



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:

VARATELLA

Comuni:

BALESTRINO

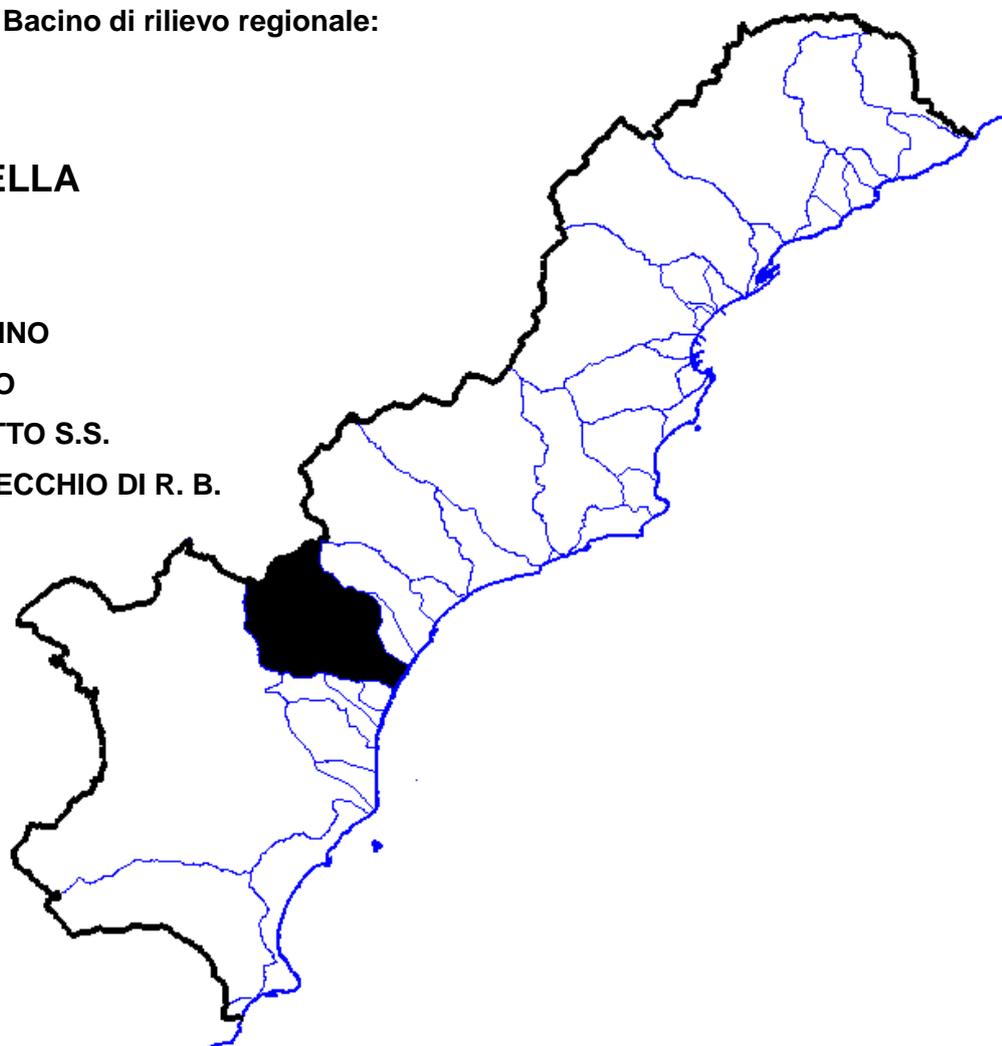
BOISSANO

BORGHETTO S.S.

CASTELVECCHIO DI R. B.

CERIALE

TOIRANO



APPROVAZIONE	Delibera del Consiglio Provinciale di Savona n. 47 del 25/11/2003
ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO	Decreto digitale del Direttore Generale n. 237 del 01/12/2017
ENTRATA IN VIGORE	Pubblicazione sul BURL n. 51 del 20/12/2017 - parte II

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA

Sommario

PREMESSA.....	3
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 Altri strumenti di pianificazione.....	6
2 CARATTERISTICHE DEL BACINO	7
2.1 Geografia	7
2.2 Geologia.....	8
2.2.1 Metodologia di studio.....	8
2.2.2 Litostratigrafia.....	8
2.2.3 Tettonica e assetto strutturale.....	10
2.3.1 Metodologia di studio	11
2.3.2 Considerazioni relative allo stato della roccia.....	12
2.3.3 Caratterizzazione delle coperture	12
2.3.4 Movimenti franosi.....	12
2.3.5 Franosità diffusa e fenomeni erosivi	13
2.3.6 Fenomeni carsici	14
2.3.7 Riporti artificiali	14
2.3.8 Cave	14
2.3.9 Acclività.....	14
2.4 Idrogeologia	15
2.4.1 Reticolo idrografico	15
2.5 Carta di copertura e d'uso del suolo	16
2.5.1 Territori modellati artificialmente	16
2.5.2 Territori agricoli.....	16
2.5.3 Territori boscati ed ambienti seminaturali	17
2.6 Descrizione della rete idrografica	18
2.6.1 Asta principale.....	18
2.7 Idrologia di piena	19
2.7.1 Premessa.....	19
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.	19
2.7.3 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.....	23
2.7.4 Portate di piena.....	28
2.7.5 Portate di piena di progetto per il bacino Varatella (Rif. Normativa di Piano).....	34
3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO	35
3.1 Premessa	35
3.2 Problematiche di tipo geomorfologico	37
3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti	37
3.3 Problematiche di tipo idraulico	43

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)

Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

3.3.1 Aree storicamente inondate	43
3.3.2 Verifiche idrauliche	44
3.3.3 Fasce di inondabilità.....	48
3.3.4 Fascia di riassetto fluviale.....	50
3.4 Principali criticità del bacino	50
3.5 Considerazioni sul trasporto solido.....	51
4 RISCHIO IDROGEOLOGICO	52
4.1 Premessa	52
4.2 Determinazione del rischio idrogeologico	53
4.3 Carta del rischio idrogeologico	56
4.4 Carta del rischio idraulico	56
4.5 Carta del rischio geomorfologico	57

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA

PREMESSA

La Relazione Tecnica di Piano è stata modificata nel corso del 2017 in occasione della variante al Piano di Bacino di recepimento delle aree inondate durante l'evento alluvionale che nel novembre 2016 ha colpito vaste porzioni del territorio savonese.

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 dell'incarico complessivo di redazione di Piano di Bacino stralcio ai sensi della Legge 183/89.

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

I professionisti che hanno redatto il presente Piano sono stati incaricati con Delibera di Giunta Comunale del Comune di Borghetto S.S. n° 2 in data 14/1/00 ai sensi dell'Accordo di Programma stipulato fra i Comuni di Borghetto S.S., Boissano, Balestrino, Toirano e la Provincia di Savona in data 14/9/99.

La variante approvata nel corso del 2017, volta all'aggiornamento del quadro di rischio per i territori coinvolti nell'evento alluvionale del 24 e 25 novembre 2016, ha recepito la perimetrazione delle aree inondate effettuata sul campo nei giorni successivi all'evento calamitoso.

I comuni interessati dalla variante sono: Borghetto Santo Spirito e Toirano.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA

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.

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

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)

Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

stralcio per la difesa 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 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"*,
- raccomandazioni 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 D.L.180/98 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

bacino: VARATELLA

presente fase che verrà invece, ampiamente trattata nei successivi studi ed elaborati relativi al Piano di Bacino 183.

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 Varatella sono presenti i seguenti siti individuati come “SIC” (siti di importanza comunitaria):

IT 1324910 Monte Acuto-Poggio Grande

IT 1324011 M.Ravinet-Rocca Barbena

IT 1323112 M.Carmo-M.Settepani

1.3 Dati utilizzati

Per le analisi di cui al presente Piano, sono stati utilizzati i dati raccolti dai professionisti attraverso numerosi sopralluoghi sul territorio, nel periodo compreso fra giugno 2000 e gennaio 2001.

La base cartografica utilizzata è la carta tecnica regionale in scala 1:5.000 e scala 1:10.000 (in formato raster e vettoriale), che riporta il bacino nei fogli n° 245070, 245060, 245030, 245020.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA

2 CARATTERISTICHE DEL BACINO

2.1 Geografia

Il bacino idrografico del Torrente Varatella è situato sul versante tirrenico nella parte centro-occidentale della Provincia di Savona e comprende parti del territorio dei Comuni di Borghetto Santo Spirito, Toirano, Boissano, Balestrino, Castelvechio di Rocca Barbena ed in piccolissima parte Ceriale.

La superficie del bacino è di poco inferiore a 44 Km², con un perimetro di circa 25 km, si tratta perciò di un bacino di medie dimensioni, caratterizzato da una forma 'a paletta', orientata da monte a valle secondo la direzione NO / SE.

Lo spartiacque del bacino, partendo dalla costa al margine di ponente e risalendo in senso orario, segue i crinali di M. Piccaro (281 m), M. Croce (541 m), M. Acuto (748 m), Poggio Grande (812 m), Rocca Pian dei Prati (628 m), M. Guardiola (737 m), M. Sebanco (982 m), M. Carmo (1389 m); per poi scendere verso levante seguendo i crinali di M. Ravinet (1061 m), M. Marmi (303) e M. Castellaro (119 m).

Il bacino del T. Varatella confina con quello del rio Cuore, rio S. Rocco e Torrente Torsero a sud; con quello del Fiume Centa (T. Neva) a ovest; con quello del Fiume Bormida di Millesimo a nord e con quello del Torrente Nimbalto e del rio Casazza ad est.

Il Torrente Varatella si forma all'incirca al centro del bacino, dalla confluenza del Rio di Carpe e del Rio della Valle ad una quota di circa 170 m. Il suo corso presenta una lunghezza dell'asta torrentizia di quasi 7 km di lunghezza e direzione NO – SE senza particolari cambi di direzione. Il Torrente Varatella incontra il suo affluente principale, il Rio Barescione o del Ponte (proveniente da ovest), a circa 4 km dalla foce, ad una quota di circa 45 m, all'interno dell'abitato di Toirano.

Per quanto riguarda i dati climatici all'interno del Bacino sono presenti due stazioni di monitoraggio meteorologico:

Balestrino codice stazione 2049 quota 370 m stazione pluviometrica e termometrica;

Carpe codice stazione 2048 quota 400 stazione pluviometrica.

Dal punto di vista climatico, in base ai dati ricavati dalla stazione di Balestrino, il bacino, rientra nella zona climatica mediterranea ed in particolare nella sottoregione submediterranea, con una distribuzione bimodale delle precipitazioni, con massimo principale autunnale e secondario primaverile, e unimodale delle temperature che registrano il massimo in agosto ed il minimo in gennaio. La fascia costiera, in analogia con il territorio adiacente, appartiene alla sottoregione mesomediterranea.

All'incirca il 60 % delle precipitazioni annue è mediamente distribuito nei mesi invernali ed autunnali, manifestandosi spesso sotto forma di bruschi rovesci concentrati in autunno, periodo nel quale si sono in genere avute le principali piene e i gli episodi alluvionali.

bacino: VARATELLA

2.2 Geologia

Il bacino è caratterizzato geologicamente da un'alta percentuale di affioramenti rocciosi, la litologia dominante è rappresentata da rocce calcareo-dolomitiche, che costituiscono il substrato di quasi il 64 % della superficie del bacino, ad esse sono subordinati litotipi quarzatici e rocce scistose (calcari scistosi scisti quarzosericitici). La parte bassa del bacino è caratterizzata dalla prevalenza di depositi alluvionali.

La sottostante tabella divide la superficie del bacino in percentuale rispetto ai litotipi costituenti il substrato.

LITOTIPO	SUP. %	SUP. IN KMQ
Dolomie	49,9	21,61
Calcari	13,6	5,9
Quarziti	11,8	5,1
Scisti calcarei	9	3,9
Scisti quarzosericitici	3,9	1,69
Gneiss	2,8	1,19
Porfiroidi	2,4	1,04
Conglomerati	0,1	0,05
Alluvioni	6,5	2,79
BACINO	100	43,28

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).

Pertanto in questo elaborato sono state verificate e raggruppate le formazioni ed i vari membri delle stesse, in funzione della litofacies dominante; allo stesso tempo sono stati inseriti gli acronimi formazionali, riportati negli standards di inserimento dei tematismi geologici nel sistema informativo regionale di bacino. I terreni alluvionali sono stati primariamente suddivisi per tipologia.

Sono state cartografate le giaciture, i sovrascorrimenti fra le unità principali e le discontinuità tettoniche principali.

I dati bibliografici di partenza sono costituiti dalla cartografia geologica disponibile, Carta Geologica d'Italia (1:100.000) e varie pubblicazioni scientifiche, e dalla consultazione di lavori precedenti (P.R.G. Comunali ove disponibili). I dati di base sono stati corposamente integrati e verificati dal rilevamento geologico sul terreno.

2.2.2 Litostratigrafia

Rimandando alla bibliografia scientifica ed alla cartografia geologica ufficiale per l'inquadramento paleogeografico e tettonico generale delle unità affioranti all'interno del

bacino: VARATELLA

bacino, in questa sede sembra doveroso soffermarci esclusivamente sui caratteri litostratigrafici e tettonici che più sono legati agli aspetti di difesa del suolo ovvero maggiormente influenti sulle condizioni di stabilità del territorio.

Le formazioni affioranti nell'ambito del bacino sono le seguenti.

CONGLOMERATI DI MONTE VILLA (Pliocene sup.? – medio?): sono conglomerati più o meno cementati, legati in superficie da una matrice argillosa rossastra, affioranti in un piccolo settore di valle del bacino ai margini della piana alluvionale.

FORMAZIONE DI CAPRAUNA (Eocene – Cretacico sup.): si tratta per lo più di scisti calcarei affiorati nella parte occidentale del Bacino, in particolare nel sottobacino del rio Barescione (Balestrino). Compagnano nelle serie stratigrafiche brianzonesi ed in quella di Case Tuberto.

CALCARI DI VAL TANARELLO (Malm): sono calcari chiari ben stratificati che affiorano soprattutto nella parte centro-occidentale del bacino. Compagnano nelle serie brianzonesi.

CALCARI DI ROCCA LIVERNA' (Lias): si tratta di calcari grigi stratificati con locali intercalazioni di microbrece, affiorano nella parte sud-occidentale del bacino. Compagnano nella serie del Castellermo (unità Arnasco-Castelbianco).

CALCARI DI VERA VO (Retico): sono calcari grigio scuri che affiorano litatamente, nella parte sud-occidentale del bacino. Serie stratigrafica del Castellermo (unità Arnasco-Castelbianco).

DOLOMIE DI MONTE ARENA (Norico): si tratta di dolomie cristalline chiare, affioranti nella parte sud-occidentale del bacino. Serie stratigrafica del Castellermo (unità Arnasco-Castelbianco).

FORMAZIONE DI ROCCA PRIONE (Carnico?): si tratta per lo più di brece dolomitiche vacuolari, con intercalazioni di calcari stratificati. Affiorano nella parte occidentale del bacino, in particolare nel sottobacino del rio Barescione. Compagnano nella serie di Case Tuberto.

DOLOMIE DI SAN PIETRO DEI MONTI (Ladinico-Anisico): sono dolomie più o meno calcaree, grigie, con presenza di brece intraformazionali. Occupano gran parte del bacino, e costituiscono quasi totalmente la parte nord-orientale. Compagnano nelle serie brianzonesi ed affini.

QUARZITI DI PONTE DI NAVA (Scitico): sono quarziti di vari colori, ma per lo più biancastre, diffuse lungo tutto il bacino. Compagnano nelle serie brianzonesi ed affini.

FORMAZIONE DI MONTE PIANOSA (Scitico?- Permico sup.): si tratta per lo più di quarziti conglomeratiche con intercalazioni scistose. Affiorano limitatamente nella parte sud-orientale ed in quella nord-occidentale del bacino. Compagnano nelle serie brianzonesi ed affini.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

MIGMATITI DI NUCETTO (Permico medio?): migmatiti affioranti molto limitatamente nella parte nord del bacino, dove sono praticamente indistinguibili dagli gneiss. Serie Brianzonesi.

PORFIROIDI DEL MELOGNO (Permico medio? – Carbonifero sup.): si tratta di porfiroidi a grana minuta, affiorano limitatamente nella parte nord-orientale del bacino. Serie Brianzonesi.

SCISTI DI GORRA (Permico medio? – Carbonifero sup.): si tratta di quarzoscisti e scisti quarzosericitici che affiorano in tutto il bacino, specie nella parte orientale (Boissano). Compiono nelle serie Brianzonesi.

GNEISS DI ALBISOLA (ant. Carbonifero medio); si tratta di gneiss scuri a grana variabile. Affiorano nella parte nord del bacino (Massiccio di Calizzano-Bardinetto) ed in quella orientale (Massiccio di Loano). Serie Brianzonesi.

ANFIBOLITI DI MONTE SPINARDA (ant. Carbonifero medio): si tratta di limitati affioramenti di anfiboliti associati agli gneiss negli affioramenti della zona di Boissano (Massiccio di Loano).

I depositi quaternari sono costituiti da sedimenti alluvionali da antichi a recenti, distribuiti in vari ordini di terrazzi, non ben distinguibili, e da depositi mobili attuali, fluviali e di spiaggia.

Sui versanti sono ampiamente diffuse le coperture detritiche, di natura sia eluviale che colluviale.

Le coperture verranno trattate nella descrizione geomorfologica.

Si ricorda che la Carta Geolitologica riporta le sole coperture di potenza stimata superiore ai 3 m.

2.2.3 Tettonica e assetto strutturale

Il bacino del torrente Varatella, come del resto tutto il settore centrale delle Alpi Liguri risulta costituito da un edificio a falde sovrapposte, costituito dai sovrascorrimenti, durante l'orogenesi alpina, di differenti unità tettoniche l'una sull'altra.

In questo settore la successione delle unità tettoniche è a partire dal basso la seguente: unità Brianzonese di Monte Carmo, a cui è sovrapposta tettonicamente l'unità Brianzonese di Castelvecchio-Cerisola, che risulta a tratti ricoperta da lembi dell'unità di Case Volte, entrambe le unità sono a loro volta ricoperte da due unità di pertinenza paleogeografica piemontese, in posizione inferiore quella di Case Tuberto e tettonicamente sovrapposta quella di Arnasco-Castelbianco; da aggiungere al quadro già complesso la presenza di lembi discontinui dell'unità del massiccio di Calizzano e Boissano costituite da terreni del basamento cristallino.

Questa complessità si traduce nell'ambito del bacino in situazioni in cui assistiamo alla sovrapposizione di terreni più antichi, quali le Quarziti di Ponte di Nava su terreni più recenti quali le Dolomie di San Pietro dei Monti, per poi ritrovare sulla linea di cresta di nuovo le

bacino: VARATELLA

dolomie questa volta sovrapposte alle quarziti.

Tutto ciò ha effetti anche sulla stabilità del territorio, a titolo esemplificativo una delle aree maggiormente compromesse dal punto di vista della stabilità è quella del crinale che divide il bacino del rio Barescione da quello del rio di Carpe (vedi carta franosità – frana Poggio dell'Alpe). In questa particolare area abbiamo a partire dalla base del versante affioramenti di terreni appartenenti all'unità di Castelvechio-Cerisola, costituiti principalmente da dolomie e calcari dolomitici appartenenti alla formazione delle Dolomie di San Pietro dei Monti.

A questa unità, nella parte occidentale, sovrascorrono tettonicamente terreni dell'unità di Case Volte, costituiti da quarzoscisti appartenenti alla Formazione degli Scisti di Gorra.

A entrambe queste unità, nella parte sommitale del versante, risultano tettonicamente sovrapposti terreni dell'unità di case Tuberto, costituiti da quarziti, appartenenti alla formazione delle quarziti di Ponte di Nava, nelle quali si sviluppa l'attività di cava esistente; sulla linea di cresta, sovrapposte alle quarziti, troviamo di nuovo le dolomie di San Pietro dei Monti, questa volta però il contatto non è tettonico ma stratigrafico, dato che entrambe le formazioni appartengono all'unità di Case Tuberto.

2.3 Geomorfologia

Il bacino del Torrente Varatella presenta nella sua estensione aspetti assai diversificati dal punto di vista morfologico:

- la pianura alluvionale, in parte urbanizzata (centri di Borghetto e Toirano), in parte coltivata intensivamente;
- le zone collinari, abitate (centri di Boissano, Balestrino e Frazioni) ed in gran parte coltivate, in particolare ad uliveto;
- la zona montana (quota max. M. Carmo 1389 m s.l.m.).

Il paesaggio morfologico è in gran parte determinato dalle condizioni geologiche e dipende dalla litologia, dallo stato di conservazione della roccia e dalle strutture tettoniche.

Nell'ambito dell'area in esame la zona caratterizzata da affioramenti calcareo dolomitici, ed in parte quarziticci è caratterizzata da rupi, forre, coni detritici e forti acclività alle quali fa riscontro un ambiente di tipo alpino.

Meno acclivi e tormentate le aree caratterizzate da affioramenti di rocce scistose (Balestrino , Boissano) in cui l'intensa tettonizzazione e le condizioni della roccia restituiscono un paesaggio più levigato.

Infine la pianura alluvionale che partendo dal centro di Toirano (confluenza tra il rio Barescione ed il Torrente Varatella a circa 4 km dalla foce) si fonde ampliandosi con quella costiera.

2.3.1 Metodologia di studio

Per la redazione della carta geomorfologica e di quella della franosità ad essa legata ci si è avvalsi di studi precedenti (ove presenti) di segnalazioni da parte di Comuni e Comunità

bacino: VARATELLA

Montana, della consultazione del Piano Territoriale delle Attività di Cava, della Carta Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Liguria e del Catasto Regionale delle Cavità Carsiche. Il rilevamento è stato effettuato tramite la visione delle foto aree disponibili presso la Provincia di Savona (voli “76-“77 e “91-“92) e presso il Comune di Borghetto Santo Spirito (volo 2000), integrato e completato dal rilevamento sul terreno.

La cartografia è stata redatta secondo le specifiche regionali.

2.3.2 Considerazioni relative allo stato della roccia

La suddivisione del substrato è stata effettuata in tre classi in base dello stato della roccia.

Rf	roccia in cattive condizioni di conservazione
R0	roccia subaffiorante e/o con caratteristiche strutturali non ben rilevabili
R	roccia in buone condizioni di conservazione

All'interno della classe R si è preferito non effettuare una distinzione tra disposizione delle strutture favorevole o sfavorevole alla stabilità, in quanto l'intensa variabilità giaciturale e la notevole complessità tettonica del bacino, rendono tale dato estremamente frammentario. Inoltre dall'esame dei dissesti sul territorio, non si è riscontrata una particolare predisposizione legata alla giacitura degli strati, quanto piuttosto allo stato di consistenza della roccia.

2.3.3 Caratterizzazione delle coperture

La maggior parte del territorio è interessato da roccia affiorante o subaffiorante al di sotto di 1 m di copertura in materiale sciolto.

Le coltri eluvio-colluviali sono ampiamente diffuse lungo i versanti, nelle aree boscate, nei tratti sistemati a fasce e coltivati, ed in tutte le aree in cui la morfologia e l'acclività consentono di trattenere una sia pur sottile copertura.

Sulla carta geomorfologica vengono cartografate distintamente le coltri significative di potenza stimata fino a 3 m e le coperture detritiche di potenza stimata superiore ai 3 m. La carta geologica riporta le sole coperture di potenza superiore ai 3 m.

In assenza di dati sulla caratterizzazione geotecnica dei materiali non è stato possibile operare una distinzione in base alla granulometria.

Le coperture sono diffuse su tutto il territorio. Tuttavia si nota una prevalenza nelle zone a morfologia collinare (Balestrino e Boissano) caratterizzate da substrato scistoso più facilmente alterabile.

La carta geomorfologica riporta altresì le coperture originate da movimenti franosi con l'indicazione relativa allo stato di attività.

Poiché viene presentata una tavola separata, denominata Carta della franosità reale, contenente maggiori informazioni, si rinvia la trattazione al paragrafo successivo.

2.3.4 Movimenti franosi

Nell'ambito del bacino del Varatella risultano ubicati due rilevanti fenomeni franosi, già censiti ai sensi del D.L. 180/98 e contraddistinti sulla “*Carta inventario*” e nei relativi “*Estratti*”, rispettivamente, come 011 – 001 – R3 (Polenza) e 008 – 001 – R4 (Poggio dell'Alpe).

bacino: VARATELLA

In aggiunta sono state cartografate diverse zone in frana attiva o potenziale o quiescente, la numerazione di queste nuove aree avviene a partire da valle verso monte in senso orario. Sono state individuate sulla carta della franosità aree caratterizzate da accumuli detritici di paleofrana indicati sulla carta con la lettera "p".

Segue una breve descrizione delle aree perimetrate soggette a fenomeni franosi attivi o quiescenti.

011-001-R3: movimento franoso attivo in località Polenza del Comune di Boissano, in fase di studio e monitoraggio, movimento complesso interessate spessori di coltre su scisti quarzosericitici particolarmente alterati.

008-001-R4: vasto movimento franoso attivo che si diparte dal crinale fino alla sottostante cava, profonde fessurazioni nella roccia e componenti di deformazione gravitativa profonda; interessa dolomie maggiormente rigide poggianti su quarziti più plastiche.

VAR-001: zona caratterizzata da spessori di coltre, anomala disposizione delle isoipse e notevole presenza d'acqua in scorrimento sub-superficiale; non sono stati segnalati in passato particolari movimenti. Da considerarsi quiescente.

VAR-003: area caratterizzata da dolomie poggianti su scisti calcarei; è presente una scarpata attiva da cui si distacca materiale di piccola volumetria e una conoide detritica soggetta a piccoli movimenti superficiali diffusi, deformazioni sulla strada, possibilità di una deformazione gravitativa profonda delle dolomie rigide poggianti su scisti più plastici, vaste fessurazioni nella roccia. L'areale, da monitorare, non essendo stati segnalati particolari fenomeni di movimento è al momento da ritenersi al riguardo quiescente.

VAR-008: all'interno dell'areale precedente, movimento di soil slip coinvolgente la coltre di copertura.

VAR-004: frana attiva per probabile scorrimento rotazionale, coinvolgente la copertura ed il substrato costituito da scisti quarzosi particolarmente alterati. In seguito agli ultimi intensi eventi piovosi la strada presenta un ribassamento di circa due metri nel settore in movimento.

VAR-005: area caratterizzata da condizioni simili alla precedente, si nota un'anomala disposizione delle isoipse con margini di terrazzamenti in contropendenza, piccoli smottamenti superficiali diffusi; areale da considerarsi quiescente per movimenti profondi o ampi di versante.

VAR-006: a monte dell'abitato di Carpe, sono presenti fessurazioni a semicerchio sulla strada provinciale, lesioni a muri di recinzioni e di contenimento nei tratti a monte, segni di intenso scorrimento di acque subsuperficiali; pur essendo la zona abitata non sono stati segnalati fenomeni di dissesto, l'areale da ritenersi in quiescenza, è comunque da monitorare.

VAR-007: movimento franoso attivo, probabilmente di scorrimento, anomala disposizione delle isoipse, fessurazioni semicircolari sulla strada provinciale, notevoli fessurazioni sulla casa cantoniera.

2.3.5 Franosità diffusa e fenomeni erosivi

Sono estesamente rappresentati i processi erosivi superficiali ed i movimenti franosi di ridotte dimensioni prevalentemente impostati nei suoli o nei livelli di maggiore alterazione del substrato roccioso. Sono rappresentati anche fenomeni di erosione spondale e di erosione profonda lungo i corsi d'acqua, che spesso innescano piccoli franamenti. Molto diffusi nel bacino sono i conii detritici sciolti, più o meno in equilibrio, formati dai materiali in distacco lungo le pareti rocciose, spesso pseudovericali.

bacino: VARATELLA

2.3.6 Fenomeni carsici

Con un bacino caratterizzato da quasi il 64 % di substrato calcareo o dolomitico le cavità carsiche sono diffusissime. In questa fase di lavoro non si è tuttavia potuta operare una distinzione fra le diverse forme: doline, inghiottitoi, cavità ecc. . La carta geomorfologica riporta il simbolo generico di cavità carsica con coordinate tratte dal relativo catasto.

2.3.7 Riporti artificiali

Nell'ambito del bacino non vi sono aree caratterizzate da rilevanti riporti artificiali..

2.3.8 Cave

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

2.3.9 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% |

bacino: VARATELLA

2.4 Idrogeologia

La carta idrogeologica è stata derivata dalla sovrapposizione delle carte geologica e geomorfologica integrate dalle informazioni relative alle fonti di prelievo idrico disponibili (Comuni e studio Italgas).

Sulla carta è stata definita la permeabilità dei vari settori di bacino in riferimento al substrato.

Alle coperture detritiche potenti ed alle alluvioni corrisponde *permeabilità per porosità*.

Alla maggior parte delle formazioni rocciose cartografate (ad esclusione di quelle scistose) corrisponde *permeabilità per fratturazione*.

Come sottoclasse della permeabilità per fratturazione è stata indicata la *permeabilità per carsismo* nei litotipi calcareo dolomitici.

Le formazioni costituite da scisti calcarei e quarzosericitici sono state indicate come *semipermeabili*.

Nell'ambito del bacino non sono stati riscontrati litotipi con caratteristiche di impermeabilità.

2.4.1 Reticolo idrografico

Sulla carta idrogeologica è evidenziato lo sviluppo della rete idrografica.

Tale sviluppo può essere caratterizzato 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, pertanto l'ordine delle varie aste si determina in base al seguente schema:

- 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 $(n+1)$;

La gerarchizzazione è stata condotta sulla base CTR raster alla scala 1:10.000.

1

L'asta principale del torrente Varatella è del quinto ordine, ed è generata dalla confluenza di due aste del quarto ordine, il rio della Valle ed il rio di Carpe, altra asta del quarto ordine è il rio Barescione o del Ponte.

Nel bacino del torrente Varatella sono quindi riconoscibili tre sottobacini principali: il sottobacino del rio Barescione, il sottobacino del rio di Carpe e il sottobacino del rio della Valle.

2.4.1.1 Reticolo idrografico principale (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.

bacino: VARATELLA

2.5 Carta di copertura e d'uso del suolo

La composizione cartografica deriva da una serie di indagini di campagna atte ad individuare il tipo di destinazione del territorio o di porzioni di esso, in rapporto a delle classi di individuazione prestabilite.

Si sono così distinti territori agricoli, superfici con caratteristiche naturali (boschi e vegetazione spontanea), aree urbane, aree produttive (industriali e commerciali), reti di comunicazione (autostrade e ferrovie) e corpi idrici.

Le informazioni ricevute sulle diverse destinazioni dei suoli, si rilevano fondamentali ai fini di una corretta gestione del territorio anche in relazione alle trasformazioni esercitate dall'uomo nel corso del tempo.

Le aree individuate sono state catalogate in base alla legenda del piano:

La carta realizzata in scala 1:10000 è stata elaborata sia sulla fotointerpretazione sia tramite rilievi diretti di verifica in campo.

2.5.1. Territori modellati artificialmente

1.1 ZONE URBANIZZATE

1.1.1 Tessuto urbano continuo è rappresentato dalle concentrazioni dei comuni di Borghetto, Toirano, Balestrino, Boissano e tutte le frazioni nelle quali le costruzioni diano luogo a nuclei compatti e continui (Poggio, Bergalla, Carpe).

1.1.2 Tessuto urbano discontinuo è formato da piccoli agglomerati, case sparse.

1.2 ZONE INDUSTRIALI, COMMERCIALI, RETI DI COMUNICAZIONE

1.2.1 Aree industriali o commerciali comprendono piccole porzioni del territorio concentrate lungo la provinciale Borghetto – Toirano.

1.2.2 Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori: si identificano nell'asse autostradale Genova – XX Miglia e nella rete ferroviaria (Ferrovie dello Stato) lungo la fascia marina.

1.3 AREE ESTRATTIVE : nel territorio sono ubicate numerose cave dovute alla particolare natura geologica dei siti, principalmente localizzate nella valle del Varatella.

1.4 AREE VERDI ARTIFICIALI NON AGRICOLE

1.4.1 Aree verdi urbane : rappresentano piccoli spazi verdi pubblici o privati destinati a giardini e zone di sosta, sono per lo più concentrate nel tessuto urbano e molte volte sono difficilmente cartografabili per le modeste dimensioni, risultano comunque insignificanti ai fini dell'uso del suolo.

1.4.2 Aree sportive e ricreative : si identificano negli impianti sportivi quali i campi di calcio che risultano ben visibili.

2.5.2 Territori agricoli

2.1 SEMINATIVI :

2.1.2. Seminativi irrigui: comprendono ampie porzioni del territorio del fondovalle a partire dall'agglomerato di Toirano (confluenza con rio Barescione) ed alcune zone della collina in località Balestrino, sotto a Poggio. Trattasi di coltivazioni ortive a ciclo continuo molte volte consociate a frutteti ed anche vigneti. Per la maggiore importanza vengono unificati tutti nei seminativi irrigui.

bacino: VARATELLA

2.1.2.2. Seminativi, vivai, colture in serra: nella parte pianeggiante del Varatella sono presenti alcune serre con coltivazioni specializzate che assumono il significato delle aziende agricole principali. Alcune serre sono presenti nella vallata del rio Barescione (Poggio).

L'assetto produttivo della pratica agricola si presenta dovunque diversificato con dominanza dell'indirizzo misto, a causa dell'elevata frammentazione fondiaria.

2.2 COLTURE PERMANENTI ARBOREE

2.2.3 Oliveti terrazzati: rappresentano la coltivazione più significativa dell'intera vallata del Varatella (fino a Carpe) e del Barescione, praticamente oltre la metà delle zone agricole sono rappresentati da oliveti coltivati o in stato di abbandono ma comunque l'impianto olivicolo terrazzato con muretti a secco è sempre ben leggibile anche laddove il bosco e gli incendi boschivi hanno determinato la ricolonizzazione della flora spontanea.

Tuttavia la sistemazione ad oliveto terrazzato determina un fitto sistema capillare per la regimazione delle acque meteoriche.

2.3 PRATI, PASCOLI

Comprendono esigue porzioni di territorio localizzate nelle zone alte del bacino oltre le frazioni di Carpe e Bergalla.

Trattasi in genere di formazioni naturali ricavate in zone pseudopianeggianti ove viene praticato il pascolo libero da parte di allevatori dei comuni limitrofi dell'entroterra che sfruttano le zone dell'alta collina nei mesi primaverili - estivi. Assai limitata ed in disuso è la pratica dello sfalcio per la fienagione.

2.5. EX COLTIVI

In molti casi l'abbandono dell'attività sta favorendo l'instaurarsi di una vegetazione spontanea di tipo arbustivo per cui molte di queste aree possono essere inserite negli ex coltivi.

2.5.3 Territori boscati ed ambienti seminaturali

3.1 PRATERIE

Comprendono aree limitate ove è in corso un processo di rinaturalizzazione verso forme più stabili, a cause delle caratteristiche edafiche, climatiche tali areali rimarranno comunque come situazioni di passaggio tra ecosistemi diversi come ad esempio i prati-pascoli, sfruttati dall'uomo e dagli animali e gli arbusteti, forma di passaggio verso popolazioni più evolute.

3.2 ZONE BOScate

Comprendono circa il 76% del territorio pari a 3.797 ettari dei quali una gran parte è occupata da cedui misti invecchiati, cedui semplici ed in misura minore da fustaie di latifoglie mesofile (faggete) e in piccole parti da conifere mesofile derivanti da impianti artificiali con un buon grado di copertura (dal 50 al 100%) con funzioni principalmente protettiva

Le pinete termofile in gran parte danneggiate dal fuoco occupano le propaggini più basse del bacino.

In particolare nella vallata del rio Barescione (zona fitoclimatica del Lauretum, sottozona fredda) buono è l'insediamento di latifoglie con presenza di carpino nero, roverella, frassino (area di monte Croce) che danno luogo a buone coperture di boschi cedui. In località Cian de Prati – Cian Croso, nella fascia di crinale si entra nella pineta adulta di pino nero.

bacino: VARATELLA

Nella vallata del Varatella si denotano due zone climatiche ben distinte, quella del castanetum, sottozona fredda fino a 700/800 metri s.l.m con presenza di castagno, carpino bianco e nero, tiglio, olmo montano betulla ed ornello. Quella del fagetum a quote più alte comprende popolazioni di fagete, in prevalenza, ed inoltre castagno, tiglio, ciliegio e olmo.

3.3 ZONE CARATTERIZZATE DA VEGETAZIONE ARBUSTIVA

rappresentano zone di transito da coltivi – prativi, zone comunque sfruttate, a forme naturali quali il bosco: comprendono nocciolati, calluna, sorbo, cisto e ginestre.

3.4 ZONE CON VEGETAZIONE RADA O ASSENTE

3.4.1 Spiagge, dune zone dell'areale.

3.4.2 Rocce nude.

Comprende la zona alta del territorio nel vallone del Varatella, fino al giogo di Toirano dove si evidenziano formazioni e denti rocciosi assai caratteristici con vegetazione pressochè assente.

3.4.3 Aree con vegetazione rada è limitata tra le formazioni rocciose affioranti ove l'esiguo spessore del suolo non permette la crescita di vegetazione importante.

AREE PERCORSE DA INCENDI BOSCHIVI

Comprendono le colline della parte bassa del bacino ricoperte da pinete termofile, anche se il fuoco ha interessato tali aree da più di due anni, resta evidente l'azione distruttiva che ha modificato profondamente le coperture vegetazionali lasciando intatte piccole porzioni di territorio di crinale o nelle vallecole, a volte difficilmente cartografabili, dove un bosco misto sta prendendo il sopravvento unitamente agli arbusteti assimilabili alla macchia laddove il fuoco è passato per più volte.

2.6 Descrizione della rete idrografica

2.6.1 Asta principale

I sopralluoghi effettuati sul torrente Varatella, nell'estate ed autunno 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.

Nel tratto che va dal ponte dell'autostrada sino alla foce, l'alveo è stato parzialmente sistemato ed arginato in modo non continuo e con tecniche realizzative di tali opere differenti, lasciando ai corsi d'acqua minori affluenti del Varatella sbocchi spesso insufficienti.

Nel tratto a monte del centro abitato, in seguito ai fenomeni di inondazione del novembre 2000, sono state realizzate opere di sistemazione degli argini mediante sterri e riporti, nonché opere di sistemazione inerenti alla realizzazione del nuovo impianto di depurazione.

Dal sopralluogo si è notato come l'elevato grado di antropizzazione delle zone lungo il tratto terminale dell'asta in esame abbia portato ad un'accentuazione delle criticità idrauliche, incrementando e concentrando i deflussi con la conseguenza dell'aumento di portata da smaltire nella rete di drenaggio superficiale in concomitanza di eventi anche non particolarmente intensi.

La criticità è inoltre accentuata dalla presenza di opere di attraversamento non adeguate allo smaltimento delle portate di piena.

Per quanto riguarda l'alveo del Torrente Varatella, procedendo da valle verso monte, si nota che il tratto di alveo che va dalla foce al ponte dell'Aurelia è stato recentemente sistemato nei tratti di arginatura che prima degli eventi del novembre 2000 erano realizzati con riporti.

bacino: VARATELLA

Nel tratto dal ponte dell'autostrada fino all'abitato di Toirano vi è in alveo una presenza fitta di canneti, che sebbene di tipo palustre e quindi deformabile sotto la spinta della corrente in caso di piena, potrebbero non costituire motivo di ostacolo fisico al deflusso delle acque.

La geometria delle sezioni, nel tratto tra il ponte dell'autostradale e la foce, con andamento abbastanza lineare, è pressoché trapezoidale, con argini in terra inclinati di 45° non rivestiti, e muri in pietra ed in c.l.s. Su entrambe le sponde si è sviluppato il tessuto urbano di Borghetto in particolare lungo i due argini corrono le principali strade di collegamento tra le aree interne e la costa.

La geometria delle sezioni, nel tratto tra il ponte dell'autostradale e l'abitato di Toirano, segue la morfologia del terreno con forme tra loro differenti e con un andamento piuttosto irregolare. Sono presenti muri d'argine in pietra a protezione di piccoli fondi coltivati su entrambe le sponde, in alveo vi sono diverse briglie, ed opere di adduzione per l'acqua che attraversano l'alveo. Nell'autunno 2004 sono state terminate le opere idrauliche in sponda sinistra nel Comune di Toirano subito a monte del viadotto autostradale per una lunghezza di circa 380 m, consistenti in lavori di pulizia della sponda sinistra e del letto con riprofilatura e risagomatura locale e la messa in opera in sponda sinistra di scogliere in grossi massi (cfr. Verifiche Idrauliche sezz. 25-21.4).

A monte dell'abitato di Toirano l'alveo presenta ancora la sua originale forma, non essendo presenti notevoli opere di urbanizzazione, ad esclusione delle opere di sistemazione fluviale nei pressi della Cava Marchisio.

La modellazione del tratto del Torrente Varatella termina a monte dell'abitato di Toirano fino alla località Salto del Lupo, in quest'ultimo tratto l'alveo è fortemente inciso e scorre prevalentemente in roccia.

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 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. Per bacini con superficie compresa tra 0 e 10 km², viene utilizzato il metodo semplificato come riportato nello studio suddetto e nella presente relazione di piano.

Con riferimento al presente piano stralcio sono stati adottati i valori contenuti nello studio CIMA suddetto, suddividendo il tratto terminale del T. Varatella in n° 3 sezioni, dalla confluenza del T. Barescione alla confluenza del Rio Marmoraire e fino alla foce. Il T. Barescione è stato assunto a portata costante su tutto il tratto.

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

bacino: VARATELLA

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 .

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

	STAZIONE	Lat.	Long.	Quota	N
1	GENOVA CASTELLACCIO	44.26	3.31	379	24
2	GENOVA SERV. IDROGRAFICO	44.24	3.31	2	27
3	NERVI	44.23	3.24	45	16
4	GENOVA PONTECARREGA	44.26	3.29	26	31
5	PRATO	44.27	3.26	89	22
6	SCOFFERA	44.29	3.2	678	29
7	S. EUSEBIO	44.27	3.28	240	21
8	S. ILARIO	44.23	3.24	210	27
9	VIGANEGO	44.26	3.23	400	34
10	ALASSIO	44	4.17	10	47
11	ALBENGA	44.03	4.14	5	39
12	ALTO	44.06	4.27	630	33
13	CALICE LIGURE	44.12	4.1	70	22
14	CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA	44.08	4.2	350	50
15	COLLE DEL MELOGNO	44.14	4.16	1000	37
16	FEGLINO	44.13	4.07	160	26

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

17	MANIE	44.12	4.05	297	19
18	MONTAGNA	44.17	4.05	256	43
19	PIEVE DI TECO	44.03	4.32	240	25
20	POGLI DI ORTOVERO	44.04	4.23	90	48
21	RIALTO	44.14	4.12	976	31
22	FIORINO	44.28	3.45	236	29
23	MADONNA DELLE GRAZIE	44.26	3.42	159	25
24	MELE	44.28	3.43	278	24
25	COLONIA ARNALDI	44.25	3.17	600	37
26	CASSAGNA	44.21	3	432	19
27	CHIAVARI	44.19	3.08	5	57
28	CICHERO	44.25	3.08	480	21
29	GIACOPIANE	44.28	3.03	1016	60
30	NEIRONE	44.28	3.16	332	30
31	PANESI	44.21	3.06	25	46
32	PIANA DI SOGLIO	44.24	3.1	75	40
33	SAN MICHELE	44.26	3.03	170	57
34	SAN PIETRO DI NOVELLA	44.22	3.15	13	32
35	STATALE	44.21	2.59	570	47
36	TIGLIOLO	44.27	3.05	293	55
37	BESTAGNO	43.56	4.27	300	42
38	COLLE S.BARTOLOMEO	44.01	4.3	621	21
39	IMPERIA	43.53	4.26	15	50
40	SAVONA	44.19	3.58	5	36
41	SELLA DI SAVONA	44.21	4.06	473	14
42	ARLIA	44.16	2.2	385	53
43	BOLA DI TRESANA	44.14	2.33	400	47
44	CALICE AL CORNOVIGLIO	44.15	2.37	402	24
45	CHIUSOLA	44.21	2.45	630	42
46	EQUI TERME	44.1	2.18	300	40
47	GUINALDI (Presa Verde)	44.25	2.37	371	31
48	LA SPEZIA	44.06	2.38	5	48
49	LEVANTO	44.1	2.5	2	33
50	MATUCASO	44.17	2.17	581	34
51	MONTALE DI LEVANTO	44.11	2.5	149	35
52	NOVEGINO (già Aulla)	44.12	2.31	55	34
53	PARANA	44.17	2.36	695	29
54	ROCCHETTA (già Tarassola)	44.2	2.37	426	50
55	SARZANA	44.07	2.29	26	54
56	SERO' DI ZIGNAGO	44.16	2.43	630	46
57	S. MARGHERITA VARA	44.16	2.48	200	39
58	S.S. ANNUNZIATA DI PONTREMOLI	44.22	2.34	215	51
59	TAVARONE	44.19	2.54	603	44
60	VARESE LIGURE	44.23	2.51	347	43
61	COLLA MELOSA	43.59	4.46	1600	21

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

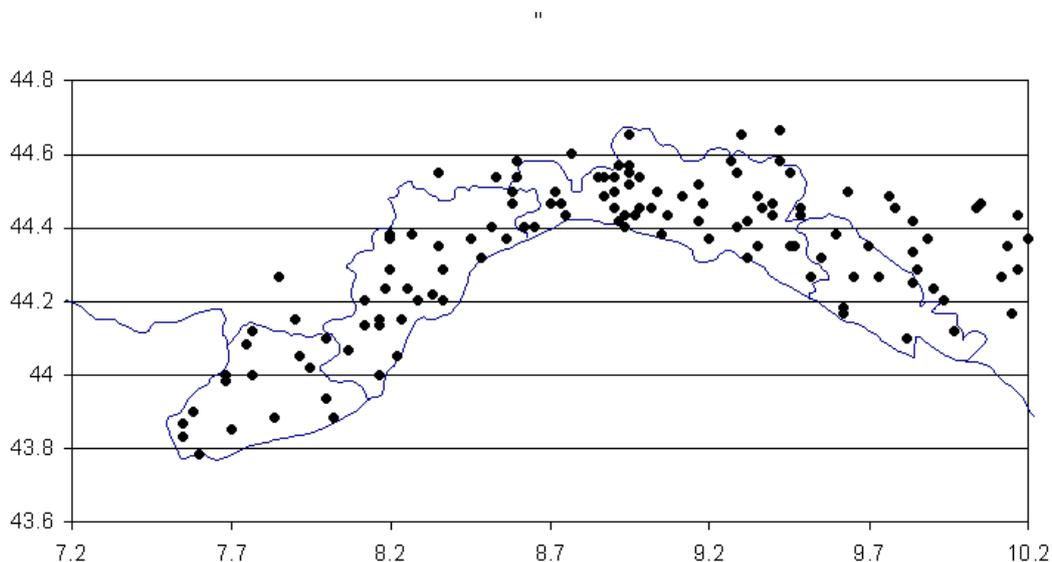
bacino: VARATELLA

62	COLLE BELEND A	43.45	4.45	1350	31
63	ROCCHETTA NERVINA	43.54	4.52	225	32
64	VALLE TANE	44	4.46	1405	30
65	CASTIGLIONE CHIAVARESE	44.16	2.56	300	39
66	CROCETTA D'ORERO	44.32	3.28	460	31
67	GENOVA UNIVERSITA'	44.25	3.32	21	59
68	ISOVERDE	44.32	3.35	270	57
69	MADONNA DELLA GUARDIA	44.29	3.35	814	35
70	MIGNANEGO	44.32	3.33	250	53
71	MONTE CAPELLINO	44.33	3.3	660	33
72	AIROLE	43.52	4.54	103	38
73	CALVO (gia Torri)	43.5	4.54	57	26
74	VENTIMIGLIA	43.47	4.51	9	32
75	ELLERA	44.22	4	75	15
76	CENTRALE ARGENTINA	43.53	4.37	70	36
77	TRIORA	44	4.41	780	27
78	LERCA	44.24	3.48	110	33
79	SCIARBORASCA	44.24	3.5	112	34
80	STELLA S. MARTINO	44.24	3.56	330	29
81	VARAZZE	44.22	3.53	22	37
82	BALESTRINO	44.08	4.17	370	43
83	CARPE	44.09	4.17	400	22
84	VERZI LOANO	44.09	4.13	95	46
85	ISOLA DI PALANZANO C.LE	44.26	2.17	575	46
86	PADULI DIGA	44.21	2.19	1139	33
87	SELVANIZZA C.LE	44.26	2.13	468	40
88	SUCCISO	44.22	2.15	911	13
89	BOSCO DI CORNIGLIO	44.27	2.25	842	49
90	MARRA C.LE	44.28	2.24	635	50
91	BUSALLA	44.34	3.3	360	17
92	CHIAPPARI	44.34	3.32	535	8
93	VAL NOCI DIGA	44.3	3.25	544	33
94	ISOLA DEL CANTONE	44.39	3.3	300	42
95	TORRIGLIA	44.31	3.17	764	25
96	BARDINETO	44.12	4.2	711	29
97	CAIRO MONTENOTTE	44.23	4.11	328	36
98	OSIGLIA (Diga Cavallotti - Osiglia)	44.17	4.15	620	41
99	CENGIO	44.23	4.15	450	30
100	CORSAGLIOLA (C.LE MOLLINE)	44.16	4.36	620	45
101	LAVAGNINA C.LE	44.36	3.41	245	51
102	LAVEZZE LAGO	44.32	3.36	652	38
103	MASONE	44.3	3.44	433	36
104	MILLESIMO	44.22	4.15	427	47
105	ORMEA C.LE	44.09	4.33	730	39
106	ORTIGLIETO	44.35	3.51	300	38

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

107	PIAGGIA	44.05	4.42	1310	39
108	PIAMPALUDO	44.28	3.52	857	32
109	PIANCASTAGNA	44.32	3.55	732	34
110	SPIGNO MONFERRATO	44.33	4.06	476	52
111	TIGLIETO	44.32	3.51	500	15
112	URBE	44.3	3.52	500	24
113	VIOZENE	44.07	4.41	1248	22
114	BEDONIA	44.3	2.49	544	44
115	BORGO VAL DI TARO	44.29	2.41	411	21
116	S. MARIA DEL TARO	44.26	2.58	744	37
117	STRINABECCO	44.27	2.58	800	27
118	VALDNA C.LE	44.27	2.4	611	24
119	BOSCHI D'AVETO DIGA	44.35	3.02	630	51
120	BRUGNETO	44.4	3.02	903	19
121	CABANNE	44.29	3.06	812	33
122	LOCO CARCHELLI C.LE	44.33	3.1	610	51
123	LOSSO C.LE	44.39	3.09	416	37
124	ROVEGNO	44.35	3.11	660	16
125	SANTO STEFANO D'AVETO	44.33	3	1014	24



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.

bacino: VARATELLA

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:

$E[H_{d_1}]$ valore atteso della altezza di precipitazione massima annuale per la durata di riferimento d_1

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 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:

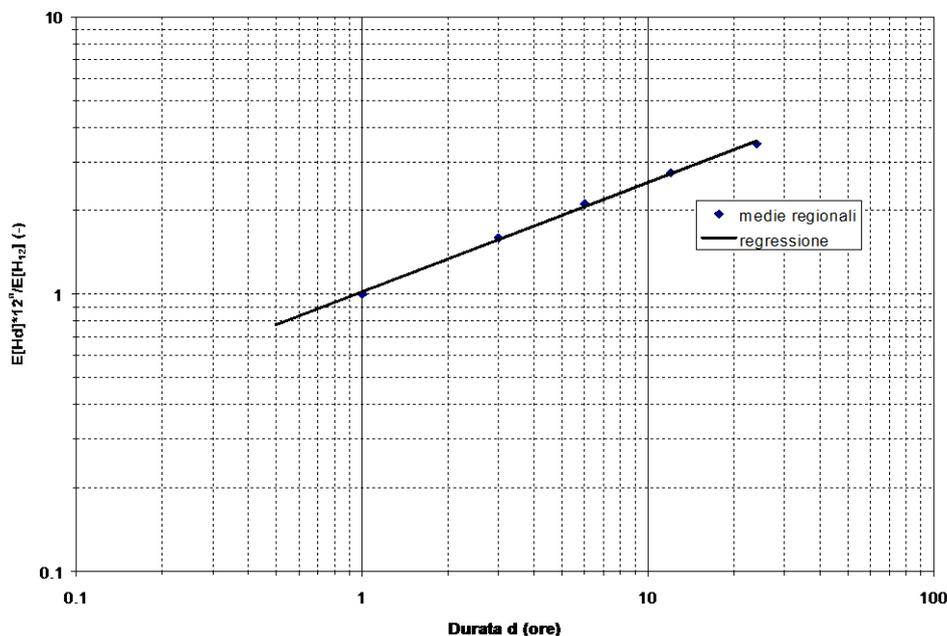
$$E[H_d] = E[H_{12}] \left(\frac{d}{12} \right)^n$$

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.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
 (ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
 Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
 Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA



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

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 espone 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:

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

Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

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 $K_{10}=1.5$.

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

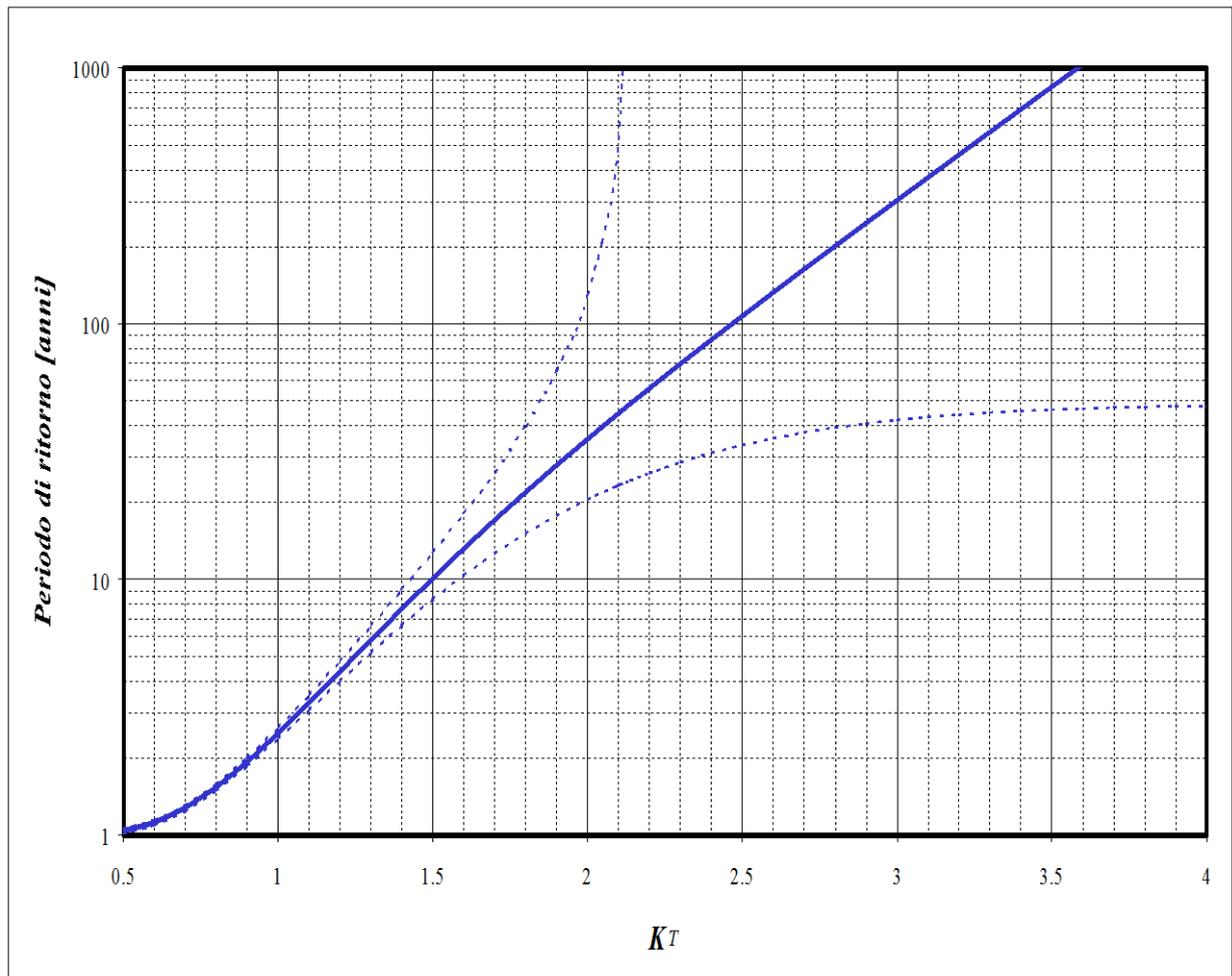
Longitudine		E[H ₁]
Gradi	primi	mm
8	7.5	36.6
8	10	37
8	12.5	37.4
8	15	37.8

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

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 $K_{10}=1.5$.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA



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

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA

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 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

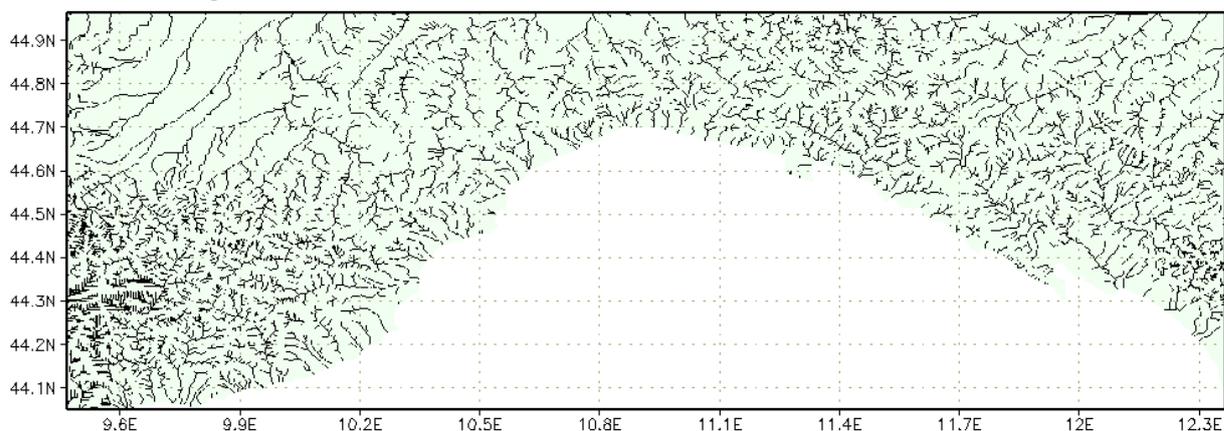
bacino: VARATELLA

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

bacino: VARATELLA

fondamentali rispetto al metodo classico dell'IUH in 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;

bacino: VARATELLA

- 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 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	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 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:

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

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

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

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

Longitudine		Bacino Tipo			
Gradi	primi	A	B	C	D

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

8	7.5	6.63	5.54	4.24	3.72
8	10	6.73	5.62	4.3	3.77
8	12.5	6.82	5.7	4.36	3.83
8	15	6.92	5.77	4.42	3.88

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:

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

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 m³s⁻¹km⁻², e K_T il fattore di frequenza delle portate fornito in Tabella 1. Il coefficiente $U_{A=2}$, espresso in m³s⁻¹km⁻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	7.5	8.27	6.90	5.28	4.64
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

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. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA

PORTATA AL COLMO DI PIENA, quantile 50% $Q[m^3s^{-1}]$									
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			VALORI DI $Q [m^3s^{-1}]$						
<i>Torrente</i>	<i>SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON</i>	<i>AREA DRENATA $A [Km^2]$</i>	T_{indice}	=30 anni	=50 anni	=100 anni	=200 anni	=500 anni	<i>Curva di inviluppo (CATI)</i>
<i>Varatella</i>	<i>Mar Tirreno</i>	40	110	320	380	470	550	670	630
<i>Varatella</i>	<i>Torrente Barescione</i>	22	60	180	220	260	310	380	420
<i>Rio della Valle</i>	<i>Rio Carpe</i>	8	20	70	90	100	120	150	250
<i>Rio Carpe</i>	<i>Rio della Valle</i>	8	20	60	70	90	110	130	250
<i>Barescione</i>	<i>Torrente Varatella</i>	9	30	80	100	120	140	170	260

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 Varatella, del rio della Valle, del Rio Carpe e del Rio Barescione, 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:

$Q=c \cdot A^{0.75}$									
Q=portata al colmo di piena, quantile 50% $[m^3s^{-1}]$ A=superficie $[Km^2]$									
IDENTIFICAZIONE DEL TRATTO				VALORI DI $C [m^3s^{-1}Km^{-0.75}]$					
<i>Torrente</i>	<i>DALLA SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA A CON</i>	<i>ALLA SEZIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA CON</i>	<i>AREA DRENATA MASSIMA $A [Km^2]$</i>	T_{indice}	=30 anni	=50 anni	=100 anni	=200 anni	=500 anni
<i>Varatella</i>	<i>Mar Tirreno</i>	<i>Barescione</i>	40	6.89	19.98	23.91	29.28	34.58	41.61
<i>Varatella</i>	<i>Barescione</i>	<i>Rio Carpe</i>	22	6.21	18.02	21.56	26.41	31.19	37.53
<i>Rio della Valle</i>	<i>Rio Carpe</i>	<i>Rio dell’Acqua Randa</i>	8	5.14	14.89	17.82	21.83	25.78	31.02
<i>Rio Carpe</i>	<i>Rio della Valle</i>	<i>Rio Lavagin</i>	8	4.28	12.42	14.87	18.21	21.51	25.88
<i>Barescione</i>	<i>Varatella</i>	<i>Rio dell’Avena</i>	9	5.16	14.96	17.90	21.92	25.89	31.16

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

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)

2.7.5 Portate di piena di progetto per il bacino Varatella (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	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km ²]	Portata [m ³ s ⁻¹]		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Varatella cava Comito	59	5	40	60	70
Varatella confluenza Rio Colombaie	56	22	220	310	380
Varatella confluenza Rio Barescione	40	30	350	500	600
Varatella confluenza Rio Marmorato	20	40	380	550	670

Valori delle portate al colmo di piena per il torrente Varatella

Torrente	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km ²]	Portata [m ³ s ⁻¹]		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Barescione	71	9	100	140	170

Valori delle portate al colmo di piena per il torrente Barescione

Corso d'acqua	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km ²]	Classe bacino	Long. Gradi Sessage simali	Cq	Portata [m ³ s ⁻¹]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Pattarello	1	0.6	C	8°12.5'	5.43	12	17	20

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Pattarello

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).

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA

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 carta di pericolosità, carta 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 carta di 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 perifluviali 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'insacco di movimenti di massa sia in relazione alle caratteristiche intrinseche dei "materiali" sia alla maggiore esposizione nei confronti degli agenti morfogenetici.

bacino: VARATELLA

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:

$$\text{Pericolosità} = (\text{suscettività} \times \text{cinematica e dimensione del fenomeno})$$

Da questo ne 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, oltretutto 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 carta di 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

bacino: VARATELLA

- 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.

3.2 Problematiche di tipo geomorfologico

3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti

Nell'ambito dell'analisi del bacino del T. Varatella è stata valutata la suscettività al dissesto dei versanti applicando la metodologia proposta dalla Autorità di Bacino. Oltre a questo metodo è stata effettuata una interpretazione 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.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)

Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

<i>Tematismo</i>	<i>Variabile</i>	<i>Tipo</i>
Carta geolitologica	Litologia	Principale
	Contatti tettonici	Aggravante
Carta geomorfologica	Coltri potenti	Principale
	Coltri sottili	Principale
	Stato della roccia	Principale
	Scarpate attive	Aggravante
	Coni detritici attivi	Aggravante
	Erosione concentrata di fondo	Aggravante
	Erosione spondale	Aggravante
	Ruscellamento diffuso	Aggravante
Carta dell'acclività	Classi di acclività	Principale
Carta idrogeologica	Permeabilità del substrato	Principale
Carta dell'uso del suolo	Uso del suolo	Principale
Carta della franosità reale	Frane attive	Principale
	Frane quiescenti	Principale
	Franosità diffusa	Principale
	D.G.P.V.	Aggravante

N.B.: 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 del T. Varatella.

A ciascuna variabile considerata viene attribuito un peso quantitativo indicativo della relativa incidenza sulla suscettività al dissesto di versante.

La sovrapposizione degli strati informativi determina una discretizzazione di elementi poligonali elementari ognuno dei quali è caratterizzato da un numero 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.

Di seguito si riporta lo schema procedurale della metodologia utilizzata.

L'attribuzione dei pesi alle litologie è avvenuta su base statistica eseguita sulla base della formulazione di Guida et al., che consente di individuare in maniera oggettiva un peso di suscettività sulla base della franosità reale (ψ):

$$\psi = (1 / K) \times \varphi \quad \text{dove:}$$

$$K = \sum A^n / A_T$$

$$\varphi = A^n / A^n$$

A^n =Aree parziali di primo ordine: area totale di presenza della litologia n [km²]

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)

Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

A^n = Aree parziali di secondo ordine: aree interessate da movimenti franosi in atto o recenti all'interno delle A^n . [km²]

A_T = Area totale del bacino [km²]

Si è stabilito di normalizzare a 10 il valore di ψ massimo all'interno del bacino e, conseguentemente, di rapportare a questo valore i pesi ottenuti per le altre litologie. Relativamente al bacino del torrente Varatella i dati ottenuti attraverso l'analisi sopra descritta sono sintetizzati nella sottostante tabella:

<i>Tipo</i>	<i>Area (Kmq) [A'n]</i>	<i>Area in frana (Kmq) [A''n]</i>	<i>Peso attribuito</i>
DOLOMIE	21,61	0,34757	2
CALCARI	5,9	0,00982	0
QUARZITI	5,1	0,31964	8
SCISTI CALCAREI	3,9	0,0898	3
SCISTI QUARZOSERIC.	1,69	0,13449	10
GNEISS	1,19	0,00648	1
PORFIROIDI	1,04	-	1
CONGLOMERATI	0,05	-	0
ALLUVIONI	2,79	-	0
Bacino idrografico	43,28	0,90779	

Ai porfiroidi è stato arbitrariamente assegnato un valore 1 in relazione alle analogie con gli gneiss, nonostante l'indicazione statistica non abbia rilevato frane areali nel piccolo affioramento di questa litologia, peraltro situato in semi-inaccessibile.

I valori così ottenuti sono stati presi come punto di riferimento per l'assegnazione dei pesi alle altre variabili che sono esposti nelle seguenti tabelle.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)

Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

CARTA GEOMORFOLOGICA - STATO DELLA ROCCIA

<i>Peso</i>	<i>Stato della roccia</i>
0	R roccia in buone condizioni di conservazione
2	R0 roccia subaffiorante e/o con strutture non ben rilevabili
4	Rf roccia fratturata in cattive condizioni di conservazione

CARTA GEOMORFOLOGICA - COLTRI

<i>Peso</i>	<i>Tipo coltre</i>
11	Coltri potenti (maggiori 3 m) su rocce semipermeabili
10	Coltri potenti (maggiori 3 m)
7	Coltri minori di 3 m di spessore su rocce semipermeabili
6	Coltri minori di 3 m di spessore

CARTA DELL'ACCLIVITA'

<i>Peso</i>	<i>Classe di acclività</i>
0	Acclività < 20%
1	Acclività > 20% < 35%
2	Acclività > 35% < 50%
3	Acclività > 50%

CARTA DELL'USO SUOLO

<i>Peso</i>	<i>Classe uso del suolo</i>
1	Urbanizzato continuo e discontinuo
1	Cave
0	Seminativo
1	Ex coltivi
0	Uliveti terrazzati
0	Prati e pascoli
1	Vegetazione rada o assente
0	Boschi

FATTORI AGGRAVANTI

<i>Peso</i>	<i>Fattore peggiorativo</i>
2	DGPV
2	Franosità diffusa e frane puntuali
2	Scarpate attive
2	Coni detritici attivi
2	Erosione concentrata di fondo
2	Ruscellamento diffuso
2	Contatti tettonici
2	Erosione spondale
4	Erosione spondale su terreni incoerenti privi di opere di difesa

I pesi relativi alle coltri sono stati differenziati oltre che sulla base della potenza, anche tenendo conto della tipologia del substrato, soprattutto in relazione alla sua permeabilità; pertanto si è ritenuto opportuno assegnare un peso maggiore del 10% rispetto alla litologia più negativa alle coltri potenti su substrato semipermeabile, in quanto in condizioni di forte impregnazione presenterebbero un drenaggio scarso ed una potenziale superficie di scorrimento in corrispondenza del passaggio al substrato.

bacino: VARATELLA

Il peso assegnato alle coltri è maggiore di quello assegnato alle aree con substrato affiorante scadente (RF).

Questa scelta deriva dal fatto che si è osservato come in corrispondenza delle aree in coltre, anche di esiguo spessore, si verifichi la maggior concentrazione di frane, prevalentemente di tipo puntuale.

Per quanto riguarda i pesi assegnati alla carta dell'acclività si è optato per un peso massimo pari al 30% della litologia più negativa, in quanto si è notato nell'ambito del bacino, come la pendenza non sia un fattore preponderante per la franosità. Ad esempio si ha la presenza di frane in zone a bassa pendenza (es. Polenza) e zone ad elevatissima acclività completamente stabili.

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 ci si è basati su una valutazione di massima dell'efficienza idrogeologica, per cui aree urbanizzate e fortemente alterate dall'uomo corrispondono ad un fattore negativo (impermeabilizzazione dei terreni, insufficienza nella rete di raccolta delle acque ecc.), aree coltivate o boscate sono da considerarsi maggiormente efficienti dal punto di vista idrogeologico.

Il peso maggiormente negativo è pari al 10 % di quello della peggiore litologia, in quanto nell'ambito del bacino del Torrente Varatella, l'uso del suolo non appare un elemento preponderante nel determinare la franosità.

Si è notato invece come nell'ambito del bacino siano estremamente importanti i "fattori aggravanti" nel determinare la suscettività al dissesto, a ciascun fattore aggravante è stato attribuito peso pari al 20 % della peggior litologia; peso pari al 40 % è stato attribuito alle forti erosioni spondali interessanti sponde non protette costituite da terreni incoerenti; durante i recenti fenomeni alluvionali (novembre 2000) interi settori di sponda sono collassati per notevoli ampiezze. E' stata inclusa la voce "franosità diffusa", che non è inclusa nelle Raccomandazioni cui si è fatto fino ad ora riferimento, in quanto si è ritenuto importante per la finalità del presente lavoro tenere in debito conto delle aree interessate da un buon numero di frane di piccole dimensioni (non cartografabili). Nel considerare questi fattori 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 ciascun parametro anche nell'ambito della procedura informatica, i pesi indicati in tabella sono stati assegnati ad una fascia di larghezza e forma variabile a seconda dei casi.

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.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)

Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

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.

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI			
VALORE SOMMATORIA PESI ATTRIBUITA / AREE CON ASSOCIAZIONE DIRETTA CON CLASSE DI SUSCETTIVITÀ	SPECIFICHE	SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO	CLASSE
< 3 3 - 8 9 - 16	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
			Pg1
			Pg2
> 16	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 Aree speciali	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.		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

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

bacino: VARATELLA

alle caratteristiche di pericolosità dei singoli areali (Rif. D.G.R. 1068/02 e 1158/02), così come riportato al Cap. 2.3.7 Riporti e Cap. 2.3.8 Cave.

La suscettività al dissesto di classe molto bassa (MB) si sviluppa nelle zone pianeggianti di fondovalle dei torrenti Barescione e Varatella e la piana costiera di Borghetto S.S.

La suscettività al dissesto di classe bassa (B) caratterizza la porzione meridionale e la porzione settentrionale del bacino. In particolare in classe bassa ricadono il versante destro dei bacini idrografici del rio del Ponte e del torrente Varatella, entrambi i versanti della dorsale estesa ad est del Poggio dell'Alpe e fino al Poggio Balestrino, le aree di testata poste alle quote più elevata dei bacini idrografici del rio del Ponte, le porzioni superiori del versante sinistro del bacino idrografico del torrente Varatella.

Le aree in classe di suscettività media (M) hanno una distribuzione areale che caratterizza prevalentemente la porzione centrale del bacino. Nel settore meridionale è presente un'unica areola lungo la costa nella zona del Castello Borelli, nel settore settentrionale sono presenti alcune modeste areole.

Da est verso ovest ricadono in classe media il versante a valle dell'abitato di Boissano, il versante sinistro del torrente Barescione e del rio del Ponte tra gli abitati di Toirano e Balestrino, il bacino idrografico del rio Carpe nella zona di fondovalle e nell'area di testata, il tratto del bacino idrografico del Varatella compreso tra il Rio Ca' dei Prati ed il Rio della Valle e parte delle aree di fondovalle dei due rii.

La distribuzione delle aree in classe di suscettività al dissesto alta (A) evidenzia come queste siano generalmente associate alla presenza di frane quiescenti o di situazioni particolarmente suscettibili al dissesto per sommatoria di pesi relativi ad elementi principali e/o aggravanti.

In classe di suscettività alta ricadono alcune areole lungo il versante sinistro del Rio del Ponte, il tratto di bacino del torrente Varatella compreso tra il rio Ca' dei Prati ed il Rio della Valle, il versante destro nella zona centrale del bacino idrografico del rio Carpe, una zona compresa tra gli abitati di Boissano e Losano ed un modestissimo tratto di versante a monte della SS. N. 1 Aurelia.

La distribuzione delle aree a suscettività al dissesto molto alta (MA) corrisponde a quella delle frane attive per la cui caratterizzazione si rimanda al paragrafo 2.3.4.

Per il bacino Varatella si segnalano le seguenti criticità geomorfologiche.

In comune di Boissano l'areale in cui si sviluppa la frana attiva della Polenza (011-001-R3).

In comune di Toirano e Balestrino la porzione del bacino idrografico del rio di Carpe, compresa tra il ponte a valle della Frazione Carpe e lo spartiacque con il bacino Centa, dove si hanno le aree in frana attiva del Poggio dell'Arpe (008 – 001 – R4) e della Rocca della Volpe (VAR 004) e vaste aree in classe di suscettività al dissesto alta lungo il versante destro e in località Liggia.

Lungo la Strada Statale n. 1 Aurelia, nella zona del Castello Borelli.

Lungo la Strada Provinciale Borghetto S.S.-Toirano-Bardineto, a monte di Toirano e fino allo spartiacque ligure-padano, nei tratti in cui interseca aree classificate in classe di suscettività al dissesto alta o molto alta.

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

bacino: VARATELLA

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).

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

Sono state inoltre recepite, ed indicate con apposito segno grafico nella cartografia, le aree interessate da inondazione negli eventi alluvionali dell'autunno 2014, come desunte dalla perimetrazione approvata con DGR 59/2015, classificandole, laddove non adeguatamente studiate con verifiche idrauliche, come fasce c.d. A* nella cartografia delle fasce di inondabilità, per le porzioni eccedenti la fascia A.

Coerentemente con quanto effettuato per gli eventi alluvionali del 2014, anche il recepimento delle aree inondate nel novembre 2016 è avvenuto con l'inserimento nella cartografia di tali aree come fasce A* per le porzioni eccedenti la fascia A.

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. Varatella	59 - 1	Dalla cava Comito alla foce (gennaio 2005)
Rio Barescione	71 - 60	Da località Barescione alla confluenza con il T. Varatella (gennaio 2005)
Rio Pattarello	1 - 4	Località Cappellotti (settembre 2003)

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

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:

$$\partial Q / \partial x + \partial A / \partial t = 0$$

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

dove:

Q = portata liquida	[m ³ /s]
A = area della sezione liquida	[m ²]
H = carico totale della corrente	[m]

bacino: VARATELLA

j = perdite distribuite	[m/m]
g = accelerazione di gravità	[m/s ²]
x = ascissa corrente	[m]
t = tempo	[s]

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.

bacino: VARATELLA

- 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.

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. Varatella	59 - 1	Dalla cava Comito alla foce (gennaio 2005)	30	HEC RAS
Rio Barescione	71 - 60	Da località Barescione alla confluenza con il T. Varatella (gennaio 2005)	30	HEC RAS
Rio Pattarello	1 - 4	Località Cappellotti (settembre 2003)	20	MIKE 11

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

- Condizioni al contorno

T. Varatella – Rio Barescione:

La verifica è stata condotta assumendo le seguenti condizioni al contorno in termini di carico piezometrico h:

Condizione di valle: la condizione di valle per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari all'altezza critica, cioè il valore limite di profondità che può raggiungere una corrente veloce.

Condizione di monte: considerata la pendenza media del tratto iniziale nell'asta montana del torrente, caratteristica di correnti veloci, anche la condizione di monte è stata posta pari all'altezza critica.

Rio Pattarello:

Condizione di monte: idrogramma di piena a portata costante per assegnato tempo di ritorno;

Condizione di valle: livello di piena corrispondente a pari tempo di ritorno per il desunto dallo studio idraulico del T.Varatella; in particolare si fa riferimento alla sezione ivi indicata come n°21, posta in corrispondenza della confluenza con il Rio di Pattarello.

3.3.2.4 Profili di moto permanente

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una leggera insufficienza dell'alveo per lo smaltimento delle piene rilevanti, soprattutto nel tratto di asta terminale.

Le cause principali dei problemi di esondazione possono essere individuate nella presenza di manufatti in alveo che non permettono il regolare deflusso della portata, soprattutto nel tratto terminale.

Il modello di simulazione idraulica Hec-Ras non gestisce in modo ottimale le dissipazioni energetiche dovute alla presenza di salti di fondo e/o briglie in alveo: nello specifico, vista la presenza di diverse briglie completamente interrato lungo il corso d'acqua considerato, durante la valutazione dell'andamento dei profili di rigurgito, si è tenuto conto di questa limitazione del modello. Pertanto, situazioni limite, cioè nelle quali l'altezza di tirante era prossima al livello arginale, sono state trascurate quando esse siano dovute alla suddetta interpretazione non completa del fenomeno idraulico che si verifica in realtà in presenza di briglie in alveo.

bacino: VARATELLA

Per ulteriori dettagli a proposito delle criticità idrauliche si invita il lettore alla visione dell'Allegato "Verifiche idrauliche" contenente profili di rigurgito in moto permanente per i diversi periodi di ritorno e le sezioni trasversali utilizzate per le elaborazioni.

3.3.3 Fasce di inondabilità

Sulla base delle verifiche idrauliche effettuate per le portate prescelte si individuano le aree perfluviali 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 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);
- valutazione del volume defluito a partire dall'idrogramma di piena e 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.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA

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 i 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.

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), sono state comunque inserite nel perimetro della fascia C della quale seguono il regime vincolistico.

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.

A fini di applicazione normativa, inoltre, le aree inondate approvate con DGR 59/2015 (comune di Borghetto Santo Spirito), laddove più esterne alle vigenti aree di fascia A e non siano state adeguatamente approfondite sulla base di studi idraulici aggiornati, sono state classificate come "*aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altra evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche*", con normativa associata di tipo A* (cfr art. 12, c.2, lett a1, punto 4) delle NdA)..

Coerentemente con quanto fatto nel 2014, anche alle aree inondate durante l'evento di novembre 2016 (Comuni di Toirano e Borghetto Santo Spirito) è stato applicato il regime vincolistico di Fascia A* (laddove le aree mappate post evento fossero eccedenti le aree di fascia A vigenti).

Resta fermo che, sulla base di ulteriori studi ed approfondimenti, circa la cause e gli effetti delle inondazioni avvenute, possano essere apportati eventuali ulteriori aggiornamenti degli scenari di inondabilità in termini di tempo di ritorno.

bacino: VARATELLA

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.

Nel presente Piano è stata prevista una fascia di riassetto in sponda sinistra del T. Varatella dalla foce per una lunghezza di circa 850 m.; tuttavia potrà essere prevista 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.

T. Varatella – Rio Barescione:

Dall'analisi dei profili di rigurgito è stato rilevato che la prima sezione nella quale all'aumentare della portata avvengono i primi fenomeni di sormonto, è localizzata all'altezza del ponte dell'Aurelia (tra le sezz. 6 e 7). In questo punto, la portata cinquantennale non è più contenuta in alveo, e il conseguente fenomeno di esondazione interessa sia la sponda destra sia la sponda sinistra.

D'altronde il successivo ponte FS, risulta la causa principale dell'aumento del rischio idraulico, provocando un sensibile fenomeno di rigurgito a monte, con sormonto dei ponti a monte.

Tutto il tratto compreso fra la sezione 13 e la sezione 1 (tratto conclusivo), subiscono l'influenza di tale effetto.

Si può notare che un evento di piena con tempo di ritorno pari a 500 anni andrebbe ad interessare una fascia che, in tale tratto, poco si differenzia da quella ottenuta dall'evento 200-ennale, ovviamente differenziandosi per entità dei tiranti.

Analogo discorso, seppur con toni minori, può essere fatto per la zona di Toirano (ponte medievale). Le opere di sistemazione idraulica in sponda sinistra del T. Varatella nel Comune di Toirano hanno consentito la ripermetrazione delle fasce di inondabilità (sezz. 25-21.4) e l'eliminazione delle relative criticità in sponda sinistra.

Rio Pattarello:

Dall'esame dei risultati dell'analisi idraulica emergono le situazioni di criticità descritte nel seguito, per le quali vengono identificate le proposte di intervento per l'adeguamento dell'assetto idraulico del corso d'acqua. L'attraversamento della S.P. in corrispondenza della sez.2 non presenta adeguato franco di sicurezza. Risulta necessario un adeguamento in quota. Tra le sezz. 2-4, le acque scorrono liberamente prima sulla strada asfaltata, sotto l'edificio, per poi defluire lungo il campo. Sono necessarie opere di contenimento e la definizione di un alveo propriamente detto che indirizzi il deflusso fino alla confluenza con il T.Varatella.

Un problema diffuso, infine, risulta l'incapacità di smaltimento delle acque piovane da parte delle reti fognarie: nella carta delle fasce di inondabilità è stata perimetrata un'area, già individuata nella mappatura della delibera DGR n° 2615/98, che secondo le testimonianze dei residenti è frequentemente allagata anche in occasione di eventi meteorici non particolarmente intensi. Allo stato attuale, sulla base delle informazioni raccolte nell'elaborazione del presente piano stralcio di bacino, non risulta possibile andare oltre alla segnalazione del problema, per la cui analisi specifica si rimanda a successivi stralci.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA

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 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.

bacino: VARATELLA

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.

bacino: VARATELLA

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 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:

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)

Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

bacino: VARATELLA

E₀: aree disabitate o improduttive

E₁: edifici isolati, zone agricole

E₂: nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori infrastrutture minori

E₃: 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:

R₁: rischio moderato

R₂: rischio medio

R₃: rischio elevato

R₄: rischio molto elevato

Si è inoltre ritenuto di introdurre un'ulteriore classe di rischio R₀ 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.

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.

Si sono prodotte quindi due distinte carte di rischio una per la parte idraulica una per la parte geologico-geomorfologica.

- 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 rischio	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

bacino: VARATELLA

- 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:

		SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI				
ELEMENTI A RISCHIO	Suscettività molto bassa	Suscettività bassa	Suscettività media	Suscettività 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	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.

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO
(ai sensi dell'art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/1998)
Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio
Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
bacino: VARATELLA

4.3 Carta del rischio idrogeologico

Dall'applicazione delle matrici del rischio geomorfologico ed idraulico (riportate nel precedente paragrafo) a partire dalle carte di suscettività al dissesto, 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 Idrogeologico divisa in sezione geologica e sezione idraulica.

Nel bacino del torrente Varatella si è riscontrato che, come ci si poteva aspettare, le aree a maggiore rischio idraulico sono concentrate prevalentemente nelle zone fondo valle e in strisce di territorio site in fregio all'alveo, le seconde sui versanti. Tuttavia vista la complessità del territorio, si è preferito per una migliore leggibilità degli elaborati, distinguere in due carte diverse le due tipologie di rischio.

Dall'analisi della carta del rischio emerge che le criticità principali si sviluppano lungo le sponde del torrente, su cui sono concentrati gli insediamenti mentre rispetto al confronto con la carta della suscettività al dissesto di versante le situazioni a rischio hanno uno sviluppo areale molto più limitato. Emerge, così, una situazione tipica in altri bacini liguri, di pertinenza tirrenica, ovvero un fondovalle densamente urbanizzato che diviene il principale "bersaglio" di eventi idrogeologici estremi a cui si contrappone un entroterra a bassa valenza socio-economica, nel quale l'incrocio con eventuali situazioni di pericolosità, anche elevata, determina situazioni di rischio comunque circoscritte.

4.4 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.

Le situazioni di maggior rischio idraulico (R4) sono concentrate nella parte cittadina, specialmente sul centro urbano localizzato in sponda sinistra, a valle di Ponte Italia 61. Le altre zone individuate come classi R4 corrispondono alle zone comprese tra Via Cavour e l'argine destro e nella zona del "Parco delle Farfalle". Si segnala inoltre a rischio elevato la zona a valle dell'Aurelia in sponda sinistra.

Come già accennato in precedenza, la fascia C, nel caso in oggetto, risulta comprensiva di un'area individuata nella carta delle aree storicamente inondate. Tale area è indicata sulla carta delle fasce fluviali con una diversa simbologia, poiché non risulta legata direttamente all'inondazione da parte del T. Varatella, ma l'allagamento è piuttosto attribuibile ad un'insufficienza delle reti fognarie.

Le aree storicamente inondate comprese nella fascia di inondabilità di tipo "C", non sono state prese in considerazione nell'analisi della pericolosità e quindi della successiva redazione della carta del rischio che tiene conto delle aree oggi effettivamente interessate da fenomeni di inondazione.

bacino: VARATELLA

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.

In conclusione, dall'analisi della carta del rischio idraulico emerge un'evidente situazione di rischio generalizzato nella parte terminale del torrente Varatella.

4.5 Carta del rischio geomorfologico

La carta del rischio geomorfologico evidenzia per il territorio del bacino Varatella una diffusa condizione di rischio molto basso R0 o basso R1.

In effetti dall'applicazione della matrice del rischio geomorfologico, a partire dalle carte della suscettività al dissesto e degli elementi a rischio, emerge che circa il 90% del territorio, comprendendo quindi le zone di pianura, di versante e di crinale, ricade in condizione di rischio molto basso (R0) oppure basso (R1) se si tratta di aree di versante interessate dall'uso agricolo del suolo.

Condizioni di rischio medio (R2) caratterizzano i nuclei abitati lungo i versanti vallivi e la viabilità principale.

Si osservano aree R2 in corrispondenza dei nuclei abitati del Comune di Balestrino ed in particolare del Borgo e delle frazioni Poggio e Bergalla; in corrispondenza dell'abitato di Boissano; lungo alcuni tratti della S.P. Borghetto S.S. – Toirano – Bardineto, tra Toirano ed il Giogo di Toirano; lungo alcuni tratti della S.P. Toirano-Balestrino, tra Balestrino ed il limite di bacino; lungo la ex S.S. n.1 Aurelia, in località Capo S. Spirito; in corrispondenza delle cave non attive in località Cava di Pietra e in località Pattarello.

Le condizioni di rischio geomorfologico più elevate (R3 e R4) e significative si localizzano in corrispondenza di aree interessate da fenomeni franosi e da attività di cava.

Le situazioni di maggiore criticità sono state individuate lungo alcuni tratti della S.P. Borghetto S.S. – Toirano – Bardineto, tra Toirano ed il Giogo di Toirano (R3 e R4); lungo la ex S.S. n.1 Aurelia, in località Capo S. Spirito (R3); in corrispondenza delle cave nel bacino del rio Mulino e rio Fontanagrossa (R4); in corrispondenza della porzione di abitato del Comune di Boissano che ricade nell'area della frana della Polenza (Var 011-001-R3).