x 40 m.

Il grid di campionamento utilizzato è di 10 x 10 m tramite il software Terrain Analyst di Intergraph.

Dopo l'elaborazione sono stati eliminati i poligoni elementari aventi un'area minore di 50 m² al di sotto della tolleranza accettabile con maglia di tale ampiezza.

Il bacino è stato suddiviso nelle seguenti classi di attività:

1)	0-10%
2)	10-20%
3)	20-35%
4)	35-50%
5)	50-75%
6)	75-100%
7)	>100%

Le classi 1 e 2 risultano prevalenti nella zona prossima alla foce in corrispondenza dei terrazzi morfologici, in area urbana e lungo gli alvei nelle zone di alluvione. Nella parte alta del bacino le classi 1 e 2 sono rappresentate piccole aree sub-pianeggianti lungo i crinali.

Le zone più acclivi sono presenti nelle parti alte dei sottobacini ed in corrispondenza dei versanti scoscesi generalmente in rocce calcaree.

L'acclività è uno dei fattori utilizzati per la determinazione della suscettività al dissesto. I dati relativi sono riportati al capitolo 3 unitamente alle altre voci analizzate.

2.3.3 Caratterizzazione delle coperture

Il territorio del bacino è caratterizzato da una distribuzione pressoché equa di coperture sciolte, siano esse potenti o medie e sottili, e substrato roccioso affiorante/subaffiorante al di sotto di coperture submetriche o metriche.

Per una migliore definizione dei temi legati alle elaborazioni successive si è ritenuto di distinguere la roccia affiorante e subaffiorante e le coltri di varia potenza sia sulla Carta Geolitologica che sulla Carta Geomorfologica. In quest'ultima sono state distinte nel dettaglio le varie classi di spessore roccia affiorante e coltri da 1 – 3 m e superiore ai 3 m.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Le coltri con potenza inclusa tra 0,5 e 1 metro sono state trascurate e lo stato della roccia in tali siti è stato considerato come R0.

La distribuzione delle coperture sciolte, specie quelle potenti, ricalca in modo abbastanza fedele la natura del substrato roccioso di letto: in particolare le coperture potenti, e generalmente a granulometria medio-fine a componente coesiva, sono ben rappresentate in corrispondenza delle zone di raccordo morfologico piana-pendio con substrati rocciosi metapelitici scistosi (gorra e porfiroidi) e spesso associate a corredi eluviali (cappellaccio d'alterazione) assai potenti costituiti da argille d'alterazione con abbondante frazione clastica eterogranulare.

Viceversa le coperture detritiche in corrispondenza delle rocce tenaci (dolomie, calcari, quarziti, metaconglomerati, metandesiti ed alcune facies massive dei porfiroidi) sono generalmente modeste a granulometria medio-grossolana e comportamento granulare o, limitatamente alle rocce carbonatiche, terre rosse di limitatissimo spessore.

In genere comunque le coltri sono composizionalmente eterogenee, quelle più grossolane hanno di norma scheletro abbondante ad elevata pietrosità, con frammenti litici a spigoli vivi di varia pezzatura in una matrice limo argillosa variabile ma anche sensibile. Quelle fini pur presentando di solito un certo scheletro hanno una più alta percentuale di matrice di natura limo argillosa. I vari terreni ricadono nella classifica funzionale U.S.C. nei gruppi GM/GC-GM/SC passando nei termini più fini a ML - CL (peraltro poco diffusi sul territorio del bacino).

Dal punto di vista geomorfologico le coltri di maggior potenza sono rilevabili in corrispondenza di rotture di pendenza di tipo convesso dei versanti riconducibili ad accumuli di paleofrana mentre, sempre in ambito di versante, è molto diffusa la situazione in cui il substrato roccioso appare alternatamente affiorante e subaffiorante come in corrispondenza degli spartiacque orografici, delle dorsali morfologiche, nelle zone più acclivi e nei solchi d'erosione dei rii.

2.3.4 Frane attive, quiescenti e franosità diffusa

I movimenti franosi attivi sono stati cartografati su un livello apposito della Carta Geomorfologica che ne riporta il simbolo e, qualora la dimensione lo consenta, la perimetrazione; il censimento è stato aggiornato al dicembre 2000. In cartografia sono inoltre rappresentati i fenomeni di franosità latente, i movimenti franosi di ridotte dimensioni ed i fenomeni di franosità quiescente (paleofrane).

Il livello corrispondente viene utilizzato, con l'aggiunta di ulteriori informazioni sulla natura e tipologia del dissesto per la redazione della carta della Franosità Reale, che contiene per ciascuno di questi tutte le informazioni previste dalle specifiche regionali.

Alcuni dati sono stati ricavati da studi di pianificazione a scala comunale e controllati sul terreno nonchè opportunamente integrati dei fenomeni dissestivi verificatisi nel corso/causa dell'evento meteorico dell'ottobre/novembre 2000.

Le schede delle frane censite sul bacino in esame, e rappresentate nella Carta Geomorfologica e della Franosità Reale, sono state prodotte con gli atti oggetto dell'iter di approvazione.

Per ciascun dissesto individuato è stata compilata una scheda secondo il modello riferito alla nota della regione Liguria prot. 114669/1965, recante in allegato l'ubicazione su stralcio C.T.R. in sc. 1:5000 ed una ripresa fotografica.

Sulla carta della franosità reale vengono indicati anche cave dismesse, riporti artificiali e discariche e le aree soggette ad erosione sia concentrata che diffusa, trattati ai paragrafi successivi.

E' stata eseguita un'analisi statistica di tipo qualitativo sui principali parametri fisici e territoriali del bacino al fine di evidenziare le relazioni intercorrenti tra gli stessi e l'evento franoso cercando di delinearne in concreto le tendenze morfoevolutive dei versanti in relazione al parametro "franosità". Le litologie interessate dai fenomeni di instabilità sono gli scisti, porfiroidi e

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

le quarziti molto fratturate il cui affioramento legato a condizioni idrogeomorfologiche locali negative può essere considerato un fattore predisponente al dissesto. In genere si evidenzia anche una stretta relazione tra eventi meteorologici intensi e lo sviluppo o l'accelerazione dei dissesti.

Le frane principali e di più vaste dimensioni possono essere classificate come scoscendimenti rotazionali multipli di tipo complesso (secondo VARNES 1978) con una serie di dissesti geneticamente collegati sia estremamente superficiali che più profondi coinvolgenti la coltre e la parte di substrato più alterato con dissesti multipli geneticamente collegati. Spesso l'esatta perimetrazione delle aree in frana risulta difficile anche in relazione alla morfologia locale (spesso in contesti modificati dall'antropizzazione) e ai particolari meccanismi evolutivi con movimenti molto lenti e con riattivazioni parziali e localizzate lungo superfici complesse. Altri fattori predisponenti al dissesto possono essere rappresentate dalle acque di impregnazione nel sottosuolo con scorrimenti più o meno localizzati tra il bed-rock e le coltri. Trovano sviluppo anche fenomeni di erosione spondale con scoscendimenti e frane (ad esempio nel fondo valle del T. Scarincio in loc. Bocciodromo). E' altresì evidente il manifestarsi di una franosità minuta a carico generalmente delle coltri da collegarsi direttamente ai rovesci di eccezionale intensità che frequentemente colpiscono il versante ligure-tirrenico e che frequentemente provocano "alluvioni" di cui si ricorda la più recente nella 1° decade del novembre 1994 e 2000.

Una situazione particolarmente preoccupante è rappresentata dal recente movimento franoso in loc. S. Michele che ha portato all'isolamento temporaneo dell'omonima frazione (in oggi sono in corso i lavori di somma urgenza per il ripristino geostatico della zona). Numerosi sono stati i dissesti che hanno coinvolto la Val Maremola a seguito degli eventi alluvionali del Ottobre e Novembre 2000 particolarmente nel comune di Giustenice, Tovo S. Giacomo e Magliolo.

Le frazioni di Bardino Vecchio e Nuovo in Comune di Tovo S. Giacomo risultano perimetrate come abitati da consolidare "a cura e spese dello stato" ai sensi della L.445 del 09/07/1908 e D.L. 30/06/1918 a seguito del D.P.R. 23/01/64 n.80. La perimetrazione delle aree franose riportate in cartografia risulta sia dal rilevamento diretto sia da studi condotti in precedenza dal Comune di Tovo s. Giacomo, dal Genio Civile e dalla Provincia di Savona. La situazione geomorfologica è andata progressivamente migliorando in queste zone anche a seguito degli interventi di bonifica geostatica ed idrogeologica eseguiti a diverso titolo. Permane comunque una fragilità del territorio in questi contesti laddove le coltri risultano più spesse e l'alterazione dei litotipi più marcata.

Durante i sopralluoghi effettuati per l'aggiornamento dei dati del 2004 (aggiornamenti geologici ex D.G.R.1592/03), sono state rilevate le seguenti frane puntuali:

nel Comune di Tovo S. Giacomo in loc. Ca Neirone

nel comune di Magliolo, in loc. Cimitero, Prato delle Rive e Ferriera;

Nel comune di Magliolo in loc. Rocchiale è stata rilevata una rottura di pendio attiva (strada per la discarica) e nel Comune di Giustenice in loc. Ca muri di sopra è stata rilevata una rottura di pendio quiescente

Inoltre a seguito di colloqui e sopralluoghi effettuati per l'aggiornamento dei dati del 2004 con i responsabili degli uffici tecnici dei Comuni ricadenti nel Bacino del Maremola, si è rilevato un ampliamento di una frana attiva già esistente in Comune di Giustenice (vedi modifica della scheda frane).

2.3.5 Riporti artificiali e discariche

Vi è però una consistente presenza di cave. Attualmente le cave attive sono solo due, ma numerosissima è la presenza di cave dismesse o abbandonate.

Per quanto riguarda le cave attive la perimetrazione indicata e tratta dal Piano Territoriale delle Attività di Cava, quindi comprende aree attualmente non ancora sbancate, è stata comunque indicata l'attuale disposizione dei fronti (da rilevamento visivo). Per quanto riguarda le cave

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

dismesse o abbandonate la perimetrazione è stata indicata tramite rilevamento visivo o visione di foto aeree

2.3.6 Cave

Nel bacino del Maremola non sono attualmente presenti cave attive. Le aree di cava abbandonate sono invece presenti nella parte terminale del bacino in loc. Rocca delle Fene - Trabocchetto impostati sui calcari giurassici.

Le problematiche maggiori legate a queste cave sono relative alla stabilità puntuale dei fronti (non oggetto di studio). Infatti essendo tali attività estrattive concluse precedentemente all'adozione della L.R.12/79 per le stesse non è previsto alcun controllo qualificato sullo stato dei luoghi, contrariamente a quanto avviene per i complessi estrattivi in esercizio, per i quali i gestori devono ottemperare alle norme vigenti in materia di coltivazione e sicurezza. Il controllo sui relativi adempimenti è esercitato dalla Regione Liguria.

2.3.7 Alluvioni e terrazzi fluviali

Per quanto concerne l'origine e le prime fasi evolutive della piana costiera, questa risulta legata alla presenza di una depressione tettonica impostata su un sistema di faglie dirette a direzione E-W e NW-SE da riferirsi ad una ripresa della dinamica distensiva del bacino del Mar Ligure.

Il ciclo sedimentario riferibile al pleistocene e all'olocene risulta abbastanza completo ed in affioramenti relativamente potenti che nella fascia pedemontana sono costituiti dai depositi di alluvioni terrazzate, in particolare si cita il vasto terrazzo ai piedi del M. Grosso in sponda sinistra del Maremola.

Lo spessore del materasso alluvionale risulta abbastanza variabile ed è condizionato notevolmente da un brusco salto del bed-rock poco valle del tracciato autostradale per la presenza di una faglia diretta con il lembo abbassato verso valle; in genere il substrato a morfologia complessa oscilla intorno ai 30-40m fino a superare nella parte terminale della piana anche i 70m.

2.3.8 Aree in erosione

Le forme di erosione cartografate sono quelle dovute alle acque superficiali ruscellanti od incanalate.

Le forme di erosione ad opera delle acque incanalate agiscono con gradi di intensità ed aspetti diversi nel caso dei corsi d'acqua minori e di quelli maggiori.

I corsi d'acqua di basso ordine gerarchico scorrono lungo i versanti a pendenza elevata e tendono ad approfondire i loro alvei. Il fenomeno si verifica talora in maniera molto marcata sia per le condizioni di conservazione del substrato roccioso probabilmente anche per effetto della neotettonica.

Molti corsi d'acqua minori operano un'erosione concentrata di fondo.

Anche il corso d'acqua di ordine più elevato nella parte alta del bacino è in erosione per quanto riguarda il fondo alveo.

Fenomeni di erosione laterale delle sponde si rilevano talora lungo l'asta principale del Torrente Maremola e del Torrente di Giustenice

L'erosione superficiale areale è molto diffusa nelle aree denudate e nei dirupi rocciosi nella fascia altimetrica più elevata anche con caduta e accumulo di detrito, mentre forme erosive concentrate si manifestano nell'ambito degli alvei dei rii ad elevata pendenza; tali fenomeni d'altronde si sviluppano in un contesto "naturale" e sono specifici dell'evoluzione geomorfologica del paesaggio e ne costituiscono un aspetto peculiare di elevato valore "paesaggistico".

2.3.9 Aree carsiche

Gli affioramenti soggetti all'erosione carsica presenti nel bacino appartengono a varie formazioni calcaree.

Le pendici del M. Carmo, la zona della Rocca delle Fene - Trabocchetto ed il Monte Grosso sono caratterizzate da un "paesaggio carsico" con affioramenti di dolomie e calcari dolomitici in contatto tettonico complesso con le quarziti triassiche e il tegumento permocarbonifero; tale contesto è stato perimetrato come area carsica ai sensi della L.R.3/04/90 n. 14 dalla Regione Liguria con delibera n°665 del 29.03.94.

Le forme carsiche ipogee che influenzano la circolazione idrica sono legate alla rete di fratture che caratterizza le rocce calcaree.

Le formazioni carbonatiche del versante tirrenico sono distribuite tra affioramenti discontinui e di età diversa, il che riduce l'importanza dei fenomeni legati alla circolazione sotterranea rispetto a quelle dei ben più grandi serbatoi acquiferi di formazioni estese come accade a breve distanza lungo il versante padano.

Vengono cartografate simbolicamente le forme principali censite dal Gruppo Speleologici Savonese, costituite dalle grotte ubicate nella parte alta del bacino nella formazione delle Dolomie di S. Pietro dei Monti nei comuni di Giustenice e Magliolo.

2.4 Idrogeologia

La Carta idrogeologica deriva dalla Carta Geologica per attribuzione dei vari tipi di permeabilità alle formazioni rocciose ed alluvionali.

Ai riporti antropici, alle coperture detritiche grossolane (dt2), alle brecce di pendio (dt2-bc), alle alluvioni attuali e recenti corrisponde *permeabilità per porosità. (pp)*

Alle coperture detritiche fini (dt1), spesso associate a manti eluviali argillosi, ed ai substrati rocciosi scistosi corrisponde una condizione di *semipermeabilità. (sp)*

Ai substrati rocciosi metavulcanitici massivi, ortogneiss metaconglomerati e quarziti corrisponde una condizione di *permeabilità per fratturazione. (pf)*

Alle rocce carbonatiche (dolomie e calcari), potenzialmente carsificati o carsificabili, corrisponde una sottoclasse della permeabilità per fratturazione indicata come *permeabilità per carsismo (pfc)*.

Relativamente alle aree carsiche la loro delimitazione è avvenuta tenendo conto sia della distribuzione dei substrati carbonatici che delle perimetrazioni ai sensi della L.R.3/04/90 n.14.

La Carta idrogeologica riporta anche i pozzi ad uso potabile, la cui ubicazione è stata fornita dagli Enti Locali e dalla Provincia di Savona, distribuiti per la maggior parte nella piana alluvionale, e le sorgenti.

In corrispondenza dei rilievi collinari e montuosi la circolazione idrica sotterranea negli ammassi rocciosi si svolge in prevalenza nelle rocce carbonatiche carsificate e in misura minore nelle quarziti fratturate; l'andamento degli acquiferi è piuttosto complesso, discontinuo e condizionato fortemente dalle variazioni di facies litologica e dalla tettonica con prevalenza di meccanismi di circolazione profonda.

Le strutture idrogeologiche di maggiore rilevanza sono rappresentate dai M. Pianosa, M. Grosso ed in parte dal M. Carmo. Particolare interesse mostrano come vie preferenziali di circolazione ipogea le zone di dislocazione tettonica e le faglie.

Nei depositi alluvionali terrazzati e nelle coltri detritiche ad elevata matrice argillosa non si sono sviluppati acquiferi significativi e dotati di una certa estensione e potenza. La piana

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

alluvionale risulta possedere una ricca falda di subalveo alimentata dal torrente Maremola e costituisce la risorsa idrica più importante della valle. Trattasi di una struttura idrogeologica del tipo "sistema globale acquifero/fiume" con rapporto diretto tra falda e sistema fluviale; l'alimentazione è garantita dai processi di dispersione in subalveo e in parte con ricariche provenienti essenzialmente dal substrato calcareo carsificato e dalle zone fagliate (linea del Montegrosso).

L'acquifero alluvionale è caratterizzato da terreni a granulometria ghiaioso- sabbioso-limosa in lenti e strati sovrapposti con variazioni laterali e verticali legate ai fenomeni di deposizione fluviale con orizzonti a diversa permeabilità.

Gli strati più profondi risultano in genere grossolani ed alta permeabilità mentre gli orizzonti più superficiali presentano terreni con lenti sabbiose ghiaiose e frequenti sacche e strati di limi argille a testimonianza dei fenomeni di straripamento ed impaludamento della piana particolarmente nella zona di levante.

In prossimità della linea di costa le alluvioni vengono interdigitarsi con i depositi sabbiosi di spiaggia.

La falda risulta essere decisamente sfruttata con numerosi pozzi e rappresenta la principale fonte di alimentazione degli acquedotti potabili; la localizzazione dei pozzi peraltro risulta non casuale con infittimento nella pianura verso levante in corrispondenza del paleoalveo.

Una valutazione complessiva della vulnerabilità dell'acquifero deve necessariamente riferirsi all'intero bacino idrogeologico alluvionale, tenendo sotto controllo, in primo luogo, la qualità dell'acqua del torrente (sia in relazione a fonti di inquinamento sistematico, sia occasionale) e le zone di ricarica della falda direttamente dal bed-rock. Gli acquiferi carsici o comunque legati alla fratturazione degli ammassi rocciosi risultano dal punto di vista idrogeologico (in termini di vulnerabilità) esposti al rischio di inquinamento; tuttavia le aree di alimentazione ricadono comunque in ambiti montani (nell'alta Val Maremola) a bassa antropizzazione, scarsamente accessibili in cui l'unica potenziale sorgente di inquinante è rappresentata dalla discarica dismessa di Masca Bruciata; si può quindi ragionevolmente ritenere che gli acquiferi stessi si trovino in un contesto sufficientemente protetto.

2.5 Uso del Suolo

La coltivazione dell'olivo è l'attività agricola predominante praticata principalmente sul versante terrazzato esposto a sud tra il comune di Tovo San Giacomo, le frazioni Bardino nuovo, Bardino vecchio e il comune di Magliolo e sul versante sinistro del torrente Scarincio in località Serrati.

Il tessuto urbano è concentrato maggiormente nella parte terminale del bacino con carattere di continuità, lungo la viabilità provinciale interna alla valle e lungo la prima parte dell'asta principale del torrente.

Indice di efficienza idrogeologica:

la superficie di territorio a maggiore pendenza risulta protetto da superfici boscate (in parte non più utilizzate) e arbustive, e aree dedicate ad attività agricole ancora sfruttate, pertanto si può ritenere che la classe da associare all'indice di efficienza idrogeologica sia, nel complesso, media.

L'area del bacino si può, generalizzando, così suddividere:

Torrente Maremola

1) Settore da foce alla confluenza del rio Scarincio

è presente un tessuto urbano continuo con presenza di alcune aree dedicate a strutture sportive; aree di edificazione recente.

2) Asta principale

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

lungo il primo tratto del corso del torrente, affiancato dalla strada provinciale per Tovo San Giacomo e Magliolo, si alternano aree ad urbanizzazione discontinua, aree ancora destinate all'ortofrutticoltura e alcuni edifici storici cresciuti attorno ad attività legate allo sfruttamento dell'acqua come forza motrice (mulini ecc.) e per l'energia elettrica.

Il tratto intermedio risulta quasi inaccessibile, mentre in località Isallo ritorna una minore pendenza e la presenza di colture frutticole.

3) Frazioni

sono tutte aree che presentano caratteri di urbanizzazione discontinua e di ruralità legate alle attività agricole ancora presenti con prevalenza della coltivazione dell'olivo e delle piante da fronda ("verde").

4) Versante in sponda destra

area con forte acclività e prevalentemente boscata, solo nel tratto inferiore sono presenti alcune aree coltivate intercalate ad aree ad urbanizzazione discontinua.

5) Versante in sponda sinistra

settore in cui gran parte della superficie, in vicinanza dei piccoli centri urbani e delle frazioni, è prevalentemente destinata all'olivicoltura e all'ortofrutticoltura su ampie terrazze; nelle aree boscate, in particolare alle quote inferiori, la pineta di pini marittimo è in progressiva trasformazione in bosco termoxerofilo a roverella, alternato a lembi di macchia mediterranea a corbezzolo ed erica e lembi di lecceta nelle zone più impervie.

Torrente Scarincio

1) Asta principale

lungo il primo tratto sono presenti aree destinate all'attività industriale ed artigianale, fino all'attraversamento del tracciato autostradale; dopo un secondo tratto impervio ed inaccessibile, presso le frazioni San Lorenzo e San Michele del comune di Giustenice le colture ortofrutticole ricompaiono, mentre nella parte iniziale, verso il Giogo di Giustenice prevalgono le aree boscate.

2) Versante in sponda destra

è caratterizzato da una forte acclività e quasi completamente coperto da vegetazione arborea con l'esclusione delle aree attigue alle numerose frazioni del comune di Giustenice.

3) Versante in sponda sinistra

partendo dal Giogo di Giustenice, sullo spartiacque, e scendendo verso la confluenza con il Maremola, il bosco di castagno nel quale sono inserite alcune cascate isolate in parte abbandonate, lascia il posto a pinete degradate e più in basso all'olivo in località Serrati.

Incendi boschivi

Utilizzando i dati forniti dalla Provincia di Savona-Settore Assetto Idrogeologico del Territorio e dalla stazione di Loano del Corpo Forestale (per gli incendi verificatisi nel corso dell'anno 2000), sono stati censiti complessivamente gli incendi verificatisi nel periodo 1994-2000 e con una superficie superiore ad ha 1 (superfici inferiori erano difficilmente cartografabili e di scarso interesse per la condizione ambientale di un intero bacino).

Si può notare che gli incendi di maggiori dimensioni si sono verificati in ambiente tipicamente mediterraneo, con presenza di conifere ed angiosperme termofile e su aree già in precedenza percorse dal fuoco (Monte Pianosa, Monte Grosso).

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

2.6 Descrizione della rete idrografica

2.6.1 Descrizione dell'asta principale

I sopralluoghi effettuati sul torrente Maremola, nel giugno 2000, hanno permesso di individuare le principali caratteristiche del corso d'acqua che, abbinate ai rilievi topografici delle sezioni, formano un quadro completo per la successiva modellazione idraulica.

Da un'analisi della topografia dei luoghi, si rileva che sul Torrente Maremola esistono, procedendo da valle verso monte, i seguenti ponti:

- sezione 2.5: copertura alla foce, adibita a parcheggio (Foto 2.6.1.1)
- sezione 5.5: ponte della strada statale Aurelia
- sezione 7.5: ponte della linea ferroviaria (Foto 2.6.1.2)
- sezione 10.5: passerella pedonale (Foto 2.6.1.3)
- sezione 32.5: ponte sulla provinciale Pietra Ligure – Magliolo



Foto 2.6.1.1 - T. Maremola: copertura alla foce



Foto 2.6.1.2 - T. Maremola: ponte ferroviario

- sezione 37.5: ponte Vare (Foto 2.6.1.5)
- sezione 41.5: ponte subito a monte del viadotto autostradale
- sezione 49.5: ponte in Loc. Morelli (Foto 2.6.1.6)
- sezione 52.5: ponte in Loc. S.Anna (Foto 2.6.1.7)



Foto 2.6.1.3 - T. Maremola: passerella pedonale



Foto 2.6.1.4 - T. Maremola: tratto verso il viadotto autostradale

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA



Foto 2.6.1.5 - T. Maremola: ponte Vare



Foto 2.6.1.6 - T. Maremola: ponte Loc. Morelli



Foto 2.6.1.7 - T. Maremola: ponte Loc. S. Anna

Come si può notare dalle foto, i ponti presentano caratteristiche disomogenee. I ponti che si trovano nel territorio del Comune di Tovo S.Giacomo (figura 6,7,8) hanno un impalcato in cemento armato e una sola campata e non hanno pile in alveo, mentre quelli nel territorio comunale di Pietra Ligure (figura 2,3,4) presentano caratteristiche varie:

- la passerella pedonale poggia con una pila di spessore di circa 2 m in prossimità dell'argine sinistro e con una pila di 1 m poggiante in centro alveo;
- il ponte della ferrovia e quello della Via Aurelia hanno tre campate e presentano due pile in alveo di spessore pari a 2 m;
- la copertura adibita a parcheggio con un setto di circa 0.50 m per tutta la sezione longitudinale.

A valle della confluenza del rio Scarincio, si segnala inoltre il Rio Montegrosso, affluente in sponda sinistra del T. Maremola.

2.7 Idrologia di piena

2.7.1 Premessa

Nell'ambito della pianificazione di bacino, ai sensi del D.L. 180/98, al fine di individuare aree a diversa pericolosità idraulica e di determinare le portate di progetto, è necessario associare ai valori di portata al colmo di piena una probabilità di accadimento, o in altri termini, un tempo di ritorno.

Al fine di descrivere in termini probabilistici le portate di piena la Regione Liguria ha stipulato con l'Università di Genova - Centro di Ricerca in Monitoraggio Ambientale (CIMA) una

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

convenzione relativa alla "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri (luglio 1999)"; lo studio fornisce i valori al colmo di piena relativi a diversi periodi di ritorno dei corsi d'acqua con foce sul litorale tirrenico, ed è la base dati su cui si fondano le successive analisi idrauliche di questo piano stralcio.

2.7.2 Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri. Valori di portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, per i bacini idrografici con foce al mar Tirreno – luglio 1999 - (C.I.M.A.) Università degli Studi di Genova.

In sintesi il metodo per la valutazione delle portate al colmo di piena in sezioni non strumentate può essere descritto nei seguenti punti:

- attraverso un'analisi statistica regionale, che fa uso di tutta l'informazione fornita dalle stazioni pluviometriche dislocate sull'intero territorio Regionale e su alcuni bacini limitrofi, sono state definite le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per ogni sito non strumentato all'interno della regione;
- dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica è stato derivato l'evento di precipitazione critico per assegnato periodo di ritorno. La durata e la forma di quest'ultimo sono state dedotte attraverso l'applicazione della modellazione afflussi-deflussi, da considerazioni sulla meteorologia della regione, desunte da osservazioni satellitari degli eventi intensi del 1992, da risultati riportati su alcune pubblicazioni su rivista internazionale [Deidda et al., 1999] e dall'analisi di serie storiche di precipitazione ad alta risoluzione, quali quelle della stazione del Dipartimento di Ingegneria Ambientale (DIAM) dell'Università di Genova;
- dalle osservazioni di portata disponibili per l'intero territorio ligure è stata determinata, con procedura regionale analoga a quella utilizzata per le piogge, la forma adimensionale della distribuzione di probabilità delle portate al colmo di piena;
- le curve adimensionali sono state dimensionalizzate attraverso la portata indice, definita attraverso la trasformazione afflussi-deflussi dell'evento di precipitazione critico per periodo di ritorno $T=2.9$ anni. Il modello afflussi-deflussi utilizzato è un modello molto avanzato basato sulle più moderne conoscenze riguardo le interazioni tra la morfologia e la risposta dei bacini ad eventi meteorologici intensi. Tale modello risulta descritto in atti di convegni internazionali e su una pubblicazione su rivista internazionale [Giannoni et al., 1998, Giannoni et al., 1999a, 1999b];
- dalle curve opportunamente rese dimensionali per le sezioni di interesse sono stati desunti i valori di portata al colmo di piena per differente periodo di ritorno T.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

*Elenco delle stazioni pluviometriche utilizzate per l'analisi e relative coordinate;
 nell'ultima colonna è riportata la numerosità campionaria.*

	STAZIONE	Lat.	Long	Quota	N
	GENOVA CASTELLACCIO	44.2	3.31	379	24
	GENOVA SERV. IDROGRAFICO	44.2	3.31	2	27
	NERVI	44.2	3.24	45	16
	GENOVA PONTECARREGA	44.2	3.29	26	31
	PRATO	44.2	3.26	89	22
	SCOFFERA	44.2	3.2	678	29
	S. EUSEBIO	44.2	3.28	240	21
	S. ILARIO	44.2	3.24	210	27
	VIGANEGO	44.2	3.23	400	34
0	ALASSIO	44	4.17	10	47
1	ALBENGA	44.0	4.14	5	39
2	ALTO	44.0	4.27	630	33
3	CALICE LIGURE	44.1	4.1	70	22
4	CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA	44.0	4.2	350	50
5	COLLE DEL MELOGNO	44.1	4.16	1000	37
6	FEGLINO	44.1	4.07	160	26
7	MANIE	44.1	4.05	297	19
8	MONTAGNA	44.1	4.05	256	43
9	PIEVE DI TECO	44.0	4.32	240	25
0	POGLI DI ORTOVERO	44.0	4.23	90	48
1	RIALTO	44.1	4.12	976	31
2	FIORINO	44.2	3.45	236	29
3	MADONNA DELLE GRAZIE	44.2	3.42	159	25
4	MELE	44.2	3.43	278	24
	COLONIA ARNALDI	44.2	3.17	600	37

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

5		5			
6	CASSAGNA	1	44.2	3	432
7	CHIAVARI	9	44.1	3.08	5
8	CICHERO	5	44.2	3.08	480
9	GIACOPIANE	8	44.2	3.03	1016
0	NEIRONE	8	44.2	3.16	332
1	PANESI	1	44.2	3.06	25
2	PIANA DI SOGLIO	4	44.2	3.1	75
3	SAN MICHELE	6	44.2	3.03	170
4	SAN PIETRO DI NOVELLA	2	44.2	3.15	13
5	STATALE	1	44.2	2.59	570
6	TIGLIOLO	7	44.2	3.05	293
7	BESTAGNO	6	43.5	4.27	300
8	COLLE S.BARTOLOMEO	1	44.0	4.3	621
9	IMPERIA	3	43.5	4.26	15
0	SAVONA	9	44.1	3.58	5
1	SELLA DI SAVONA	1	44.2	4.06	473
2	ARLIA	6	44.1	2.2	385
3	BOLA DI TRESANA	4	44.1	2.33	400
4	CALICE AL CORNOVIGLIO	5	44.1	2.37	402
5	CHIUSOLA	1	44.2	2.45	630
6	EQUI TERME		44.1	2.18	300
7	GUINALDI (Presa Verde)	5	44.2	2.37	371
8	LA SPEZIA	6	44.0	2.38	5
9	LEVANTO		44.1	2.5	2
0	MATUCASO	7	44.1	2.17	581
1	MONTALE DI LEVANTO	1	44.1	2.5	149
2	NOVEGINO (già Aulla)	2	44.1	2.31	55

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

3	PARANA	7	44.1	2.36	695	29
4	ROCCHETTA (già Tarassola)		44.2	2.37	426	50
5	SARZANA	7	44.0	2.29	26	54
6	SERO' DI ZIGNAGO	6	44.1	2.43	630	46
7	S. MARGHERITA VARA	6	44.1	2.48	200	39
8	S.S. ANNUNZIATA DI PONTREMOLI	2	44.2	2.34	215	51
9	TAVARONE	9	44.1	2.54	603	44
0	VARESE LIGURE	3	44.2	2.51	347	43
1	COLLA MELOSA	9	43.5	4.46	1600	21
2	COLLE BELENDIA	5	43.4	4.45	1350	31
3	ROCCHETTA NERVINA	4	43.5	4.52	225	32
4	VALLE TANE		44	4.46	1405	30
5	CASTIGLIONE CHIAVARESE	6	44.1	2.56	300	39
6	CROCETTA D'ORERO	2	44.3	3.28	460	31
7	GENOVA UNIVERSITA'	5	44.2	3.32	21	59
8	ISOVERDE	2	44.3	3.35	270	57
9	MADONNA DELLA GUARDIA	9	44.2	3.35	814	35
0	MIGNANEGO	2	44.3	3.33	250	53
1	MONTE CAPELLINO	3	44.3	3.3	660	33
2	AIROLE	2	43.5	4.54	103	38
3	CALVO (gia Torri)		43.5	4.54	57	26
4	VENTIMIGLIA	7	43.4	4.51	9	32
5	ELLERA	2	44.2	4	75	15
6	CENTRALE ARGENTINA	3	43.5	4.37	70	36
7	TRIORA		44	4.41	780	27
8	LERCA	4	44.2	3.48	110	33
9	SCIARBORASCA	4	44.2	3.5	112	34
	STELLA S. MARTINO		44.2	3.56	330	29

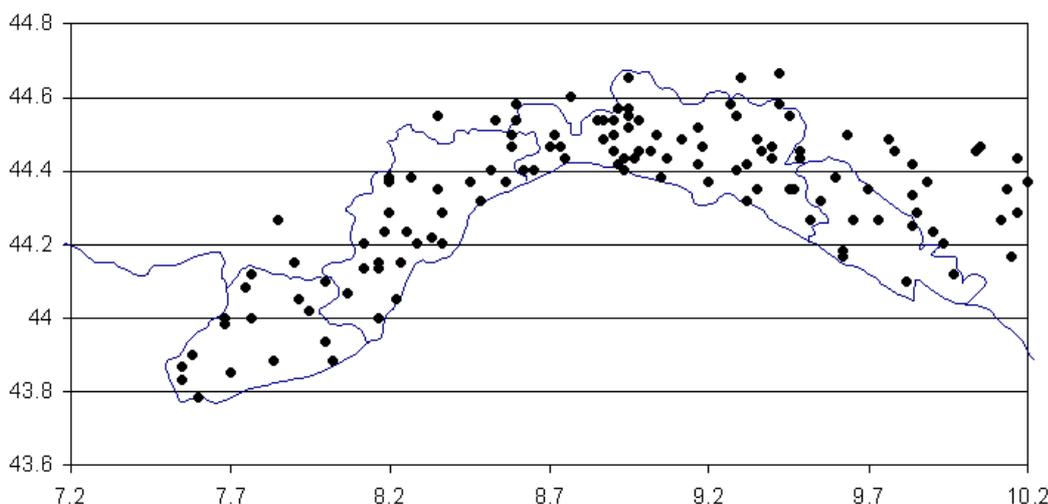
PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

0		4			
1	VARAZZE	2	44.2	3.53	22
2	BALESTRINO	8	44.0	4.17	370
3	CARPE	9	44.0	4.17	400
4	VERZI LOANO	9	44.0	4.13	95
5	ISOLA DI PALANZANO C.LE	6	44.2	2.17	575
6	PADULI DIGA	1	44.2	2.19	1139
7	SELVANIZZA C.LE	6	44.2	2.13	468
8	SUCCISO	2	44.2	2.15	911
9	BOSCO DI CORNIGLIO	7	44.2	2.25	842
0	MARRA C.LE	8	44.2	2.24	635
1	BUSALLA	4	44.3	3.3	360
2	CHIAPPARI	4	44.3	3.32	535
3	VAL NOCI DIGA		44.3	3.25	544
4	ISOLA DEL CANTONE	9	44.3	3.3	300
5	TORRIGLIA	1	44.3	3.17	764
6	BARDINETO	2	44.1	4.2	711
7	CAIRO MONTENOTTE	3	44.2	4.11	328
8	OSIGLIA (Diga Cavallotti - Osiglia)	7	44.1	4.15	620
9	CENGIO	3	44.2	4.15	450
00	CORSAGLIOLA (C.LE MOLLINE)	6	44.1	4.36	620
01	LAVAGNINA C.LE	6	44.3	3.41	245
02	LAVEZZE LAGO	2	44.3	3.36	652
03	MASONE		44.3	3.44	433
04	MILLESIMO	2	44.2	4.15	427
05	ORMEA C.LE	9	44.0	4.33	730
06	ORTIGLIETO	5	44.3	3.51	300
07	PIAGGIA	5	44.0	4.42	1310

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

08	PIAMPALUDO	8	44.2	3.52	857	32
09	PIANCASTAGNA	2	44.3	3.55	732	34
10	SPIGNO MONFERRATO	3	44.3	4.06	476	52
11	TIGLIETO	2	44.3	3.51	500	15
12	URBE		44.3	3.52	500	24
13	VIOZENE	7	44.0	4.41	1248	22
14	BEDONIA		44.3	2.49	544	44
15	BORGIO VAL DI TARO	9	44.2	2.41	411	21
16	S. MARIA DEL TARO	6	44.2	2.58	744	37
17	STRINABECCO	7	44.2	2.58	800	27
18	VALDENNA C.LE	7	44.2	2.4	611	24
19	BOSCHI D'AVETO DIGA	5	44.3	3.02	630	51
20	BRUGNETO		44.4	3.02	903	19
21	CABANNE	9	44.2	3.06	812	33
22	LOCO CARCHELLI C.LE	3	44.3	3.1	610	51
23	LOSSO C.LE	9	44.3	3.09	416	37
24	ROVEGNO	5	44.3	3.11	660	16
25	SANTO STEFANO D'AVETO	3	44.3	3	1014	24

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
 Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA



Posizione delle 125 stazioni ricadenti nella regione omogenea individuata sulla base di considerazioni sui meccanismi di generazione delle precipitazioni intense in Liguria. Esse appartengono al SIMI sezione di Genova per la parte tirrenica e sezione di Parma per la parte padana.

2.7.3 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Tali curve consentono, per assegnato periodo di ritorno, di definire come variano le altezze massime annuali di precipitazione in funzione della durata considerata.

La forma più comune delle LSPP è:

$$h(d,T) = a(T)d^n$$

con:

h(d,T) altezza di precipitazione massima annuale per durata d e periodo di ritorno T
 a(T) coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno;
 n esponente della relazione di scala.

Nel caso in esame è stato mostrato come per tutte le durate fino a 24 ore la distribuzione di probabilità possa essere ritenuta costante nella sua forma adimensionale. Ciò significa che, una volta fissato il periodo di ritorno, il rapporto tra il quantile corrispondente a tale periodo di ritorno ed il valore atteso è costante per qualunque durata. In tali condizioni quindi il coefficiente a(T) può essere espresso nella forma:

$$a(T) = K_T \frac{E[H_{d_1}]}{d_1^n}$$

con:

E[H_{d1}] valore atteso della altezza di precipitazione massima annuale per la durata di riferimento d₁
 K_T coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno.

Inoltre è stato messo in luce che le differenze tra i diversi valori assunti da $\frac{E[H_{d_1}]}{d_1^n}$ sono riconducibili alla variabilità campionaria e che per congruenza con il metodo di valutazione delle

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
 Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

portate al colmo di piena si è scelto come pioggia indice $E[H_{12}]$. La forma da utilizzare della LSPP risulta quindi:

$$h(d, T) = K_T E[H_{12}] \left(\frac{d}{12} \right)^n$$

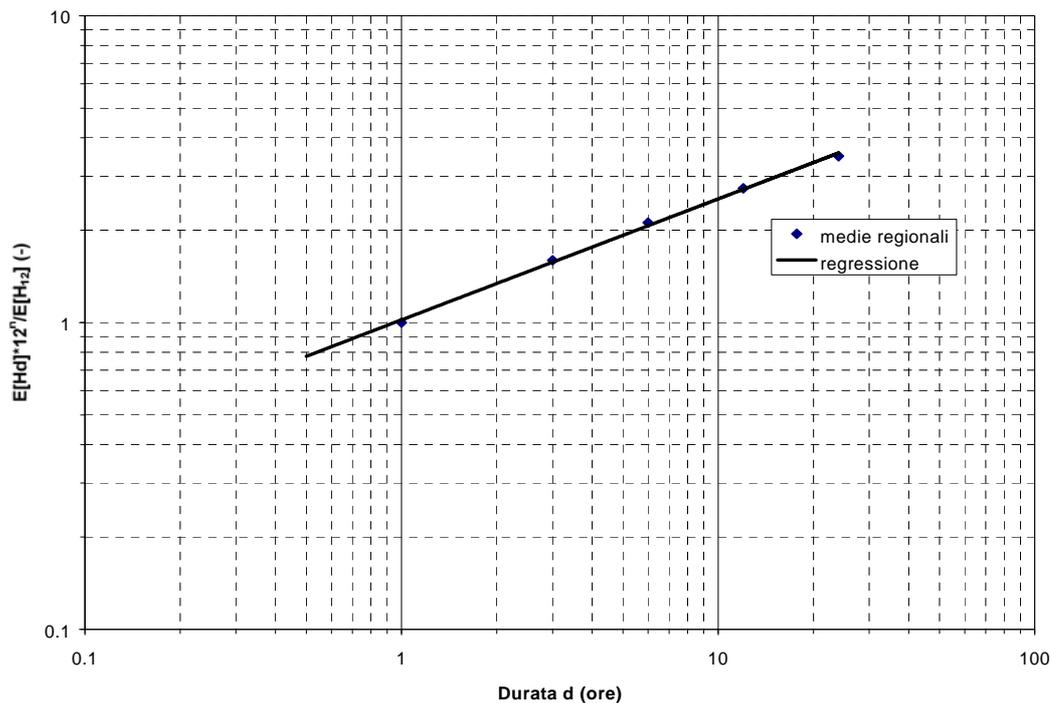
Il valore dell'esponente n si ricava tenendo conto del fatto che per i valori attesi l'equazione precedente assume la forma:

$$E[H_d] = E[H_{12}] \left(\frac{d}{12} \right)^n$$

con:

d durata di interesse in ore.

Quindi con una regressione lineare dei logaritmi delle medie regionali dei massimi annuali per le diverse durate sui logaritmi delle rispettive durate si ottiene una stima dell'esponente n, pari a $n=0.39$. Nella figura che segue è riportata la curva di scala con le medie regionali per le diverse durate. Si può osservare come essa si adegui in maniera molto soddisfacente alle osservazioni. Quindi l'ipotesi che i valori attesi della pioggia indice varino con la durata secondo l'espressione della LSPP riportata risulta del tutto accettabile.



Curva di scala valutata sulla base delle medie regionali dei massimi annuali di precipitazione per le durate considerate. La legge di potenza ipotizzata per la curva di scala si adegua in maniera molto soddisfacente alle osservazioni, confermando l'accettabilità dell'ipotesi.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
 Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Una volta valutato l'esponente n, il valore di $E[H_{12}]/12^n$ può essere valutato per qualsiasi sito nella regione, essendo noto $E[H_{12}]$, valutato secondo le modalità esposte al paragrafo precedente.

In *Tabella 1* sono riportati i valori del parametro pioggia indice $E[H_1] = \frac{E[H_{12}]}{12^{0.39}}$ da inserire nell'espressione della LSPP. Il parametro legato al tempo di ritorno K_T può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita in figura precedente. Entrando con il tempo di ritorno T sulle ordinate si incrocia la curva e si legge sulle ascisse il valore cercato del parametro. Per comodità di lettura, in *Tabella 2* sono riportati i valori di K_T per i periodi di ritorno più comunemente utilizzati nella progettazione di opere idrauliche. A questo punto la LSPP risulta completamente caratterizzata, in quanto sono noti tutti i parametri che entrano nell'espressione (1). Di seguito si riporta un esempio di applicazione della procedura per la stima delle LSPP.

Si procede come segue:

1. sulla cartografia regionale si individua la zona di bacino di interesse oppure, se si opera a scala di bacino, la posizione x del suo baricentro, in longitudine est da Greenwich;
2. con il valore di x si entra nella *Tabella 1* cui corrispondono i rispettivi valori di $E[H_1]$, eventualmente ricavati per interpolazione tra i due valori (si omettono, ovviamente, le cifre oltre la prima decimale, non significative);
3. si definisce il valore del periodo di ritorno di interesse e dai valori riportati in *Tabella 2* si ricava il valore K_T ;
4. la LSPP assume quindi la forma:

$$h(d,T) = K_T * E[H_1] * d^{0.39} \quad (1)$$

Tabella 1: valore del parametro pioggia indice per il Bacino Maremola Esso è tabellato in funzione della longitudine. Per valori di longitudine intermedi il valore pioggia indice si può ottenere per interpolazione lineare.

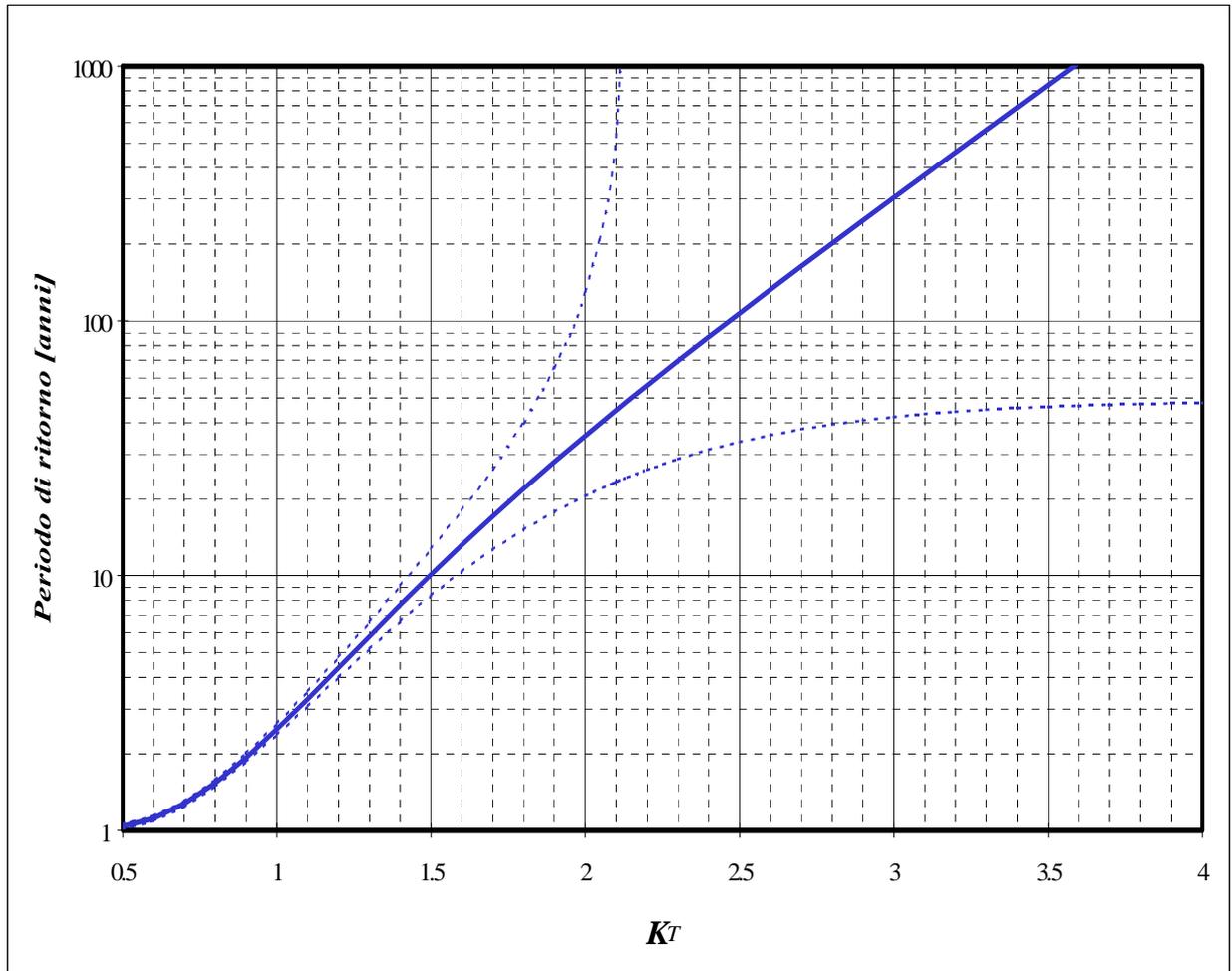
Longitudine		E[H ₁]
Gradi	primi	mm
8	10	37
8	12.5	37.4
8	15	37.8
8	17.5	38.1

Tabella 2: valori del parametro moltiplicatore funzione del periodo di ritorno T. Per i periodi di ritorno differenti il valore K_T si può leggere sull'asse delle ascisse nell'apposito grafico, entrando sulle ordinate con il valore del periodo di ritorno.

T [anni]	K_T
30	1.88
50	2.10
100	2.43
200	2.78
500	3.28

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Qualora si volesse stimare la LSPP per un periodo di ritorno non presente in *Tabella 2* il parametro legato al tempo di ritorno K_T può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita regionale. Entrando con il tempo di ritorno T sulle ordinate (ad esempio $T=10$ anni) si incrocia la curva e si legge sulle ascisse il valore cercato del parametro, che in questo caso risulta essere pari a $K_{10}=1.5$.



Curva di crescita regionale. Sulle ascisse si legge il valore adimensionale del quantile il cui periodo di ritorno associato è indicato in ordinata.

2.7.4 Portate di piena

2.7.4.1 La curva inviluppo delle portate al colmo di piena (CATI 1970)

L'informazione idrologica storica relativa alle portate al colmo di piena è sintetizzata, per la Regione Liguria (l.r. 9/93, art. 26), nella cosiddetta "curva inviluppo dei contributi unitari alle portate al colmo di piena" per i bacini liguri con foce al Mar Tirreno, aggiornata dall'allora direttore del Servizio Idrografico - Compartimento di Genova con le osservazioni idrometriche conseguenti all'evento del 1970 nell'area centrale ligure.

Essa venne costruita quindi con lo scopo di fornire un valore di portata al colmo di piena con approccio conservativo, cioè a vantaggio di sicurezza. Per tale motivo essa venne disegnata raccogliendo tutte le informazioni disponibili riguardo alle portate al colmo di piena registrate storicamente sui bacini appartenenti al compartimento idrografico, facendo in modo che il valore del contributo unitario alla portata al colmo di piena che si legge per una determinata area di bacino sottesa sia superiore o uguale a tutti quelli storicamente osservati su bacini della stessa estensione.

L'unica valutazione di tipo statistico che è associabile ad una tale procedura si fonda sull'assunto che la popolazione di bacini, nella regione per cui la procedura vale, costituisca un insieme climatologicamente omogeneo, cioè tale che le altezze massime annue di pioggia per le diverse durate abbiano la stessa distribuzione di probabilità, nonché la stessa struttura di ragguaglio areale, e costituisca altresì un insieme morfologicamente omogeneo, cioè tale che i coefficienti di deflusso che caratterizzano gli eventi estremi dipendano soltanto dalle precipitazioni antecedenti, dall'entità delle altezze di pioggia che caratterizzano l'evento e dall'estensione del bacino. Da studi idrologici recenti emerge con evidenza che tali ipotesi non possono essere ritenute valide nella nostra regione, per cui l'utilizzazione della curva inviluppo nella sua forma attuale deve essere abbandonata come strumento progettuale perché induce condizioni di rischio non omogenee nelle diverse zone della regione e non consente valutazioni del periodo di ritorno associato alla portata di progetto.

La relazione analitica che descrive la curva di inviluppo aggiornata in conseguenza della piena dell'ottobre 1970 a cura dell'ing. Cati è la seguente:

$$q=7.92 + 88.92A^{-0.66}$$

dove:

q: contributo unitario [m³/s·km²]

A: superficie del bacino [km²]

2.7.4.2 Determinazione delle portate al colmo di piena (CIMA 1999)

Il modello afflussi deflussi, chiamato DRiFt (Discharge River Forecast), utilizzato nello studio "C.I.M.A." è stato sviluppato nell'ambito dell'analisi della risposta idrologica a scala di bacino, incentrata principalmente sulla simulazione e previsione di idrogrammi di piena. La tendenza attuale della modellazione è indirizzata verso modelli sempre più complessi il cui intento è quello di riprodurre con maggiore accuratezza i processi fisici di interesse; spesso però una sofisticata descrizione di tali processi porta a benefici non paragonabili alla complessità dei modelli. D'altra

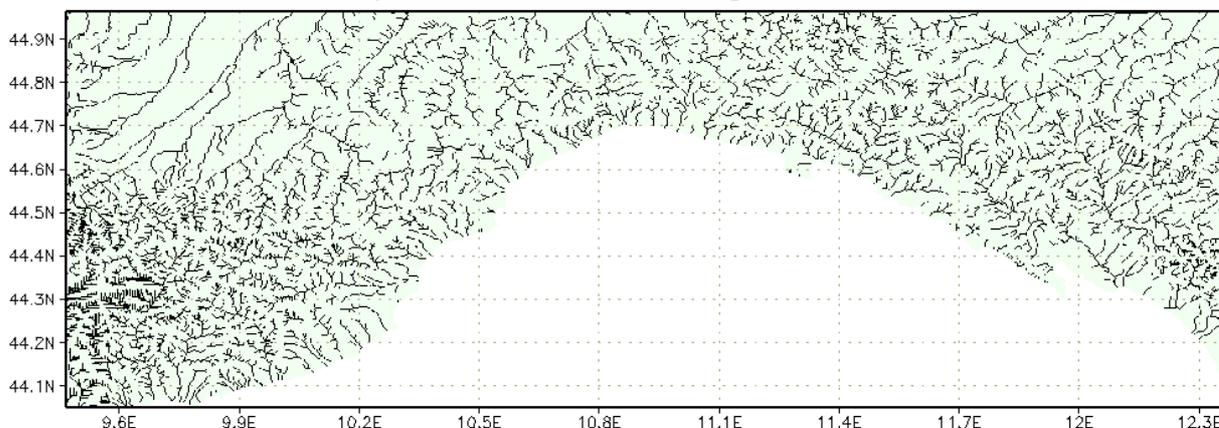
PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

parte bisogna riconoscere che l'eccessiva semplificazione di alcuni metodi tradizionali (formula razionale) e i metodi usualmente utilizzati per la progettazione (curva inviluppo dei contributi unitari delle portate al colmo di piena) non tengono in conto aspetti importanti quali la variabilità spaziale delle piogge, delle caratteristiche del suolo e della struttura topografica del sistema. Il modello si propone come uno strumento di semplice utilizzo, in grado comunque di interpretare le caratteristiche ritenute di principale importanza nella regione ligure, per la modellazione al colmo di piena. Il modello è stato sviluppato dal CIMA per soddisfare alle esigenze di alcuni ambienti naturali quali quello dell'arco alpino-appenninico caratterizzati da particolari strutture drenanti di dimensioni spaziali ridotte, la cui parte montana risulta preponderante nei processi di formazione della piena rispetto a quella con caratteristiche spiccatamente vallive.

Il modello è costituito da tre moduli distinti:

- individuazione della rete di drenaggio;
- determinazione dei tempi di corrivazione;
- calcolo dell'idrogramma di piena attraverso la convoluzione degli idrogrammi unitari istantanei.

Il primo modulo identifica le diverse componenti che costituiscono la rete di drenaggio effettuando la distinzione tra versante e canale. Tale distinzione avviene utilizzando una procedura di filtro con significato morfologico. Questo modulo utilizza come dato di ingresso le informazioni derivanti dai modelli digitali di elevazione del territorio sotto forma di dati di quota, area drenata e un sistema di puntatori per l'individuazione del percorso di drenaggio. Il risultato di questo modulo è la classificazione di ogni cella appartenente al bacino in cella-versante o cella-canale e la determinazione della distanza parziale da una cella a quella successiva secondo la via indicata dal puntatore. La figura che segue rappresenta i reticoli di drenaggio della regione Liguria come risultano individuati nel modello a partire dalle informazioni digitali di elevazione del territorio.



Individuazione reticoli idrografici della Regione Liguria.

Il secondo modulo utilizza come ingresso i risultati del primo modulo e, attribuendo nella cella-canale una velocità di scorrimento del deflusso superficiale stimata pari a 2.5 m/s e nella cella-versante una velocità stimata pari a 0.16 m/s, determina per ogni cella il relativo tempo di corrivazione individuando l'idrogramma istantaneo unitario. L'IUH è calcolato sommando il contributo di ogni cella, alla quale è associato un tempo di corrivazione calcolato come somma dei tempi trascorsi dal ruscellamento prodotto in quella cella rispettivamente sul versante e nel canale lungo il tragitto che lo collega alla sezione di chiusura.

Il terzo modulo accetta come ingresso le piogge e i tempi di corrivazione determinati dal secondo modulo e, sfruttando le proprietà dei sistemi lineari, effettua la convoluzione degli idrogrammi istantanei unitari. La pioggia lorda viene trasformata in pioggia efficace attraverso la metodologia proposta dal Soil Conservation Service, attraverso il parametro sintetico detto Curve Number (CN) in grado di riassumere informazioni quali litologia, urbanizzazione e uso del suolo. Nell'effettuare la convoluzione si hanno alcune differenze fondamentali rispetto al metodo classico dell'IUH in

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

quanto la variabilità temporale della pioggia in ingresso e spaziale delle caratteristiche del terreno conducono ad un idrogramma istantaneo variabile nel tempo anziché ad un idrogramma istantaneo tempo invariante: l'uscita di questo terzo modulo è l'idrogramma di piena nella prefissata sezione di chiusura.

Si può definire il modello come un modello lineare, semi-distribuito, parziale (non gestisce il deflusso sub-superficiale), in grado di effettuare simulazioni a scala di evento.

L'approccio lineare è stato adottato in quanto, pur semplificando la modellazione, bene si presta a descrivere la realtà morfologica studiata. Il modello gestisce l'evento di piena focalizzando l'interesse sui valori di portata al picco e tempo in cui tale picco si manifesta e non tratta il moto sotterraneo di infiltrazione. Viene definito semi-distribuito in quanto accetta e gestisce l'informazione in ingresso spazialmente distribuita sul territorio e fornisce il risultato concentrato in una sezione specifica. Il bacino in analisi viene grigliato con un reticolo georeferenziato a maglia quadrata e suddiviso pertanto in un certo numero di celle aventi dimensione corrispondente a quella del modello digitale di elevazione del terreno elaborato dal CNR e pari a 10 secondi di longitudine e 7.7 secondi di latitudine, corrispondenti a circa 225m per 225m. Tutti i dati necessari al modello sono contenuti in matrici di informazione: ogni elemento della matrice rappresenta l'informazione specifica relativa al cella in questione. Pertanto le informazioni in ingresso sono distribuite e hanno la stessa definizione della maglia della griglia.

L'operatività del modello è stata raggiunta dopo una preliminare analisi di sensibilità dei parametri e una successiva calibrazione dei parametri stessi, effettuata valutando il set di parametri che meglio riproduceva i diversi idrogrammi osservati. Il modello è versatile e bene si presta a differenti scopi; effettua la simulazione a scala di evento rappresentando la situazione relativa ad un periodo di tempo limitato da alcune ore a qualche giorno; è inoltre in grado di assumere per ogni evento condizioni di umidità del suolo specifiche da cui iniziare la simulazione.

Il modello è stato pensato come un modello a cinque parametri: due di carattere morfologico per l'individuazione della rete di drenaggio e la distinzione tra le due componenti di tale rete, due di carattere cinematico, le velocità rispettivamente in canale e sul versante, ed un parametro fisico rappresentante lo stato di umidità del terreno che identifica appunto la situazione fisica di inizio simulazione. Una analisi svolta precedentemente alla calibrazione ha premesso di determinare i valori da attribuire ai parametri morfologici assumendoli, almeno in una regione morfologicamente omogenea, costanti. I valori da attribuire ai parametri cinematici sono stati tarati utilizzando eventi storici. La condizione di antecedente bagnamento del suolo rappresenta un grado di libertà che si deve lasciare al modello e non è quindi un parametro tarabile a priori.

2.7.4.2.1 Piccoli bacini con dimensioni da 2 a 10 Km² (CIMA 1999)

La stima della portata al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno per le sezioni di corsi d'acqua che sottendono bacini imbriferi di ridotta dimensione areale è stata oggetto di una modellazione numerica a parte rispetto alla metodologia sopra proposta.

Si riportano di seguito i singoli elementi che concorrono alla definizione della stima della portata al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno per le sezioni di corsi d'acqua che sottendono bacini imbriferi di ridotta dimensione areale, indicativamente compresa fra 2 e 10 km²:

- scelta della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica;
- stima della precipitazione efficace;
- stima del tempo di risposta del bacino e dell'idrogramma unitario;
- calcolo dell'evento critico per assegnato tempo di ritorno;
- metodologia di stima della portata per assegnato tempo di ritorno;

Dei parametri necessari per l'applicazione pratica del metodo sopra sintetizzato, sembra di poter individuare, come passibile di valutazioni soggettive, il valore assegnato al coefficiente assunto a rappresentare la capacità del suolo di assorbire parte della precipitazione. Di stima più

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
 Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

semplice, e sicuramente meno soggettiva, è la posizione del bacino in esame nell'ambito del territorio regionale e la dimensione areale del bacino sotteso dalla sezione per la quale si vuole calcolare il valore di portata per assegnato tempo di ritorno. Si suggerisce conseguentemente che la scelta del valore da assegnare al parametro assunto a rappresentare la capacità del suolo ad assorbire la precipitazione sia ristretta ad un insieme estremamente limitato, in grado di rappresentare le caratteristiche estreme per quattro diverse possibili classi in cui suddividere i bacini regionali, come in *Tabella 1*.

tipo	Descrizione	N
A	Bacini di tipo residenziale, industriale o commerciale caratterizzati da un elevato grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili superiore al 60%.	2
B	Bacini caratterizzati da un medio grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%.	7
C	Bacini caratterizzati da un basso grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 5% e 30%.	5
D	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	7

Tabella 1: classificazione dei bacini regionali per la stima del valore di CN.

Il riferimento alle condizioni standard sopra riportate consente di esprimere la portata con tempo di ritorno 2.9 anni come:

$$Q_{2.9} = C_Q \cdot A \cdot (0.25 + 0.27 \cdot A^{1/2})^{-0.48} \quad [m^3s^{-1}];$$

mentre le portate per i diversi tempi di ritorno si ottengono dalla

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2.9} \quad [m^3s^{-1}];$$

con K_T – fattore di frequenza delle portate – fornito dalla *Tabella 2*. Il coefficiente C_Q è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, in *Tabella 3*.

T	5	10	30	50	100	200	500
[anni]							
K_T	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

Tabella 2: fattore di frequenza delle portate per i tempi di ritorno di interesse tecnico.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Longitudine		Bacino			
		Tipo			
Gradi	primi	A	B	C	D
8	10	6,73	5,62	4,30	3,77
8	12.5	6,82	5,70	4,36	3,83
8	15	6,92	5,77	4,42	3,88
8	17.5	7,01	5,85	4,48	3,93

Tabella 3: coefficiente di portata, C_Q , in funzione del tipo di bacino e della sua posizione.

2.7.4.2.2 Piccoli bacini con dimensioni minori di 2 Km² (CIMA 1999)

Onde evitare la tendenza – legata alla descrizione matematica delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica – a produrre precipitazioni di intensità tendente ad infinito in corrispondenza a durate tendenti a zero, si suggerisce di adottare, per bacini aventi area minore di 2 km², un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 km².

In questo caso il valore di portata è pari a:

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \quad [m^3s^{-1}];$$

nella quale A è la superficie drenata espressa in km², $U_{A=2}$ è il contributo unitario per area pari a 2 km², espresso in $m^3s^{-1}km^{-2}$, e K_T il fattore di frequenza delle portate fornito in Tabella 1. Il coefficiente $U_{A=2}$, espresso in $m^3s^{-1}km^{-2}$, è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, della Tabella 2.

T [anni]	5	10	30	50	100	200	500
K_T	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

Tabella 1: fattore di frequenza delle portate per i tempi di ritorno di interesse tecnico.

Longitudine		Bacino			
		Tipo			
Gradi	primi	A	B	C	D
8	10	8,39	7,00	5,36	4,70
8	12.5	8,51	7,10	5,43	4,77
8	15	8,62	7,20	5,51	4,84
8	17.5	8,74	7,29	5,58	4,90

Tabella.2: contributo unitario $U_{A=2}$, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione.

2.7.4.2.3 - Tabelle riepilogative dei valori di portata (C.T.P seduta. del 11/09/2003)

La fase di verifica della documentazione tecnica relativa ai Piani 180/98 approvati con D.C.P. 43 del 28/10/2002, svolta a seguito del parere vincolante di Regione Liguria e dell'attuazione delle linee di pianificazione previste nel piano stesso, ha determinato la necessità di riordinare la metodologia di calcolo delle portate al colmo di piena, cui fa riferimento la Normativa di Piano, in alcuni casi specifici che presentavano difformità del valore di portata rispetto alla metodologia suggerita nel piano stesso.

Si riportano di seguito i valori di portata al colmo di piena approvati dal Comitato Tecnico Provinciale nella seduta dell'11/09/2003.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
 Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

PORTATA AL COLMO DI PIENA, quantile 50% Q[m³s⁻¹]									
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			VALORI DI Q [m³s⁻¹]						
Torrente	SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA [Km ²]	T _{indice}	T =30 anni	T =50 anni	T =100 anni	T =200 anni	T =500 anni	Curva di inviluppo (CATI)
Maremola	Mar Tirreno	46	120	350	420	520	610	740	690
Maremola	Rio Giustenice	33	90	260	320	390	460	550	560
Giustenice	Torrente Maremola	10	30	90	100	130	150	180	280

Valori di portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno – “Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri” (C.T.P seduta. del 11/09/2003)

Nelle sezioni dei corsi d'acqua dove il Piano non indica il valore della portata, si segue la metodologia indicata nella tabella sottostante, utilizzando il valore di **c** individuato nella prima sezione immediatamente a valle di quella considerata lungo lo stesso tratto di asta fluviale.

Per la determinazione delle portate al colmo di piena del torrente Maremola e del torrente Giustenice, anche in caso di aree drenanti inferiori ai 10 Km², non si applica la metodologia “Piccoli Bacini”, ma si utilizza la procedura riportata nella seguente tabella:

Q=c·A^{0.75} Q=portata al colmo di piena, quantile 50% [m³s⁻¹] A=superficie [Km²]									
IDENTIFICAZIONE DEL TRATTO				VALORI DI C [m³s⁻¹Km^{-0.75}]					
Torrente	DALLA SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	ALLA SEZIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA MASSIMA [Km ²]	T _{indice}	T =30 anni	T =50 anni	T =100 anni	T =200 anni	T =500 anni
Maremola	Mar Tirreno	Rio Giustenice	46	6.94	20.11	24.07	29.48	34.82	41.89
Maremola	Rio Giustenice	Valle rio Slige	33	6.61	19.16	22.92	28.07	33.16	39.9
Giustenice	Maremola	Valle rio Funda	10	5.2	15.09	18.06	22.12	26.12	31.43

Valori del coefficiente “C” con assegnato tempo di ritorno per la determinazione delle portate al colmo di piena in qualsiasi sezione – “Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri” (C.T.P seduta. del 11/09/2003)

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

2.7.5 Portate di piena di progetto per il bacino Maremola (Rif. Normativa di Piano)

Nella tabella sono riportati in corrispondenza di ogni sezione i valori di portata al colmo, relativi ai diversi periodi di ritorno, utilizzati nel calcolo del livello del pelo libero al passaggio dell'onda di piena.

Torrente	Sezion e (carta aree inondabili)	Superfici e bacino [Km. ²]	Portata [m ³ s ⁻¹]		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Maremola	75	33	320	460	550
Maremola confluenza Rio Giustenice	25	46	420	610	740

Valori delle portate al colmo di piena per il torrente Maremola

Torrente	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. ²]	Portata [m ³ s ⁻¹]		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Giustenice	23	10.0	100	150	180

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Giustenice

Per il calcolo delle portate in sezioni intermedie si rimanda al capitolo 2.7.4.2.3 - Tabelle riepilogative dei valori di portata (C.T.P seduta. del 11/09/2003).

3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

3.1 Premessa

Lo studio fino a questo punto condotto sulle caratteristiche del bacino si pone alla base dell'elaborazione della pericolosità, che ha il fine di individuare le criticità del bacino e suddividere il territorio in aree a differente grado di pericolosità. Dalla sovrapposizione delle classi di pericolosità con gli elementi a rischio, derivanti dall'analisi dell'uso del suolo, si giunge poi alla carta del rischio.

In linea generale, nell'ambito dell'unitarietà del bacino idrografico e dell'interdisciplinarietà tipica della pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89, si dovrebbe aver esaminato tutti i processi fisici che possano causare situazioni di pericolosità, nonché le loro possibili interazioni immediate o a posteriori.

Nell'ambito del presente piano la pericolosità è stata valutata sulla base delle componenti idraulica e geomorfologica. Esse, allo stato attuale, sono state studiate separatamente, soprattutto in ragione della complessità delle metodologie di analisi necessarie per una loro più completa valutazione, complessità spesso non supportata da un'adeguata quantità e qualità dei dati disponibili: si fa riferimento, per esempio, a problematiche di trasporto solido che possono influire sulla determinazione di entrambi i tipi di pericolosità, o alle possibili conseguenze di un evento franoso anche su aree a contorno del dissesto stesso. Tale metodologia è compatibile con quanto richiesto dal D.L. 180/98 sulla perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico.

La pericolosità nel presente piano viene determinata, quindi, come sovrapposizione delle due componenti idraulica e geomorfologica, costituite in sostanza dalla carta delle fasce di inondabilità e dalla carta della suscettività al dissesto di versante. Per tale ragione, oltre che per questioni di scala, si è ritenuto di non produrre una carta di pericolosità complessiva ma di far riferimento alle due carte citate.

A riguardo della pericolosità idraulica, la portata di massima piena con assegnato periodo di ritorno viene generalmente assunta come parametro rappresentativo e la probabilità annua di superamento di tale portata individua la pericolosità stessa. La carta di pericolosità idraulica consiste essenzialmente nella determinazione delle aree perfluviali che risultino inondabili per portate di massima piena caratterizzate da diversi tempi di ritorno. Sulla base dei criteri dell'Autorità di Bacino di rilievo regionale, la carta è rappresentata dalla carta delle fasce di inondabilità, nella quale sono perimetrate tre fasce corrispondenti al deflusso della massima piena con periodo di ritorno di 50, 200 e 500 anni. La pericolosità per portate superiori è ritenuta trascurabile. Vengono qui inoltre trascurati fenomeni diversi dalle esondazioni dai corsi d'acqua e altri fenomeni che potrebbero contribuire ad aumentare o aggravare le inondazioni oltre alla insufficienza idraulica strutturale.

Per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica, nell'ambito del presente piano, sulla base dei dati a disposizione, essa si ritiene costituita dalla suscettività al dissesto dei versanti, che deve essere intesa come la propensione di una determinata area all'innescio di movimenti di massa sia in relazione alle caratteristiche intrinseche dei "materiali" sia alla maggiore esposizione nei confronti degli agenti morfogenetici.

In realtà la valutazione del reale stato di pericolosità presente sul territorio intesa come la probabilità che un determinato fenomeno si verifichi, non può essere disgiunta dalla determinazione della dinamica evolutiva del fenomeno stesso. Quest'ultimo aspetto non può essere valutato aprioristicamente, anche attraverso sofisticati modelli di analisi territoriale, poiché dipende strettamente dalla tipologia del fenomeno e dal modello fisico e geotecnico del terreno che è possibile definire solo attraverso specifiche indagini geognostiche ed approfondimenti sul campo. Il concetto di pericolosità geomorfologica può essere, di massima, definito come:

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Pericolosità = (suscettività x cinematica e dimensione del fenomeno)

Da ciò discende che mentre nelle aree ad elevata suscettività al dissesto, o più ancora in quelle a molto alta suscettività, è immediatamente determinabile il grado di rischio associato, nelle aree a bassa suscettività può risultare errata una sua automatica associazione in quanto il grado di pericolosità territoriale non può prescindere dall'analisi delle condizioni al contorno e dalle caratteristiche delle aree limitrofe del territorio, oltreché da quelle locali. Ad esempio qualora, un'area a bassa suscettività si trovi a valle di un corpo di frana la sua reale pericolosità potrà essere determinata solo a seguito di un'analisi approfondita che riesca a ipotizzare la possibile evoluzione (in termini spaziali, volumetrici e di velocità di movimento) del dissesto.

L'analisi incrociata delle carte della suscettività al dissesto di versante, della franosità reale e delle fasce di inondabilità assieme alle considerazioni sui possibili valori dei tiranti idrici, permette, quindi, la ricostruzione di un quadro d'insieme delle caratteristiche del bacino sotto il profilo idrogeologico a cui deve far riferimento la pianificazione in termini sia normativi sia di linee di intervento a breve e medio-lungo termine.

In relazione agli approfondimenti opportuni per giungere ad una valutazione della pericolosità più approfondita nell'ambito di un piano di bacino più completo ai sensi della L. 183/89 si segnala, come già accennato, la necessità di tenere in debita considerazione le interazioni tra dinamica del versante ed evoluzione del corso d'acqua, caratterizzate da particolari complessità concettuali e metodologiche, ma, comunque, indispensabili per valutare le emergenze del bacino, per fornire delle linee di utilizzo del suolo e le eventuali tipologie di intervento. A tale scopo diviene necessario acquisire dati sperimentali di riferimento per le analisi geomorfologiche ed idrogeologiche.

Questa necessità di acquisizione di dati non è legata *solo al bacino idrografico* in considerazione, ma è un problema ricorrente per la *gran parte dei bacini liguri*. A tale proposito si possono evidenziare l'opportunità delle seguenti integrazioni a livello di ambito:

- una rete di misura pluviometrica razionalmente distribuita a scala di ambito e misuratori di portata per i principali corsi d'acqua;
- un sistema di monitoraggio del trasporto solido (sia in sospensione che di fondo) per valutazioni quantitative circa l'effetto dei fenomeni erosivi superficiali e di perdita di suolo, particolarmente incidenti sul bacino ed in relazione anche alle interconnessioni con le criticità idrauliche;
- una campagna geognostica e di monitoraggio dei fenomeni franosi di particolare rilevanza o rappresentatività (es. R4 e R3 ai sensi della D.G.R. 1444/99), al fine di estrinsecare compiutamente la pericolosità territoriale e quantificare il grado di rischio;
- approfonditi rilevamenti geologico strutturali per una più accurata definizione delle condizioni giaciture e dello stato di fratturazione della roccia;
- organizzazione di un piano di previsione della cartografia e delle banche dati che preveda in particolare un periodico aggiornamento della franosità reale anche attraverso appositi voli a seguito di eventi alluvionali di particolare intensità.

Di seguito sono riportate le analisi e le elaborazioni per la redazione della carta suscettività al dissesto dei versanti e da quella delle fasce di inondabilità, la cui unione in questo caso rappresenta la pericolosità. Sono inoltre riportati un commento alle carte derivate e le principali criticità puntuali riscontrate nel corso dei rilevamenti e dei sopralluoghi effettuati.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

3.2 Problematiche di tipo geomorfologico

3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti

Nell'ambito dell'analisi del bacino del T. Maremola è stata valutata la suscettività al dissesto dei versanti applicando la metodologia proposta dall'Autorità di Bacino.

Oltre a questo metodo è stata effettuata una reinterpretazione del dato di sintesi, in funzione della approfondita conoscenza del territorio, da parte dei professionisti incaricati degli studi.

La metodologia predisposta per la realizzazione della CSDV, prevede l'analisi incrociata dei seguenti tematismi di base:

- Acclività
- Litologia
- Geomorfologia
- Carta di dettaglio dei movimenti franosi (o franosità reale)
- Uso del suolo
- Idrogeologia

Le variabili associate a ciascun tematismo considerato nelle fasi di overlay risultano strutturate nei livelli informativi definiti nelle Raccomandazioni emanate dall'Autorità di Bacino di rilievo regionale e sono illustrate nella seguente tabella.

Tematismo	Variabile	Tipo
Carta geolitologica	Litologia	Principale
	Contatti	Aggravante
Carta geomorfologica	Coltri	Principale
	Stato della roccia	Principale
	Erosione concentrata di fondo	Aggravante
	Erosione spondale	Aggravante
	Ruscellamento diffuso	Aggravante
Carta dell'acclività	Classi di acclività	Principale
Carta Idrogeologica	Permeab. substrato	Principale
Carta uso del suolo	Uso del suolo	Principale
Carta della franosità reale	Frane attive	Principale
	Frane quiescenti	Principale

Tab. 3.2.1.1 - Tabella riepilogativa delle variabili considerate

Le variabili di tipo "principale" sono definite come quelle ritenute determinanti, che devono essere sempre prese in considerazione ai fini della elaborazione della suscettività al dissesto di versante. Le variabili "aggravanti" rappresentano quelle la cui interferenza con le caratteristiche di stabilità dei versanti può variare sensibilmente in relazione al contesto territoriale esaminato e che pertanto presentano una variabilità sia tra bacini diversi sia all'interno del singolo bacino.

Nella fattispecie gli elementi di cui sopra rappresentano i parametri di tipo geografico-fisico, geologico geomorfologico ed ambientali s.l., fra quelli previsti negli attuali standard dei Piani di Bacino, che maggiormente condizionano la dinamica di versante nel bacino.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

L'attribuzione dei pesi è stata tarata sulle caratteristiche specifiche del bacino.

A ciascuna variabile considerata viene attribuito un peso indicativo della relativa incidenza sulla suscettività al dissesto di versante, sulla base delle considerazioni riportate alle voci corrispondenti del capitolo 2 come da schema seguente:

Le classi di acclività sono state raggruppate nei seguenti intervalli 0-20%, 21-50%, >50% e di conseguenza assegnati i relativi valori di "peso":

ACCLIV.	Alluvioni	Coltri pot.	Coltri sott.	Roccia
Classe 1	0	0	-4	-5
Classe 2	0	0	-4	-5
Classe 3	2	5	3	1
Classe 4	2	5	3	1
Classe 5		8	6	5
Classe 6		8	6	5
Classe 7				5

LITOLOG.	Gorra	Melugno	Eze	Quarziti	Dolomie/Tanarello	Alluvioni
PESO	10	8	9	8	4	0

COND ROCCIA	RS/R0	RF
PESO	1	2

IDROGEOLOGIA	C. fini P. substrato semiperm	C. fini P. substrato perm.	C. grs. P. substrato semiperm	C. grs. P. substrato perm.	C. fini S. substrato semiperm	C. fini S. substrato perm.	C. grs. S. substrato semiperm	C. grs. S. substrato perm.	Alluvioni/Roccia
PESO	10	7	7	4	8	5	5	3	0

USO SUOLO	discariche	Aree Urb.	Pascoli	Uliv. terrazzi	Vign.Zone agric.	Ex. Coltivi	Boschi	Arbusti	rocce nude	Spiagge	Cave abbandonate
PESO	1	0	0	-1	0	1	-1	1	2	0	1

Elem. Aggr.	Erosione Concent.	Erosione spondale	Erosione Diffusa	Incendio	Condizioni peggiorative delle coltri comprese tra 0.5 e 1 m	Tettonica
PESO	1	1	1	3	0-8	2

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

I pesi relativi alle coltri sono stati differenziati oltre che sulla base della potenza e della granulometria, anche tenendo conto della tipologia e natura del substrato, soprattutto in relazione alla sua permeabilità; pertanto si è ritenuto opportuno assegnare un peso maggiore alle coltri potenti fini su substrato semipermeabile/impermeabile (scisti di Gorra) in quanto in condizioni di forte impregnazione presenterebbero un drenaggio scarso ed una potenziale superficie di scorrimento in corrispondenza del passaggio al substrato. Le coltri indistinte da un punto di vista granulometrico sono state assimilate a quelle fini, adottando il criterio di porsi nelle condizioni maggiormente negative.

Viceversa non si è ritenuto di attribuire alcun peso idrogeologico a substrato roccioso affiorante/subaffiorante ed alluvioni.

I pesi attribuiti ai fattori di uso del suolo derivano da un'analisi delle fonti bibliografiche e dalla taratura effettuata in campagna sulla loro reale consistenza e rappresentatività. In particolare le aree urbanizzate sono state considerate sfavorevoli per l'alterazione indotta nei processi idrologici; similmente anche il bosco, le aree terrazzate, le aree prative e gli ex-coltivi, risultano soggetti ad un abbandono generalizzato che ne inficia le caratteristiche di "efficienza idrogeologica". Relativamente agli oliveti, ubicati in prevalenza nella parte medio bassa del bacino, sono risultati in buono stato di manutenzione e tuttora utilizzati a fini agricoli; pertanto pur essendo disposti su fasce terrazzate è stato attribuito loro un contributo favorevole alla stabilità.

Per quanto riguarda "fattori aggravanti" sono state incluse le voci "erosione diffusa/incendi boschivi" con punteggio = 3 e "Stato della roccia incognito R0" con punteggio variabile tra 8 e 0 a seconda delle caratteristiche di permeabilità o impermeabilità del substrato, che non sono incluse nelle Raccomandazioni cui si è fatto fino ad ora riferimento, in quanto si è ritenuto importante e caratterizzante per la finalità del presente lavoro tenere in debito conto delle aree interessate da successivi e ravvicinati episodi di incendio ed attualmente soggette ad ingenti fenomeni erosivi di tipo accelerato e non perdere totalmente il dato inserito nella versione originale del piano che comprendeva la perimetrazioni di coltri sottili di varia granulometria con spessori variabili tra 0,5 e 1 metro. In particolare il valore variabile tra 8 e 0 dipende dalla granulometria locale dei sedimenti superficiali e dalla permeabilità del substrato roccioso.

Nel considerare invece tutti gli altri "fattori aggravanti" ci si è trovati di fronte a variabili di tipo puntuale o lineare; siccome si è ritenuto difficile, se non impossibile, stabilire a priori una fascia standard di influenza di ciascuna di queste, i pesi indicati in tabella sono stati assegnati ad una fascia di larghezza e forma variabile secondo i casi.

La sovrapposizione degli strati informativi determina una discretizzazione di elementi poligonali elementari ognuno dei quali è caratterizzato da un punteggio che costituisce la somma algebrica di tutti i pesi relativi a ciascun elemento associato al poligono. Maggiore è il peso totale, maggiore sarà la suscettività al dissesto connessa al poligono elementare.

Attraverso gli incroci dei tematismi precedenti si deriva una carta estremamente frammentata e suddivisa in poligoni, di dimensioni anche molto limitate, ad ognuno dei quali è assegnato un valore numerico derivante dalla somma dei valori associati alle aree dall'intersezione delle quali essi sono stati generati.

Dopo aver esaminato la suddetta carta si sono estrapolati i valori massimo e minimo fra i diversi poligoni, quindi il range di valori dato dalla loro differenza viene suddiviso in 4 classi di suscettività (ALTA, MEDIA, BASSA e MOLTO BASSA) tramite la fusione e l'accorpamento dei poligoni contenuti nella carta.

Sovrapponendo alla carta di cui sopra la carta della franosità reale si sono delimitate le frane attive e quiescenti e le diverse classi di suscettività; le prime vengono assegnate ad una classe a sé (SUSCETTIVITA' MOLTO ALTA) mentre le seconde vengono direttamente inserite in classe di suscettività ALTA.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI			
VALORE DI RANGE SOMMATORIA PESI ATTRIBUITA / AREE CON ASSOCIAZIONE DIRETTA CON CLASSE DI SUSCETTIVITÀ	SPECIFICHE	SUSCET TIVITÀ AL DISSESTO	CLASSE
< 6	Aree prive di movimenti gravitativi e/o quiescenti sui versanti e lungo i corsi d'acqua in cui sono presenti indicatori indiretti di suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo.	MOLTO BASSA BASSA MEDIA	Pg0
6 – 10			Pg1
11 – 20			Pg2
> 20	Aree prive al momento di movimenti gravitativi e/o quiescenti sui versanti e lungo i corsi d'acqua in cui sono presenti indicatori indiretti di elevata suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo. Sono comprese in tali aree le frane stabilizzate e relitte (paleofrane) e le zone a franosità diffusa.	ALTA	Pg3 B
Per le seguenti tipologie di aree vi è una associazione diretta alla classe di suscettività:			
Aree di frana Quiescente	Comprende aree in cui vi è la presenza di indicatori geomorfologici diretti, quali le frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi sui versanti e sui corsi d'acqua.	ALTA	Pg3 A
Aree in Frana Attiva	Aree interessate da movimenti gravitativi in atto.	MOLTO ALTA	Pg4
Cave e miniere attive - Discariche in esercizio	Aree di cava attiva, miniera attiva e discarica in esercizio sulle quali è vigente una specifica norma di settore.	Aree speciali	tipo A
Ex Cave, ex Miniere	Aree come individuate ai sensi della DGR 1208/2012 con la quale è stato approvato l'aggiornamento dei criteri per la redazione della normativa di attuazione dei piani di bacino a riguardo dell'assetto geomorfologico (individuate in Tav. 8 con retino trasparente).		tipo B1
Ex Discariche e riporti antropici.	All'interno delle aree speciali di tipo B ₁ e B ₂ è rappresentata la classificazione di suscettività al dissesto (Pg0, Pg1, Pg2, Pg3A, Pg3B, Pg4) come da legenda.		tipo B2

Tab. 3.2.1.2 – Corrispondenza delle classi di suscettività con i pesi

Nel caso di aree di cava, discariche e riporti ove non esista o non sia vigente una normativa "speciale" è stata attribuita la corrispondente classe di suscettività al dissesto mediante l'aggiornamento della legenda della cartografia tematica di Piano. Tale aggiornamento è avvenuto a seguito di osservazioni di carattere puntuale, esaminate caso per caso, in merito alle caratteristiche di pericolosità dei singoli areali (Rif. D.G.R. 1068/02 e 1158/02), così come riportato al Cap. 2.3.6 Cave e al Cap. 2.3.5 Discariche e Riporti artificiali.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

3.2.2 Sintesi dei relativi rapporti tra i fattori considerati

Come già detto prendendo come riferimento il massimo valore di peso attribuito alla litologia sono stati derivati i contributi degli altri "elementi" nei confronti della suscettività al dissesto dei versanti, in particolare:

Tematismo	Peso massimo
Acclività	peso massimo pari al 70% del valore di litologia
Stato della roccia	peso massimo pari al 20% del valore di litologia
Coltri di copertura	peso massimo pari al 100% del valore di litologia
Uso del suolo	peso massimo pari al 20% del valore di litologia
Elementi "Aggravanti"	peso massimo pari al 30% del valore di litologia, per ciascuno di essi

Tab. 3.2.2.1 – Peso massimo in percentuale rispetto ad ogni tematismo

3.2.3 Commento alla Carta della Suscettività al Dissesto dei Versanti

A seguito dell'applicazione di un'analisi territoriale di tipo "iterativo" eseguita affinando gradualmente sia i pesi delle variabili considerate sia il taglio delle classi si è pervenuti ad un risultato soddisfacente e rispondente ai controlli eseguiti sul terreno.

La conoscenza diretta del territorio e le tarature eseguite sul terreno hanno poi contribuito al perfezionamento delle sintesi ove la metodologia usata non dava un risultato pienamente aderente alla realtà territoriale

La fase di disegno/riaggiustamento finale dei poligoni di suscettività al dissesto avviene direttamente a video e/o sulla base topografica.

Si tratta quindi dell'unica fase in cui sono presenti elementi di soggettività alla quale l'operatore indica i confini di zona seguendo prevalentemente limiti di carattere fisiografico (contrafforti, crinali, alvei, cambi di uso del suolo, insediamenti, strade, etc.). In questa fase è altresì possibile estendere la classe di suscettività oltre ai limiti del fenomeno rilevato in funzione della sua dinamica prevedibile, offrendo una valutazione sulla pericolosità di un comparto, in ragione dell'evoluzione di fenomeni ricadenti anche entro perimetrazioni diverse.

La perimetrazione dei distretti di cava, discarica e riporti è stata mantenuta come dalle prescrizioni regionali ed a tali elementi viene attribuita una classe di suscettività speciale.

Nel seguito sono analizzate le aree maggiormente significative, soprattutto per quanto riguarda le classi di suscettività al dissesto alta e media che determinano rischio elevato; non verranno descritte le aree in frana attiva (suscettività molto alta) o quiescente in quanto già analizzate nel paragrafo relativo alla geomorfologia e franosità reale.

L'esame della CSDV elaborata evidenzia che il territorio del bacino Maremola ricade per circa l'80% in classe di suscettività media.

Subordinatamente si rilevano importanti porzioni di territorio ricadenti in classe di suscettività al dissesto alta (A) mentre assai ridotte, e concentrate per lo più nella porzione inferiore e pianeggiante del bacino, risultano le aree in classe di suscettività bassa (B) o molto bassa (MB).

Le aree ad alta suscettività sono determinate dalla presenza di frane quiescenti o dalla presenza di coltri, anche potenti, frequentemente a granulometria fine, su un substrato a bassa permeabilità e con scadenti caratteristiche geomeccaniche. Tali valori trovano conferma nella

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

presenza di un buon numero di dissesti localizzati e dall'azione di erosione regressiva esercitata dalle aste di testa dei rii.

Le aree in classe di suscettività alta (A) risultano distribuite prevalentemente in una fascia mediana del bacino orientata W-E.

Ad W le aree di maggiore rilievo si sviluppano lungo il versante destro del bacino idrografico del torrente Giustenice, in località Valsorda e in località Cian d'Arme.

Nella zona centrale del bacino si rilevano aree ad alta suscettività lungo il versante destro e l'alto bacino del rio degli Ori, nella porzione di territorio interclusa tra il rio Capannette ed il rio Terragno, nella porzione di territorio interclusa tra rio Boragnin e rio Campi centrale, in località Prato delle Rive.

Ad E le aree di maggiore rilievo si rilevano tra rio Ca' di Giorni e rio Santano, a contorno delle località Bardino Nuovo e Bardino Vecchio, a monte della Strada del Melogno tra rio Gara e rio Merlo e nell'alto bacino del rio Panneto.

In classe di suscettività media (M) rientrano tutte le coperture sciolte anche sottili presenti sui versanti più acclivi unitamente ai substrati scistososi molto alterati e fratturati e pressoché tutta la zona percorsa dal fuoco anche in corrispondenza di versanti poco acclivi e rappresentano la condizione prevalente nell'ambito del bacino. Tale vocazione al dissesto del territorio ha trovato conferma nei recenti episodi alluvionali del 1994, 1998 e 2000 con un numero elevato di dissesti anche puntiformi o di modeste dimensioni ma che determinano uno stato di latente "fragilità idrogeomorfologica" complessiva a livello del sistema territoriale montano o collinare.

Il recente episodio alluvionale del Novembre 2000 ha messo in luce effettivamente gli scenari e le problematiche di rischio geomorfologico presenti nel bacino e si ritiene pertanto aderente alla realtà il fatto che buona parte del territorio sia esposta ad un rischio medio nel senso che tale porzione di territorio sia esposta al succedersi di innumerevoli pur piccoli scoscendimenti. Tale situazione alimenta giorno dopo giorno, anche per eventi naturali poco più intensi del normale, situazioni di progressivo degrado, contribuendo così all'instaurarsi di equilibri sempre più precari (ad esempio con il crollo di tratti di muri a secco, dissesti sulle scarpate stradali di qualche mc, ecc.).

Le aree a suscettività al dissesto bassa (B) si sviluppano nell'alto bacino del torrente Maremola, versante destro; in località Boragni Santo Giacomo, sul versante sinistro, e lungo i versanti a valle dell'autostrada A10.

Le aree a suscettività al dissesto molto bassa (MB) comprendono le zone pianeggianti di fondovalle e la piana costiera del torrente Maremola.

3.3 Problematiche di tipo idraulico

3.3.1 Aree storicamente inondate

L'analisi delle aree già sede di eventi alluvionali nel passato riveste una particolare importanza nell'ambito di un piano stralcio per il rischio idraulico. Tali dati, infatti, evidenziano criticità già note, ed è ipotizzabile che, laddove si sia verificato un evento di inondazione, possano presentarsi problemi di capacità di smaltimento del corso d'acqua. Una precisa definizione delle aree storicamente inondate rappresenta quindi un elemento di riferimento fondamentale sia per la scelta dei tratti di alveo da indagare in maniera approfondita, sia per verificare i risultati della modellazione idraulica.

Il dato relativo alle aree storicamente inondate per il bacino in considerazione deriva dalla mappatura riportata nella DGR n° 2615/98 e sue successive modifiche (ultimo aggiornamento DGR n° 594/01).

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Le ricognizioni, effettuate hanno permesso di ricostruire con sufficiente dettaglio le aree che sono state maggiormente interessate da eventi alluvionali negli ultimi anni.

3.3.2 Verifiche idrauliche

3.3.2.1 Individuazione dei tratti di studio

I tratti indagati nel presente studio sono i seguenti:

Corso d'acqua	Sezioni	Descrizione del tratto
T. Maremola	65 - 1	Da loc. Ferrari alla foce (giugno 2002)
T. Giustenice	14 - 1	Dal viadotto autostradale alla confluenza con il T.Maremola (giugno 2002)
T. Maremola	75 - 65	Da località Bardino Nuovo a loc. Ferrari (settembre 2003)
T. Maremola	1 - 10	Località Castellaccio (settembre 2003)
T. Giustenice	23 - 14	Località Serrati (settembre 2003)
T. Giustenice	1 - 3	Località Giustenice (settembre 2003)
Rio Moglie	1 - 4	Località Tovo S.Giacomo (settembre 2003)
Rio Rivarocca	1 - 4	Località Tovo S.Giacomo – sponda destra T. Maremola (settembre 2003)
Rio Casello	1 - 5	Località Tovo S.Giacomo – sponda sinistra T. Maremola (settembre 2003)
Rio Slige	1 - 5	Località Isallo (settembre 2003)

Tabella 3.3.2.2.1: Tabella riassuntiva dei tratti d'alveo indagati nel bacino Maremola

3.3.2.2 Metodologia di calcolo

Al fine principale dell'individuazione delle criticità idrauliche dei corsi d'acqua del bacino e delle aree soggette a rischio di inondazione è necessario lo svolgimento di un'indagine in merito alla dinamica dei fenomeni di piena. Il modello utilizzato integra le equazioni fondamentali che governano il moto di una corrente a pelo libero, e cioè l'equazione di continuità e l'equazione del moto che, in forma differenziale e nel caso generale di moto vario, si scrivono rispettivamente:

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

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -j - \frac{\partial(Q/gA)}{\partial t}$$

dove:

Q = portata liquida	[m ³ /s]
A = area della sezione liquida	[m ²]
H = carico totale della corrente	[m]
j = perdite distribuite	[m/m]
g = accelerazione di gravità	[m/s ²]
x = ascissa corrente	[m]
t = tempo	[s]

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Nel presente caso, compatibilmente con quanto indicato nelle raccomandazioni dell'Autorità di Bacino regionale, non si è ritenuta necessaria la schematizzazione del fenomeno in moto vario, ma si è ritenuta significativa l'assunzione di moto permanente. Le equazioni di moto e di continuità si riducono quindi alla sola dipendenza dalla coordinata spaziale secondo la forma:

$$\partial Q / \partial x = 0$$

$$\partial H / \partial x = -j$$

La risoluzione delle equazioni è stata condotta attraverso una schematizzazione alle differenze finite e introducendo l'equazione di Manning per la stima delle resistenze distribuite:

$$U = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot j^{\frac{1}{2}}$$

dove:

U = velocità media della corrente = Q/A [m/s]
R = raggio idraulico della corrente [m]
n = coefficiente di Manning [m^{-1/3}s]

Le perdite concentrate, nei tratti ove si verificano, sono state assunte proporzionali al carico cinetico, secondo l'espressione:

$$\Delta H = \xi \Delta (U^2 / 2g)$$

dove il coefficiente adimensionale ξ varia in dipendenza del tipo di perdita (restringimento, allargamento, cambio di direzione del flusso, etc.).

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, come noto, è necessario imporre, oltre al valore di portata in ingresso nella sezione di monte, una condizione di livello a valle in caso di corrente lenta, una condizione di livello a monte in caso di corrente veloce.

3.3.2.3 Schematizzazione di calcolo

La verifica idraulica del corso d'acqua principale è stata condotta per portate con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni con ipotesi di moto permanente. La schematizzazione di calcolo adottata si basa sulle seguenti assunzioni:

- Portata costante in ogni tratto considerato anche nell'eventualità di superamento dei punti estremi delle sezioni: il procedimento consiste nell'immaginare che la sezione sia limitata da argini infinitamente alti.
- Riduzione del 20% della luce libera degli attraversamenti dotati di pile in considerazione di possibili ostruzioni in caso di piene rilevanti.

Quest'ultima ipotesi è congruente con quanto indicato nelle raccomandazioni emanate dall'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale, con particolare riferimento alla raccomandazione sulle fasce di inondabilità e alla nota "Rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale", al fine di tenere conto di sezioni che, interessate da opere, non possano assicurare capienza certa alla portata di massima piena.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

I programmi utilizzati nella modellazione idraulica sono:

- HEC RAS (Hydrologic Engineering Center- River Analysis System, della US Army Corps Engineers): il modello determina il profilo di moto permanente per ogni tratto scegliendo tra i possibili profili di corrente lenta e di corrente veloce quello a cui corrisponde la spinta totale maggiore, essendo la definizione della spinta:

$$S = \frac{1}{2} \gamma \cdot Y \cdot A + \gamma \cdot \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

dove:

γ = peso specifico dell'acqua

Y = profondità

Il programma di calcolo richiede l'inserimento di alcune sezioni aggiuntive in corrispondenza di opere in alveo (ponti, passerelle e tombinature), nonché altre sezioni (indicate con il simbolo “*”) ottenute per interpolazione dalle sezioni rilevate qualora il loro passo spaziale risultasse troppo elevato ai fini dell'accuratezza del calcolo.

- MIKE 11 (del DHI Water & Environment) : il modello idrodinamico simula il flusso monodimensionale, stazionario e non, di fluidi verticalmente omogenei in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali, descrivibile attraverso i diversi approcci dell'“onda cinematica”, dell'“onda diffusiva” e dell'“onda dinamica” e con la messa in conto principalmente delle seguenti condizioni: portate laterali, flusso libero o rigurgitato, differenti regole operative di funzionamento di serbatoi o invasi, resistenze localizzate e perdite di carico concentrate, aree d'espansione, nodi idraulici (biforcazioni e convergenti). La soluzione del sistema di equazioni è indipendente dall'approccio modellistico seguito (cinematico, diffusivo, dinamico). Le equazioni generali di De Saint Venant sono trasformate in un sistema di equazioni implicite alle differenze finite secondo una griglia di calcolo con punti Q e h alternati tra loro, nei quali la portata Q e il livello idrico h, rispettivamente, sono determinati ad ogni passo temporale (schema di Abbott a 6 punti). Nel caso di **moto permanente**, le equazioni complete del moto vengono risolte con condizioni al contorno invarianti nel tempo.

- Parametri di scabrezza

I valori di riferimento del parametro di scabrezza K_s proposti dalla Regione Liguria sono riportati in Normativa di Piano.

Corso d'acqua	Sezioni	Descrizione del tratto	Coefficiente di scabrezza K_s [$m^{1/3}s$]	Programma di modellazione idraulica utilizzato
T. Maremola	65 - 1	Da loc. Ferrari alla foce (giugno 2002)	30	HEC RAS
T. Giustenice	14 - 1	Dal viadotto autostradale alla confluenza con il T.Maremola (giugno 2002)	30	HEC RAS
T. Maremola	75 - 65	Da località Bardino Nuovo a loc. Ferrari (settembre 2003)	30	MIKE 11
T. Maremola	1 - 10	Località Castellaccio (settembre 2003)	25	MIKE 11

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

T. Giustenice	23 - 14	Località Serrati (settembre 2003)	30	MIKE 11
T. Giustenice	1 - 3	Località Giustenice (settembre 2003)	25	MIKE 11
Rio Moglie	1 - 4	Località Tovo S.Giacomo (settembre 2003)	20	MIKE 11
Rio Rivarocca	1 - 4	Località Tovo S.Giacomo – sponda destra T. Maremola (settembre 2003)	20	MIKE 11
Rio Casello	1 - 5	Località Tovo S.Giacomo – sponda sinistra T. Maremola (settembre 2003)	20	MIKE 11
Rio Slige	1 - 5	Località Isallo (settembre 2003)	25	MIKE 11

Tabella 3.3.2.3.1: tabella riassuntiva dei tratti d'alveo indagati nel bacino Maremola con i rispettivi parametri di scabrezza assegnati e i programmi di modellazione utilizzati

- Condizioni al contorno

T. Maremola:

a monte: profondità critica;
a valle: profondità critica;

T. Giustenice:

a monte: profondità critica;
a valle: livello del pelo libero a pari tempo di ritorno desunto dallo studio idraulico del T. Maremola in corrispondenza della sezione di confluenza (sez. 25);

T. Maremola (loc. Bardino Nuovo):

a monte: idrogramma di piena a portata costante per assegnato tempo di ritorno;
a valle: livello del pelo libero a pari tempo di ritorno desunto dallo studio idraulico del T. Maremola bacino in corrispondenza della sezione numero 65.

T. Maremola (loc. Castellaccio):

a monte: idrogramma di piena a portata costante per assegnato tempo di ritorno;
a valle: scala di deflusso in moto uniforme

T. Giustenice (loc. Serrati):

a monte: idrogramma di piena a portata costante per assegnato tempo di ritorno;
a valle: livello del pelo libero a pari tempo di ritorno desunto dallo studio idraulico del T. Giustenice in corrispondenza della sezione numero 14.

Rio Moglie:

a monte: idrogramma di piena a portata costante per assegnato tempo di ritorno;
a valle: cautelativamente, livello di piena corrispondente a pari tempo di ritorno nella sezione di confluenza nel T.Maremola;

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Rio Rivarocca:

a monte: idrogramma di piena a portata costante per assegnato tempo di ritorno;
a valle: cautelativamente, livello di piena corrispondente a pari tempo di ritorno nella sezione di confluenza nel T.Maremola;

Rio Casello:

a monte: idrogramma di piena a portata costante per assegnato tempo di ritorno;
a valle: cautelativamente, livello di piena corrispondente a pari tempo di ritorno nella sezione di confluenza nel T.Maremola;

Rio Slige:

a monte: idrogramma di piena a portata costante per assegnato tempo di ritorno;
a valle: cautelativamente, livello di pari tempo di ritorno desunto dallo studio idraulico del T. Maremola in loc. Castellaccio (sez.8);

3.3.2.4 Profili di moto permanente

T. Maremola:

L'andamento dei profili risulta fortemente condizionato dalla presenza di ponti e attraversamenti, i quali, ad eccezione di Ponte loc. Morelli (sez. 59.5), non sono dimensionati per consentire il libero deflusso delle portate. Si producono così diffuse ed estese insufficienze arginali su entrambe le sponde per tutti i tempi di ritorno.

T. Giustenice:

Il tratto analizzato presenta una criticità pressochè costante con i profili longitudinali che, con il loro andamento, superano sempre il livello arginale.

T. Maremola (loc. Bardino Nuovo):

Dall'andamento dei profili si evidenzia come il tratto non presenti criticità importanti con i ponti e gli attraversamenti che risultano adeguati allo smaltimento delle portate. L'unica insufficienza arginale è localizzata in prossimità della sez.75 su entrambe le sponde.

T. Maremola (loc. Castellaccio):

I profili, peraltro non disturbati da nessuna opera idraulica significativa, hanno un andamento regolare e non danno luogo a nessuna insufficienza arginale.

T. Giustenice (loc. Serrati):

L'esame dei profili rivela un andamento piuttosto regolare degli stessi. Tuttavia l'argine destro fino alla sez.1 non risulta adeguato al contenimento delle portate.

Rio Moglie:

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

L'esame dei profili longitudinali evidenzia come questi siano influenzati da due bruschi cambi di pendenza posti all'altezza di sez. 2 sez. 3v. Peraltro l'argine destro è costantemente più basso rispetto al sinistro.

Rio Rivarocca:

L'esame dei profili longitudinali rivela un'insufficienza arginale in sponda destra a partire da circa 30 m. a valle della sez. 2. Dalla sez. 3 in avanti medesimo problema si riscontra in sponda sinistra.

Rio Casello:

I profili longitudinali hanno un andamento regolare e non danno luogo ad insufficienze arginali.

Rio Slige:

I profili longitudinali hanno un andamento regolare e non danno luogo ad insufficienze arginali.

3.3.2.5 Analisi della capacità di smaltimento delle opere in alveo

Le principali problematiche emerse dalle indagini condotte sono dovute, da una parte, alle caratteristiche morfologiche intrinseche del territorio, che è caratterizzato da zone altimetricamente depresse cui afferiscono rilevanti bacini scolanti, dall'altra dallo sviluppo delle attività antropiche, che in esso si sono incrementate nel tempo.

Al fine di individuare eventuali criticità localizzate e di determinare se siano causa di condizioni di rischio, è stata esaminata in dettaglio la capacità di smaltimento delle opere in alveo, determinandone la portata massima transitante senza esondazioni.

Nelle tabella seguente vengono riportate per le opere edificate in alveo (attraversamenti con e senza pile in alveo, tombinature), indicate con il numero della sezione, il minor tempo di ritorno per cui l'opera non risulta verificata. Si è considerata l'opera non verificata se il franco è risultato inferiore a 50 cm.

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
75	Ponte ad arco	T<50
62.5	Attraversamento senza pile in alveo	T<50
59.5	Attraversamento senza pile in alveo	T<50
45.5	Ponte con due pile in alveo	T<50
41.5	Ponte con una pila in alveo	T<500
37.5	Attraversamento senza pile in alveo	T<50
32.5	Attraversamento senza pile in alveo	T<50
10.5	Ponte con due pile in alveo	T<50
7.5	Ponte ad arco con tre campate	T<50

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

5.5	Ponte ad arco con tre campate	T<50
2.5	Attraversamento con una pila in alveo	T<200

Tabella 3.3.2.5.1: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il T. Maremola

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
5	Ponte senza pile in alveo	T<50
7	Attraversamento senza pile in alveo	T<50

Tabella 3.3.2.5.2: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il T. Maremola loc. Bardino Nuovo

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
21	Ponte con due pile in alveo	T<50
19	Ponte ad arco	T<50
17	Attraversamento senza pile in alveo	T<500
15	Attraversamento senza pile in alveo	T<50
13.5	Attraversamento senza pile in alveo	T<50
2.5	Attraversamento senza pile in alveo	T<50

Tabella 3.3.2.5.3: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il T. Giustenice

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
1	Ponte ad arco	T<200

Tabella 3.3.2.5.4: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il T. Giustenice loc. Serrati

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
3	Ponte ad arco	T<50

Tabella 3.3.2.5.5: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il Rio Moglie

3.3.3 Fasce di inondabilità

Sulla base delle verifiche idrauliche effettuate per le portate prescelte si individuano le aree perifluviali inondabili in caso di eventi di piena. Tale determinazione può essere effettuata con diverse metodologie a diverso grado di approssimazione e complessità.

Nel presente piano, il tracciamento delle linee che delimitano le aree inondabili con i diversi periodi di ritorno, è stato svolto in base al seguente procedimento:

- una valutazione dei tratti e delle sezioni in cui il pelo libero ha quota superiore alla quota delle sponde come da profilo di rigurgito, determinato tramite le precedenti verifiche

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

idrauliche. Le verifiche condotte con il software utilizzato permettono di visualizzare oltre al livello di pelo libero, anche le linee indicative della sponda destra e sinistra, pertanto è possibile distinguere l'eventuale esondazione nelle due sponde. E' utile ribadire che, data la necessaria schematizzazione nel tracciamento dei limiti di sponda, nel definire le fasce si è tenuto in debito conto di quanto rilevato in occasione dei sopralluoghi effettuati in sito. La determinazione delle aree inondabili, cioè le superfici che vengono sommerse dal relativo ipotetico evento di piena, è stata condotta essenzialmente sulla base dei criteri per l'elaborazione dei piani di bacino, suggeriti dall'Autorità di Bacino di rilievo regionale della Regione Liguria al punto 3 della Raccomandazione n°1 "Metodologia per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione" (1995). Si è inoltre proceduto all'individuazione dei tratti critici del corso d'acqua (quali ponti, tombinature, coperture, ecc.) e alla loro verifica con i dovuti franchi di sicurezza;

- tracciamento delle linee indicative delle aree inondabili, definite come inviluppo dei punti di intersezione fra la quota idrometrica determinata per le diverse portate di riferimento e la topografia del terreno o le opere spondali esistenti. Qualora gli argini non fossero continui perché danneggiati, o perché costituiti da edifici inframmezzati da varchi, si è considerato il defluire delle acque attraverso di essi e di conseguenza l'inondabilità delle aree limitrofe;
- analisi di verifica in campagna in modo tale da verificare la congruenza delle linee tracciate con la morfologia dei luoghi (operazione particolarmente importante per il controllo di situazioni puntuali);
- eventuali correzioni delle fasce a seguito dell'azione di verifica.

I metodi per la valutazione delle aree inondabili sono suddivisi secondo tre diverse famiglie, che rispondono a tre differenti filosofie di approccio al problema e partono da ipotesi di lavoro differenti.

I tre modelli, topologico, curve di livello ed idrogramma di piena, sono già stati analizzati e di ognuno sono stati evidenziati i limiti e le capacità di interpretazione dei fenomeni, nonché le difficoltà di calcolo e di modellazione incontrate, all'interno dello studio CIMA. Dal momento che i tre metodi sono complementari, una loro combinazione fornisce i migliori risultati, consentendo di superare i limiti intrinseci di ciascuno di essi.

Sulla base della metodologia adottata, ovvero la combinazione dei tre metodi che consente una valutazione senz'altro maggiormente attendibile, sono state individuate le aree inondabili per le portate al colmo di piena relative a tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni. Sulla base di tale determinazione, secondo i criteri dell'Autorità di bacino regionale, è stata prodotta la Carta delle fasce di inondabilità, con la determinazione delle tre fasce:

- Fascia A, aree perfluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=50$ anni.
- Fascia B, aree perfluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=200$ anni.
- Fascia C, aree perfluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=500$ anni o, se più estese, aree storicamente inondate.

I tratti d'asta indagati sono evidenziati negli ALLEGATI "VERIFICHE IDRAULICHE". Dalla carta delle fasce si evincono analogamente i tratti indagati in accordo con i profili delle condizioni di moto permanente allegate.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Le zone ricadenti in aree storicamente inondate ed esterne alla fascia C dedotta dal modello di individuazione delle aree inondabili, derivate dalla mappatura allegata alla DGR n° 2615/98 e sue successive modifiche (ultimo aggiornamento DGR n° 594/01), si dovrà applicare il regime vincolistico relativo alla fascia C.

Successivi studi potranno in seguito analizzare eventuali fenomeni di allagamento dovuti non ad inondazioni fluviali ma a fenomeni la cui dinamica oggi non rientra nelle specifiche di questo studio.

Relativamente all'attività di *“Progettazione preliminare con messa in sicurezza del tratto terminale del torrente Maremola con progettazione definitiva degli interventi prioritari in Comune di Pietra Ligure”* finanziata da Regione Liguria al Comune di Pietra Ligure con DGR 347/02, a seguito della conclusione dell'attività e della trasmissione da parte del Comune delle relative risultanze, sono state recepite le indicazioni progettuali preliminari nel Piano Interventi del presente Piano di Bacino, con relativo aggiornamento della fascia di riassetto fluviale.

3.3.4 Fascia di riassetto fluviale

La fascia di riassetto fluviale comprende le aree esterne all'alveo attuale necessarie per l'adeguamento del corso d'acqua all'assetto definitivo previsto dal presente Piano.

Sulla base dell'esame degli interventi individuati nel presente Piano e sulla base delle indicazioni progettuali preliminari relative all'attività finanziata al Comune di Pietra Ligure con DGR 347/02, è stata aggiornata la fascia di riassetto fluviale sul T.Maremola e sul T. Scarincio (cfr. TAV. 16 del presente Piano di Bacino).

Ulteriori perimetrazioni o modifiche potranno essere previste in fasi successive sulla base di approfondimenti in sede di aggiornamento di Piano o in fase progettuale.

3.4 Principali criticità del bacino

L'analisi delle carte di pericolosità redatte porta in primo luogo a riconoscere eventuali caratteri comuni all'interno delle criticità.

Alla scala di bacino, comunque, le criticità più evidenti e pressanti risultano essere di tipo idraulico, con particolare riferimento all'insufficienza idraulica del tratto terminale del torrente Maremola densamente urbanizzato nel Comune di Pietra Ligure. Possono altresì verificarsi problemi “locali” nell'ambito della rete idrografica minore in corrispondenza di tombature o brevi tratti con criticità nel deflusso delle acque in piena per sezioni insufficienti o inadeguatezze/mancanze del sistema arginale.

Il rilevamento geomorfologico ha riscontrato come gran parte delle criticità sia localizzata in corrispondenza di aree caratterizzate da scarsa copertura vegetale a causa degli incendi boschivi con assenza di suolo e fenomeni di erosione sia diffusa o infine dove la presenza di coperture sciolte ricada su pendii acclivi o con substrati rocciosi di natura scistosa.

Situazioni di criticità sono inoltre riconoscibili in corrispondenza di insufficiente/assente sistemazione delle acque di ruscellamento superficiale.

I dati acquisiti portano quindi a riconoscere come le problematiche geomorfologiche più diffuse all'interno del bacino siano prevalentemente legate all'erosione e si manifestino sia attraverso processi gravitativi, sia come ruscellamento diffuso e concentrato, sia come frane localizzate.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Le principali criticità si riscontrano nei pressi delle località San Michele, Bardino Nuovo e Bardino Vecchio.

Una situazione particolarmente preoccupante è rappresentata dal recente movimento franoso in loc. S. Michele che ha portato all'isolamento temporaneo dell'omonima frazione (in oggi sono in corso i lavori di somma urgenza per il ripristino geostatico della zona). Numerosi sono stati i dissesti che hanno coinvolto la Val Maremola a seguito degli eventi alluvionali del Ottobre e Novembre 2000 particolarmente nel comune di Giustenice, Tovo S. Giacomo e Magliolo.

Le frazioni di Bardino Vecchio e Nuovo in Comune di Tovo S. Giacomo risultano perimetrare come abitati da consolidare "a cura e spese dello stato" ai sensi della L.445 del 09/07/1908 e D.L. 30/06/1918 a seguito del D.P.R. 23/01/64 n.80. La situazione geomorfologica è andata progressivamente migliorando in queste zone anche a seguito degli interventi di bonifica geostatica ed idrogeologica eseguiti a diverso titolo. Permane comunque una fragilità del territorio in questi contesti laddove le coltri risultano di maggiore spessore e l'alterazione dei litotipi più marcata.

Criticità idrauliche

T. Maremola:

Dalle verifiche idrauliche effettuate la situazione del T. Maremola risulta condizionata dagli attraversamenti e i ponti presenti all'altezza dei quali si riscontrano le maggiori criticità. Si riscontrano aree inondabili per tempo di ritorno cinquantennale in corrispondenza della sez. 64 e a partire dalla sez.58 lungo l'alveo fino alla confluenza con il T.Giustenice dove tali aree raggiungono la massima estensione. Dalla confluenza in avanti la situazione prosegue come a monte con le aree inondabili che interessano le zone adiacenti l'alveo su entrambe le sponde.

T. Giustenice:

Il T. Giustenice presenta una diffusa criticità all'altezza della confluenza con estese aree inondabili; proseguendo verso monte le problematiche sono di tipo puntuale e localizzate principalmente in corrispondenza degli attraversamenti.

T. Maremola (loc. Bardino Nuovo):

Dall'andamento dei profili si evidenzia come il tratto non presenti criticità importanti con i ponti e gli attraversamenti che risultano adeguati allo smaltimento delle portate. L'unica insufficienza arginale è localizzata in prossimità della sez.75 su entrambe le sponde.

T. Maremola (loc. Castellaccio):

I profili, peraltro non disturbati da nessuna opera idraulica significativa, hanno un andamento regolare e non danno luogo a nessuna insufficienza arginale.

T. Giustenice (loc. Serrati):

Dall'esame dei risultati dell'analisi idraulica emerge la criticità di sez. 1, dove il ponte determina un notevole ingombro in alveo, ostruendo il deflusso delle portate di progetto e determinando un esondazione in sponda sinistra.

Rio Moglie:

Il ponte di attraversamento del rio all'altezza di sezz. 3-4 risulta insufficiente ed è causa di un'area inondabile per tempo di ritorno cinquantennale.

Rio Rivarocca:

Non si evidenziano particolari criticità.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Rio Casello:

Non si evidenziano particolari criticità.

Rio Slige:

Non si evidenziano particolari criticità.

3.4.1 Criticità puntuali

Nel presente paragrafo si analizzeranno quelle zone contenute all'interno della Carta delle aree storicamente inondate del Piano di Bacino del Torrente Carenda approvato con DCP 43/2002, per le quali in seguito al sopralluogo e ad opportune considerazioni di seguito sviluppate, è stata affrontata un'analisi idraulica puntuale, poiché uno studio idraulico di dettaglio non avrebbe fornito importanti informazioni aggiuntive.

3.4.1.1 Insufficienza Rio Galado presso s.s. Colle Melogno

Oggetto di indagine è il Rio Galado presso la s.s. Colle del Melogno, ove sono indicate aree storicamente inondate nella mappatura allegata alla DGR n° 2615/98 e sue successive modifiche (ultimo aggiornamento DGR n° 594/01),.

Le aree indicate come critiche sono relative a due attraversamenti stradali del rio lungo la strada che porta verso loc.Lavrio. Le aree in esame sono riportate nella seguente Figura 3.4.1.1.1.

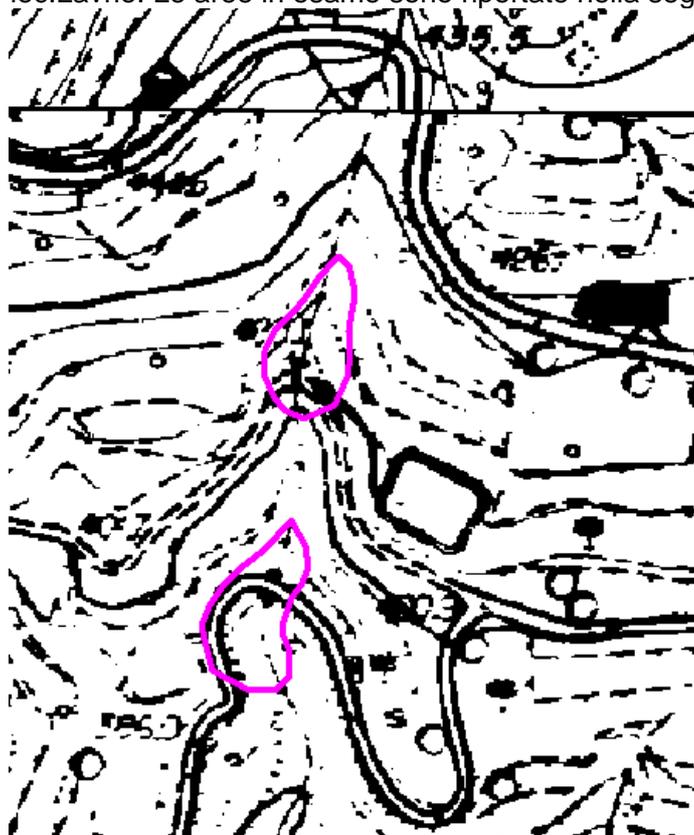


Figura 3.4.1.1.1 – Stralcio cartografico dell'area oggetto di studio

Il primo attraversamento è relativo alla strada sterrata che porta ad una abitazione isolata, mentre il secondo è relativo alla via asfaltata verso loc. Lavro. Entrambi gli attraversamenti sono stati

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

recentemente sistemati con installazione di uno scatolare in cemento accompagnato dalla pulizie e sistemazione dell'alveo con una piccola scogliera.

Le immagini a seguire mostrano i due attraversamenti in esame e l'area circostante.



Figura 3.4.1.1.2 – Scatolare di attraversamento della strada sterrata, installato recentemente.



Figura 3.4.1.1.3 - Tratto di alveo a monte della strada sterrata. Si evidenzia la sistemazione spondale in sinistra.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA



Figura 3.4.1.1.4 - Scatolare di attraversamento della strada asfaltata a valle.

Determinazione delle portate di progetto

In accordo con la normativa di piano, le portate per il Rio Galado sono state calcolate applicando la procedura 'piccolissimi bacini' proposta dal CIMA.

Per i bacini ricadenti in questa classe ($A < 2 \text{ Km}^2$) il valore di portata al colmo viene calcolato secondo l'espressione:

$$Q_T = K_T \cdot U_{A=2} \cdot A$$

dove:

- Q_T = portata in m^3/sec per assegnato periodo di ritorno T ;
- K_T = fattore di frequenza riportato in tabella;
- U = coefficiente di portata tabellato dal CIMA in funzione di classe del bacino e longitudine;
- A = area drenata dalla sezione di chiusura;

I fattori di frequenza proposti dal CIMA sono riportati nella seguente tabella:

T[anni]	50	200	500
K_T	3.47	5.02	6.04

Tabella 3.4.1.1.1 – Fattore di frequenza per la metodologia CIMA

Le classi idrologiche dei bacini sono così classificate:

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Tipo	Descrizione	CN
A	Bacini di tipo residenziale, industriale o commerciale caratterizzati da un elevato grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili superiore al 60%.	92
B	Bacini caratterizzati da un medio grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%.	87
C	Bacini caratterizzati da un basso grado di urbanizzazione. Estensione delle aree impermeabili compresa fra 5% e 30%.	75
D	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	67

Tabella 3.4.1.1.2 – Classificazione dei bacini secondo la metodologia del CIMA

Di seguito si riportano i parametri scelti per la sezione di chiusura interessata dallo studio ed i valori di portata risultanti.

BACINO	CLASSE	AREA	LONG. Gradi sessagesimali	U _A	Q50 adottata	Q200 adottata	Q500 adottata
Rio Galado	D	0.2	8°17.5'	4.90	4	5	6

Tabella 3.4.1.1.3 – Parametri e portate di progetto per il tratto indagato

Analisi idraulica

Al fine di verificare la capacità di smaltimento degli scatoari in questione, si è calcolata la portata massima defluibile attraverso lo stesso in condizioni di moto non in pressione. Sulla base delle aree storicamente inondate attualmente mappate nel piano, le criticità del tratto sono infatti da ricercarsi nei due attraversamenti.

Applicando per semplicità la formula del moto uniforme, semplificazione resa lecita dalla regolarità dei tombini e dall'assenza di ingombri tali da condizionare il deflusso della corrente si ha:

$$Q = \Omega K_s R^{2/3} i_f^{0.5}$$

Con

$\Omega = b Y$ = area della sezione utile

b = larghezza della sezione

Y = profondità della corrente

K_s = Coeff. di Strickler (= 40 m^{1/3}/s)

R = Raggio idraulico

i_f = pendenza dell'alveo

Per i due attraversamenti in esame si riportano nella seguente tabella 54 i parametri utilizzati per la verifica ed i risultati della stessa.

	Attr.strada sterrata	Attr.strada asfaltata
B	1.60	1.60
Y	1.50	1.35

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

If	0.01	0.02
Ks	40	30
Y T=50	1.05	0.81
Y T=200	1.25	0.96
Y T=500	1.45	1.10

Tabella 3.4.1.1.4 – Verifica puntuale dei due scatolari

I due scatolari sono quindi in grado, sebbene con franchi di sicurezza ridotti, di smaltire le portate di piena previste. Pertanto, anche in funzione del basso livello di rischio per le aree circostanti, non vengono mappate aree inondabili per il tratto in esame.

3.5 Considerazioni sul trasporto solido

Il trasporto solido è un fenomeno che gioca un ruolo importante nella dinamica dell'alveo dei corsi d'acqua, in grado di causare o peggiorare situazioni di rischio idrogeologico in un bacino. L'analisi della dinamica del trasporto solido può assumere quindi una particolare rilevanza per quanto riguarda sia la determinazione delle criticità e della pericolosità sia l'individuazione, la programmazione e la progettazione degli interventi di sistemazione.

Le modalità con le quali il trasporto di sedimenti può interagire con il deflusso di una corrente sono varie. La valutazione dei livelli idrici attesi in un evento di piena, ad esempio, viene comunemente effettuata trascurando il fenomeno del trasporto di sedimenti da parte della corrente e quindi attraverso una modellazione idraulica a fondo fisso che può, tuttavia, fornire risultati anche significativamente sottostimati rispetto ad una soluzione a fondo mobile (fondo che, viceversa, si modifica in funzione del materiale trasportato dalla corrente), molto più onerosa dal punto di vista della modellistica ma certamente più rappresentativa della realtà. Durante l'evento di piena, infatti, possono realizzarsi depositi localizzati che producono forti innalzamenti del livello della corrente. Durante la fase discendente della piena tali depositi possono venire rimossi ma i livelli raggiunti al colmo della piena sono comunque superiori a quelli prevedibili da una modellazione a fondo fisso.

La dinamica del trasporto solido può inoltre avere influenza anche nella determinazione degli interventi di sistemazione: opere in grado di migliorare idraulicamente le caratteristiche locali del deflusso, possono addirittura rivelarsi dannose se vengono tenuti in conto gli effetti del trasporto solido. Un intervento di allargamento di sezione localizzato, ad esempio, produce in caso di corrente lenta una diminuzione della profondità, ma anche un rallentamento della corrente stessa che, non essendo più in grado di trasportare la stessa quantità di sedimenti, provoca la formazione di un deposito che può risultare di entità tale da produrre addirittura livelli idrici più elevati rispetto alla situazione precedente. In questi casi è evidente che il corretto intervento sistematorio dovrebbe consistere quindi in una regolarizzazione della larghezza, piuttosto che in un allargamento localizzato.

La realizzazione di briglie o l'analisi dell'effetto di briglie già esistenti sul corso d'acqua è un altro esempio in cui può essere determinante la considerazione dei fenomeni di trasporto solido, al fine di valutare la possibile evoluzione del fondo e la portata solida che può essere trasportata alla foce e, in particolare, sulle spiagge.

La valutazione del trasporto solido, infine, assume importanza in tutti quei casi in cui la stabilità di opere in alveo possa essere alterata da fenomeni di scalzamento; si pensi ad esempio ai problemi di scalzamento delle pile di ponti o del piede di opere di arginatura provocato dalla capacità erosiva della corrente o anche di stabilità di versanti che, sottoposti al piede all'azione erosiva delle acque, possono causare smottamenti localizzati.

Il fenomeno è strettamente legato alle caratteristiche geomorfologiche e geologiche del bacino ed è difficilmente quantificabile a meno di monitoraggi e di modellazioni complesse. A

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

questo proposito, è utile sottolineare la sostanziale generale mancanza di dati di campagna sul trasporto solido; la necessità di una sua quantificazione fa emergere pertanto l'opportunità di realizzare stazioni di monitoraggio su alcuni bacini considerati maggiormente significativi per il territorio ligure, in modo da poter applicare i dati ricavati anche su bacini contigui e/o litologicamente simili.

La modellazione idraulica a fondo mobile è attualmente ancora piuttosto onerosa, soprattutto riguardo alla schematizzazione matematico-numerica, e non facilmente applicabile a casi generali, soprattutto nell'ambito della pianificazione di bacino. La modellazione richiede, in particolare, rilievi topografici e sedimentologici lungo il corso d'acqua che consentano di simulare con sufficiente accuratezza la dinamica dei sedimenti. Informazioni sull'evoluzione storica del profilo longitudinale del fondo del corso d'acqua risultano inoltre di grande utilità sia per la comprensione della tendenza evolutiva dell'alveo sia per la verifica dei modelli matematici di trasporto.

Considerata la rilevanza dell'effetto indotto da interventi in alveo sul trasporto solido (quali gli allargamenti localizzati, restringimenti determinati dalle pile di un ponte, scavo in curva, ecc) che non vengono normalmente tenuti in conto nella usuale modellazione idraulica, la progettazione di opere idrauliche dovrà prevedere consoni franchi.

4 RISCHIO IDROGEOLOGICO

4.1 Premessa

Il concetto di rischio inteso come rischio totale è basato sulla combinazione di più fattori di natura tecnica (nel caso specifico idraulica e idrogeologica), ma anche socio-economica, tramite la nota espressione formale del rischio:

$$R = P \times E \times V$$

dove:

P: pericolosità, intesa come la probabilità che si realizzino le condizioni di accadimento dell'evento calamitoso;

E: valore degli elementi a rischio, intesi come persone e beni;

V: vulnerabilità, intesa come la capacità degli elementi a rischio a resistere all'evento in considerazione.

L'individuazione delle aree a rischio idrogeologico, costituito dal rischio idraulico e dal rischio geomorfologico, che porta alla redazione della carta del rischio idrogeologico, è una elaborazione prevista nella pianificazione di bacino stralcio dell'Autorità di bacino regionale già in atto, ma anche esplicitamente richiesta dall'*Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98*, pubblicato sulla G.U. del 5.1.1999.

La carta del rischio idrogeologico fa quindi parte degli elaborati necessari dei piani stralcio per il rischio idrogeologico e prevede la definizione di alcune classi di rischio attraverso l'incrocio delle classi di pericolosità (in questo caso rappresentate, come già visto, dalle carte delle fasce di inondabilità e suscettività al dissesto di versante) con gli elementi a rischio derivanti dalla carta di uso del suolo.

Lo scopo è essenzialmente quello di individuare aree più a rischio di altre, anche a parità di pericolosità, in dipendenza degli elementi che vi si trovano. Tramite la gradazione del rischio R si individuano infatti le zone in cui ad elevate criticità idrogeologiche è associata una maggiore presenza umana e, di conseguenza, si determinano le zone da difendere prioritariamente.

La carta del rischio idrogeologico, quindi, fornisce un quadro della situazione attuale del rischio nel bacino, utile in termini assoluti per valutare la criticità del bacino stesso, anche in relazione ad altri bacini. Essa rappresenta inoltre un importante strumento, anche se non il solo, per determinare con un criterio oggettivo le misure più urgenti di prevenzione e la priorità degli interventi di mitigazione (strutturali ma anche non strutturali).

Nella fase della pianificazione degli interventi si dovranno comunque valutare anche considerazioni di carattere più ampio della sola sovrapposizione delle carte di pericolosità con la carta degli elementi a rischio. Benché infatti la carta del rischio individui le aree con un maggiore carico insediativo o valore economico che ricadono in classi di alta pericolosità, non è detto che le criticità del bacino si limitino a quelle a più alto rischio evidenziate nella carta, né che la soluzione dello specifico problema debba vedersi esclusivamente come un intervento localizzato.

Nei termini più ampi di gestione integrata del territorio si devono prevedere interventi che, oltre ad essere finalizzati alla mitigazione del rischio esistente, mirino comunque al riequilibrio del bacino nella sua unitarietà, così come previsto nelle dichiarazioni fondative della L. 183/89.

Si noti, infine, che la carta del rischio non sostituisce le mappature del rischio dei piani di protezione civile, pur costituendone un supporto essenziale, in quanto non è stata elaborata ad una scala di sufficiente dettaglio, soprattutto per quanto riguarda la classificazione degli elementi a rischio. Ai piani di protezione civile a livello comunale spetta naturalmente il compito di individuare

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

e dettagliare i singoli elementi presenti in relazione alle loro funzioni, alla loro destinazione d'uso e alla loro specifica vulnerabilità, e soprattutto di individuare le opportune misure (non strutturali) di prevenzione e mitigazione del rischio per le diverse aree. A titolo di esempio, nel caso in esame, lungo l'asta principale si trovano varie abitazioni e viabilità prospicienti l'alveo (come già segnalato anche nel capitolo relativo alle criticità del bacino): i piani di protezione civile dovranno stabilire nel dettaglio e mettere in atto tutti gli accorgimenti (informazione, sistemi di allerta, piani di evacuazione, ecc.) per la salvaguardia dei residenti.

4.2 Determinazione del rischio idrogeologico

Il rischio idrogeologico, che ai sensi del D.L. 180/98 è costituito da rischio idraulico e rischio geomorfologico, è stato determinato tramite l'approccio sopra descritto. Il metodo è stato applicato (così come suggerito anche dall'atto di indirizzo relativo al citato D.L.) in modo più qualitativo che quantitativo. Non è stato cioè individuato il valore degli elementi a rischio in termini quantitativi né la specifica vulnerabilità dei singoli elementi, ma si è fornita una valutazione più globale e qualitativa che consente di individuare i fattori essenziali attraverso una procedura semplificata e che permette una sua gradazione in classi.

In particolare, si ricorda che si è assunto che la pericolosità P sia rappresentata dalle carte delle fasce di inondabilità e di suscettività al dissesto.

Si è inoltre assunta uniforme, e quindi pari a 1, la vulnerabilità degli elementi a rischio, volendo dare un maggior peso alle caratteristiche degli elementi a rischio rispetto alla loro capacità di sopportare le sollecitazioni esercitate dall'evento, dato di difficile valutazione allo stato di conoscenza attuale nell'ambito del presente piano, anche per ragioni di scala dell'analisi.

La definizione degli elementi a rischio, secondo quanto indicato nella raccomandazione n. 4 dell'Autorità di bacino Regionale si basa sull'analisi della carta di uso del suolo e sull'individuazione delle seguenti quattro classi:

E_0 : aree disabitate o improduttive

E_1 : edifici isolati, zone agricole

E_2 : nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori infrastrutture minori

E_3 : centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, principali infrastrutture e servizi.

Secondo la definizione del Comitato Tecnico Regionale i diversi gradi di rischio si determinano attraverso una matrice nella quale vengono posti in relazione le classi di pericolosità (idraulica e geomorfologica) con le classi degli elementi a rischio così come desunte dalla carta dell'Uso del suolo.

Da tale intersezione, si ottengono le seguenti quattro classi di rischio:

R_1 : rischio moderato

R_2 : rischio medio

R_3 : rischio elevato

R_4 : rischio molto elevato

Si è inoltre ritenuto di introdurre un'ulteriore classe di rischio R_0 definita come rischio lieve o trascurabile, che permette di estrarre le situazioni a rischio minore in ragione di pericolosità estremamente basse o di completa assenza di valenze socio-economiche. Tale classe è, in pratica, qui rappresentata dal complemento delle aree comprese nelle quattro classi di rischio rispetto alla superficie dell'intero bacino.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

La carta del rischio idrogeologico che viene redatta rappresenta quindi le cinque classi di rischio sopra individuate e ha come finalità principale l'evidenziazione delle situazioni di maggiore criticità che possono produrre danno all'uomo e/o ai suoi beni.

Per la determinazione del rischio si sono adottate due matrici di rischio differenti per la parte idraulica e geomorfologica, in quanto il concetto di pericolosità P che si adotta nei due casi può assumere un significato fisico diverso.

- Elementi a rischio

La carta degli elementi a rischio è stata redatta sulla base della carta dell'uso del suolo attraverso la seguente classificazione:

Classe Elementi a rischio	Sigle uso del suolo	Specifiche
E0	2.3 - 2.5 - 3.2 - 3.3 - 3.4 - 3.4.1 - 3.4.2 - 3.4.3	Prati e pascoli - Ex coltivi - Zone boscate - Zone caratterizzate da vegetazione arbustive - Rocce nude - Aree con vegetazione rada o assente
E1	1.3.1 - 1.4.1 - 1.4.2 - 2.1.2 - 2.2.3 - 3.4.1	Aree estrattive (dismesse) - Aree verdi urbane - Aree sportive - Seminativi in aree irrigue - Colture permanenti arboree - Oliveti - Spiagge
E2	1.1.2	Tessuto urbano discontinuo - Infrastrutture viarie principali (al di fuori del tessuto urbano continuo)
E3	1.1.1 - 1.2.1 - 1.2.2 - 1.2.2	Tessuto urbano continuo - Aree industriali e commerciali - Reti autostradali

Dall'analisi della carta degli elementi a rischio risulta che:

- il bacino del T. Maremola presenta nelle zone poste alle quote superiori una significativa porzione di territorio ricadente in classe E0;
- le classi E1 sono localizzate a macchia di leopardo sempre nella porzione montana (nuclei insediativi agricoli) nonché nella parte bassa del bacino a ridosso delle principali assi viari di collegamento tra Giustenice, Tovo S. Giacomo, Magliolo e Pietra Ligure (zone marginali al tessuto urbano);
- le classi E2 sono rappresentate sia da aree circoscritte comprese generalmente nelle zone E1 che da aree più ampie, spesso articolate secondo le vie di comunicazione secondarie, indicanti tessuto urbano discontinuo;
- la classe E3, oltre alle cave dismesse, la discarica, la sede autostradale, individua il tessuto urbano compatto di Tovo S. Giacomo, Giustenice Magliolo e Pietra Ligure.

- Rischio geomorfologico

-

Come già evidenziato l'analisi del rischio geomorfologico viene affrontata, con un certo grado di approssimazione, ponendo a confronto gli elementi a rischio con le aree del bacino caratterizzate da una suscettività al dissesto di versante.

La matrice di intersezione utilizzata può essere così schematizzata:

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI					
ELEMENTI A RISCHIO	Susceptività molto bassa	Susceptività bassa	Susceptività media	Susceptività alta	Aree in frana attiva
E0	R₀	R₀	R₀	R₁	R₁
E1	R₀	R₁	R₁	R₂	R₃
E2	R₀	R₁	R₂	R₃	R₄
E3	R₀	R₁	R₂	R₄- R₃ (*) (*) con interventi di consolidamento eseguiti)	R₄

Per quanto riguarda gli ambiti territoriali interessati da cave attive e discariche in esercizio, ove vige una specifica normativa di settore, si è ritenuto di attribuire a dette aree di rischio "R3 elevata", in considerazione sia dell'intrinseco grado di pericolosità geomorfologica che le caratterizza sia in relazione alla classe di "elemento a rischio" a cui appartengono (Classe E3).

- Rischio idraulico

La pericolosità, per quanto riguarda il rischio di inondazione, è legata al tempo di ritorno della portata di massima piena. Come già visto sono stati individuati essenzialmente tre livelli di pericolosità idraulica, uno elevato (T=50 anni), uno medio (T=200 anni) e uno basso (T=500 anni).

Il rischio idraulico è stato determinato dalla sovrapposizione delle tre fasce suddette con gli elementi a rischio, secondo le intersezioni indicative riportati nella matrice seguente:

FASCE DI INONDABILITÀ			
ELEMENTI A RISCHIO	200 <T < =500 fascia C	50 <T < =200 fascia B	T < =50 fascia A
E0	R₀	R₁	R₁
E1	R₁	R₂	R₃
E2	R₂	R₃	R₄
E3	R₂	R₄	R₄

Si noti che nella matrice del rischio si ottengono classi di rischio elevato o molto elevato (R₃ ed R₄) solo per i tempi di ritorno duecentennale e cinquantennale; ciò è coerente con l'obiettivo postosi nella pianificazione di bacino di ridurre il rischio di inondazione a tempo di ritorno pari a 200 anni. La fascia C, infatti, ha lo scopo principale di individuare aree di attenzione e costituisce uno strumento soprattutto a livello di misure protezione civile.

4.3 Carta del rischio idraulico

Dall'applicazione delle matrici del rischio idraulico (riportate nel precedente paragrafo) a partire dalla carta delle fasce di inondabilità e degli elementi a rischio già elaborate per lo specifico bacino si è individuata la zonizzazione in classi di rischio riportata nella Carta del Rischio Idraulico.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

Le aree a rischio molto elevato (R4) sono situate lungo il tratto terminale del torrente Maremola che attraversa l'abitato di Pietra Ligure e si sviluppano prevalentemente in sponda sinistra.

Risalendo il corso d'acqua, visti il minor grado di urbanizzazione e la differenza di uso del suolo, le aree a rischio molto elevato (R4) degradano progressivamente in aree a rischio elevato, medio o moderato.

Successivi studi potranno in seguito analizzare eventuali fenomeni di allagamento dovuti non ad inondazioni fluviali ma a fenomeni la cui dinamica oggi non rientra nelle specifiche di questo studio.

4.4 Carta del rischio geomorfologico

L'analisi della Carta del Rischio Geomorfologico evidenzia che il territorio del bacino è caratterizzato da un'ampia diffusione delle aree a rischio nullo (R0) e a rischio moderato (R1) sia lungo i versanti vallivi che nel fondovalle alluvionale. In effetti circa il 90% del territorio ricade in tali classi di suscettività.

L'analisi della carta evidenzia la seguente classificazione del bacino:

Aree a rischio nullo o trascurabile (R0)

- Si sviluppano nella parte "montana" del bacino o comunque a bassa o nulla antropizzazione del bacino, in ragione, anche, dell'assenza di valenze socio-economiche.

Aree a rischio geomorfologico moderato (R1)

- Sono diffuse sul bacino in ambito di versante medio e basso, associate ad aree agricole, o con presenza di viabilità ed insediamenti anche sparsi particolarmente ai contorni degli abitati di Tovo S. Giacomo e Giustenice e alla pendice del versante Rocca delle Fene -Trabochetto.

Aree a rischio geomorfologico medio (R2)

- Si tratta in genere di aree di modesta estensione superficiale diffuse in ambito di versante nella media valle Maremola che interessano prevalentemente i nuclei abitati dei comuni di Magliolo, Tovo S. Giacomo e Giustenice, le frazioni principali di Bardino Nuovo e Vecchio, Staricco, Pianazzo e alcuni insediamenti sparsi.

Aree a rischio geomorfologico elevato (R3)

- Alcune piccole o medie frane attive/quiescenti.
- In comune di Tovo San Giacomo si sviluppano su parte del territorio delle frazioni di Bardino Vecchio e Bardino Nuovo e comprendono aree in frana quiescente e frana attiva.
- In comune di Giustenice si sviluppano sul versante del Rio Borgo, nella frazione di Valsorda, in località San Lorenzo, a monte dell'abitato, in località Canun in sponda sinistra al torrente di Giustenice.

Aree a rischio geomorfologico molto elevato (R4)

- Si trovano in comune di Giustenice e in comune di Tovo San Giacomo.
In comune di Tovo San Giacomo comprendono due modestissime aree in frana lungo la viabilità Provinciale S.P. Magliolo -Tovo S.Giacomo.
- In comune di Giustenice comprendono una parete rocciosa in località Canun, e tre modeste aree in frana lungo la viabilità comunale: una in località San Michele, due in località San Lorenzo.

Per le cave dismesse si è optato per l'inserimento in una classe a se stante.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art.1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: MAREMOLA

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Boni A. Vanossi M. (1972) "Carta geologica dei terreni compresi tra il Brianzonese ligure s.l. ed il Flysch ad Elmintoidi s.s." Atti Ist. Geol. Univ. Pavia – Vol. XXIII – Tav. XXIV.
2. Brancucci G. (1994) "Il clima della Liguria " – Osservatorio permanente Corpi Idrici della Liguria.
3. CARIERI F. (1990) - Indagine geologica a corredo del PRG di Magliolo (Amm. Com. - inedito)
4. CARIERI F. (1996) - Elaborazione della documentazione relativa all'assetto idrogeologico dei principali bacini della provincia di Savona ai fini della redazione dei piani di bacino - T.Maremola (Amm. Com. - inedito)
5. Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (1970) Foglio n° 92-93 "Albenga-Savona" Servizio Geologico d'Italia, Roma.
6. Castiglioni G.B. "Geomorfologia" – UTET
7. FANNUCCI & alii (1987) - Genesi ed evoluzione di piane costiere del Mediterraneo; Esempi di piccole piane della Liguria (Geog. Fis. Din. Quaternario)
8. DRESSINO A. (1996) - Indagine geologica a corredo del PRG di Tovo S. Giacomo (Amm. Com. - inedito)
9. "Guide Geologiche Regionali- Alpi Liguri" (1991) - Società Geologica Italiana
10. LGL laboratorio geotecnico ligure s.n.c. (1990)-Indagine idrogeologica nel bacino del T. Maremola a scopo miglioramento e incremento delle fonti di approvvigionamento acqua potabile (Amm. Com. Pietra Ligure-inedito)
11. Menardi Noguera A. (1982) "tettonica polifasata nel settore centro orientale del Brianzonese ligure" boll . soc. geol, it. v.100
12. MENARDI NOGUERA A. (1984)- Nuove osservazioni sulla struttura del massiccio del Monte Carmo (Alpi liguri)
13. (Boll. Soc. Geol. Italiana).
14. SAGLIETTO F. (1992) - Indagine geologica a corredo del PRG di Pietra Ligure (Amm. Com. - inedito)
15. SAGLIETTO F. (1996) - Indagine geologica a corredo del PRG di Giustenice (Amm. Com. - inedito)
16. M. Vanossi (1971): Contributi alla conoscenza delle unità stratigrafico-strutturali del Brianzonese ligure s.l. I° Le strutture tettoniche della zona tra Bardineto e Noli. Atti Ist. Geol.Univ. Pavia- Vol XXI, 37-66
17. M. Vanossi, L. Cortesogno e Alii (1984) " Geologia delle alpi liguri: dati problemi ipotesi" mem . soc. geol, it. v.28
18. VANOSSO M. (1980) Le unités géologiques des Alpes Maritimes entre l'Ellero et la Mer Ligure: un'aperçù schématique (Mem. Sc. Geol. Padova)
19. VARNES D.J. (1978) - Slope movement types and process (National Academy of Sciences)
20. CIMA "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri"
21. Studio tecnico del Dott. Ing. Paolo Gaggero "Studio del deflusso idraulico nel Torrente Maremola dalla foce alla confluenza con il Rio Scarincio, con e senza il nuovo ponte in corrispondenza di Viale Repubblica"
22. Ing. Tiziano De Silvestri dello Studio Associato De Silvestri "Ripristino della difesa spondale del Torrente Maremola in corrispondenza dell'area a parco pubblico"
23. Ing. Tiziano De Silvestri dello Studio Associato De Silvestri "Ripristino della stabilità dei versanti e del dissesto idrogeologico per erosione del Torrente Maremola".