



Provincia di Genova

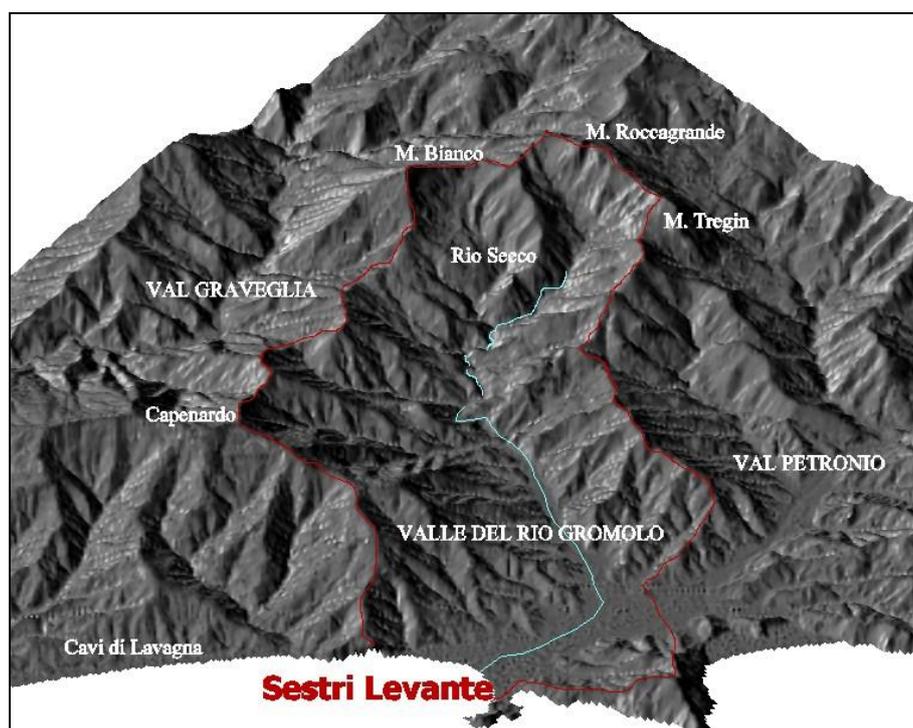
## AMBITO REGIONALE DI BACINO 17

### PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

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

### Torrente **GROMOLO**

## RELAZIONE GENERALE



Approvato con D.C.P. n. 68 del 12/12/2002  
Modificato con D.C.P. n. 55 del 09/11/2011  
e modificato con D.G.P. n. 121 del 18/11/2013

Elaborato	Verificato	Regolarità tecnica	Data	Rev.
Ufficio Pianificazione territoriale	Arch. Andrea Pasetti	Arch. Andrea Pasetti	18/11/2013	5

## INDICE

<b>PREMESSA</b>	<b>6</b>
<b>1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO</b>	<b>7</b>
1.1 QUADRO ISTITUZIONALE E NORMATIVO DI RIFERIMENTO	7
1.2 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE VIGENTI	9
1.3 DATI UTILIZZATI	9
<b>2 CARATTERISTICHE DEL BACINO</b>	<b>10</b>
2.1 GEOGRAFIA	10
2.2 GEOLOGIA	17
2.2.1 METODOLOGIA DI STUDIO	18
2.2.2 LITOSTRATIGRAFIA	18
2.2.2.1 Serpentiniti	18
2.2.2.2 Gabbri	19
2.2.2.3 Basalti	20
2.2.2.4 Oficalciti	20
2.2.2.5 Breccia di Case Boeno	20
2.2.2.6 Breccia di M. Zenone	21
2.2.2.7 Breccia di M. Bianco	21
2.2.2.8 Diaspri di M. Alpe	22
2.2.2.9 Calcari a Calpionelle	22
2.2.2.10 Argille a palombini	23
2.2.2.11 Argilloscisti della Val Lavagna	23
2.2.2.12 Ardesie di M. Verzi	24
2.2.2.13 Argilliti di M. Vallai	24
2.2.2.14 Arenarie del Gottero	25
2.2.2.15 Argilliti di Giaiette	25
2.2.3 TETTONICA E ASSETTO STRUTTURALE	25
2.2.4 CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLO STATO DELLA ROCCIA	26
2.3 GEOMORFOLOGIA	27
2.3.1 GEOMORFOLOGIA QUANTITATIVA	28
2.3.2 RETICOLO IDROGRAFICO	29
2.3.3 CARATTERIZZAZIONE DELLE COPERTURE DETRITICHE E DELLE ALLUVIONI	29
2.3.4 FRANOSITÀ	31
2.3.5 FENOMENI GRAVITATIVI PROFONDI	33
2.3.6 RIPORTI ARTIFICIALI E DISCARICHE	34
2.3.7 CAVE E MINIERE	34
2.3.8 TERRAZZI FLUVIALI	36
2.3.9 ACCLIVITÀ	36
2.4 IDROGEOLOGIA	37
2.5 USO DEL SUOLO	39
2.6 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA	41

<b>2.7 IDROLOGIA DI PIENA</b>	<b>43</b>
2.7.1 DEFINIZIONE DEL BACINO IDROLOGICO	43
2.7.2 SOTTOBACINI E PARAMETRI CARATTERISTICI	44
2.7.3. PLUVIOMETRIA	44
2.7.3.1 Analisi dei dati storici	44
2.7.3.2 Elaborazioni statistico-probabilistiche	45
2.7.4 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA	46
2.7.4.1 Metodo della corrivazione	47
2.7.4.2 Formule empiriche	48
2.7.4.3 Curva inviluppo	54
2.7.4.4 Metodo CIMA	54
2.7.5 STIMA DEL TRASPORTO SOLIDO	56
<b><u>3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO</u></b>	<b><u>57</u></b>
<b>3.1 PREMESSA</b>	<b>57</b>
<b>3.2 PROBLEMATICHE DI TIPO GEOMORFOLOGICO</b>	<b>59</b>
3.2.1 SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI	59
3.2.2 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	62
<b>3.3 PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO</b>	<b>63</b>
3.3.1 GLI EVENTI STORICI DI PIENA DOCUMENTATI	63
3.3.2 MAPPATURA DELLE AREE STORICAMENTE INONDATE	64
3.3.3 ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI CRITICHE	64
3.3.3.1 Portate di verifica	65
3.3.3.2 Metodologie di calcolo	65
3.3.3.3 Risultati	70
3.3.4 MAPPATURA DELLE AREE INONDABILI	75
<b>3.4 PRINCIPALI CRITICITÀ DEL BACINO</b>	<b>76</b>
<b>3.5 CONSIDERAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO</b>	<b>78</b>
3.5.1 PREMESSA	78
3.5.2 PROBLEMATICHE OSSERVATE SUL TORRENTE GROMOLO	79
<b><u>4 RISCHIO IDROGEOLOGICO</u></b>	<b><u>80</u></b>
<b>4.1 PREMESSA</b>	<b>80</b>
<b>4.2 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO</b>	<b>80</b>
4.2.1 ELEMENTI A RISCHIO	81
4.2.2 RISCHIO GEOMORFOLOGICO	82
4.2.3 RISCHIO IDRAULICO	82
<b>4.3 CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO</b>	<b>83</b>
<b><u>4 BIS AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO</u></b>	<b><u>84</u></b>
<b><u>5 PIANO DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO</u></b>	<b><u>85</u></b>

<b>5</b>	<b>PIANO DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO</b>	<b>85</b>
<b>5.1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>85</b>
<b>5.2</b>	<b>INTERVENTI LUNGO IL CORSO D'ACQUA</b>	<b>86</b>
5.2.1	PREMESSA	86
5.2.2	PROGETTI IN FASE DI ATTUAZIONE	87
5.2.3	PIANO DEGLI INTERVENTI SUL TORRENTE GROMOLO	88
5.2.4	MANUTENZIONE ORDINARIA DELL'ALVEO	104
<b>5.3</b>	<b>INTERVENTI RELATIVI AL DISSESTO DEI VERSANTI</b>	<b>105</b>
5.3.1	INTERVENTI SUI VERSANTI	105
5.3.2	INDAGINI E MONITORAGGI	119
<b>5.4</b>	<b>PRIORITÀ DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI</b>	<b>124</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>127</b>

## ALLEGATI

- ALLEGATO 1: Documentazione fotografica
- ALLEGATO 2: Schede di censimento dei movimenti franosi
- ALLEGATO 3: Valutazioni idrologiche
- ALLEGATO 4: Verifiche idrauliche
- ALLEGATO 5: Norme di attuazione

## CARTOGRAFIA

### Carte di base

TAVOLA 1: Carta dell'acclività	scala 1:10000
TAVOLA 2: Carta geologica	scala 1:10000
TAVOLA 3: Carta geomorfologica	scala 1:10000
TAVOLA 4: Carta idrogeologica	scala 1:10000
TAVOLA 4b: Carta della rete idrografica significativa	scala 1:10000
TAVOLA 5: Carta della franosità reale	scala 1:10000
TAVOLA 6: Carta dell'uso del suolo	scala 1:10000
TAVOLA 7: Carta delle aree storicamente inondate	scala 1:5000
TAVOLA 8: Carta delle tracce delle sezioni idrauliche	scala 1:5000

### Carte derivate

TAVOLA 9: Carta della suscettività al dissesto di versante	scala 1:10000
TAVOLA 10: Carta delle fasce di inondabilità	scala 1:5000
TAVOLA 11: Carta dei tiranti idrici per aree inondabili a T=50 anni	scala 1:5000
TAVOLA 12: Carta dei tiranti idrici per aree inondabili a T=200 anni	scala 1:5000
TAVOLA 13: Carta della pericolosità geomorfologica	scala 1:10000
TAVOLA 14: Carta degli elementi a rischio	scala 1:10000
TAVOLA 15: Carta del rischio idrogeologico	scala 1:10000
TAVOLA 15A: Carta del rischio idraulico	scala 1:5000
TAVOLA 16: Carta degli interventi	scala 1:10000
TAVOLA 17: Carta della fascia di riassetto fluviale	scala 1:5000

## PREMESSA

Il presente Piano è stato redatto quale Piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico in adempimento all'art.1 comma 1 del decreto-legge 11 giugno 1998 n. 180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 agosto 1998 n. 267 e costituisce parte del Piano di bacino stralcio per la difesa idrogeologica, nonché del Piano di bacino completo, di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183 e sue modificazioni ed integrazioni. Esso è di conseguenza un primo stralcio funzionale che risponde nei contenuti prioritariamente a quanto richiesto dal citato D.L. 180/98 e dal relativo *"Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98"*, pubblicato sulla G.U. del 5 gennaio 1999.

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.

Il presente Piano di bacino stralcio si è valso degli Studi propedeutici generali relativi alle caratteristiche del territorio e alle problematiche del bacino a suo tempo affidati dalla Provincia di Genova ad un gruppo interdisciplinare di professionisti, composto da Dott. Ing. Santina Aiassa, Dott. Ing. Renato Barra, Dott. Geol. Daniele Bottero, Dott. For. Paolo Clapier, Dott. Arch. Michele Contino, Dott. Geol. Attilio Eusebio, Dott. For. Andrea Glauco, Dott. Geol. Federico Pittaluga, Dott. Geol. Elena Rabbi, Dott. Ing. Elena Reale, Prof. Arch. Carlo Socco, Dott. Ing. Achille Sorlini.

La Regione Liguria e la Provincia di Genova hanno provveduto a un'opera di sistematizzazione, di integrazione e revisione dei dati e delle analisi contenute nei suddetti Studi propedeutici, rielaborando le cartografie di base e realizzando le carte derivate.

In particolare, tale attività è stata effettuata, con il coordinamento di Mauro Lombardi e Aurelio Giuffrè, geologi dell'Area 06 - Difesa del suolo, opere ambientali e Piani di bacino della Provincia di Genova e la supervisione di Renzo Castello e Gianna Gorziglia, geologi, e Cinzia Rossi, ingegnere, del Settore Assetto del Territorio e Controllo tecnico della Regione Liguria, dal personale assunto presso la Regione ai sensi del D.L. 180/98 e stanziato presso la suddetta Area 06, costituito dalle seguenti professionalità: Dott. Geol. Edoardo De Stefanis e Dott. Ing. Sara Delucchi. La parte idraulica è stata svolta con la collaborazione della Dott. Ing. Eliana Gerini e del Dott. Ing. Roberto Tosi Porcari, tecnico incaricato dal Comune di Sestri Levante per la redazione dello studio idraulico a corredo del PUC. Per le schede frane ha collaborato il Dott. Gianmario Coscione. Il Piano è stato inoltre discusso e contiene i contributi del Comitato Tecnico Provinciale.

## 1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

### 1.1 Quadro istituzionale e normativo 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 n. 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'art. 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, nell' "*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 gennaio 1999. 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 misure di salvaguardia; 3) programmazione della mitigazione del rischio.

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

In adempimento al comma 1 dell'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 6-ter dell'art. 17 della L. 183/89) 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 della Liguria a seguito della L.R. 9/93 e precedentemente al D.L. 180/98. Questo tipo di Piano, che

viene elaborato prioritariamente come adempimento al D.L. 180/98, è uno stralcio funzionale, che rappresenta una parte del piano stralcio per la difesa idrogeologica del quale risulterà quindi parte integrante, così come del Piano di bacino completo.

Esso viene 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 dicembre 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 note tecniche:

- raccomandazione n. 1 "*Metodologie per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione*";
- raccomandazione n. 3bis "*Documento propedeutico all'informatizzazione dei dati e delle cartografie di base per la redazione dei piani di bacino*";
- raccomandazione n. 4 "*Standard cartografici relativi in particolare alle legende per la carta di copertura e d'uso del suolo, carta di dettaglio dei movimenti franosi, censimento dei movimenti franosi*";
- raccomandazione "*Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico e idrogeologico - Carte derivate*";
- raccomandazione "*Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale*";
- nota C.T.R. "*Rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale*";
- raccomandazione "*Redazione della carta del rischio idrogeologico nei Piani stralcio di bacino*";
- linea guida "*Indicazioni metodologiche per la costruzione della carta di suscettività al dissesto dei versanti*".

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, non essendo disponibili i dati, si rimanda ad un successivo approfondimento la descrizione di quanto previsto dai vari strumenti di pianificazione di rilievo sul bacino idrografico.

## **1.3 Dati utilizzati**

Il presente piano, relativamente alla parte idraulica, si basa sugli studi propedeutici al Piano di Bacino del torrente Gromolo redatti per conto della Provincia di Genova. Al fine della redazione del piano per il rischio idrogeologico ai sensi del comma 1, art. 1 del DL 180/98, si è resa comunque necessaria un'operazione di sistemazione e di integrazione dei dati e delle analisi contenuti nei suddetti studi.

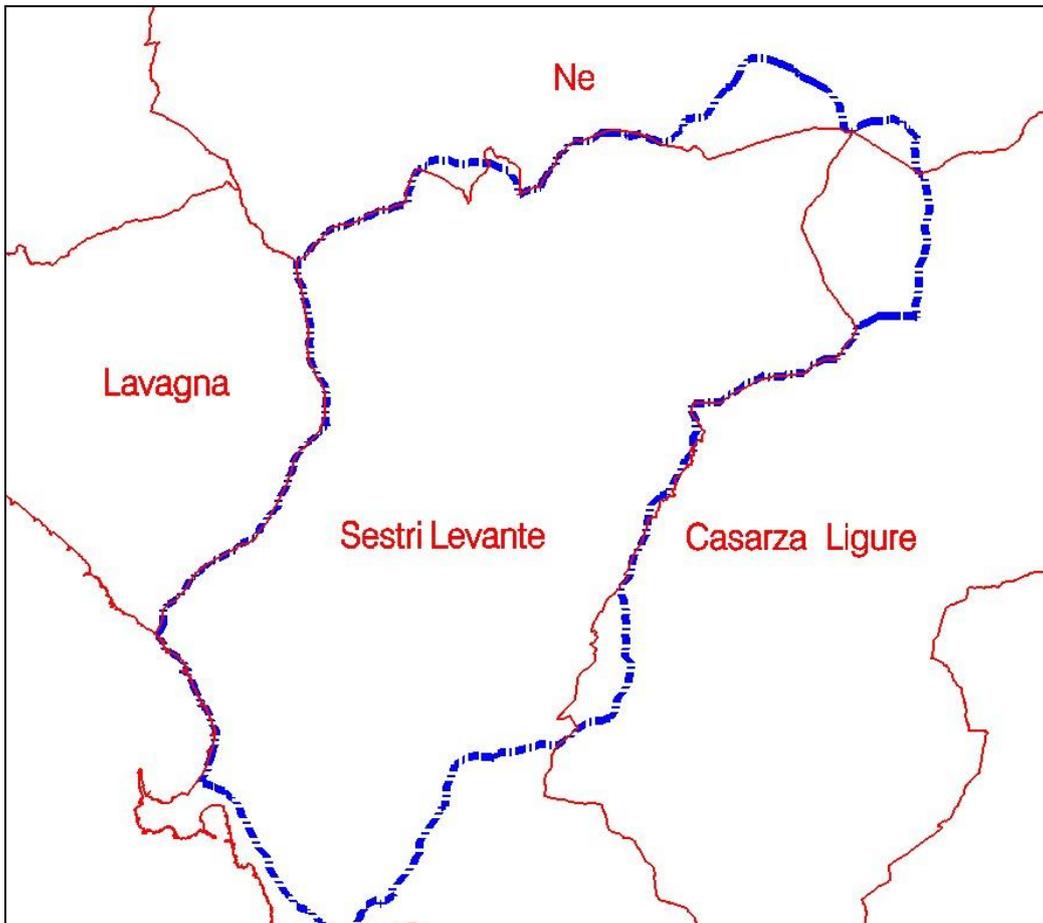
I dati e le elaborazioni a carattere idrologico dello studio propedeutico citato sono stati integrati ai fini di una descrizione maggiormente dettagliata dell'idrologia del bacino. Per quanto riguarda il rilievo delle sezioni idrauliche si è proceduto ad una prima fase di controllo dei dati disponibili e ad una seconda fase di integrazione. La base cartografica utilizzata è la carta tecnica regionale in scala 1:10.000 (in formato raster) che riporta il bacino nei fogli n° 232050, 232060, 232090 e 232100. Per gli studi idraulici è stata utilizzata la carta tecnica comunale in scala 1:5.000 (in formato vettoriale).

Per quanto riguarda i dati utilizzati per la parte geologica, si rimanda ai relativi paragrafi del Capitolo 2.

## 2 CARATTERISTICHE DEL BACINO

### 2.1 Geografia

Il bacino idrografico del Torrente Gromolo fa parte dell'ambito di bacino Regionale n. 17 (T. Petronio) ed è situato prevalentemente nel territorio amministrativo del Comune di Sestri Levante e subordinatamente nei Comuni di Casarza Ligure e di Né in Provincia di Genova. Esso include, oltre al bacino idrografico superficiale naturale del T. Gromolo, il rio del Fico e altri piccoli bacini costieri a sud-est delle Rocche di Sant'Anna, i rii Ginestra e della Madonnetta, che si immettono nel Canale della Chiusa, scolante direttamente a mare e il rio Ramino.



*Fig.2.1.1: Limiti di bacino e confini amministrativi.*

La superficie del bacino è di poco inferiore ai 23 Km<sup>2</sup>, mentre la lunghezza del corso d'acqua principale è circa 9 km. Si tratta perciò di un tipico bacino ligure con dimensioni areali ridotte e forte energia del rilievo.

A differenza di molti altri bacini liguri, tuttavia, il T. Gromolo alimenta una piana alluvionale di dimensioni notevoli caratterizzata da un potente materasso, sede di importanti falde acquifere che idrogeologicamente lo mettono in comunicazione con il vicino T. Petronio (fig. 2.1.1).

A Nord, lo spartiacque segue il crinale di M. Roccagrande, M. Bianco, M. Domenico, M. Vallai, M. Capenardo che separa la Val Gromolo dalla Valle del Graveglia (tributario dell'Entella).

A Ovest, la cresta di M. Capenardo - M. Castello - Rocche di Sant'Anna separano il bacino del Gromolo e del Rio del Fico dai bacini costieri dell'area di Cavi di Lavagna.

Ad Est, la dorsale del M. Tregin, M. Rocchetto, M. Caddio dividono la Valle del Gromolo dal bacino del T. Petronio.



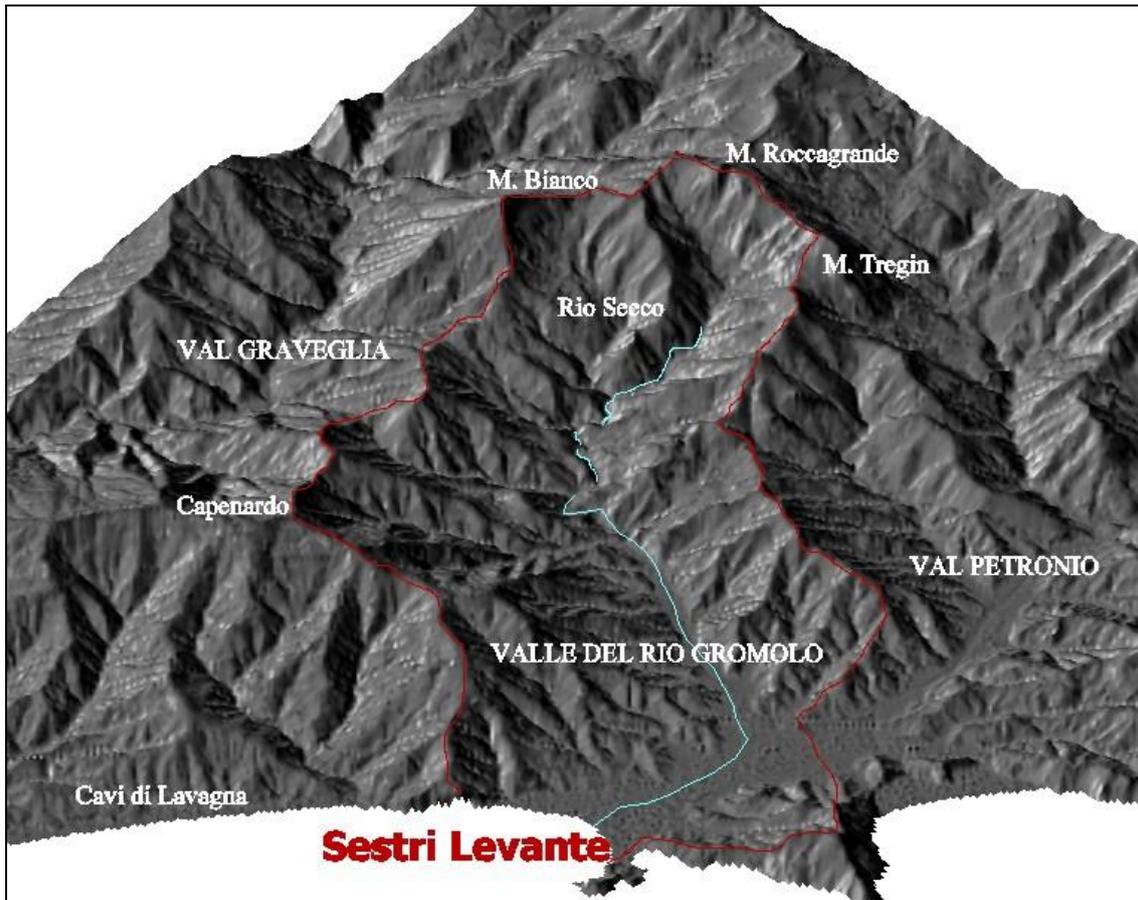
*Fig.2.1.2: Panoramica sulla valle ripresa dal M. Tregin.*

Il corso principale del Gromolo nasce alle pendici del M. Roccagrande la vetta più elevata del bacino idrografico con i suoi 971 m s.l.m.

Dopo un lungo tratto caratterizzato da meandri incassati in roccia e da orientamento E-W, raggiunta la strada per Loto - Montedomenico, il torrente passa progressivamente a scorrere nella propria piana alluvionale, dapprima ancora stretta e contorta, poi via via sempre più ampia e con orientazione N20.

Infine, poco a valle dello svincolo autostradale, in pieno centro abitato, il torrente giunge in prossimità del vecchio corso del T. Petronio e ne fa propria la direzione E-W, andando a sfociare poco a nord della Baia delle Favole (la spiaggia a nord della penisola di Sestri Levante).

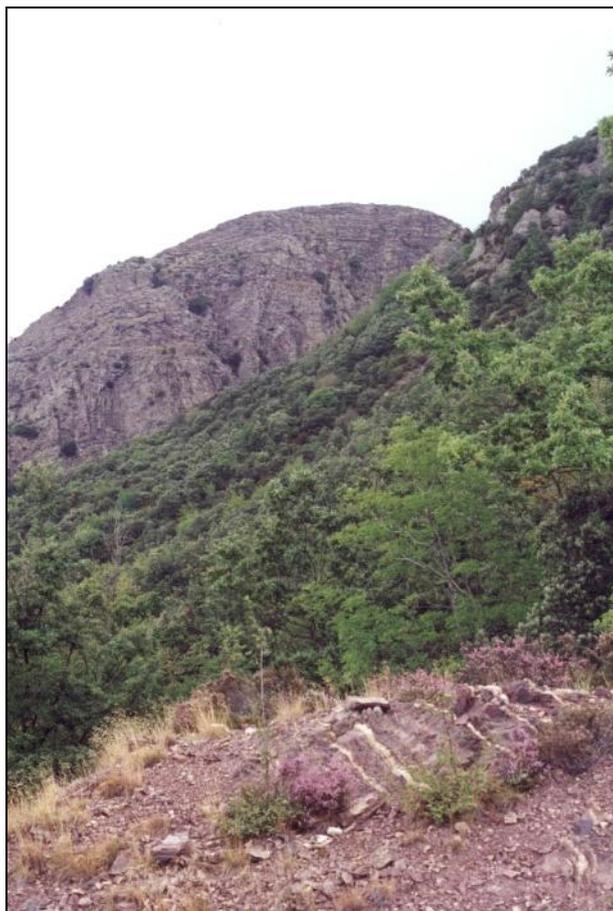
Dal punto di vista climatico il bacino è caratterizzato da distribuzione unimodale delle precipitazioni (massimo novembre con oltre 180 mm - media trentennale - e minimo estivo) e delle temperature (massimo in agosto e media annua per il bacino attorno ai 14°C).



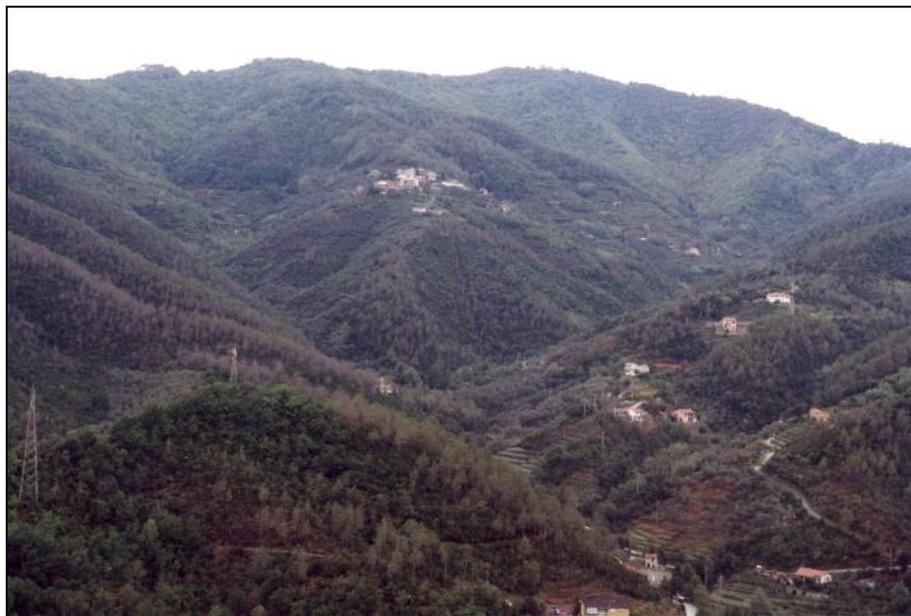
*Fig.2.1.3.: Modello tridimensionale del bacino del torrente Gromolo.*

Nel bacino del Torrente Gromolo sono distinguibili i seguenti paesaggi geografici:

- ✓ L'alto bacino orientale caratterizzato da forme erosive, alta energia del rilievo, imponenti pareti rocciose modellate nei litotipi ofiolitici e nei diaspri. Le coperture detritiche sono scarse e localizzate al piede delle principali vette: il M. Bianco, il M. Roccagrande e il M. Tregin. Il territorio presenta ampi settori con roccia affiorante, forme del rilievo aspre, e si contraddistingue per la scarsa presenza dell'uomo e il prevalere del bosco ed in particolare della macchia mediterranea (fig. 2.1.4.).
- ✓ L'alto bacino occidentale, dove l'energia del rilievo si riduce, aumentano le coperture detritiche e la presenza del bosco. L'antropizzazione si concentra in prossimità delle 'Ville', i nuclei frazionali di Loto, Azaro e Montedomenico, frazioni un tempo agricole oggi essenzialmente residenziali e oggetto di recupero architettonico. Il rimodellamento antropico è qui più marcato rispetto al paesaggio orientale, riconoscendosi le vecchie discariche legate alle cave di ardesia del M. Capenardo, parte integrante del sistema estrattivo lavagnese ancora attivo agli inizi del secolo scorso, i boschi di castagno ceduo e le fasce coltivate (fig. 2.1.5.).



*Fig.2.1.4.: M. Roccagrande.*



*Fig.2.1.5.: Villa Loto e il M. Capenardo.*

- ✓ Il bacino medio collinare, rappresentato dalle aree di Villa Libiola, Villa Tassani, Villa Rovereto e Verici lungo lo spartiacque con il bacino del T. Petronio e più a sud, in sponda destra, il piccolo nucleo di Cascine e i crinali degradanti verso mare su cui si sono insediati gli abitati di San Bernardo e San Bernardino. Quest'area, come la precedente, caratterizzata storicamente da una vocazione essenzialmente agricola è stata recentemente interessata da una diffusa e poco organica utilizzazione insediativa, che ha portato in un primo tempo alla ristrutturazione degli edifici rurali abbandonati e in seguito ad un progressivo processo di edificazione. Il paesaggio è agricolo, diffusissimi il terrazzamento ad ulivo e, sui versanti meglio esposti, le case sparse (fig. 2.1.6.).

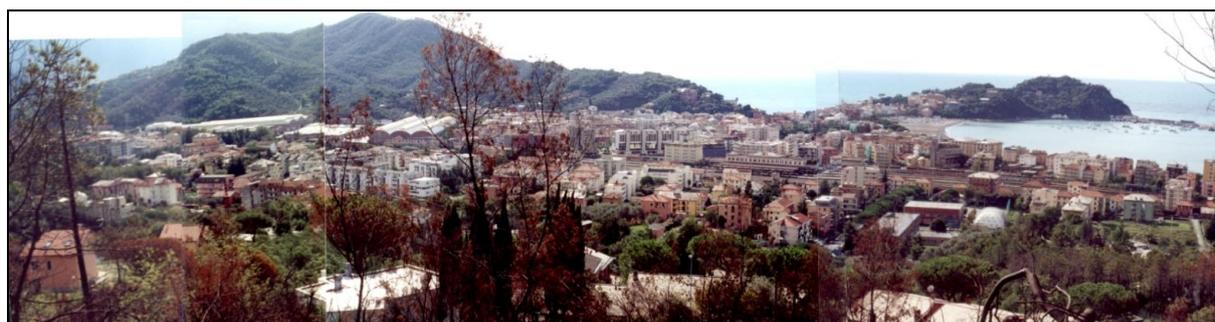


*Fig.2.1.6.: Villa Tassani.*

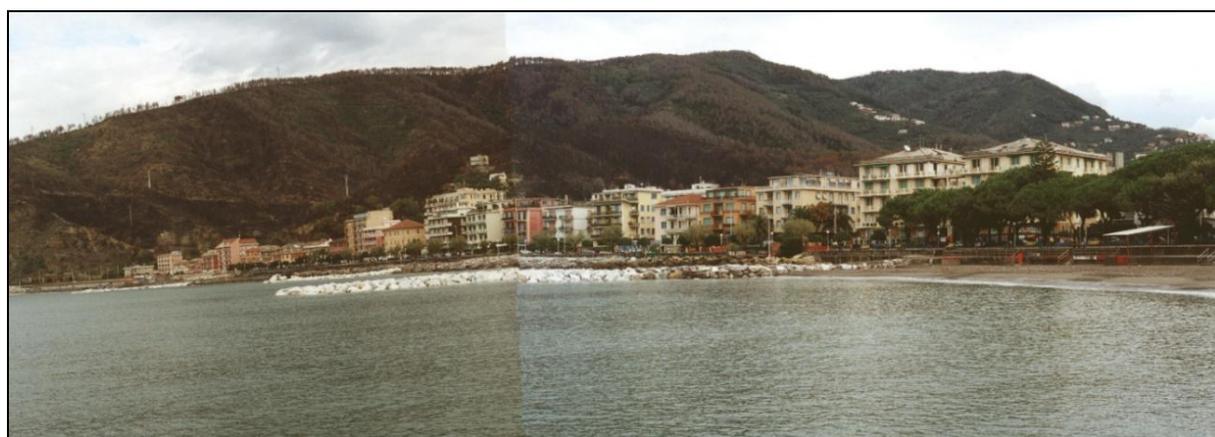
- ✓ La piana alluvionale, storicamente sede di attività agricole e di ville e di giardini, il vero cuore produttivo e residenziale del Comune di Sestri che è oggi per intero interessato da tessuto urbano continuo (figg. 2.1.7. - 2.1.8.)
- ✓ La costa con l'Isola unita alla terraferma nel XV secolo; l'istmo su cui si sviluppa il centro turistico di Sestri e il porticciolo di fronte alla foce del torrente. (figg. 2.1.9. - 2.1.10.)



*Fig.2.1.7.: Santa Vittoria di Libiola.*



*Fig.2.1.8.: Sestri Levante.*



*Fig.2.1.9.: La linea di costa di Sestri Levante a nord della foce del Gromolo.*

L'esame della cartografia storica (in particolare dell'opera del Vinzoni) mostra come il territorio nel 1700 fosse interessato da scarsa parcellizzazione del tessuto agricolo con grandi tenute di proprietà delle ricche famiglie genovesi. Nel Settecento l'attività agricola era strutturata attorno alle grandi tenute delle famiglie patrizie genovesi (Villa Pallavicini in località di S. Margherita Fosa Lupara, Villa Cattaneo della Volta e Villa Rimassa presso S. Stefano al Ponte).

Dal XIX secolo, accanto al settore agricolo, conobbero un certo sviluppo gli altri settori primari ed in particolare l'estrattivo.

Il bacino del Gromolo fu interessato solo parzialmente dall'attività estrattiva delle ardesie. Gli affioramenti di marne ardesiache sono infatti localizzati presso il M. Capenardo e il M. Zucchetto dove ancora sono visibili i segni dei lavori sotterranei e le discariche. In località Libiola a partire dalla seconda metà dell'ottocento si sviluppò un'importante attività estrattiva legata alla presenza di mineralizzazioni di rame.



*Fig.2.1.10.: Foce del Torrente Gromolo.*

La miniera gestita inizialmente da The Libiola Copper Mining Company con sede a Londra (UK) conobbe la massima espansione alla fine del 1800 per poi ridursi alla metà del secolo scorso quando la gestione passò alla Montecatini e chiudersi definitivamente nel 1962 lasciando un territorio dissestato e fortemente inquinante.

L'economia rimase legata al settore primario fino all'inizio del XX secolo, quando si ebbe un sensibile sviluppo dell'industria con l'apertura della Fabbrica Italiana Tubi nella piana del Torrente Gromolo in corrispondenza della confluenza del rio Ramino, lo stabilimento della Società Logoda per l'estrazione del Tanino in località Pila, la O.L.E. (Officine Elettromeccaniche Liguri), la fabbrica di laterizi (Rolando A. 1992). Il sistema industriale resse nel dopoguerra l'intero tessuto economico della valle sino agli anni 70, quando una grave crisi economica portò alla chiusura progressiva delle principali attività industriali che si concluse nel 1982 con il licenziamento degli ultimi operai della FIT e i successivi tentativi di riconversione degli stabilimenti.

Nel frattempo attorno alle fabbriche si erano sviluppati la città, le attività commerciali ed in particolare il turismo.

L'aumento del valore degli immobili e la saturazione del centro storico e della costa sestrese, ha portato infine all'edificazione di tipo popolare nelle periferie, affiancando palazzine a ville storiche e costringendo il corso del Gromolo in una fascia sempre più ristretta.

## 2.2 Geologia

Dal punto di vista geologico, il bacino idrografico appartiene all'*Appennino Settentrionale* ed in particolare all'*Insieme interno o ligure emiliano*, si inquadra nel Dominio ligure interno e riguarda in particolare due unità tettoniche distinte e sovrapposte l'*Unità Gottero* e l'*Unità Bracco-Val Graveglia*.

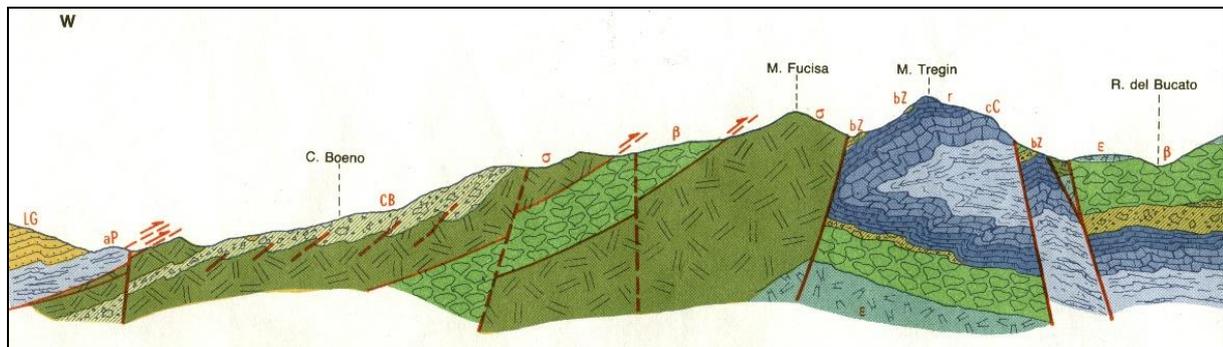
Esso è geologicamente suddivisibile in tre macro aree:

1. la prima è posta alla testata nord orientale del bacino ed è caratterizzata dall'affioramento delle litologie appartenenti all'Unità Tettonica Bracco Val Graveglia. Si tratta di una sequenza ofiolitica giurassica, con relativa copertura sedimentaria, appartenente al paleoceano ligure-piemontese che, per successivo coinvolgimento nella tettonica appenninica, risulta attualmente sottoposta all'Unità del M. Gottero, ad Ovest, e sovrapposta all'Unità Colli Tavarone-Serò e, quindi, alle diverse Unità delle Liguridi Esterne e Toscane (con interposta l'Unità alloctona subliguride del Canetolo), ad Est;
2. la seconda interessa tutti i versanti della media e bassa valle e le testate delle valli del Rio di Loto, Rio di Azaro, Rio di Gaggi, i principali affluenti di destra idrografica del T. Gromolo ed è riferibile ad una sequenza torbiditica di conoide sottomarina, in cui sono individuabili vari corpi arenacei, a loro volta rappresentanti singoli sistemi torbiditici (sensu MUTTI & NORMAK, 1987).
3. infine la terza area è rappresentata dall'ampia piana alluvionale che stretta e lunga da Santa Vittoria di Libiola al viadotto autostradale, sia apre e si sviluppa verso ovest sino alla linea di costa.

Nel settore ofiolitico, la figura dominante è data dalla presenza di una mega-anticlinale coricata, Est vergente, di cui le ofioliti costituiscono il nucleo.

Nel settore flischioide si rileva una struttura principale costituita da un'anticlinale antiforme e associata sinclinale sinforme.

Quest'ultima rappresenta la continuazione meridionale della "sinclinale di M. Ramaceto", che è stata abbondantemente trattata in letteratura sin dalle prime opere dedicate all'Appennino settentrionale.



*Fig. 2.2.1. - Sezione geologica attraverso la testata del bacino (tratta dalla Carta Geologica delle Ofioliti del Bargonasco e dell'alta Val Graveglia - Abbate et al. 1980)*

### **2.2.1 Metodologia di studio**

Limiti di tempo non hanno consentito di compiere un adeguato rilevamento geologico su tutto il territorio.

La cartografia allegata al piano e queste brevi note illustrative derivano pertanto da due fonti:

- per l'area in comune di Sestri Levante è stato utilizzato il rilevamento alla scala 1:5.000 del Piano Regolatore Generale del Comune, redatto negli anni ottanta dallo Studio di Geologia geoSARC di Genova;
- per la restante area sono stati utilizzati dati inediti gentilmente concessi dal dott. Geol. Pietro De Stefanis, al quale si devono inoltre gran parte delle osservazioni litostratigrafiche e strutturali riportate nel presente testo.

Tali dati sono stati ampiamente validati nel corso del rilevamento sul terreno che tuttavia, per limiti di tempo, si è necessariamente concentrato sugli aspetti geomorfologici.

Per lo stesso motivo non è stato possibile il necessario approfondimento sul grado di fratturazione del substrato e l'analisi di litofacies che avrebbero portato ad una migliore definizione dello stato della roccia.

Le ampie placche classificate nella carta geomorfologica come R0 sono pertanto da intendersi sia come roccia affiorante o subaffiorante non osservata direttamente, sia come copertura detritica inferiore al metro.

L'obiettivo del successivo adeguamento della cartografia sarà pertanto quello di meglio definire l'aspetto legato alla fratturazione della roccia attraverso una indagine dettagliata sul modello di quanto proposto nel Piano di bacino pilota del T. Sturla.

Sempre per correttezza di informazione, occorre sottolineare che la carta allegata al Piano non è una vera e propria carta geolitologica ma deriva da una carta di tipo formazionale. Sotto la voce argilloscisti, ad esempio, sono necessariamente incluse differenti litofacies della Formazione della Val Lavagna che un rilevamento geolitologico di dettaglio avrebbe potuto in molti casi distinguere.

### **2.2.2 Litostratigrafia**

Nel seguito verranno esposte le caratteristiche litostratigrafiche del substrato a partire dai termini più antichi fino ai più recenti.

#### **2.2.2.1 Serpentiniti**

I termini più antichi dell'Unità del Bracco sono costituiti da ultramafiti di mantello. Si tratta di rocce generalmente interessate da fenomeni di serpentizzazione e deformazione di taglio. Campioni meno alterati hanno denunciato una derivazione da protoliti di lherzolite a spinello e plagioclasio con fabric tettonico e ricristallizzazione metamorfica.

Il complesso dei loro caratteri petrologici e geochimici indicano che esse subiscono processi di fusione parziale a partire da un mantello sorgente di tipo astenosferico che risale in modo relativamente adiabatico: esse quindi rappresentano il Mantello refrattario residuale dopo i processi di fusione parziale.

Sotto la voce di serpentiniti della legenda litologica sono in realtà comprese:

- serpentiniti a relitti di strutture tettoniche (costituiscono la quasi totalità degli affioramenti);
- serpentiniti a relitti di strutture cumulitiche (estremamente localizzate).

Le prime appartengono alla facies (proposta da O'HARA) delle lherzoliti a spinello e plagioclasio, con talora passaggi alla facies ad anfibolo.

La loro associazione mineralogica è costituita da olivina forsteritica, con subordinato ortopirosseno enstatitico e clinopirosseno diopsidico, e piccole quantità di spinello cromifero e plagioclasio labradoritico, quest'ultimo in bordi di reazione attorno allo spinello o diffuso nella roccia; a questa paragenesi è talora associata l'orneblenda bruna in rari granuli.

Caratteristica costante di queste ultramafiti è la presenza, all'interno della lherzolite massiccia, di un banding di composizione dato dalla variazione nelle percentuali dei minerali presenti, o da strati francamente pirossenitici, caratterizzati generalmente da individui cristallini di taglia superiore, e da grandi cristalli di spinello, di dimensioni che possono raggiungere il centimetro, con bordo di reazione plagioclasico. In corrispondenza dei letti pirossenitici, ma a volte anche indipendentemente da essi, sono presenti bande impoverite in clinopirosseno e plagioclasio a composizione da harzburgitica a dunitica, in cui sono talora presenti forti concentrazioni di spinello: questo minerale nelle bande dunitiche non presenta mai bordo di reazione di feldspato. Il banding dunitico può mostrare polarità, presentando un contatto netto con lo strato pirossenitico associato, mentre sfuma gradualmente verso la lherzolite feldspatica.

Le peridotiti cumulitiche sono caratterizzate da olivina ricca nella molecola forsteritica, in granuli tondeggianti ma spesso ben euedrali (di dimensioni variabili da 0,5 a 3 mm) e da Al-cromite (di dimensioni inferiori al millimetro), quali minerali di cumulo, da plagioclasio labradoritico, quasi completamente trasformato in silicati idrati di calcio e cloriti, e clinopirosseno diopsidico, normalmente fresco, quali minerali peciliteici da intercumulo, che possono raggiungere i 25 cm. I granuli di olivina presentano non di rado un esile bordo di ortopirosseno. L'assetto stratificato è dato da una ripetizione di strati con classazione nelle dimensioni dei granuli di olivina, e da alcuni sottili (2-20 mm) letti di granuli euedrali di cromite, paralleli al piano di layering dell'olivina.

Le serpentiniti costituiscono il litotipo più diffuso nella parte apicale del bacino con una percentuale di affioramento del 6%.

#### **2.2.2.2 Gabbri**

I complessi gabbri consistono principalmente in cumuliti derivate da fusi olivin-tholeitici per cristallizzazione frazionata a bassa profondità, probabilmente in segmenti di dorsale oceanica. All'interno del bacino sono nettamente predominanti i Mg-gabbri: troctoliti con paragenesi a plagioclasio (colore bianco-crema) e olivina (ameboide per metamorfismo), in cui è possibile talora osservare un ben sviluppato assetto di layering magmatico.

Essi si presentano spesso con struttura pegmatoide (gabbro di tipo eufotide) con paragenesi a plagioclasio basico e clinopirosseno e con, talvolta, olivina (parzialmente serpentizzata) come minerale accessorio.

Gli affioramenti più importanti sono localizzati lungo una stretta fascia meridiana che corre lungo il principale contatto tra le Unità tettoniche nella valle ad est dell'abitato di Montedomenico.

### **2.2.2.3 Basalti**

Le rocce basaltiche compaiono essenzialmente come corpi filoniani entro il basamento gabbro-peridotitico e come corpi effusivi, massicci o con strutture di pillow e pillow-brecce.

I filoni hanno una struttura variabile da porfirica, per la presenza di fenocristalli fino a centimetrici di plagioclasio o più raramente di clinopirosseno, ad afirica, con frequenti *chilled margins*.

Assai spesso le formazioni di diabasi in cuscini sono accompagnate da formazioni di brecce: dall'esame delle strutture dei singoli elementi, essi possono essere ascritti a frammenti di pillows, e pertanto la loro brecciatura può essere primaria (per esplosione dei pillows) o semplicemente dovuta a fattori meccanici che hanno scompaginato i cuscini già separati dalla fessurazione.

La composizione mineralogica primaria dei basalti è relativamente semplice e comprende plagioclasio e clinopirosseno augitico come fasi prevalenti, con percentuali subordinate di olivina, esclusivamente in fenocristalli, generalmente non grandi, ilmenite interstiziale e tracce di ossidi ed apatite.

I principali affioramenti di rocce basaltiche sono localizzati presso la Rocca dell'Aquila e Villa Libiola.

### **2.2.2.4 Oficalciti**

Verso l'alto, i corpi serpentinitici si trovano progressivamente brecciati e con una quantità via via crescente di vene calcitiche o fratture riempite da matrice carbonatica generalmente rossastra e da piccoli frammenti di serpentinite (Breccia di Levante).

Le caratteristiche sedimentarie (gradazione, laminazioni, abbondanza di matrice) sono prevalenti nella parte superiore dell'unità (la cosiddetta Breccia di Framura).

Le oficalciti ricoprono ubiquitariamente le serpentiniti con uno spessore variabile fino a 40 metri, mentre sottostanno alle altre unità basaltiche e ai diaspri, attraverso sottili livelli discontinui di radiolariti e di brecce serpentinitiche.

Le oficalciti affiorano spradicamente alla testata del bacino presso il Monte Bianco e lungo la strada che porta alla cava Campuettin.

### **2.2.2.5 Breccia di Case Boeno**

E' costituita da clasti di serpentinite (a volte in grossi olistoliti) con subordinati frammenti di gabbro e basalto.

In certi casi - come per esempio la strada di collegamento alle prese dell'acquedotto per Montedomenico - è possibile rilevare la presenza di intercalazioni di arenarie grossolane gradate localizzate prevalentemente nei livelli superiori dell'unità.

Si ritrovano strettamente correlate alle serpentiniti, che rappresentano la loro base stratigrafica. Il principale affioramento della Liguria è localizzato nell'area a nord delle miniere di Libiola. La percentuale di affioramento sull'area del bacino è complessivamente pari al 6%.

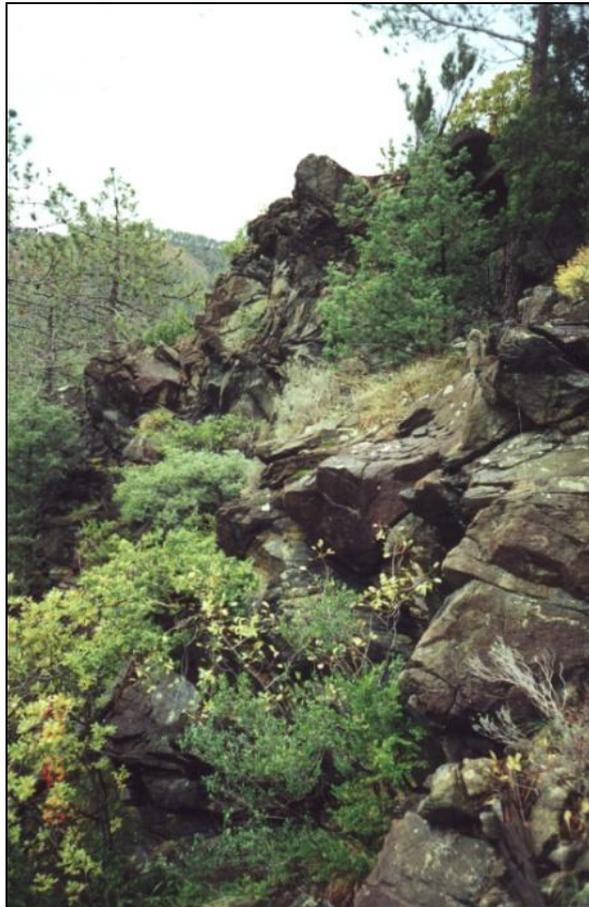
#### ***2.2.2.6 Breccia di M. Zenone***

In questa breccia prevalgono clasti gabbrici foliati, con inclusi frammenti di basalti, serpentiniti e diaspri. Sia gli elementi di gabbro che la matrice sono interessati da una diffusa cloritizzazione.

La Breccia di M. Zenone è compresa tra i basalti e i diaspri (per esempio, nella zona di M. Roccagrande - M. Tregin).

#### ***2.2.2.7 Breccia di M. Bianco***

Si tratta di una breccia a clasti di serpentinite e oficalcite con subordinato basalto in matrice carbonatica, che affiora, alla base dei diaspri nella zona di M. Bianco.



*Fig.2.2.2.5.1: Affioramento di breccia di Case Boeno.*

### **2.2.2.8 Diaspri di M. Alpe**

La formazione dei diaspri di M. Alpe affiora estesamente alla testata nord orientale del bacino del T. Gromolo e in bellissime pieghe presso il M. Bianco. Essa è costituita da una successione di straterelli di radiolariti più o meno ricristallizzate, dello spessore medio di 5-7cm, alternati a scisti pelitici (silicei) anch'essi in strati di 5-10 cm. Vicino al contatto con le ofioliti il colore predominante è il rosso, mentre diventa prevalente il verde man mano che ci si avvicina al contatto con i sovrastanti Calcari a Calpionelle.

Sono inoltre rilevabili, specialmente alla base, alcune intercalazioni decisamente detritiche e per lo più gradate, spesse da qualche centimetro a un metro, costituite da materiali jaloclastitici misti a cristalli di plagioclasio, varioliti e frammenti di rocce ofiolitiche.

Lo spessore della formazione è estremamente variabile per ragioni sia stratigrafiche sinsedimentarie (p. es., locali fenomeni di subsidenza) sia tettoniche e copre un range che va da zero a ben oltre i cento metri (350 metri al M. Tregin, secondo DECANDIA & ELTER, 1972).

Alla base, i diaspri appoggiano sulle ofioliti, mentre a tetto passano ai Calcari a Calpionelle di norma con alternanze per un intervallo di 4-5 metri di potenza.

Il contatto con i basalti ha quasi sempre conservato il suo carattere primario; diversa è la situazione per le serpentiniti che si ritrovano spesso laminate e per i gabbri (il contatto con questi ultimi non è osservabile in Val Gromolo).



*Fig.2.2.2.7.1.: Piegia in diaspri presso il M. Tregin.*

### **2.2.2.9 Calcari a Calpionelle**

Litologicamente la formazione è costituita da una successione di strati calcarei bianchi e grigio chiari separati da argille marnose grigie nettamente subordinate.

Lo spessore degli strati calcarei varia dall'ordine del metro a dieci centimetri, con prevalenza degli strati aventi uno spessore di 30-40 centimetri. Le argille marnose hanno piccoli spessori variabili da qualche millimetro a pochi centimetri; di rado più di 25.

Da un punto di vista petrografico i calcari sono generalmente micriti spesso ricche in tintinnidi e radiolari. Frequentemente contengono noduli di selce per lo più biancastra.

Analogamente al passaggio diaspri - calcari, il contatto con le sovrastanti Argille a palombini, è di natura eteropica e avviene con il progressivo incremento degli interstrati pelitici tra i calcari su di uno spessore di alcune decine di metri.

Gli unici affioramenti di una certa estensione sono localizzati presso il M. Bianco e nella sella tra il M. Tregin e il M. Roccagrande.

#### **2.2.2.10      *Argille a palombini***

Costituiscono il così detto 'livello di scollamento' dell'Unità del Gottero e possono pertanto esserne considerate la base stratigrafica.

Si tratta di argilliti interessate da una scistosità molto marcata, talvolta traspositiva, che conferisce loro un aspetto da lamellare a scaglioso laddove la formazione si avvicina alle più importanti zone di sovrascorrimento e che pertanto sono state indicate litologicamente come argilloscisti.

Le lamelle appaiono lucide, di una lucentezza metallica; allo spacco presentano colori variabili dal grigio-nero al grigio-azzurro, mentre sulla superficie esposta possono assumere tonalità dal grigio al giallo-arancione per alterazione.

Tipiche intercalazioni in queste argilliti sono rappresentate da calcari micritici noti in letteratura come "palombini"; in genere molto compatti, si presentano grigio-biancastri in superficie e grigio-azzurri/grigio-neri allo spacco dando luogo alla caratteristica frattura concoide.

Ci sono poi dei livelli siltosi e arenacei a granulometria molto fine, che si associano ai palombini in banchetti pluricentimetrici abbastanza continui, interessati da set di fratture subortogonali alla  $S_0$ . Nei pressi del margine di sovrascorrimento, questi livelli si presentano tuttavia fortemente alterati (anche allo spacco) con colori tendenti al violetto-nero; essi sono inoltre, come i palombini, fortemente boudinati e dispersi nell'eccezionale argillitico. Questa situazione è osservabile, per esempio, nei pressi della Cà Bianca lungo la strada che da Montedomenico porta in Val Graveglia.

Partendo proprio dalla Cà Bianca e scendendo lungo quella stessa strada è possibile osservare la compresenza delle due facies (argilliti+palombini e argilliti+livelli siltosi e arenarie fini/finissime) fino a che i palombini si fanno via via più radi e spariscono lasciando il campo alla seconda delle facies descritte in precedenza.

#### **2.2.2.11      *Argilloscisti della Val Lavagna***

In serie con la formazione delle Argille a Palombini si incontra la formazione degli Argilloscisti della Val Lavagna rappresentati nel bacino del Gromolo soprattutto, ma non esclusivamente, dalla facies degli Scisti Zonati.

I migliori affioramenti di questa formazione sono rinvenibili presso S. Bernardo, a Villa Loto e a Villa Rovereto.

Si tratta di alternanze di strati sottili, piuttosto regolari, di argilliti marnose-siltose e siltiti che assumono per alterazione una tipica colorazione a bande chiare e scure.

In varie località, soprattutto verso l'alto, al passaggio con la formazione seguente, gli Argilloscisti della Val Lavagna si arricchiscono di termini schiettamente argillitici del tutto simili al membro emipelagitico della formazione delle Arenarie del Gottero (Argilliti di Vallai).

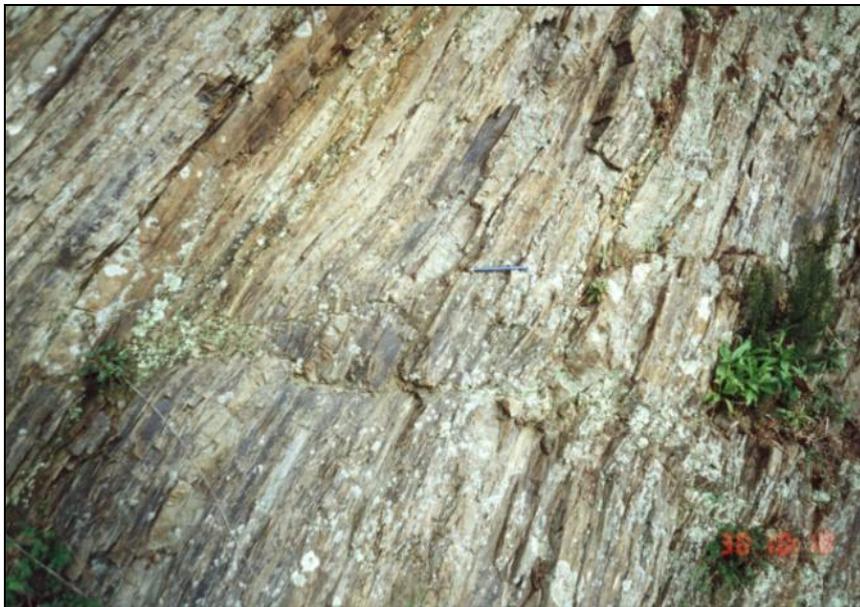
#### **2.2.2.12      *Ardesie di M. Verzi***

Questa formazione è costituita nei suoi elementi più caratteristici da litofacies marnoso-calcaree ed affiora lungo la dorsale tra M. Capenardo e M. Castello, alle spalle di Villa Loto.

La facies ardesiaca tipica è rappresentata da una marna-marnosiltite, di colore azzurro tendente al bianco in superficie e grigio-blu tendente al nero allo spacco; forma bancate da submetriche a metriche (fino a 10 metri, TERRANOVA, 1966; CASNEDI, 1982) marcatamente scistose all'interno, che appaiono nel complesso abbastanza compatte; quando è alterata assume una colorazione marrone-grigio chiaro che mantiene in genere anche all'interno, salvo possibili zone grigio-bluestre a reazione più vivace all'HCl.

A tetto e a letto dei livelli ardesiaci si trovano arenarie a grana fine, spesso molto alterate, con colore grigio-marrone sia in superficie che all'interno.

In continuità con le arenarie si possono trovare peliti scistose.



*Fig.2.2.2.9.1.: Affioramento di scisti zonati al passaggio con le arenarie del Gottero. Località Loto.*

#### **2.2.2.13      *Argilliti di M. Vallai***

Dal punto di vista litologico, le Argilliti di M. Vallai hanno caratteristiche comuni alle altre formazioni pelitiche dell'unità, in particolare alle Argilliti di Giaiette; tanto è vero che in alcuni lavori (FIERRO & TERRANOVA, 1964a, TERRANOVA, 1966; ecc.), questo orizzonte emipelagitico pur essendo stato individuato non veniva distinto dalle argilliti di tetto.

Le Argilliti di M. Vallai si rinvencono, in bella esposizione, percorrendo la sella che divide il M. Capenardo dal M. Vallai; partendo dalla formazione ardesiaca franca, si entra gradualmente in questo orizzonte pelitico, in cui si rinvencono lenti di scisti varicolori rossi e verdi sfumanti uno nell'altro e brecciole poligeniche; proseguendo ancora verso il M. Vallai, si osserva il passaggio stratigrafico alla formazione delle Arenarie del M. Gottero.

Nella situazione ora esposta la serie è rovesciata, con le ardesie che sovrastano le argilliti, a loro volta poggianti strutturalmente sulle arenarie.

Questo orizzonte pelitico si segue da Nord a Sud, in una fascia, larga non più di duecento metri, dalla sella in questione fino al Molino di Sopra.

#### **2.2.2.14      *Arenarie del Gottero***

Ben esposte in tutto il territorio in Comune di Sestri Levate e particolarmente lungo la costa presso le Rocche di Sant'Anna e all'Isola, la formazione delle Arenarie del Gottero anche nota come Arenarie del M. Ramaceto o dello Zatta, è costituita da una successione ritmica di strati di arenarie gradate quarzoso - feldspatiche e micacee in facies di conoide esterna - intermedia alla quale si intercalano giunti più o meno abbondanti di argilliti siltose nere. Gli strati hanno spessori fino a plurimetrici. Verso il basso e verso l'alto, in prossimità del passaggio alle formazioni di tetto, si intercalano livelli marnosi e marnoso-argillosi che rendono spesso incerto il contatto.

#### **2.2.2.15      *Argilliti di Giaiette***

Questa formazione costituisce il tetto delle Arenarie del Gottero e corona pertanto l'intera serie delle formazioni che affiorano nel bacino del T. Gromolo.

Essa è costituita in massima parte da argilliti scistose, untuose al tatto, facilmente sfaldabili in sottili lamelle (da centimetriche a millimetriche) e la cui caratteristica più evidente è quella di possedere un'estrema variabilità cromatica. Sono, infatti, anche note in letteratura come "Argilloscisti policromi" (REUTTER, 1961; TERRANOVA, 1966). I colori più diffusi sono il marroncino-verde e il grigio-verde, con variazioni tendenti al giallo e al blu-viola (per la presenza del manganese). E', inoltre, localmente rintracciabile in forma di lenti all'interno della formazione un membro di argilliti da arrossate a rosso vivo segnalate in passato da diversi autori e chiamate appunto "Scisti Rossi". Dove l'argillite è più siltosa, si presenta in livelli dello stesso ordine di grandezza, ma con maggiore competenza.

Un'intercalazione di altra natura, e con incidenza nettamente minore rispetto alla precedente, è rappresentata da calcilutiti in banchi pluridecimetrici, discontinui e boudinati.

### **2.2.3    Tettonica e assetto strutturale**

Come detto nel paragrafo introduttivo alla geologia, l'assetto tettonico del bacino è caratterizzato dalla presenza di due Unità tettoniche, l'Unità Gottero di tipo flyscioide sovrapposta all'Unità del Bracco val Graveglia.

Nell'Unità ofiolitica, la struttura principale è la grande anticlinale coricata, est vergente, con ofioliti al nucleo rappresentata nella sezione tratta da Abbate et al 1980.

Secondo Decandia e Elter, la fascia di Diaspri e Calcari a Calpionelle che corre dal M. Comarella al M. Tregin costituirebbe una delle serie rovesciate appartenenti al grande fianco inverso della piega di M. Porcile; come pure rovesciate sarebbero da ritenersi la maggior parte delle ofioliti comprese tra le creste di M. Roccagrande e M. Tregin, ad Est, e il margine di sovrascorrimento dell'Unità di M. Gottero, ad Ovest. In effetti, il fianco diritto verrebbe conservato in Val Gromolo soltanto al M. Bianco, dove appare interessato da una serie di spettacolari pieghe parassite.

Nell'interpretazione di Abbate et al. 1980, l'Unità di M. Porcile, anche se rimane complessivamente coinvolta nella struttura anticlinale sopra descritta, risulta scomposta in cinque subunità tettonicamente distinte tra loro. La più importante ed estesa, è la Subunità di M. Bocco che forma il fianco rovescio della piega, mentre i terreni delle Subunità di M. Ciazze e di Rio Gromolo, avrebbero giaciture dritte e rappresenterebbero il fianco normale della piega medesima.

In questa interpretazione, la sequenza rovesciata di M. Roccagrande e M. Tregin apparterebbe alla sinclinale di ritorno riesumata da grandi faglie normali che bordeggiano sia ad Est che ad Ovest il complesso delle due vette (si tratterebbe, in sostanza, di un horst) (fig. 2.2.1).

I terreni appartenenti all'Unità del Gottero sono coinvolti in una serie di pieghe, anticlinali e sinclinali, a vergenza appenninica. Si tratta di strutture da rovesciate a coricate, con forma variabile in funzione delle caratteristiche meccaniche dei litotipi interessati; nelle formazioni a dominante arenacea in banchi spessi, la risposta è meno plastica che in quelle a dominante argillosa e arenacea in banchi sottili; le pieghe in Arenarie del M. Gottero ad esempio, sono inquadrabili nella classe 1 di RAMSAY (1987), mentre quelle in Scisti Zonati assumono una geometria approssimativamente simile riferibile alla classe 2 (RAMSAY, 1987).

Nel settore studiato, si rileva una struttura principale costituita da un'anticlinale antiforme e associata sinclinale sinforme. Quest'ultima rappresenta la continuazione meridionale della "sinclinale di M. Ramaceto" ovvero di una sinclinale sinforme in Arenarie di M. Gottero con al nucleo le Argilliti di Giaiette, che corre da Nord a Sud con direzione assiale relativamente costante intorno a N170-N160.

La geometria di questa piega mostra una forte asimmetria con piano assiale in media debolmente inclinato e immergente ad O-SO, in conformità con il senso di rovesciamento "appenninico" rivolto ad E-NE.

L'anticlinale associata alla sinclinale di M. Ramaceto, vede al nucleo la formazione degli Scisti Zonati, sulla quale si trovano le Arenarie del Gottero, a loro volta passanti eteropicamente, verso l'alto, alle "Ardesie".

#### **2.2.4 Considerazioni relative allo stato della roccia**

La necessità di redarre il piano nei tempi fissati dalla scadenza del giugno 2001, non ha consentito il necessario approfondimento geologico strutturale e geomeccanico per la definizione di questo importante parametro, utilissimo nella redazione della carta della suscettività al dissesto.

Solo in occasione dei rilevamenti necessari all'adeguamento della cartografia geomorfologica è stato possibile individuare alcune aree caratterizzate da una particolare fratturazione del substrato (indicate nella cartografia come Rf).

Gli affioramenti con giacitura sfavorevole rispetto al pendio sono stati individuati solo in alcuni settori noti e non è escluso che il necessario aggiornamento della cartografia possa individuare molte altre aree dove la stratificazione e la scistosità principale possano essere suscettibili di fenomeni di scivolamento planare, crollo e ribaltamento.

Nell'aggiornamento del piano, una particolare valutazione degli indici di franosità potrebbe anche essere effettuata in ragione dell'esposizione dei versanti, tenendo presente che in gran parte dei casi il versante esposto a SW è risultato essere mediamente il più franoso. Ciò non costituisce un fatto sorprendente se si pensa alla direzione di appilamento delle due unità (vergenza) e alla giacitura media delle formazioni, nonché alla distribuzione dei principali centri di scoscio e la provenienza delle perturbazioni.

In ogni caso la definizione dello stato della roccia non potrà prescindere da tre integrazioni del dato geologico:

1. l'analisi di litofacies di dettaglio per quanto riguarda la formazione degli Argilloscisti della Val Lavagna;
2. il rilevamento geomeccanico delle principali pareti rocciose in prossimità delle situazioni maggiormente soggette a rischio di crollo;
3. una completa analisi strutturale a partire da un nuovo rilevamento geologico.

Senza uno studio approfondito a tale livello, qualsiasi previsione di suscettività al dissesto e, pertanto, ogni indirizzo applicativo e pianificatorio avranno solamente valore indicativo e margini di errore non tollerabili.

Si ritornerà su questo argomento nei paragrafi relativi alla suscettività al dissesto di versante e alla pericolosità geomorfologica.

## 2.3 Geomorfologia

L'assetto geologico precedentemente delineato si riflette molto bene sulla geomorfologia delle valli.

La zona più aspra, con versanti ripidi e fortemente denudati, si riscontra ove affiorano formazioni costituite da rocce tenaci e povere di fillosilicati e minerali argillosi; essa corrisponde al settore nord orientale e alla costa limitatamente all'affioramento delle arenarie del M. Gottero (Rocche di S. Anna).

Diversamente, laddove affiorano formazioni prevalentemente argillose e/o calcaree (Ardesie, Scisti Zonati, Argilliti di Giaiette), il paesaggio è addolcito da versanti modellati molto plasticamente, ricchi di copertura incoerente e umida, densamente vegetati e con pendenze via via più blande all'aumentare del tenore in argilla o per giaciture lontane dal 'reggipoggio'.

La redazione della carta geomorfologica (Tav 3) è stata eseguita sulla base della fotointerpretazione - utilizzando i voli regionali più recenti - e il controllo sul terreno a partire da quanto già indicato nel Piano Regolatore Generale del Comune di Sestri Levante per il settore interessato.

La documentazione geologica allegata al PRG contiene infatti una carta geomorfologica di buon dettaglio, redatta con fotointerpretazione e controllo sul terreno alla scala 1:5.000.

Alcune differenze nelle legende hanno richiesto tuttavia una rivisitazione di tutta la cartografia e ciò soprattutto per quanto riguarda le coperture detritiche e le frane.

Il rilevamento è stato inoltre integrato con i fenomeni innescatisi nel corso del decennio intercorso tra la redazione del Piano regolatore e il presente Piano.

Per il settore al di fuori del comune di Sestri Levante si è reso necessario il rilevamento ex novo della geomorfologia.

Analogamente a quanto riscontrato per gli aspetti litologici, anche nel caso della cartografia geomorfologica, gli studi propedeutici si sono rivelati poco attendibili e di scarsa originalità, con frequenti casi di interpretazione errata della documentazione geologico – geomorfologica del Piano Regolatore e pertanto non sono stati presi in considerazione nella redazione del presente piano con l'esclusione dell'analisi geomorfo-quantitativa.

### 2.3.1 Geomorfologia quantitativa

Il reticolo idrografico è stato suddiviso per ordine gerarchico secondo il metodo di Sthraler, secondo quanto richiesto dalle raccomandazioni regionali. A partire da tali dati, in sede di aggiornamento del Piano, sarà possibile effettuare tutte le valutazioni quantitative che si riterranno opportune.

<b>Ordine</b>	<b>Numero segmenti</b>	<b>Lunghezza (km)</b>
Primo	339	87.8
Secondo	94	33
Terzo	26	14.3
Quarto	5	5.1
Quinto	1	8.6

Nella carta, oltre ai limiti di bacino, sono indicati, con colori diversi, segmenti fluviali di ordini diversi: il rapporto fra il numero di segmenti fluviali di un certo ordine (Nu) e quello dell'ordine immediatamente successivo (Nu+1) determina il rapporto di biforcazione che permette di ottenere una prima indicazione dell'organizzazione gerarchica del reticolo fluviale:

- rapporto di biforcazione pari a 3.6 per aste del 1° e 2°ordine;
- rapporto di biforcazione pari a 3.6 per aste del 2° e 3°ordine;
- rapporto di biforcazione pari a 5.2 per aste del 3° e 4°ordine;
- rapporto di biforcazione pari a 5 per aste del 4° e 5°ordine.

Tanto maggiore è l'organizzazione gerarchica, tanto più strutturato risulta essere il deflusso delle acque superficiali e quindi tanto minore è la loro influenza sui processi di instabilizzazione dei versanti.

Nell'area del bacino si è osservata una buona organizzazione gerarchica con aste di un ordine n che normalmente confluiscono in aste dell'ordine immediatamente successivo; all'interno del bacino drenato da un'asta di 5° ordine, sono stati individuati 4 sottobacini ciascuno drenato da un'asta di 4° ordine. Nella parte inferiore del bacino sono state riconosciute alcune anomalie con corsi d'acqua di 1° e 2° ordine che defluiscono direttamente in una di 5° ordine testimoniando un'evoluzione ancora da completarsi.

### 2.3.2 Reticolo idrografico

Si è riscontrato un discreto controllo morfologico delle strutture rigide che si riflette particolarmente sull'andamento del reticolo idrografico. Meno evidente risulta, almeno da una prima analisi della gerarchizzazione del corso d'acqua, il controllo litologico, anche se è evidente un indice di biforcazione più elevato in corrispondenza dei litotipi argillosi.

Asimmetrie vallive o sviluppi preferenziali dei corsi d'acqua in funzione dell'esposizione dei versanti, spesso rilevati in altri bacini liguri, si sono registrati in poche aree del Gromolo: il caso più evidente è legato alla giacitura degli strati nella valle del Rio Gaggi.

In base all'analisi morfometrica e alla generale concavità dei profili ipsografici, si può concludere che lo stadio in cui si trova il bacino sia ancora giovanile sebbene già avanzato.

### 2.3.3 Caratterizzazione delle coperture detritiche e delle alluvioni

Le coperture detritiche risultano distribuite in modo non uniforme all'interno del bacino e risentono, come detto, delle condizioni geologiche. L'alto bacino orientale è caratterizzato da ampie zone con coltre sottile e roccia affiorante.

Le uniche coltri di una certa estensione sono localizzate al piede dei versanti dove possono raggiungere anche spessori rilevanti (fig. 2.3.3.1).



*Fig.2.3.3.1.: Coperture detritiche potenti alle pendici del M. Tregin.*

In genere si tratta di coltri a granulometria grossolana e a tessitura a supporto di clasti, tuttavia molti accumuli, soprattutto quelli di genesi franosa, hanno mostrato orizzonti ricchi in materiale fino (dalla sabbia al limo) con abbondante breccia dispersa (fig. 2.3.2.2.).

Diversa è la situazione in presenza dei litotipi flyschiodi ed in particolare in corrispondenza delle formazioni più argillose sui versanti meno acclivi (fig. 2.3.3.3.).

In questo caso il contenuto in argilla aumenta notevolmente e la tessitura dell'accumulo è a supporto di matrice, con rari clasti centimetrici e, solo in rari casi, decimetrici (in corrispondenza dei contatti con le arenarie o con le ofioliti).



*Fig.2.3.3.2.: (sinistra) - Spaccato in coltre di origine franosa su substrato ofiolitico.*

*Fig.2.3.3.3.: (destra) - Spaccato in coltre detritica eluvio colluviale su substrato argillitico - marnoso.*

Le alluvioni affiorano qua e là anche nei fondovalle minori e soprattutto nella grande piana suborizzontale che colma la principale conca erosiva nella quale scorre il T. Gromolo. Attorno alla piana più continua e depressa si rinvengono, leggermente rialzate e discontinue, le alluvioni terrazzate di almeno un secondo terrazzo sospeso.

Nell'alveo del Gromolo e localmente in alcuni affluenti, infine, si vanno depositando le alluvioni attuali.

Le alluvioni insediate lungo i fondovalle dei corsi d'acqua si presentano prevalentemente ghiaioso - ciottolose a matrice sabbiosa e riflettono dal punto di vista compositivo le caratteristiche del bacino da esse sotteso. Più complessa risulta invece la stratigrafia delle alluvioni della piana (senza considerare che esse sottendono dei bacini aventi caratteristiche litologiche estremamente varie e complesse).

L'analisi in profondità del materasso alluvionale esula dal presente studio e richiederebbe comunque l'onerosa raccolta di dati attualmente non disponibili (stratigrafie pozzi, indagini geoelettriche, stratigrafie sondaggi geognostici, etc.).

Si segnala infine che sotto la voce di alluvioni generiche (a) di tavola 2 sono state inserite tutte le coperture che manifestavano caratteri misti dovuti all'interazione delle dinamiche fluviale e di versante.

### 2.3.4 Franosità

L'analisi statistica sulla distribuzione della franosità, eseguita nell'ambito della procedura standard per la redazione della carta della suscettività al dissesto di versante, ha evidenziato alcuni dati che conviene anticipare:

- le litologie più franose risultano le breccie ofiolitiche e le serpentiniti e i basalti (8% sull'affioramento), seguite dagli argilloscisti con in media il 5% di area in frana sul totale di affioramento;
- si è potuta riscontrare una buona correlazione con l'esposizione del versante, quindi in definitiva, con l'assetto strutturale, avendosi un'alta percentuale di fenomeni sviluppati su versanti esposti a SW.

Tipologia	N.	Attivi	Superf. Tot.	MEDIA
Crolli	13	12	105483	8114
Complesse	39	13	724210	19058
Sc_planari	5	4	49250	7035
Sc_rotaz	29	8	231049	7967
SSp	5	1	46902	9380

Fig.2.3.4.1.: Frane distinte in base alla tipologia (superfici in mq).

La tabella di fig. 2.3.4.1. mostra come gran parte delle frane sia di tipo complesso e con superfici mediamente inferiori all'ettaro.

Un livello così elevato di frazionamento dei corpi franosi è stato ritenuto necessario, sia per l'individuazione di diverse tipologie e stati di attività, sia in funzione delle caratteristiche dell'accumulo (cambio di spessore o di granulometria), sia, infine, per differenze di orientazione del corpo di frana.

In base a tali dati solo il 50 % delle frane supera l'ettaro e comunque nessuna fra esse raggiunge una superficie superiore ai 100.000 mq. In realtà esistono molte situazioni in cui fenomeni franosi vengono in contatto ed interagiscono, andando a definire distretti franosi con dimensioni areali ben superiori a quanto indicano i dati in tabella.

Per completare l'analisi statistica, la percentuale del territorio del bacino interessata da frana (deformazioni gravitative profonde escluse) ammonta al 4% (115 ha), mentre le frane attive complessivamente non superano i 45 ha (1,6% dell'intero bacino).

Più in dettaglio le tipologie di frana riscontrate sono sintetizzate nelle seguenti categorie:

1. movimenti complessi ascrivibili alla classe di crollo e scivolamento e rotolamento tipiche nelle serpentiniti e nelle breccie. Si tratta di forme che potrebbero anche essere considerate non strettamente frane, ma piuttosto coni detritici al piede dei versanti contornate da corone di arretramento per erosione. Talora la genesi prettamente franosa si fa più evidente e corona, zona di svuotamento e accumulo sono più marcati. In tutti i casi si tratta del tipico modo di evolvere dei versanti in ofioliti. L'estensione e i volumi in gioco sono sempre ridotti. La velocità del fenomeno può essere alta o molto alta. Sono stati cartografati in Tavola 5 (carta di dettaglio dei movimenti franosi o franosità reale) sia come fenomeni complessi che come frane di crollo.



*Fig.2.3.4.2.: Tipico sfacelo superficiale su substrato serpentinitico. Tali fenomeni sono stati cartografati come frane attive complesse o per crollo.*

2. movimenti complessi con componente di scivolamento in profondità e colamento in superficie. Sono stati indicati di volta in volta o come frane complesse o come scivolamenti. Abbondano nelle aree ad acclività media su litotipi argilloscistosi. Le velocità sono talora modeste.
3. fenomeni di scivolamento rotazionale veri e propri a spese di coltri detritiche. Sono localizzati al piede dei versanti, in genere allo stato quiescenti, ma possono mobilizzarsi in occasione di precipitazioni intense sia per saturazione dell'accumulo che per scalzamento al piede ad opera del corso d'acqua.
4. movimenti in massa, assimilabili per la geometria a scivolamenti planari su coltri detritiche. Si tratta di fenomeni superficiali che interessano i primi metri di copertura e che sono stati riscontrati su alcuni coni detritici al piede dei versanti ofiolitici. Talora il piano di scivolamento è costituito dallo stesso substrato.

Limiti di tempo non hanno consentito un'analisi di dettaglio lungo i tratti apicali dei corsi d'acqua per la valutazione della pericolosità per debris flow. Tali fenomeni potrebbero innescarsi comunque nel settore nord orientale e localmente nelle valli Gaggi e Valletta.

Tra i corpi più significativi si evidenziano per le dimensioni la frana quiescente di Pastanelli, al piede del M. Castello, interpretata come fenomeno complesso, evoluzione superficiale di una più ampia deformazione gravitativa profonda. Analogo è il caso in sponda destra del Rio Secco nel settore Nord ovest dove una frana attiva per scivolamento e crollo si è impostata al piede di una DGPV di vaste dimensioni.

Altri fenomeni rilevanti sono infine localizzati presso Villa Libiola e Villa Rovereto e sono interpretabili come scivolamenti in profondità con colamento superficiale. Si tratta di fenomeni allo stato quiescenti ma soggetti a locali riattivazioni superficiali in occasione di precipitazioni intense e per tagli stradali e altri interventi antropici.



*Fig.2.3.4.3.: Panoramica sull'area di Tassani - Villa Libiola*

### **2.3.5 Fenomeni gravitativi profondi**

In tavola 5 sono cartografate cinque aree per le quali l'analisi fotointerpretativa suggerisce la presenza di fenomeni di dislocazione profonda a cavallo tra la tettonica e le vere e proprie DGPV. Tra queste la più importante è la DGPV di Montedomenico Rio Secco, oggetto di uno specifico studio finanziato dalla Regione Liguria e dalla Comunità Europea.

Data la complessità del fenomeno si rimanda ai numerosi rapporti conservati presso l'archivio del Settore Assetto del Territorio e Controllo Tecnico della Regione Liguria.

Il fenomeno è stato diagnosticato in base ad alcune evidenze morfostrutturali ed in particolare la presenza di una vasta placca o zona convessa sormontata da una più ampia zona di svuotamento, interessata da vivaci fenomeni erosivi, con la formazione di un esteso macereto (fig. 2.3.5.1.).

Il corpo ha un'estensione di circa 41 ha, mentre al suo interno sono individuati un sub-corpo di 22 ha (sul quale sono state compiute le indagini geognostiche) e un settore marginale, situato al limite sud-orientale e fortemente eccentrico, evoluto, almeno superficialmente, in forma di ciclopica frana a blocchi.

Una stima effettuata dagli autori del rapporto indica un volume complessivo tra gli otto e gli undici milioni di metri cubi.



*Fig.2.3.5.1: Panoramica sull'area di Montedomenico - Rio Secco.*

### **2.3.6 Riporti artificiali e discariche**

I riporti artificiali sono prevalentemente concentrati nella piana alluvionale e lungo la sede dell'autostrada A12.

Particolarmente esteso è il rilevato del casello autostradale di Sestri Levante. E' probabile che gran parte del materiale utilizzato nel riporto provenisse dai lavori in galleria.

Nella classe dei riporti sono state inserite anche le recentissime opere di ripascimento artificiale (ancora in corso) presso la costa settentrionale di Sestri Levante.

Le discariche sono collegate prevalentemente all'attività estrattiva e sono localizzate pertanto presso la miniera di Libiola (per un periodo sede anche di discarica per RSU), sul versante meridionale del M. Bianco e del M. Zucchetto in corrispondenza rispettivamente della Cava Campuettin e dei vecchi lavori per l'estrazione delle ardesie.

Si segnala infine la presenza nella piana di Santa Margheriata di Fossa Lupara di un accumulo di ganga derivata dalla lavorazione dei minerali estratti dalla miniera di Libiola, utilizzata per il riempimento di ex cave di argilla.

Infine, in località Ca da matta, nella valle dei Gaggi è presente la discarica di rifiuti solidi urbani del Comune di Sestri Levante.

### **2.3.7 Cave e miniere**

Una sola cava è oggi attiva nel bacino del T. Gromolo.

Si tratta di una cava in oficalciti posta sul versante meridionale del Monte Bianco, che si sviluppa per una larghezza massima di circa 300 m, coltivata a gradoni, con fronti di scavo anche di notevole altezza (decine di metri).

L'attività all'interno dell'area di cava è normata dal Piano cave regionale.



*Fig.2.3.7.1: Il fronte principale della cava Campuettin. L'unica cava attiva del bacino.*

In località Colla della Sella, è stata rilevata una cava di oficalciti attualmente abbandonata, in passato coltivata a gradoni. L'influenza di quest'opera antropica sul regime idrogeologico del bacino è modesta; in essa sarebbero appropriati interventi di messa in sicurezza del fronte di scavo abbandonato (per il verificarsi di locali e sporadici fenomeni di crollo) e di regimazione delle acque a monte del fronte di scavo e sul piazzale di cava. In considerazione dell'assenza di elementi a rischio, tuttavia, si ritiene che l'intervento non debba ricadere necessariamente all'interno del presente piano.

Presso il monte Zucchetto sono ancora visibili i segni delle attività legate all'estrazione delle ardesie. Non si hanno dati sicuri sull'estensione dei lavori in sotterraneo.

L'intervento antropico più rilevante del bacino è tuttavia la ex miniera di rame in località Libiola. La miniera, abbandonata da decenni, interessa una vasta area poco a nord dell'omonima Villa fra il Rio di Cattana e il Rio di Boeno.

In superficie si possono notare quattro imbuto principali, mentre secondo Cabella e Cortesogno (fonte SAGEP) esisterebbero oltre 21 livelli di gallerie sotterranee sviluppati su quattro piani.

Gli studi propedeutici indicano le seguenti problematiche associate alla miniera:

- inquinamento delle acque del torrente Gromolo da parte delle acque drenate dai cunicoli abbandonati con ingenti quantità di solfati di rame;

- fenomeni di erosione incanalata che si verificano sui versanti circostanti la miniera ove sono depositati i materiali di smarino;
- fenomeni di dissesto che interessano i depositi di smarino una volta incisi e scalzati alla base dalle acque di ruscellamento e fenomeni di franamento che interessano i fronti di scavo un tempo coltivati a cielo aperto.



*Fig. 2.3.7.2 – Edifici al piede della discarica dei lavori estrattivi presso Libiola.*

### **2.3.8 Terrazzi fluviali**

La carta geomorfologica riporta tutti i terrazzi senza una distinzione in merito alla genesi. Limiti di tempo non hanno consentito il necessario approfondimento con uno studio delle quote e le correlazioni con il territorio limitrofo.

Peraltro, si è ritenuto che una carenza di dati a questo livello, almeno nel bacino in esame, non comportasse comunque un significativo impatto sulla determinazione del pericolo di frana e si è deciso di demandare tale indagine allo stralcio successivo.

### **2.3.9 Acclività**

La carta dell'acclività è stata ricavata per via informatica dai Servizi Informatici Regionali utilizzando il modello digitale del terreno, con maglia 40 x 40 m, disponibile presso la Regione Liguria. Il grid di campionamento utilizzato è di 1600 mq tramite il software Terrain Analyst di Intergraph.

Secondo quanto indicato dalle raccomandazioni tecniche regionali, 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%

In tabella viene riportato il valore totale delle aree appartenenti alle varie classi di acclività:

<i>Classi di acclività</i>	$\square$ <i>Aree (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Percentuale</i>
1	28042.84	10%
2	20546.84	7%
3	58038.25	20%
4	82112.99	29%
5	89133.95	31%
6	5222.49	2%
7	371.7673	0%

*Tab. 2.3.10.1 - Classi di acclività*

## 2.4 Idrogeologia

La tavola 4 allegata al piano, meglio definibile come carta delle permeabilità e delle emergenze idriche, raccoglie le informazioni sulla permeabilità del substrato e delle coperture, l'ubicazione dei principali pozzi e sorgenti per uso potabile e le zone con ristagni d'acqua superficiale.

La permeabilità è stata valutata in automatico a partire dalle carte geologica e geomorfologica, mentre le opere di captazione sono state ubicate sulla base di quanto indicato dallo studio geologico allegato al Piano Regolatore Generale del Comune di Sestri Levante.

Secondo la legenda standard regionale si sono distinti:

### $\square$ *Litologie e coperture detritiche permeabili per porosità*

In tale classe sono state inserite le formazioni delle arenarie del Gottero, i gabbri, tutte le coperture detritiche a granulometria grossolana e i depositi alluvionali.

Si tratta ovviamente di una semplificazione di una realtà ben più complessa ed articolata. Nelle arenarie del Gottero, per esempio, la permeabilità globale tende a decrescere per la presenza di frequenti interstrati pelitici che innescano le numerose scaturigini in roccia all'interno della stessa formazione.

Si assiste inoltre ad una differenziazione della permeabilità all'interno della classe: nel caso delle arenarie e dei gabbri, che rappresentano i migliori acquiferi dell'area, la permeabilità per porosità si accompagna ad una permeabilità secondaria per fratturazione. Le sorgenti che sono alimentate da queste formazioni sono caratterizzate da portate modeste ma costanti nel corso dell'anno.

Per quanto riguarda le coperture detritiche esistono casi di conclamata elevata permeabilità, per lo meno in superficie, per la presenza di accumuli detritici grossolani e spigolosi con scarsa matrice fine. Più spesso, tuttavia, gli accumuli eluvio-colluviali e soprattutto le frane presentano una stratigrafia particolarmente complessa con acquiferi talora alimentati dal substrato, ospitati in orizzonti a matrice sabbiosa e ghiaiosa, confinati da lenti più o meno potenti di materiali argillosi a permeabilità bassa o molto bassa.

□ ***Litologie permeabili per fessurazione, fratturazione e carsismo***

In questa classe ricadono le serpentiniti, i basalti e le varie brecce ofiolitiche i diaspri, i calcari a Calpionelle. Per quanto riguarda le prime, esse hanno una permeabilità dovuta soprattutto alla presenza di fessure intercomunicanti fittamente estese, con circolazione al loro interno estremamente attiva, tanto che la maggior parte delle emergenze idriche del bacino si trovano su tali formazioni (Sorgenti del Rio Secco per Montedomenico, Rio Acque calde, sorgenti del Gromolo per Villa Libiola e Villa Tassani).

Tale tipo di permeabilità potrebbe anche essere estesa alla formazione dei calcari a calpionelle, avendo questi una quantità di fratture intercomunicanti simile alle formazioni di cui sopra. Le differenzia il fatto che la permeabilità dei Calcari a calpionelle è di tipo crescente, cioè le fessure per il passaggio dell'acqua tendono ad allargarsi a causa della dissoluzione del carbonato di calcio.

Discorso analogo non è valido per le altre formazioni, dove la circolazione delle acque tende semmai a ridurre la permeabilità per la deposizione di materiali estranei derivanti dall'alterazione entro le fratture.

□ ***Litologie e coperture detritiche semipermeabili***

In tale classe sono state inserite le formazioni delle ardesie di M. Verzi e tutte le coperture detritiche a granulometria media e fine.

Anche in questo caso si tratta di un accorpamento di situazioni differenti. Per quanto riguarda le coperture valgono le considerazioni fatte in precedenza a riguardo delle coltri potenti grossolane, ovvero la struttura caotica e la presenza di contrasti di permeabilità all'interno dei singoli corpi.

□ ***Litologie impermeabili***

Questa classe racchiude tutte le formazioni a prevalente carattere argilloso o siltoso, ovvero Argilliti di Giaiette, Argilliti di Vallai, Scisti Zonati (Argilloscisti della Val Lavagna), Argille a Palombini.

In tali litotipi, la circolazione è ridotta al minimo o inesistente, condizionata dalla presenza di intercalazioni arenacee o calcaree, lungo le quali si generano locali fenomeni di permeabilità per fratturazione. La circolazione idrica è perciò molto difficoltosa e tale aspetto influisce negativamente sull'assetto idrogeologico del bacino.

In conclusione si tenga presente che le indagini svolte per la redazione di questo piano stralcio, pur non avendo affrontato le tematiche legate alla gestione e alla tutela delle acque, hanno tuttavia permesso di accertare la necessità di provvedere al più presto ad un secondo stralcio che dovrà assolutamente riguardare i bacini superficiali del T. Petronio e Gromolo unitamente come parte di un unico sistema idrogeologico.

Le condizioni di potenziale inquinamento rilevate in gran parte del corso d'acqua, unitamente alla presenza di una piana alluvionale che ospita uno degli acquiferi più importanti della riviera di levante, impongono che il secondo stralcio venga redatto in tempi brevi e affronti compiutamente i temi dell'inquinamento del suolo e delle acque e la gestione delle georisorse.

## 2.5 Uso del suolo

Il territorio compreso entro il bacino del Torrente Gromolo è occupato per la maggior parte da soprassuoli boscati, ai quali si alternano con una certa continuità aree coltivate, localizzate per lo più nei fondovali e nelle porzioni mediane meno impervie dei versanti.

Il tessuto urbano continuo è concentrato nella pianura alluvionale originata dal Gromolo fino ai terreni immediatamente limitrofi alla costa, con una percentuale d'occupazione intorno al 5% della superficie totale del bacino, mentre quello discontinuo è rinvenibile in prossimità delle numerose frazioni di Sestri Levante localizzate nell'entroterra. In generale è però necessario sottolineare che il livello d'antropizzazione di tutta l'area è assai spinto e nuclei abitativi sparsi di limitata entità sono presenti un po' dappertutto, ad eccezione delle parti poste alle quote superiori.

All'interno dei territori modellati artificialmente vi sono poi alcune grosse aree industriali, in parte ubicate nell'abitato di Sestri ed in parte esterne ad esso (in genere in prossimità del torrente) e l'autostrada A12 Genova-Livorno che taglia in direzione Ovest-Est la parte meridionale del bacino (con il casello autostradale che occupa con le proprie opere una superficie di circa 9 ha).

Tra le aree estrattive si segnalano poche cave (una ancora in attività sulle pendici del Monte Bianco) e soprattutto la vecchia miniera di Libiola, ormai abbandonata, che con il grosso corpo centrale di scavo e con i materiali di scarto provenienti da esso segna profondamente il paesaggio circostante.

I terreni occupati dai coltivi con la loro elevata frammentazione riflettono in pieno lo stato dell'agricoltura locale, ormai decisamente in secondo piano rispetto ad altre attività economiche; e se i dati del 4° censimento generale del 1990 riportavano un totale di 844 aziende nel solo Comune di Sestri Levante, in realtà (come da informazioni desunte dall'Ufficio Tecnico della Comunità Montana "Val Petronio") nel territorio oggetto d'indagine si possono considerare solamente 5-6 nuclei aziendali che fanno dell'agricoltura la principale fonte di reddito, mentre per il resto si tratta di attività part-time o addirittura del tutto occasionale.

Ne consegue che le zone agricole eterogenee sono assai rappresentate, oltre tutto preponderanti nelle aree pianeggianti, ove le condizioni favorevoli potrebbero garantire un utilizzo intensivo e forme di gestione ottimali (in tutto il territorio la meccanizzazione risulta quindi ridotta ai minimi termini, sia per l'estrema acclività dei terreni, sia per questa estrema parcellizzazione). Tali aree in genere sono costituite da piccoli lembi di vigneto, qualche oliveto, orti famigliari e fruttiferi sparsi frammisti in modo alquanto disordinato, talvolta caratterizzati da apporto di scarse o comunque discontinue cure colturali.

La coltivazione più diffusa nell'ambito del bacino è rappresentata dall'oliveto che occupa con una certa qual continuità vaste zone della parte mediana ed inferiore dei versanti. La gestione di queste aree è quanto mai eterogenea, anche se in genere le pratiche colturali sono ridotte al minimo indispensabile o addirittura completamente omesse: sono quindi poche le particelle nelle quali vengono realizzati costanti interventi antiparassitari (contro la mosca olearia o la fusaggine), potature, lavorazioni del terreno, manutenzioni dei terrazzi, mentre per il resto è

assai frequente riscontrare indizi di trascuratezza come la presenza di esemplari morti o senescenti che non vengono sostituiti, infiltrazioni più o meno pesanti di essenze erbacee estranee, crolli localizzati dei muretti a secco.

Tuttavia, a causa della grande resistenza dell'olivo, la situazione non è assolutamente compromessa ed anche se l'età media dei popolamenti risulta decisamente elevata lo stato vegetativo è discreto, con ampi margini di recupero e soprattutto con una copertura del suolo efficace nei confronti della protezione idrogeologica dei versanti. In qualche caso comunque le condizioni di abbandono si fanno decisamente più marcate, con il sopravvento di specie infestanti (*Hedera helix*, *Clematis vitalba*, *Rubus gr. irti*) e con condizioni ormai di libera evoluzione naturale verso il bosco.

Anche i vigneti, non molto numerosi con superfici continue superiori all'ettaro, associati invece più frequentemente ad altre colture (compresi perciò entro le zone agricole eterogenee), sono caratterizzati da condizioni fitosanitarie mediocri e da un apporto di cure colturali scadente: l'età media è quindi elevata, non sempre vengono eseguite le sostituzioni dei soggetti morti e le lavorazioni del terreno tra i filari sono discontinue.

Le aree prative sono limitate in numero e superficie, dato il modestissimo peso della zootecnia locale: alle quote inferiori sono presenti, nelle aree pianeggianti, alcuni prati stabili caratterizzati da buone condizioni colturali e da una copertura erbacea costituita da *Lolium perenne*, *L. multiflorum*, *Bromus erectus*, *Festuca circummediterranea*, *Avenula bromoides*, *Trifolium pratense*, *Onobrychis sativa*; più in alto le superfici prativo-pascolive mostrano invece chiari segni d'abbandono (soprattutto per quanto riguarda le zone in Montedomenico e presso Monte Costello), con il prevalere di essenze infestanti (*Pteridium aquilinum*, *Rubus gr. irti*, *Erica arborea*, *Genista spinosa*, *Calicotome spinosa*) o di nuclei di rinnovazione di *Fraxinus ornus* ed *Ostrya carpinifolia* a scapito della cotica erbosa formata da *Brachypodium pinnatum*, *Bromus erectus*, *Sesleria autumnalis*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium pratense*.

Infine dal punto di vista agricolo si segnalano due aree occupate da serre (con coltivazione di fiori e materiale vivaistico), localizzate in prossimità del Torrente, mentre quasi ovunque si rinvencono incolti, anche di superfici estese, ormai colonizzati da una fitta vegetazione arbustiva (prevalentemente rovo, talvolta anche erica e calluna), ad ulteriore testimonianza del progressivo generale abbandono dell'agricoltura in pressoché tutta l'area.

I boschi, che rappresentano la copertura del suolo più diffusa e la cui descrizione viene rimandata ai capitoli successivi, sono caratterizzati nel loro complesso da condizioni fitosanitarie mediocri, per il venir meno di ogni pratica colturale che ha determinato l'invecchiamento dei soprassuoli ed il loro peggioramento qualitativo.

Le formazioni climaciche sono spesso limitate come estensione ai territori meno accessibili, soggetti nel tempo a minore influsso antropico, mentre prevalgono coperture di sostituzione come il castagneto e la pineta di pino marittimo, quest'ultima oltre tutto per la gran parte falcidiata dall'attacco della cocciniglia.

Ne consegue che vaste zone dal punto di vista della protezione idrogeologica dei versanti risultano in precario equilibrio ed in esse potrebbero, anche nel breve periodo, innescarsi pericolosi fenomeni di instabilità e di dissesto (questo discorso vale soprattutto per le aree poste alle quote intermedie del bacino).

Il soprassuolo boscato nelle parti alte del territorio, a causa della rocciosità diffusa e della limitatissima potenza del substrato, viene sostituito da una copertura arbustiva, che visti i gravi limiti edafici stagionali difficilmente potrà evolvere verso fasi arboree più mature.

## Incendi

La cartografia riporta infine la perimetrazione dell'ultimo incendio, risalente al settembre 2000 (fig. 2.5.1.). Per limiti di tempo non è stato possibile reperire dati su un precedente incendio, anch'esso particolarmente esteso e distruttivo, sviluppatosi nell'area tra Campomoneto e San Bernardino in sponda destra del torrente.



*Fig. 2.5.1. – Un'immagine del territorio interessato dall'incendio del settembre 2000*

## **2.6 Descrizione della rete idrografica**

L'analisi idraulica del torrente Gromolo inizia poco a monte della confluenza col rio Gaggi in località Balicca - Ponterotto. In questo tratto il corso d'acqua scorre in un alveo piuttosto incassato, con fondo di roccia affiorante. In sponda destra, a valle della suddetta confluenza, il torrente costeggia la vecchia Comunale per Monte Domenico. In sponda destra, subito a monte del ponte, si notano alcune case-argine interrotte da un tratto privo di protezione spondale adeguata.

A valle del ponte il corso d'acqua subisce un brusco cambio di direzione. In corrispondenza della curva, si notano i resti di un vecchio ponte che contribuiscono a restringere la sezione di deflusso. Per un tratto l'alveo è fiancheggiato in sponda destra dal versante acclive e in sinistra, prima, dal muro di contenimento di un edificio in fregio al corso d'acqua, poi, dalla strada per S. Vittoria di Libiola. A valle della briglia, in sponda sinistra, si rileva la presenza in alveo di un casotto in c.a. che può creare ostacolo al deflusso.

In località Balicca, un ponte ad arco con pila in alveo dà accesso a un gruppo di case in sponda destra, dove l'alveo ha creato un ampio terrazzo alluvionale, a quota inferiore rispetto all'argine sinistro.

In località Campomoneto, il torrente è attraversato da un altro ponte con pila in alveo e basso impalcato, la cui sezione di deflusso è oltremodo ridotta da un deposito di inerti in sponda destra. A valle della briglia, sempre in sponda destra, si nota un tratto in erosione, dovuto anche alla parziale ostruzione dell'alveo per la presenza in sinistra di un grosso riporto adibito a parcheggio. Il substrato dell'alveo è ora meno evidente, prevalgono le alluvioni.

In corrispondenza della confluenza col rio Loto in sponda destra, il torrente Gromolo si discosta dalla strada in sponda sinistra e costeggia un terrazzo alluvionale con case sparse.

Poco più a valle, l'alveo si allarga e scorre sinuoso tra l'argine naturale di un basso terrazzo alluvionale non ancora interessato da insediamenti, in sponda destra, e un muro a tratti discontinuo a quota mediamente maggiore, in sponda sinistra. Il ponte di S. Vittoria di Libiola con pila in alveo restringe parzialmente la sezione di deflusso. A valle l'alveo si restringe di nuovo ed è contenuto dal versante in sponda destra e da un altro terrazzo alluvionale in sinistra, su cui sorgono una segheria e un campo sportivo. In corrispondenza del ponte (sez. GR48), un alto muro di contenimento in sponda destra protegge l'accesso a un edificio posto in fregio al corso d'acqua. Si nota il recente intervento di riprofilatura degli argini e di artificializzazione del fondo con pietrame misto a cls a protezione della pila.

A valle del ponte, il corso d'acqua si allarga e scorre tra due sponde naturali sino in corrispondenza di un gruppo di case in sponda sinistra, a difesa delle quali è stata realizzata una gabbionata in pietrame.

In località Villa Rocca, il torrente è attraversato da un ponte a tre campate sostenuto da muri in c.a., a valle del quale è stato di recente realizzato, a cura della Provincia di Genova, un intervento di sistemazione arginale e di regolarizzazione del fondo.

Il corso d'acqua ha ora un andamento pressoché rettilineo, arginato in sponda destra dal muro di contenimento della strada, che presenta in più punti segni di erosione. Per ovviare a questo problema, si è intervenuti, poco più a valle, con la disposizione a distanza regolare di grossi massi nel letto del torrente, al fine di convogliare la corrente al centro alveo.

La sponda sinistra, che costeggia terreni coltivati, è naturale sino al punto in cui l'alveo viene fiancheggiato dalla Provinciale per S. Vittoria, all'inizio dell'abitato in loc. Ramaia di Fossalupara.

Lungo questo ultimo tratto, sono visibili altri interventi di regolarizzazione del fondo realizzati a cura della Provincia di Genova e una pista di accesso in alveo in sponda sinistra che si è resa necessaria per i lavori.

A valle della briglia l'alveo va restringendosi progressivamente, costeggiato dalla viabilità su entrambe le sponde. In corrispondenza del bivio per Villa Scorza, si notano problemi di cedimento dell'argine destro. In sponda sinistra, più a valle, una serie di massi è posta a protezione del piede del muro d'argine.

In corrispondenza della sez. GR28, l'alveo è contenuto tra due sponde in c.a., collegate da una passerella metallica. Il corso d'acqua, ormai ridotto a un canale artificiale, le cui sponde sono alte circa 3 m rispetto al terreno circostante, riceve in sponda sinistra il rio della Valletta ed è attraversato, senza riduzione della sua luce libera, da un ponte in acciaio a campata unica. Il torrente sottopassa il viadotto autostradale ed è parzialmente ostruito dalla struttura del ponte di via Bruno Primi.

A valle del ponte, dopo la confluenza col rio Battana in sponda sinistra, l'alveo cambia direzione. In corrispondenza della curva, per un tratto di circa 50 m la sponda sinistra risulta priva di muro d'argine. Anche a valle, mentre l'argine destro ha un'altezza costante, quello sinistro è più discontinuo, con presenza di edifici in fregio. In particolare si rileva che il fondo alveo è a quota pari o di poco inferiore a quella del terreno adiacente il corso d'acqua.

Il torrente nel suo tratto terminale risulta plateato, ha un andamento rettilineo ed è attraversato in sequenza dalla passerella pedonale in c.a. a campata unica di via Risetto, dal ponte ad arco medioevale che ne riduce la sezione utile, a valle del quale sboccano nel Gromolo il canale di via Terzi ed il rio S. Giuseppe, dal ponte di via Nazionale e dal ponte della linea ferroviaria Genova-Pisa, a cui si affianca un breve canale scolmatore. A valle del ponte ferroviario e

prima dell'imbocco della tombinatura dei parcheggi, è presente in sponda sinistra un gruppo di edifici in fregio all'alveo.

La tombinatura suddetta, peraltro, risale al 1985, per cui non è visibile sulla C.T.R. in scala 1:10000 che costituisce la cartografia di base del presente Piano.

A metà circa del tratto coperto, sbocca nel Gromolo il rio Staffora, principale affluente di destra.

Allo sbocco della tombinatura, il corso d'acqua si allarga e sottopassa via Vittorio Veneto, per poi sfociare in mare.

Nell'Allegato fotografico sono riportate alcune immagini rappresentative del corso d'acqua.

## 2.7 Idrologia di piena

### 2.7.1 Definizione del bacino idrologico

Il bacino del torrente Gromolo ha una estensione di circa 26 km<sup>2</sup> e si sviluppa da una quota di 910 m s.l.m. in corrispondenza del Monte Roccagrande a 0 m s.l.m. alla foce.

Per il bacino del torrente Gromolo è stata costruita la curva ipsografica riportata in figura, dalla quale si è potuta valutare la quota media del bacino che risulta pari a 258.41 m s.l.m..

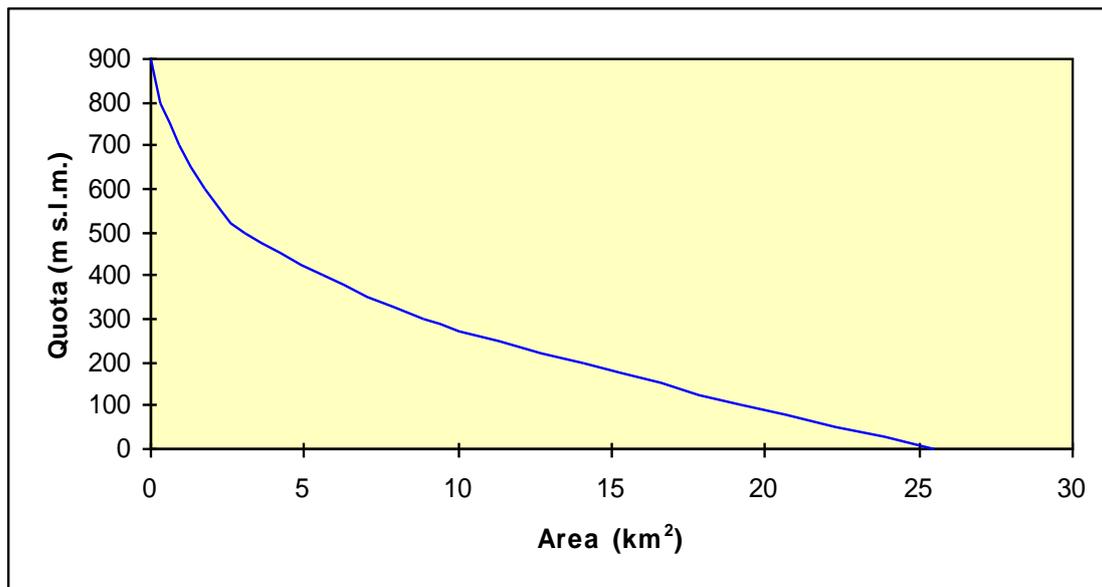


Figura 1.1 - Curva ipsografica del Torrente Gromolo

L'asta del torrente Gromolo si sviluppa principalmente su tre tratti caratterizzati da diverse pendenze.

Lungo il primo tratto fino a monte della località Balicca le pendenze sono variabili dal 15% al 2.5% circa. Questo limite corrisponde alla parte montana del bacino dove l'alveo presenta un aspetto tipicamente montano, incassato con fondo roccioso.

Procedendo verso valle l'asta del torrente assume pendenze decisamente minori dell'ordine dell'1%. Proseguendo ancora verso valle, in prossimità della confluenza con il Rio della Valletta, il Torrente Gromolo assume un andamento pressoché rettilineo e pendenze pari a 0,5-0,6%.

La rete idrica secondaria è costituita da rii affluenti e da canali, generalmente caratterizzati da bacini idrografici di modeste dimensioni.

Gli affluenti principali in sinistra risultano essere il Rio delle Acque Calde, il Rio delle Ciasse, il Rio di Boeno, il Rio Cattan, il Rio della Valletta ed il Rio Battana. Gli affluenti in destra sono il Rio Secco, il Rio Moggia, il Rio Ronco, il Rio Loto, il Rio San Bernardo, il Rio Cascina, il Rio Campua e il Rio Staffora.

Lungo l'asta del torrente Gromolo si sono individuate 10 sezioni di chiusura, per ciascuna delle quali è stato perimetrato il bacino e successivamente determinate le caratteristiche morfometriche e la portata corrispondente. Analogamente si sono definiti i bacini e le portate di alcuni corsi d'acqua secondari, affluenti del torrente Gromolo o scolanti direttamente a mare, interessanti il centro urbano di Sestri Levante.

## 2.7.2 Sottobacini e parametri caratteristici

Il bacino del torrente Gromolo è stato suddiviso nei seguenti sottobacini, relativi alle 10 sezioni di chiusura individuate sull'asta principale: rio Gromolo alla confluenza col rio Secco (sottobacino B0a), rio Secco alla confluenza col rio Gromolo (sottobacino B0b), torrente Gromolo in località Boeno (sottobacino B1), località Balicca (sottobacino B2), località Rovereto (sottobacino B3), località Villa Gandolfo (sottobacino B4), confluenza rio della Valletta (sottobacino B5), confluenza rio Battana (sottobacino B6), confluenza rio Staffora (sottobacino B7) e foce (sottobacino B8). Le sezioni di chiusura e i corrispondenti bacini sottesi sono riportati nella relativa planimetria.

In Allegato 3 si riportano le curve ipsografiche relative ai singoli sottobacini mediante le quali è possibile valutare la quota media e la superficie sottesa. Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei valori ottenuti.

Bacino	Quota sezione di chiusura (m s.l.m.)	Quota media (m s.l.m.)	Superficie sottesa (km <sup>2</sup> )	Lunghezza asta (km)
B0a	151.98	578.78	3.031	2.8
B0b	151.12	581.12	2.027	2.3
B1	66.39	434.17	7.77	3.8
B2	55.01	383.84	10.39	4.6
B3	34.97	329.13	14.92	5.9
B4	33.91	320.69	17.08	7.1
B5	25.00	283.84	20.79	8.8
B6	15.00	276.14	22.00	9.4
B7	14.00	263.88	25.06	10.6
B8	0.00	258.41	25.50	11.1

## 2.7.3. Pluviometria

### 2.7.3.1 Analisi dei dati storici

I dati di base per l'analisi pluviometrica sono costituiti dalle serie storiche relative alle precipitazioni di massima intensità registrate per eventi piovosi aventi durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore. I dati storici sono desunti dagli Annali dell'Istituto Idrografico e Mareografico Nazionale relativi alla stazione di Castiglione Chiavarese.

Per l'applicazione dei modelli afflussi-deflussi e la valutazione della portata di massima piena associata ad un determinato tempo di ritorno, è necessaria la determinazione delle altezze di pioggia, rappresentative della piovosità del bacino in esame, in funzione del tempo.

La determinazione dell'altezza di pioggia è stata eseguita mediante un'analisi statistica delle serie storiche disponibili per la stazione pluviometrica in oggetto.

### 2.7.3.2 Elaborazioni statistico-probabilistiche

L'altezza di pioggia  $h$ , rappresentativa della piovosità del bacino in esame, espressa in funzione del tempo assume, generalmente, la seguente espressione:

$$h=at^n$$

che costituisce la curva di possibilità pluviometrica per un determinato tempo di ritorno  $T_R$ . Per tempo di ritorno si intende quel periodo di tempo entro il quale, statisticamente, si verifica il massimo evento una volta soltanto.

I calcoli sono stati eseguiti per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 e 500 anni.

L'analisi statistica dei dati è stata eseguita applicando il modello di calcolo GUMBEL.

La funzione di distribuzione utilizzata è quella di Gumbel, la cui espressione risulta essere:

$$f_c = \exp(-\exp-\alpha(h-\theta))$$

dove:

$f_c = 1/T_R$  è la frequenza cumulata

$h$  è l'altezza di pioggia

$\alpha$  e  $\theta$  sono i parametri della curva di distribuzione.

Le piogge prese come riferimento per le durate sopracitate sono elaborate al calcolatore con un programma che, dopo aver ordinato la serie di dati per valori crescenti, calcola prima la frequenza relativa degli eventi e da questa risale alla frequenza cumulata.

Ogni frequenza cumulata "FI" con la sua rispettiva serie di precipitazioni "HI", andrà a formare nel piano (H,F) due distinti sciame di punti.

Per ogni sciame viene elaborata la retta interpolatrice col metodo dei minimi quadrati.

Si può allora determinare la probabilità di non superamento relativa al tempo di ritorno ( $T_R$ ), e determinare le altezze di pioggia "regolarizzate" relative ai periodi di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Le elaborazioni ottenute per i diversi tempi di ritorno sono riportate in Allegato 3.

I risultati possono essere così riassunti:

	<b>Tr=2</b>	<b>Tr=5</b>	<b>Tr=10</b>	<b>Tr=25</b>	<b>Tr=50</b>	<b>Tr=100</b>	<b>Tr=200</b>	<b>Tr=500</b>
<b>a</b>	42.48	62.69	76.09	93.01	105.56	118.01	130.43	146.8

<b>n</b>	0.304	0.296	0.294	0.291	0.289	0.288	0.287	0.287
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

#### 2.7.4 Valutazione delle portate di piena

Il calcolo della portata di massima piena per il torrente Gromolo è stato eseguito sia mediante il metodo della corrivazione, sia mediante l'utilizzo di formule empiriche esistenti in letteratura, sia mediante l'applicazione della curva inviluppo (Cati) e del metodo della regionalizzazione (CIMA). Per quanto riguarda i corsi d'acqua secondari, si è fatto ricorso al metodo CIMA per piccoli bacini.

##### Stima del tempo di corrivazione

Esistono in letteratura diverse formulazioni empiriche intese alla determinazione dei tempi di corrivazione in base alle caratteristiche dei bacini imbriferi. I parametri che influenzano il valore del tempo di corrivazione sono: la superficie del bacino imbrifero sotteso, la lunghezza dell'asta principale, l'altitudine media del bacino riferita alla quota della sezione di chiusura, la pendenza caratteristica dell'asta principale.

A seconda dei parametri considerati le formule in esame possono essere così raggruppate:

- la sola superficie del bacino: formula di Turazza, formula di Ventura, formula di Ruggiero;
- la sola lunghezza dell'asta principale: formula di Viparelli;
- la superficie del bacino e la lunghezza dell'asta principale: formula di Pasini;
- la superficie del bacino e la pendenza caratteristica dell'asta principale: seconda formula di Ventura;
- la superficie del bacino, la lunghezza e la pendenza caratteristica dell'asta principale: seconda formula di Pasini, formula di Pasini modificata da Monaldi;
- la superficie del bacino, la lunghezza dell'asta principale e l'altitudine media del bacino riferita alla sezione di chiusura: formula di Giandotti.

Relativamente allo studio di bacino del torrente Gromolo si ritiene opportuno utilizzare la formula di Giandotti in quanto è stata studiata e verificata su diversi bacini dell'Italia Settentrionale ed inoltre è l'unica espressione che tiene conto di tutti i parametri che possono influenzare il valore del tempo di corrivazione.

La formula empirica del Giandotti assume l'espressione:

$$T_c = \frac{a \cdot \sqrt{S} + b \cdot L}{c \cdot \sqrt{H}}$$

dove:

T<sub>c</sub> è il tempo di corrivazione [ore]

a, b, c sono coefficienti che risultano dall'indagine, rispettivamente pari a: 4 1.5 0.8

S è la superficie del bacino [km<sup>2</sup>]

H è l'altezza media del bacino riferita alla sezione di chiusura [m]

L è la lunghezza del percorso idraulicamente più lungo [km]

La formula di Giandotti è stata applicata ai vari sottobacini ottenendo i risultati seguenti:

Sezione di chiusura	Tc [ore]
B0a	0.67
B0b	0.55
B1	1.05
B2	1.29
B3	1.66
B4	1.89
B5	2.32
B6	2.43
B7	2.72
B8	2.81

#### 2.7.4.1 Metodo della corrivazione

La determinazione dell'idrogramma di piena si effettua mediante l'utilizzo del metodo della corrivazione che si basa sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta unicamente a un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui essa è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse scorre indipendentemente dalle altre;
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

Sono state tracciate le linee isocorrive, luogo dei punti del bacino caratterizzati dallo stesso tempo di corrivazione, secondo il metodo proposto da Viparelli, il quale considera le linee isocorrive approssimabili con le linee isoipse in quanto si presuppone che il tempo di corrivazione di ciascun punto del bacino sia proporzionale alla distanza che intercorre tra esso e la sezione di chiusura e che, in generale, a punti di quota più elevata corrispondono distanze maggiori e tempi di corrivazione più grandi.

Ad ogni isocorriva corrisponde una determinata area di competenza; tale area moltiplicata per l'intensità di pioggia fornisce la portata defluente alla sezione di chiusura.

La determinazione della intensità di pioggia è stata effettuata ricorrendo alla curva di massima possibilità pluviometrica valutata nella stazione pluviometrica di Castiglione Chiavarese prendendo in considerazione i valori ottenuti per un tempo di ritorno pari a 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 e 500 anni.

L'idrogramma di piena è stato costruito per una durata di pioggia pari a 5 ore in quanto decisamente superiore al tempo di corrivazione del bacino.

Si precisa che gli idrogrammi di piena sono stati calcolati per le 10 sezioni di chiusura sopra citate e sono riportati in Allegato 3.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei valori ottenuti.

	$Q_{B0a}$ $m^3/s$	$Q_{Bob}$ $m^3/s$	$Q_{B1}$ $m^3/s$	$Q_{B2}$ $m^3/s$	$Q_{B3}$ $m^3/s$	$Q_{B4}$ $m^3/s$	$Q_{B5}$ $m^3/s$	$Q_{B6}$ $m^3/s$	$Q_{B7}$ $m^3/s$	$Q_{B8}$ $m^3/s$
<b>Tr=2 anni</b>	34.10	32.06	76.37	86.43	106.14	107.61	112.53	115.33	123.54	124.17
<b>Tr=5 anni</b>	48.92	46.00	106.91	125.73	146.92	156.74	163.65	167.33	179.31	180.20
<b>Tr=10 anni</b>	58.74	55.25	135.10	151.97	186.77	189.42	197.69	202.20	216.51	217.59
<b>Tr=25 anni</b>	71.15	66.89	164.72	184.73	227.27	230.52	240.44	245.48	263.12	264.41
<b>Tr=50 anni</b>	80.36	75.56	186.73	209.09	257.27	260.95	272.06	277.59	297.56	299.02
<b>Tr=100 anni</b>	89.49	84.14	208.58	233.30	287.10	291.22	303.56	309.64	331.93	333.56
<b>Tr=200 anni</b>	98.59	92.68	230.14	257.54	317.01	321.56	335.20	338.38	366.55	368.54
<b>Tr=500 anni</b>	110.60	103.97	258.77	289.38	356.23	361.35	376.60	384.04	411.73	413.73

#### 2.7.4.2 Formule empiriche

##### Formula di Giandotti

Secondo tale espressione, la portata massima di un bacino dovuta a precipitazioni di intensità costante, si ha per eventi di durata pari al tempo di corrvazione  $T_c$  e si verifica dopo  $T_c$  istanti dall'inizio del fenomeno.

Essa è data dalla seguente formula:

$$Q_{max} = 0.278 \cdot \lambda \cdot \phi \cdot h \cdot \frac{S}{k \cdot T_c}$$

dove:

$k$  è un multiplo del tempo di corrvazione assunto pari a 4

$\lambda$  è un fattore di forma che esprime il rapporto fra la portata massima al colmo di piena e la portata media durante tutto l'evento. Si assume un valore pari a 10

$\phi$  è il coefficiente di deflusso assunto pari a 0.9

$h$  è l'altezza di massima pioggia relativa al tempo di corrvazione  $T_c$  desunta dalle curve di massima possibilità climatica con un determinato periodo di ritorno

$T_c$  è il tempo di corrvazione

$S$  è la superficie del bacino

##### Formula razionale

La portata massima di un bacino si ricava dalla seguente espressione:

$$Q_{max} = \phi \cdot h \cdot \frac{S}{3.6 \cdot T_c}$$

dove:

$\phi$  è il coefficiente di deflusso assunto pari a 0.9

$h$  è l'altezza di massima pioggia relativa al tempo di corrivazione  $T_c$  desunta dalle curve di massima possibilità climatica con un determinato periodo di ritorno

$T_c$  è il tempo di corrivazione

$S$  è la superficie del bacino

#### *Formula di Gherardelli-Marchetti*

Tramite una indagine statistica effettuata sulle massime portate di piena al colmo verificate nei corsi d'acqua italiani fino al 1938, Gherardelli ha dedotto una formula, successivamente aggiornata da Marchetti, che lega il contributo di massima piena alla superficie del bacino. Tale formula assume l'espressione:

$$Q_{\max} = Q_{100} \left( \frac{S}{100} \right)^{-\frac{2}{3}}$$

dove:

$Q_{\max}$  è espressa in  $m^3/s \text{ km}^2$

$S$  è la superficie del bacino [ $\text{km}^2$ ]

$Q_{100}$  è un parametro caratteristico della regione idrologica a cui appartiene il bacino e rappresenta il contributo di massima piena relativo ad un'area scolante di  $100 \text{ km}^2$ .

#### *Formule di Forti*

Sono state dedotte non in seguito a considerazioni statistiche ma semplicemente cercando di mettere in relazione il massimo contributo di piena verificatosi in passato con la superficie del bacino ( $S$ ), sono valide per bacini aventi una superficie di bacino inferiore ai  $1000 \text{ km}^2$ .

Le formule assumono l'espressione:

$$Q_{\max} = 2.35 \frac{500}{S + 125} + 0.5$$

$$Q_{\max} = 3.25 \frac{500}{S + 125} + 0.5$$

La prima formula è valida per i bacini sui quali la pioggia giornaliera è inferiore a  $200 \text{ mm/giorno}$  mentre la seconda è valida se la pioggia è inferiore a  $400 \text{ mm/giorno}$ .

#### *Formula di De Marchi*

Per bacini montani soggetti a piogge con intensità elevata e di superficie  $S$  fino a circa  $150 \text{ km}^2$  è stata proposta la seguente formula:

$$Q_{\max} = 6 \frac{500}{S + 125} + 5$$

#### *Formula di Pagliaro*

La formula risulta valida per bacini aventi area inferiore a  $1000 \text{ km}^2$ :

$$Q_{\max} = \frac{2900}{90 + S}$$

*Formula di Anselmo*

La formula risulta essere:

$$Q_{\max} = \frac{200}{28 + S} + 0.6$$

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive dei valori di portata calcolata con le diverse formule utilizzate.

**Tempo di ritorno pari a 2 anni:**

	Q <sub>B0a</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>Bob</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B1</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B2</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B3</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B4</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B5</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B6</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B7</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B8</sub> m <sup>3</sup> /s
<b>Giandotti</b>	29.46	22.64	53.7	61.77	73.77	77.54	82.42	84.83	86.47	90.46
<b>Razionale</b>	42.39	32.58	77.26	88.88	323.84	106.44	11.57	118.58	122.05	124.43
<b>Gherardelli</b>	155.88	136.33	213.36	235.06	265.19	277.42	296.20	301.84	315.23	317.07
<b>Forti</b>	29.32	19.76	72.65	95.36	132.75	149.79	177.95	186.85	208.75	211.84
<b>De Marchi</b>	86.15	58.01	214.42	282.17	394.50	446.04	531.75	558.97	626.29	635.81
<b>Pagliaro</b>	94.45	63.87	230.47	300.14	412.39	462.57	544.19	569.64	631.62	640.26
<b>Anselmo</b>	21.35	14.72	48.11	60.36	78.47	86.02	97.69	101.2	109.49	110.63

**Tempo di ritorno pari a 5 anni:**

	Q <sub>B0a</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>Bob</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B1</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B2</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B3</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B4</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B5</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B6</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B7</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B8</sub> m <sup>3</sup> /s
<b>Giandotti</b>	43.51	33.58	79.19	90.93	108.67	113.79	120.76	124.25	126.51	132.37
<b>Razionale</b>	62.61	48.32	113.93	130.84	156.36	163.73	173.75	178.78	182.03	190.47
<b>Gherardelli</b>	155.88	136.33	213.36	235.06	265.19	277.42	296.20	301.84	315.23	317.07
<b>Forti</b>	29.32	19.76	72.65	95.36	132.75	149.79	177.95	186.85	208.75	211.84
<b>De Marchi</b>	86.15	58.010	214.42	282.17	394.50	446.04	531.75	558.97	626.29	635.81
<b>Pagliaro</b>	94.45	63.87	230.47	300.14	412.39	462.57	544.19	569.64	631.62	640.26
<b>Anselmo</b>	21.35	14.72	48.11	60.36	78.47	86.02	97.69	101.2	109.49	110.63

*Tempo di ritorno pari a 10 anni:*

	$Q_{B0a}$ $m^3/s$	$Q_{Bob}$ $m^3/s$	$Q_{B1}$ $m^3/s$	$Q_{B2}$ $m^3/s$	$Q_{B3}$ $m^3/s$	$Q_{B4}$ $m^3/s$	$Q_{B5}$ $m^3/s$	$Q_{B6}$ $m^3/s$	$Q_{B7}$ $m^3/s$	$Q_{B8}$ $m^3/s$
<b>Giandotti</b>	52.86	40.80	96.08	110.31	131.75	137.93	146.31	150.53	153.22	160.33
<b>Razionale</b>	76.05	58.71	138.26	158.71	189.57	198.46	210.56	216.59	220.46	230.69
<b>Gherardelli</b>	155.88	136.33	213.36	235.06	265.19	277.42	296.20	301.84	315.23	317.07
<b>Forti</b>	29.33	19.76	72.65	95.36	132.75	149.79	177.95	186.85	208.75	211.84
<b>De Marchi</b>	86.15	58.010	214.42	282.17	394.50	446.04	531.75	558.97	626.29	635.81
<b>Pagliaro</b>	94.45	63.87	230.47	300.14	412.39	462.57	544.19	569.64	631.62	640.26
<b>Anselmo</b>	21.35	14.72	48.11	60.36	78.47	86.02	97.69	101.2	109.49	110.63

*Tempo di ritorno pari a 25 anni:*

	$Q_{B0a}$ $m^3/s$	$Q_{Bob}$ $m^3/s$	$Q_{B1}$ $m^3/s$	$Q_{B2}$ $m^3/s$	$Q_{B3}$ $m^3/s$	$Q_{B4}$ $m^3/s$	$Q_{B5}$ $m^3/s$	$Q_{B6}$ $m^3/s$	$Q_{B7}$ $m^3/s$	$Q_{B8}$ $m^3/s$
<b>Giandotti</b>	64.84	49.96	117.42	134.71	160.77	168.25	178.37	183.49	186.67	195.37
<b>Razionale</b>	93.30	71.89	168.95	193.83	231.32	242.08	256.65	264.02	268.59	281.10
<b>Gherardelli</b>	155.88	136.33	213.36	235.06	265.19	277.42	296.20	301.84	315.23	317.07
<b>Forti</b>	29.33	19.76	72.65	95.36	132.75	149.79	177.95	186.85	208.75	211.84
<b>De Marchi</b>	86.15	58.010	214.42	282.17	394.50	446.04	531.75	558.97	626.29	635.81
<b>Pagliaro</b>	94.45	63.87	230.47	300.14	412.39	462.57	544.19	569.64	631.62	640.26
<b>Anselmo</b>	21.35	14.72	48.11	60.36	78.47	86.02	97.69	101.2	109.49	110.63

*Tempo di ritorno pari a 50 anni:*

	$Q_{B0a}$ $m^3/s$	$Q_{Bob}$ $m^3/s$	$Q_{B1}$ $m^3/s$	$Q_{B2}$ $m^3/s$	$Q_{B3}$ $m^3/s$	$Q_{B4}$ $m^3/s$	$Q_{B5}$ $m^3/s$	$Q_{B6}$ $m^3/s$	$Q_{B7}$ $m^3/s$	$Q_{B8}$ $m^3/s$
<b>Giandotti</b>	73.65	53.67	133.24	152.79	182.26	190.68	202.07	207.86	211.40	221.26
<b>Razionale</b>	105.98	77.23	191.71	219.84	262.24	274.36	290.76	299.08	304.17	318.36
<b>Gherardelli</b>	155.88	136.33	213.36	235.06	265.19	277.42	296.20	301.84	315.23	317.07
<b>Forti</b>	29.32	19.76	72.65	95.36	132.75	149.79	177.95	186.85	208.75	211.84
<b>De Marchi</b>	86.15	58.01	214.42	282.17	394.50	446.04	531.75	558.97	626.29	635.81
<b>Pagliaro</b>	94.45	63.87	230.47	300.14	412.39	462.57	544.19	569.64	631.62	640.26
<b>Anselmo</b>	21.35	14.72	48.11	60.36	78.47	86.02	97.69	101.2	109.49	110.63

*Tempo di ritorno pari a 100 anni:*

	$Q_{B0a}$ $m^3/s$	$Q_{Bob}$ $m^3/s$	$Q_{B1}$ $m^3/s$	$Q_{B2}$ $m^3/s$	$Q_{B3}$ $m^3/s$	$Q_{B4}$ $m^3/s$	$Q_{B5}$ $m^3/s$	$Q_{B6}$ $m^3/s$	$Q_{B7}$ $m^3/s$	$Q_{B8}$ $m^3/s$
<b>Giandotti</b>	82.16	63.51	148.94	170.76	203.63	213.02	225.71	232.16	236.07	247.09
<b>Razionale</b>	118.23	91.38	214.31	245.69	293.00	306.51	324.76	334.04	339.68	355.54
<b>Gherardelli</b>	155.88	136.33	213.36	235.06	265.19	277.42	296.20	301.84	315.23	317.07
<b>Forti</b>	29.32	19.76	72.65	95.36	132.75	149.79	177.95	186.85	208.75	211.84
<b>De Marchi</b>	86.15	58.01	214.42	282.17	394.50	446.04	531.75	558.97	626.29	635.81
<b>Pagliaro</b>	94.45	63.87	230.47	300.14	412.39	462.57	544.19	569.64	631.62	640.26
<b>Anselmo</b>	21.35	14.72	48.11	60.36	78.47	86.02	97.69	101.2	109.49	110.63

*Tempo di ritorno pari a 200 anni:*

	$Q_{B0a}$ $m^3/s$	$Q_{Bob}$ $m^3/s$	$Q_{B1}$ $m^3/s$	$Q_{B2}$ $m^3/s$	$Q_{B3}$ $m^3/s$	$Q_{B4}$ $m^3/s$	$Q_{B5}$ $m^3/s$	$Q_{B6}$ $m^3/s$	$Q_{B7}$ $m^3/s$	$Q_{B8}$ $m^3/s$
<b>Giandotti</b>	91.08	70.23	164.62	188.73	225.07	235.44	249.46	256.59	260.92	273.10
<b>Razionale</b>	131.04	101.06	236.86	271.55	323.84	338.77	358.94	369.20	375.43	392.96
<b>Gherardelli</b>	155.87	136.33	213.36	235.06	265.19	277.42	296.20	301.84	315.23	317.07
<b>Forti</b>	29.32	19.76	72.65	95.36	132.75	149.79	177.95	186.85	208.75	211.84
<b>De Marchi</b>	86.14	58.01	214.42	282.17	394.50	446.04	531.75	558.97	626.29	635.81
<b>Pagliaro</b>	94.45	68.88	230.47	300.14	412.39	462.57	544.19	569.64	631.62	640.26
<b>Anselmo</b>	21.35	14.72	48.11	60.36	78.47	86.02	97.69	101.2	109.49	110.63

*Tempo di ritorno pari a 500 anni:*

	$Q_{B0a}$ $m^3/s$	$Q_{Bob}$ $m^3/s$	$Q_{B1}$ $m^3/s$	$Q_{B2}$ $m^3/s$	$Q_{B3}$ $m^3/s$	$Q_{B4}$ $m^3/s$	$Q_{B5}$ $m^3/s$	$Q_{B6}$ $m^3/s$	$Q_{B7}$ $m^3/s$	$Q_{B8}$ $m^3/s$
<b>Giandotti</b>	102.51	78.86	185.26	212.35	253.17	264.81	280.52	288.53	293.35	307.00
<b>Razionale</b>	147.47	113.46	266.56	305.54	364.27	381.02	403.63	415.15	422.09	441.81
<b>Gherardelli</b>	155.87	136.33	213.36	235.06	265.19	277.42	296.20	301.84	315.23	317.07
<b>Forti</b>	29.32	19.76	72.65	95.36	132.75	149.79	177.95	186.85	208.75	211.84
<b>De Marchi</b>	86.15	68.01	214.42	282.17	394.50	446.04	531.75	558.97	626.29	635.81
<b>Pagliaro</b>	94.45	63.87	230.47	300.14	412.39	462.57	544.19	569.64	631.62	640.26
<b>Anselmo</b>	21.35	14.72	48.11	60.36	78.47	86.02	97.69	101.2	109.49	110.63

### 2.7.4.3 Curva inviluppo

La portata massima temibile è stata inoltre calcolata attraverso l'applicazione della Curva Inviluppo dei Corsi d'Acqua Liguri con Versante Tirrenico, aggiornata dopo il 1970. Tale curva raccoglie i dati storicamente registrati dall'ufficio Idrografico delle portate di piena dei corsi d'acqua liguri con foce sul versante tirrenico. Di seguito si riporta la curva dalla quale è possibile valutare, in funzione delle aree dei sottobacini considerati, le portate corrispondenti alle diverse sezioni di chiusura.

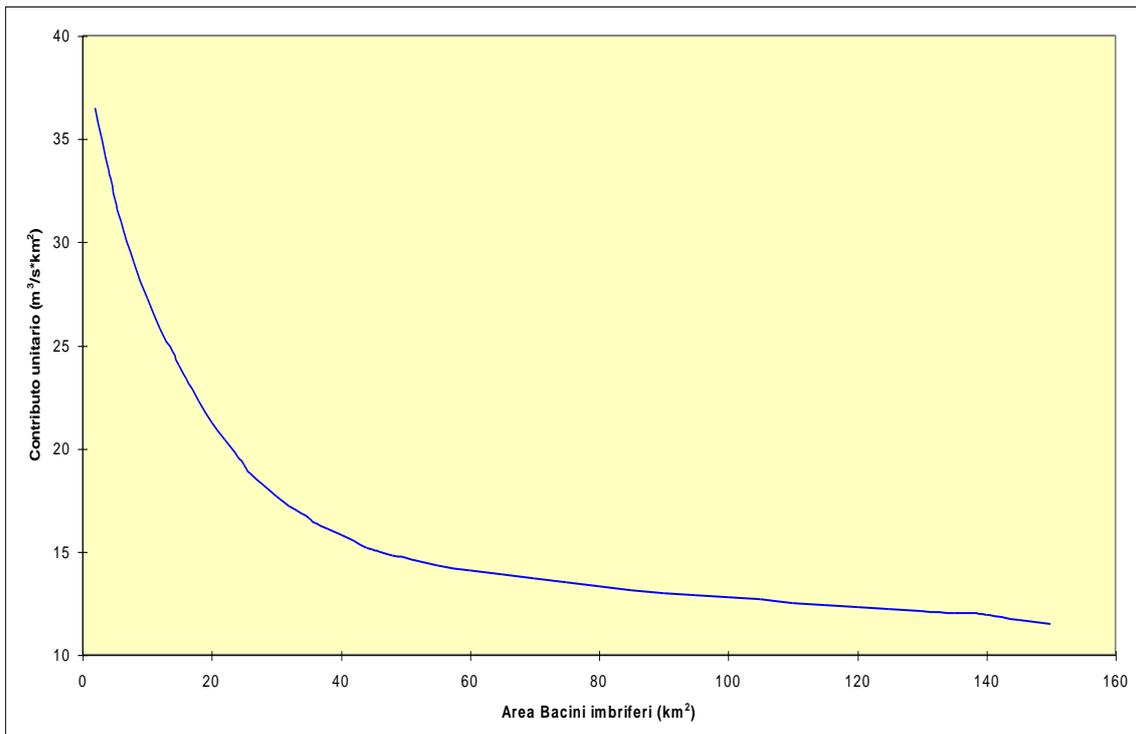


Figura 1.2 - Curva inviluppo delle portate di piena

Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti.

	$Q_{B0a}$ $m^3/s$	$Q_{B0b}$ $m^3/s$	$Q_{B1}$ $m^3/s$	$Q_{B2}$ $m^3/s$	$Q_{B3}$ $m^3/s$	$Q_{B4}$ $m^3/s$	$Q_{B5}$ $m^3/s$	$Q_{B6}$ $m^3/s$	$Q_{B7}$ $m^3/s$	$Q_{B8}$ $m^3/s$
<b>Curva inviluppo</b>	109	101	233	285	358	389	432	449	481	484

### 2.7.4.4 Metodo CIMA

A titolo di confronto si sono determinati per ciascuna sezione di chiusura sull'asta principale i valori di portata col metodo della regionalizzazione (CIMA) per vari tempi di ritorno.

Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti.

<b>Tr</b>	$Q_{B0a}$ $m^3/s$	$Q_{B0b}$ $m^3/s$	$Q_{B1}$ $m^3/s$	$Q_{B2}$ $m^3/s$	$Q_{B3}$ $m^3/s$	$Q_{B4}$ $m^3/s$	$Q_{B5}$ $m^3/s$	$Q_{B6}$ $m^3/s$	$Q_{B7}$ $m^3/s$	$Q_{B8}$ $m^3/s$
-----------	----------------------	----------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

50 anni	-	-	117	145	190	210	237	254	281	284
200 anni	-	-	169	210	275	304	343	368	406	411
500 anni	-	-	203	252	331	366	412	443	488	495

Poiché tra le portate del torrente Gromolo ottenute col metodo della corrivazione e quelle fornite dallo studio CIMA è emersa una congruenza soddisfacente, per il calcolo delle portate di piena per i corsi d'acqua secondari si è utilizzato il metodo CIMA per bacini piccoli aventi superficie inferiore a 2 km<sup>2</sup>.

Le portate dei vari bacini per i periodi di ritorno considerati si sono ricavate con la seguente formula:

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

nella quale:

A è la superficie drenata espressa in km<sup>2</sup>

U<sub>A=2</sub> è il contributo unitario per area pari a 2 km<sup>2</sup>, espresso in m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>, fornito in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica (longitudine)

K<sub>T</sub> è il fattore di frequenza delle portate tabellato in funzione del periodo di ritorno.

A favore di sicurezza e in considerazione dell'elevato grado di urbanizzazione, per ciascun sottobacino si è assunta un'estensione delle aree impermeabili compresa fra 30% e 60%, e quindi un valore di CN medio pari a 87.

Per quanto riguarda sezioni intermedie lungo le aste secondarie, la portata di piena per i vari tempi di ritorno è stata assunta pari al valore della relativa sezione di chiusura.

Si riportano di seguito, per ciascun rio considerato, i valori di portata per vari tempi di ritorno.

	Q <sub>T=5</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>T=10</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>T=30</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>T=50</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>T=100</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>T=200</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>T=500</sub> m <sup>3</sup> /s
Staffora	16	23	37	44	54	64	77
Ragone	9	12	20	24	29	34	41
Battana	10	13	21	26	31	37	45
Valletta	10	14	22	27	33	39	46
Ramino	9	12	19	23	28	33	40

Fico	5	7	12	14	18	21	25
Senza nome 1	2	3	4	5	7	8	9
Senza nome 2	2	3	5	6	7	8	10

### 2.7.5 Stima del trasporto solido

Si è proceduto al calcolo del trasporto solido in modo tale da considerare, ai fini dei calcoli idraulici, una portata totale comprensiva sia della portata liquida, sia del contributo della portata solida.

In particolare si sono utilizzate le formule che fanno riferimento agli studi svolti da Meyer-Peter-Muller, da Schoklitsch, da Engelund-Hansen, da Ackers-White e da Yang.

Le formule sono state inserite in un programma di calcolo chiamato Solid-Tras che fornisce i tabulati ed i diagrammi riportati in Allegato 3.

Si precisa che i diametri medi delle particelle solide sono stati stimati direttamente in situ e che il peso specifico del materiale è stato assunto pari a  $2700 \text{ kg/m}^3$ .

I tabulati allegati mostrano il variare della portata solida (in  $\text{kg/s}$ ) in funzione della portata liquida. Dall'analisi di tali tabelle si evince che, per una portata liquida pari a circa  $430 \text{ m}^3/\text{s}$  (cioè la portata nella sezione 1 di valle per un tempo di ritorno di 500 anni), si hanno valori di portata solida variabili fra  $6590 \text{ kg/s}$  (Ackers-White) e  $85920 \text{ kg/s}$  (Engelund-Hansen). Dato il peso specifico di  $2700 \text{ kg/m}^3$ , i valori suddetti corrispondono rispettivamente a  $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$  ed a  $31.8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dal momento che è stato preso in considerazione il valore di portata liquida maggiore, si ritiene sufficientemente cautelativo assegnare un incremento di portata dovuto al trasporto solido pari a  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### **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, dovrebbero essere tenuti in considerazione tutti i processi fisici che possano causare situazioni di pericolosità nonché le loro interazioni.

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 comunque compatibile con quanto richiesto dal D.L. 180/98 sulla perimetrazione delle aree a rischio.

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 riunite nella Tav. 13, Carta della pericolosità geomorfologica.

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

Per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica all'interno del bacino, questa è stata determinata, analogamente al caso del bacino pilota del T. Sturla, sulla base del modello di previsione di tipo ponderale e areale proposto dal Comitato Tecnico dell'Autorità di bacino Regionale per la redazione della carta della suscettività al dissesto di versante.

A partire da detto elaborato, inoltre, si è provveduto ad una revisione ed interpretazione del dato che, oltre alla validazione, ha permesso una valutazione di massima dell' "evoluzione del dissesto".

La scarsità di informazioni non ha consentito di prevedere evoluzioni particolarmente complesse dei fenomeni (ad esempio interazione dei movimenti franosi con la dinamica fluviale) e neppure di individuare gradi di pericolosità proporzionali alla velocità dei fenomeni (pericolosità in funzione della tipologia di frana). Le conoscenze attuali infatti

richiederebbero modelli geotecnici con dati di input altamente sofisticati, economicamente onerosi e non proponibili alla scala del Piano.

Si è preferito affidarsi al buon senso e alla conoscenza del territorio da parte del rilevatore che, caso per caso, ha integrato il dato derivante dalla sovrapposizione delle variabili che contribuiscono al valore totale di suscettività al dissesto con osservazioni geologiche e geomorfologiche puntuali.

Si tenga comunque sempre presente, soprattutto in sede di valutazioni legate alla protezione civile, che le aree a differente pericolosità individuate nel presente piano derivano da rilevamenti con dettaglio non adeguato alle problematiche di protezione civile.

Il grado di previsione dei fenomeni geomorfologici derivabile dalla carta della Pericolosità offre solamente una visione a scala di bacino delle principali criticità ed è sostanzialmente finalizzato alla pianificazione degli interventi per la riduzione delle medesime nonché a fornire indicazioni generali (sempre a scala di bacino e per i soli aspetti geomorfologici) per la pianificazione urbanistica comunale.

La valutazione della pericolosità contenuta nel presente Piano Stralcio non può in ogni caso sostituire i piani di Protezione Civile provinciali e comunali, che, per garantire il sufficiente grado di accuratezza, dovranno necessariamente partire da una zonizzazione di tipo geomorfologico appositamente finalizzata e a scala differenziata in funzione della fenomenologia analizzata.

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 (o a scala ancora più ampia):

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

Di seguito sono riportate le analisi e le elaborazioni per la redazione della carta della suscettività al dissesto dei versanti e di 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. Gromolo è stata valutata la suscettività al dissesto dei versanti applicando la metodologia proposta dalla Autorità di Bacino e sperimentata per la prima volta sul T. Sturla.

Rimandando alla linea guida 2 2000, si ricorda che 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

Ad ogni variabile viene assegnato un peso in funzione della sua influenza sulla stabilità del versante. Infine, la suscettività al dissesto è determinata dalla sommatoria dei pesi per ogni singolo poligono ottenuto nella fase di sovrapposizione dei tematismi di base.

La carta della suscettività al dissesto di versante per il bacino del Gromolo si discosta dalla metodologia standard per il solo fatto che l'attribuzione dei pesi alle litologie non è avvenuta semplicemente sulla base statistica ma è stata affinata durante la fase di taratura anche sulla base delle conoscenze del territorio e dell'attendibilità del dato.

<i>Litologia</i>	<i>Formazione</i>	<i>Area</i>	<i>Sul bacino</i>	<i>area in frana</i>	<i>% in frana</i>
<b>bc</b>	<b>BCB</b>	1236001	5%	94530	7.65%
<b>ar</b>	<b>GOT</b>	6746754	25%	107730	1.60%
<b>as</b>	<b>LVG</b>	7306999	27%	381355	5.22%
<b>d</b>	<b>MAL</b>	815723	3%	110	0.01%
<b>as</b>	<b>MVE</b>	949967	4%	43120	4.54%
<b>db</b>		828687	3%	57575	6.95%
<b>sr</b>		4786631	18%	327040	6.83%
<b>ag</b>	<b>GTT</b>	3329854	12%	45160	1.36%
<b>ma</b>	<b>LVG</b>	1048440	4%	8970	0.86%

*Fig. 3.2.1.1 – Risultati dell'analisi statistica prevista dalla metodologia regionale*

Il risultato dello studio è il modello schematizzato nella tabella seguente, che elenca le variabili considerate ed il relativo peso attribuito (per le voci si confrontino le raccomandazioni raccolte nella raccolta dei criteri per l'elaborazione dei Piani di bacino):

<b>Tema</b>	<b>punteggio</b>
<b>LITOLOGIE</b>	
<i>cCAL</i>	3
<i>gb</i>	4
<i>db</i>	6
<i>maLVG</i>	3
<i>sr</i>	8
<i>d</i>	4
<i>asMVE</i>	6
<i>bcBCB</i>	8
<i>bcLEV</i>	7
<i>bcMBC</i>	7
<i>bcZEN</i>	7
<i>agGOT</i>	5
<i>agLVG</i>	5
<i>agGTT</i>	5
<i>asLVG</i>	5
<i>arGOT</i>	4
<b>COPERTURE</b>	
<i>c su imp</i>	4
<i>c su spe</i>	3
<i>c su per</i>	3
<i>cg su imp</i>	4
<i>cg su spe</i>	3
<i>cg su per</i>	3
<i>cf su imp</i>	4
<i>cf su spe</i>	3
<i>cf su per</i>	3
<i>dt su imp</i>	5
<i>dt su spe</i>	4
<i>dt su per</i>	3
<i>dt1 su imp</i>	5
<i>dt1 su spe</i>	4
<i>dt1 su per</i>	3
<i>dt2 su imp</i>	4
<i>dt2 su spe</i>	4
<i>dt2 su per</i>	3
<i>all</i>	-3
<b>STATO DELLA ROCCIA</b>	
<i>RF</i>	5
<i>RS</i>	4
<i>R0</i>	3
<b>ACCLIVITA'</b>	
<i>Classi 1 2 su coltri</i>	-5
<i>Classe 3 su coltri</i>	2
<i>Classe 4 su coltri</i>	4
<i>Classe 5 su coltri</i>	5
<i>Classi 6 7 su coltri</i>	7

<i>Classi 1 2 su roccia</i>	-5
<i>Classe 3 su roccia</i>	1
<i>Classe 4 su roccia</i>	3
<i>Classe 5 su roccia</i>	5
<i>Classi 6 7 su roccia</i>	5
<i>Classi 1 2 su alluvioni</i>	-5
<i>Classe 3 su alluvioni</i>	2
<i>Classe 4 su alluvioni</i>	3
<i>Classe 5 su alluvioni</i>	4
<i>Classi 6 7 su alluvioni</i>	7
<b>USO DEL SUOLO</b>	
<i>Eff idro 1</i>	-1
<i>Eff idro 2</i>	0
<i>Eff idro 3</i>	2
<b>AGGRAVANTI</b>	
<i>DGPV</i>	3
<i>Ersione concentrata</i>	2
<i>Contatti litologici a forte contrasto</i>	2

Fig. 3.2.1.2. – Pesi assegnati alle singole variabili considerate.

I pesi delle litologie che risulterebbero statisticamente più franose è stato ridotto in ragione del fatto che i fenomeni franosi si conservano più a lungo in serpentiniti e brecce. In argilliti ed argilloscisti, al contrario il rimodellamento e l'erosione obliterano più rapidamente le morfologie legate alle frane e le rendono meno riconoscibili già dopo pochi anni o addirittura mesi.

Una riduzione del peso attribuito alle ofioliti (litotipi caratterizzati da alta acclività) tiene inoltre in considerazione la limitazione di una attribuzione univoca del peso dell'acclività in funzione della roccia.

In realtà un futuro affinamento del modello dovrebbe prevedere una differenziazione dell'acclività a seconda del litotipo.

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

Lo stesso peso delle coltri potenti fini su substrato impermeabile è stato assegnato anche alle aree con substrato affiorante fratturato (Rf) o in condizioni giaciture sfavorevoli (Rs), mentre è stato comunque conservato un peso aggravante per la Rocia indeterminata o coperta da coltre sottile (R0) per il grado di imprecisione legato alla sua definizione (cfr paragrafo 2.2.4.).

Per quanto riguarda i pesi assegnati alla carta dell'acclività è stata ripresa l'assegnazione di pesi negativi per le aree meno acclivi ( $< 11,3^\circ$ ), in ragione del fatto che nelle aree con queste

caratteristiche di pendenza i dati raccolti consentono ragionevolmente di escludere l'innescò di movimenti di massa e le problematiche che possono presentarsi sono prevalentemente di tipo geotecnico ed idraulico.

Infine, la scarsa attendibilità della cartografia dell'uso del suolo, da noi riveduta solo nella perimetrazione dei centri abitati e degli altri elementi a rischio, ha suggerito di limitare al minimo l'influenza di tale parametro sulla suscettibilità globale. Si è quindi optato per l'attribuzione di una aggravante per le sole aree definite a bassa efficienza idrogeologica.

I pesi suggeriti dall'analisi statistica per le diverse litologie è stata quindi corretta sulla base della conoscenza del sito e soprattutto in base alla taratura del modello.

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 (ELEVATA, MEDIA, BASSA e MOLTO BASSA) tramite la fusione e l'accorpamento dei poligoni contenuti nella carta. Sovrapponendo alla carta di cui sopra la carta della franosità reale si sono delimitate le frane attive e quiescenti e le diverse classi di suscettività; le prime vengono assegnate ad una classe a sé (SUSCETTIVITA' MOLTO ELEVATA) mentre le seconde vengono direttamente inserite in classe di suscettività ELEVATA.

L'ultimo passaggio previsto nel percorso descritto è quello della delimitazione ed assegnazione ad una categoria speciale delle aree interessate dalla presenza di cave, discariche o grandi riporti che si è ritenuto opportuno trattare separatamente rispetto ai versanti naturali, sia per quanto riguarda gli aspetti di suscettività che per i regimi normativi.

<b>CLASSE DI SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO</b>	<i>sigla</i>	<i>range</i>
Molto bassa	<b>Pg0</b>	<b>Pg0&lt;2</b>
Bassa	<b>Pg1</b>	<b>2&lt;=Pg1&lt;9</b>
Media	<b>Pg2</b>	<b>9&lt;=Pg2&lt;15</b>
Elevata	<b>Pg3b</b>	<b>Pg3b&gt;=15</b>

Fig. 3.2.1.3 – Corrispondenza delle classi di suscettività con i pesi.

### **CLASSI SOVRAIMPOSTE**

Frane attive	<b>Molto elevata</b>	Pg4
Frana quiescente	<b>elevata</b>	Pg3a
Frana relitta o stabilizzata e DGPV	<b>elevata</b>	Pg3b
Area a franosità diffusa attiva	<b>elevata</b>	Pg3a
Area a franosità diffusa quiescente	<b>elevata</b>	Pg3b
Frana superficiale – Soil Slip quiescente	<b>elevata</b>	Pg3b
Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio	<b>Area speciale</b>	Tipo A
Ex cave, ex miniere	<b>Area speciale</b>	Tipo B1
ex discariche e riporti antropici	<b>Area speciale</b>	Tipo B2

### **3.2.2 Pericolosità geomorfologica**

Come richiesto dalle raccomandazioni regionali si è provveduto alla redazione della cartografia della pericolosità geomorfologica (tav. 13) a partire dalla carta della suscettività al dissesto di versante.

L'operazione è stata eseguita manualmente dal geologo rilevatore che caso per caso ha esteso o ridotto, accorpendo i poligoni a differente classe di suscettività di versante, pervenendo ad un elaborato finale che ha tre obiettivi fondamentali:

1. introdurre nella metodologia un controllo puntuale sull'intero bacino;
2. realizzare una perimetrazione che, seppure nei limiti delle conoscenze attuali, consenta di prevedere anche la possibile evoluzione del fenomeno di dissesto nell'intorno;
3. costruire una carta meno frammentata e di più facile lettura anche per 'il non tecnico'.

Operativamente si è proceduto tenendo conto di tutti gli elementi della carta geomorfologica quali cicli di frana, erosione e ruscellamento, vicinanza dai corsi d'acqua e dai crinali e non ultima la topografia. Quest'ultimo aspetto ha consentito di correggere l'errore di valutazione legato al modello a maglia dal quale deriva la carta dell'acclività e che è responsabile della rettificazione di molti dei limiti della tavola 9.

Venendo al commento della carta, si può notare come le aree a maggior pericolosità si concentrino come ovvio in corrispondenza della principali aree in frana (area Loto, area San Bernardo, rio Cattana e rio Ciansela, rio Gromolo a monte della confluenza del Rio Secco, e gole del Gromolo presso il Colle Boeno) e in corrispondenza degli affioramenti del substrato ofiolitico nel settore di nord est, le aree a suscettività media siano arealmente le più diffuse, mentre la suscettività bassa si riscontri esclusivamente sui versanti e i crinali modellati su arenarie e marne, caratterizzati da roccia affiorante o subaffiorante e con acclività medio basse.

### **3.3 Problematiche di tipo idraulico**

#### **3.3.1 Gli eventi storici di piena documentati**

Il torrente Gromolo, come cita il documento prodotto dal Comune di Sestri Levante *Censimento aree vulnerate da calamità idrauliche ed idrogeologiche*, Prot. n. 20937, datato 13 ottobre 1994, è periodicamente soggetto a piene di notevole intensità, che hanno talvolta causato esondazioni anche particolarmente gravi, come quelle storiche del 1948, 1953, 1977, quella gravissima del 1979 e l'ultima del 1981.

In occasione dei vari eventi alluvionali si sono verificate rotture di argini sul lato destro del torrente, con conseguente allagamento della zona di Via A. Terzi, Via Antica Romana Occidentale e traverse adiacenti.

Altre inondazioni sono state causate nei medesimi anni dall'inadeguatezza del rio Ragone, che confluisce alla destra del torrente Gromolo in corrispondenza del ponte romano, e del rio S. Giuseppe, che percorre la zona di Via Antica Romana Orientale e confluisce alla sinistra del Gromolo in prossimità dello stesso ponte.

Negli anni successivi sono stati eseguiti interventi tali da scongiurare, almeno in parte, il pericolo di esondazioni.

Un problema caratteristico è quello dell'insabbiamento della foce del torrente, il che potrebbe costituire ostacolo al regolare deflusso in mare delle acque.

Nel corso degli eventi alluvionali dell'autunno 1993, si sono lamentati erosioni e crolli di muri d'argine in vari tratti a monte, mentre nessuna conseguenza ha subito il centro urbano.

Problemi di inondazione permangono tuttora nella zona di S. Bartolomeo della Ginestra, attualmente servita da un canale, in gran parte ubicato sotto il marciapiede di Via Mons. Vattuone, che confluisce in quello di Via Antica Romana Orientale.

Il problema è dovuto, oltre che all'insufficienza della sezione idraulica del canale, al fatto che, in occasione di piogge di intensità eccezionale, i rivi secondari provenienti dalla campagna circostante riversano una grande quantità di terra e detriti che ostacola il deflusso delle acque e talvolta ha causato la completa ostruzione del canale e il conseguente allagamento della zona circostante.

Il tratto urbano del rio Battana, prima della divisione in due sezioni, è stato soggetto a frequenti esondazioni a causa della sezione limitata e della modesta pendenza.

Alcuni problemi di allagamenti si sono verificati, in occasione degli eventi alluvionali degli anni sopra citati e in molti altri minori, nella zona di Via XXV Aprile e Piazza Matteotti, dovuti essenzialmente all'ineguaglianza dei vari condotti minori in cui confluiscono le acque piovane della zona e al canale Chiusa, il quale presenta alla foce problemi di deflusso dovuti a un continuo insabbiamento.

La zona denominata Pietracalante, ai piedi della collina di S. Anna, infine, è soggetta ad allagamenti nel tratto a monte della linea ferroviaria a causa dell'insufficienza delle canalizzazioni esistenti a garantire il deflusso delle acque.

### **3.3.2. Mappatura delle aree storicamente inondate**

Nell'analisi delle aree soggette a rischio di inondazione, il primo e spesso determinante livello di conoscenza è costituito dall'individuazione di quanto vulnerato nel passato.

In particolare, dove non siano avvenuti cambiamenti radicali della struttura urbana e della rete idrografica, è possibile utilizzare i dati storici associati ad opportune verifiche, quale mezzo per definire le aree vulnerabili.

La perimetrazione delle aree storicamente inondate, desunta dalla D.G.R. n. 2615 e dalla documentazione fornita dal Comune di Sestri Levante, è stata rivista in maniera critica sulla base della morfologia del territorio.

È stata quindi realizzata una carta in scala 1:5000 sulla quale sono stati indicate in blu l'alveo e in azzurro le aree soggette ad inondazione o allagamento dovuto a carenze della rete di smaltimento delle acque superficiali.

### **3.3.3 Analisi e verifica delle sezioni critiche**

Nel presente paragrafo vengono prese in esame le sezioni d'alveo riportate sulla tavola grafica allegata, al fine di studiarne il comportamento idraulico a fronte di determinati valori di portata liquida.

Il rilevamento topografico del torrente Gromolo, assunto a base delle verifiche, è stato eseguito dalla GEODATA nel mese di Marzo 1997, utilizzando una stazione totale (TOPCON

GTS-303) con registrazione digitale dei dati su registratore MEMOTOP. I dati registrati su supporto magnetico sono stati elaborati con un programma di calcolo (STRATO) per la restituzione del piano quotato e delle sezioni.

Il suddetto rilievo è stato aggiornato nell'Aprile 2001, nel tratto compreso tra il ponte medioevale (sez. GR10) e la briglia in località Fossalupara (sez. GR32), a cura dello studio dell'Ing. Tosi Porcari, tecnico incaricato dal Comune di Sestri Levante.

Nelle sezioni in cui i due rilievi si uniscono, possono riscontrarsi differenze altimetriche, poco influenti tuttavia sul modello idraulico.

Si sono individuate in totale 70 sezioni e sono state eseguite le analisi idrauliche considerando le portate di massima piena con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua secondari, si sono assunti, verificandoli a campione, i rilievi contenuti in alcune pratiche in possesso dell'Amministrazione Provinciale e si sono effettuate misure dirette di sezioni in corrispondenza di manufatti idraulici.

### 3.3.3.1 Portate di verifica

Dall'analisi eseguita si evince come le portate calcolate con diversi metodi siano tra loro differenti e pertanto risulta necessario scegliere un valore di portata da utilizzare per le verifiche idrauliche.

Occorre innanzitutto notare che alcune delle formule empiriche utilizzate (formula del Pagliaro, di De Marchi e di Anselmo) assumono valori decisamente diversi rispetto a quelli ottenuti con le altre formule o con gli altri metodi e pertanto non verranno considerati.

Il metodo della curva inviluppo fornisce valori di portata effettivamente registrati su torrenti liguri, tuttavia, se confrontati con i valori ottenuti mediante il metodo della corrivazione o ricavati dalle formule empiriche, risultano paragonabili a valori di portata con tempo di ritorno pari a circa 500 anni.

Le verifiche idrauliche del torrente Gromolo sono state eseguite assumendo i seguenti valori di portata, per tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, comprensivi del contributo solido, compresi fra i valori ottenuti con il metodo della corrivazione e dalle formulazioni di tipo empirico:

Tr	Q <sub>B0a</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B0b</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B1</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B2</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B3</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B4</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B5</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B6</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B7</sub> m <sup>3</sup> /s	Q <sub>B8</sub> m <sup>3</sup> /s
50 anni	88	77	187	199	261	271	286	292	306	311
200 anni	100	88	233	270	325	340	360	370	380	400
500 anni	129	118	252	294	360	373	390	399	417	427

### 3.3.3.2 Metodologie di calcolo

Le verifiche sono state condotte con diverse metodologie di calcolo in funzione della criticità (zone storicamente vulnerate), della complessità geometrica dell'alveo (presenza di curve, bruschi restringimenti ecc.) e della documentazione e dei rilievi disponibili.

Sono stati seguiti due approcci, uno di tipo esteso utilizzato per la verifica di un tronco d'alveo critico, una zona di confluenza, l'altro di tipo locale impiegato per i tratti d'alveo la cui criticità è dovuta principalmente all'insufficienza di singoli manufatti (ponti, passerelle, coperture, ecc.).

Le verifiche in condizioni di moto permanente hanno riguardato il torrente Gromolo, dalla foce alla località Rocca di Boeno, per una lunghezza complessiva di circa 6.75 Km e alcuni affluenti principali (rio Staffora, rio Ragone e rio Battana).

#### Verifiche estese (moto permanente)

Il moto permanente è caratterizzato da portate liquide costanti, mentre è consentita una variazione graduale della geometria lungo tutta l'asta fluviale considerata.

Le equazioni che regolano il moto permanente sono l'equazione di continuità:

$$\frac{\partial(\rho Q)}{\partial s} = 0$$

che, in caso di densità costante si riduce alla:

$$Q = \Omega \cdot U = \text{cost.}$$

e l'equazione dinamica:

$$\frac{d}{ds} \left( z + \frac{p}{\gamma} + \frac{U^2}{2g} \right) = -j$$

dove al solito si intende:

Q = portata liquida

s = ascissa curvilinea

U = velocità media

z = quota fondo alveo

p/γ = pressione idrostatica

j = perdita di carico distribuita

Per quanto riguarda la cadente j del carico effettivo, essa si valuta con le espressioni consigliate per il calcolo della perdita di carico nel moto uniforme, assumendo che, come in quel caso, gli sforzi tangenziali sul contorno dipendano solo dalle condizioni alla parete, dalla forma della sezione e dalla velocità media.

In caso di corsi d'acqua naturali, o comunque per canali di sezioni complesse, il problema del tracciamento della superficie libera in moto permanente con una determinata portata Q si risolve con procedimenti di calcolo numerico, con i quali vengono discretizzate ad intervalli più o meno piccoli le grandezze infinitesimali di cui sopra.

Innanzitutto occorre un rilievo dettagliato dell'alveo, per suddividere il corso d'acqua in tronchi  $\Delta s$ , più o meno brevi ma tali da poter confondere i valori medi della sezione e della velocità in ciascun tronco con i valori ad un estremo.

Dopo di che si applica sostanzialmente il metodo delle differenze finite nella variabile indipendente  $\Delta s$  e nella variabile dipendente  $\Delta H$  (carico totale).

Eventuali variazioni rapide di forma vanno valutati a parte in quanto le perdite devono tener conto anche degli eventi vorticosi localizzati.

Il procedimento di calcolo è inoltre valido solo nell'ambito di variazioni graduali della corrente, nelle quali cioè il comportamento nei confronti della situazione di criticità è univocamente definito alla sezione iniziale e non può più cambiare, a meno di eseguire il calcolo per tratti omogenei.

Per la risoluzione numerica del problema si fa uso del programma di calcolo HEC-RAS, realizzato dall'Hydrologic Engineering Center di Davis, California (US Army Corps of Engineering). Esso rappresenta l'ultima evoluzione del codice di calcolo HEC-2 per la simulazione di correnti in moto stazionario.

HEC-RAS consente di calcolare il profilo idraulico di moto stazionario, in alveo non prismatico a fondo fisso, per una qualsiasi rete idrografica a pelo libero (asta fluviale, reti di irrigazione, sistemi idrografici ramificati), nell'ipotesi di flusso omogeneo e monodimensionale. Il programma è in grado di simulare condizioni di corrente lenta, veloce nonché regimi misti. E' possibile tenere conto di:

- portate laterali;
- nodi idraulici (confluenze, biforcazioni);
- alvei e aree golenali con diverso sviluppo longitudinale;
- casse di espansione;
- ponti;
- pile di ponti con geometria variabile;
- tombini;
- traverse fluviali;
- soglie di fondo;
- arginature;
- perdite di carico concentrate.

L'algoritmo di calcolo è basato sulla soluzione dell'equazione di bilancio energetico tra sezioni contigue. Le perdite di carico vengono valutate in base alla scabrezza (coefficiente di Manning) e ad un fattore di contrazione/espansione che tiene conto delle variazioni della sezione di deflusso.

Gli effetti localizzati che determinano rapide variazioni del profilo idraulico quali fenomeni di risalto idraulico, confluenze di corsi d'acqua, ponti, etc., vengono invece simulati mediante applicazione dell'equazione di conservazione della quantità di moto.

I risultati delle simulazioni possono essere restituiti sia sotto forma di grafici che di tabulati, permettendo un confronto semplice ed immediato di soluzioni progettuali alternative o dei risultati ottenuti per differenti ipotesi di calcolo (es. portate con tempi di ritorno diversi). Per ogni sezione di calcolo il programma determina il valore di numerose grandezze tra cui le principali sono:

- livello idrico [m s.l.m.];
- livello idrico in condizioni di corrente critica [m s.l.m.];
- velocità della corrente in alveo [m/s];
- velocità della corrente nelle golene ( $dx/sx$ ) [m/s];
- carico cinetico [m];
- carico totale [m s.l.m.];
- area della sezione di deflusso [m<sup>2</sup>];
- larghezza pelo libero [m];
- profondità media della corrente [m];
- velocità media della corrente [m/s];
- sviluppo del contorno bagnato [m];
- conveyance [m<sup>3</sup>/s];
- gradiente idraulico [m/m];
- numero di Froude;
- distribuzione della portata tra alveo e golene.

Per semplificare l'utilizzo del programma l'input dei dati è organizzato secondo una struttura a moduli:

- geometria della rete idrografica;
- dati di portata e condizioni al contorno;

La geometria del sistema idrografico viene definita mediante:

- schema planimetrico della rete;
- sezioni trasversali;
- strutture (es. ponti, tombini, ecc.).

Ciascuno dei tronchi in cui è schematizzata la rete idrografica viene caratterizzato mediante una serie di sezioni trasversali definite per punti.

Per ogni sezione sono introdotti i dati riguardanti la geometria delle sezioni e del corso d'acqua in generale (geometria delle sezioni trasversali, distanze tra le sezioni in alveo, golena destra e golena sinistra, quote), le scabrezze espresse tramite il coefficiente di Manning. I dati relativi alla geometria si concludono con l'inserimento di eventuali argini e delle zone non contribuenti al deflusso (si tratta di aree che possono essere allagate ma che non contribuiscono al deflusso delle portate: es. casse di espansione).

Nel caso di confluenza tra due corsi d'acqua il programma consente di scegliere, per il calcolo, tra l'equazione di bilancio energetico oppure l'impiego dell'equazione di conservazione della quantità di moto (in tal caso è possibile tenere conto dell'angolo di confluenza formato dai due corsi d'acqua).

La geometria della rete idrografica è completata con la definizione delle eventuali strutture presenti rappresentate da ponti o tombini.

Per poter definire l'influenza di una struttura di attraversamento del corso d'acqua sui livelli idrici e sulla distribuzione delle velocità è necessario, per ogni struttura, inserire due sezioni trasversali localizzate: la prima immediatamente a monte e la seconda subito a valle

dell'opera. Il programma permette di definire l'ingombro dell'impalcato, delle spalle e delle pile, qualunque sia la loro geometria.

L'effetto indotto dalla presenza di un ponte può essere valutato mediante: a) bilancio energetico, b) equazione di conservazione della quantità di moto, c) formula di Yarnell.

Il programma consente un confronto tra i risultati dei tre metodi ed eventualmente l'assunzione del criterio più cautelativo.

Definiti i valori di portata nella sezione di monte di ciascuno dei rami in cui è stata suddivisa la rete idrografica devono essere indicate le condizioni al contorno che regolano il comportamento del sistema.

Per le sezioni di monte e di valle possono essere imposte le seguenti condizioni:

- livello noto;
- condizione critica di deflusso;
- altezza di moto uniforme;
- curva altezze/portate.

E' inoltre possibile introdurre condizioni al contorno interne al sistema quali variazioni di carico o di livello e dissipazioni di energia localizzate.

#### Verifiche locali

In assenza di variazioni significative della forma e delle dimensioni dell'alveo sono state determinate le caratteristiche della corrente nelle condizioni critiche in ciascuna delle sezioni di interesse.

Poiché le sezioni esaminate sono risultate prevalentemente di forma regolare, per semplicità di calcolo sono state assimilate a sezioni rettangolari equivalenti.

Sotto tali ipotesi è stata valutata la profondità critica  $Y_c$  [m] mediante la:

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gb^2}}$$

dove  $Q$  [ $m^3/s$ ] è la portata,  $b$  [m] la larghezza della sezione,  $g$  [ $m^2/s$ ] l'accelerazione di gravità.

In presenza di restringimenti dovuti alla particolare conformazione dell'alveo o alla presenza di manufatti artificiali, si è ipotizzato il moto con transizione attraverso lo stato critico all'interno della sezione ristretta ed è stata calcolata la profondità nella sezione di monte dovuta al rigurgito in corrente lenta.

Vista la natura torrentizia degli alvei in studio, tale scelta risulta cautelativa in quanto la corrente indisturbata presenta nella maggior parte dei casi le caratteristiche di corrente veloce.

Il calcolo è stato eseguito mediante l'utilizzo della formula di Marchi, valida per sezioni rettangolari:

$$Y_m = K \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b_m^2 \cdot F_L^2}}$$

dove  $K$  è un fattore di forma delle pile,  $b_m [m]$  è la larghezza della sezione di monte e  $F_L$  è il valore del numero di Froude limite tabulato in funzione del rapporto di restringimento.

### 3.3.3.3 Risultati

#### Torrente Gromolo

Lungo il torrente Gromolo, dalla foce alla località Molino di Boeno, sono state condotte verifiche idrauliche in moto permanente, con i tre valori di portata cinquantennale, duecentennale e cinquecentennale riportati nel paragrafo 3.3.3.1. Si è assunto, quale valore del coefficiente di scabrezza di Manning, 0.022 nel tratto plateato, 0.025 in quello arginato con muri in c.a. e 0.028 a monte dove l'alveo è naturale. Quale condizione al contorno di valle, si è imposta una quota del pelo libero pari al livello medio del mare.

Dai calcoli è stato possibile individuare alcune criticità nei confronti del deflusso liquido.

Si evidenzia innanzitutto l'insufficienza idraulica del tratto compreso tra le sezioni GR04 e GR21 già per la portata cinquantennale. L'esondazione avviene in modo particolare nel tratto in curva privo di arginatura in sponda sinistra a valle del ponte di Via B. Primi e in corrispondenza del ponte ad arco medioevale e del ponte della ferrovia, che, restringendo la sezione di deflusso, causano rigurgito a monte. Un'altra criticità è costituita dal restringimento della sezione a valle della briglia in loc. Fossalupara: l'alveo passa dagli oltre 50 m di larghezza della sez. GR32 a meno di 20 m in corrispondenza della sez. GR28 all'inizio del tratto canalizzato.

In località S. Vittoria, in considerazione dello scarso grado di affidabilità del rilievo e della modellazione idraulica, si sono considerate potenzialmente inondabili le piane alluvionali limitrofe al corso d'acqua, anche se non riscontrabili dal profilo longitudinale della corrente.

Costituiscono elementi di criticità già per la portata cinquantennale, infine, i ponti in località Campomoneto e Balicca - Ponterotto.

Per comodità di consultazione è riportata di seguito una tabella relativa agli attraversamenti potenzialmente a rischio.

I numeri delle sezioni di calcolo si riferiscono alla Carta delle tracce delle sezioni idrauliche.

Nella tabella si sono distinte, per ogni tempo di ritorno, due colonne: la prima contiene l'elenco degli attraversamenti per i quali il franco libero è minore di quello richiesto, mentre la seconda elenca tutti i ponti il cui intradosso è raggiunto dal pelo libero (franco negativo).

Si precisa inoltre che le osservazioni riassunte qui di seguito sono comunque deducibili dall'analisi delle sezioni idriche con l'indicazione dei livelli del pelo libero per i diversi tempi di ritorno, contenute nell'Allegato 4.

<i>Ponti e tombinate</i>						
Sez. n°	T 50		T 200		T 500	
	Fr. insuff.	Fr. negat.	Fr. insuff.	Fr. negat.	Fr. insuff.	Fr. negat.

2						
4			X		X	
5		X		X		X
7						
10		X		X		X
14	X			X		X
21		X		X		X
26						
28						
42			X		X	
47					X	
50	X			X		X
56		X		X		X
60						
65		X		X		X
67		X		X		X

### Rio Staffora

Il rio Staffora è il principale affluente di destra del torrente Gromolo e sottende un'area di circa 1.65 m<sup>2</sup>.

Sono stati sottoposti a verifica idraulica in condizioni di moto permanente due tratti del corso d'acqua. Per il primo, compreso tra la confluenza nel torrente Gromolo e lo sbocco della tombinatura FF.SS. (sez. ST01-ST05), le sezioni di calcolo sono state desunte da una pratica del 1991 in possesso dell'Amministrazione Provinciale riguardante la costruzione di un ponticello in c.a. a valle della Ferrovia e la realizzazione di nuovi muri spondali in c.a. (vedi CI3463). Si è assunto un valore medio del coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.025.

Il rilievo del secondo tronco d'alveo, che si estende per circa 500 m a monte del ponte su via Antica Romana Occidentale (sez. ST08-ST24), è stato tratto da una richiesta di deroga alle distanze del 1999 per la realizzazione di un'autorimessa in fregio al rio (vedi DD00495). Il coefficiente di Manning adottato è pari a 0.033.

Dato il carattere torrentizio del corso d'acqua e la presenza di diversi ostacoli in alveo, le verifiche sono state eseguite integrando i profili per entrambe le condizioni di corrente lenta da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle con i tre valori di portata 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale, rispettivamente pari a 44 m<sup>3</sup>/s, 64 m<sup>3</sup>/s e 77 m<sup>3</sup>/s.

Con corrente lenta sul rio Staffora si ha un profilo di rigurgito determinato da valle, ossia dal livello di massima piena del torrente Gromolo.

Sono state condotte, inoltre, verifiche idrauliche puntuali in corrispondenza della sezione d'imbocco della tombinatura FF.SS. e del ponte carrabile a monte di questa.

La suddetta tombinatura risulta sufficiente al deflusso di tutte le portate.

Nel tratto di corso d'acqua a monte della Ferrovia, invece, la grave insufficienza idraulica del ponte di Via Antica Romana Occidentale determina un rigurgito a monte e la conseguente inondazione dell'abitato circostante, già con la portata cinquantennale.

### Rio Ragone

Il rio Ragone è un affluente di destra del torrente Gromolo e ha una superficie di circa 0.89 Km<sup>2</sup>. Nasce in località San Bernardo e scorre con direzione prevalente nord-sud per circa 1.5 Km. Nel tratto considerato defluisce in un canale in c.a. di sezione rettangolare parte a pelo libero e parte tombinato con copertura costituita da soletta in c.a.

A valle il rio Ragone confluisce nel canale di via Terzi che, drenando tutta la superficie in sponda sinistra del corso d'acqua stesso, confluisce a sua volta nel torrente Gromolo.

Il Comune di Sestri Levante ha promosso nel 1999 un *Progetto di adeguamento delle infrastrutture viarie ed idrauliche di servizio alla zona per insediamenti produttivi di Valle Ragone* che contempla fra l'altro il rifacimento di un tratto di tombinatura del rio Ragone (vedi CdS n.152).

Sulla base del rilievo dello stato attuale effettuato in questo ambito, sono state condotte verifiche idrauliche in moto permanente nel tratto a valle della confluenza con l'affluente fino all'imbocco della tombinatura di via Terzi.

Si è assunto un valore medio del coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.025.

Le verifiche sono state eseguite integrando i profili per entrambe le condizioni di corrente lenta da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle con i tre valori di portata cinquantennale, duecentennale e cinquecentennale, rispettivamente pari a 24 m<sup>3</sup>/s, 34 m<sup>3</sup>/s e 41 m<sup>3</sup>/s.

Dai calcoli l'alveo attuale risulta già insufficiente al deflusso della portata con tempo di ritorno pari a 50 anni.

Si tenga presente, tuttavia, che in pratica la sponda sinistra, essendo depressa, scola direttamente nel canale di via Terzi, andando soggetta a fenomeni combinati di inondazione ed allagamento.

### Rio Battana

Il rio Battana, per le sue dimensioni inadeguate e la limitata pendenza del fondo nel tratto abitato, è sempre stato causa di allagamenti del centro urbano; per questo, nel 1985, se ne è deviato il tracciato a monte di Via per Santa Vittoria, seguendo la scarpata della strada stessa, sottopassandola ed immettendo il nuovo canale nel torrente Gromolo a valle del ponte esistente.

Questo spostamento ha consentito di convogliare il massimo delle portate di piena direttamente nel Gromolo, evitando di far transitare la massa d'acqua nel centro abitato e di utilizzare in sicurezza il vecchio manufatto come fognatura urbana per acque bianche.

Il bacino ha una superficie di circa 0.96 Km<sup>2</sup>. Le portate con periodo di ritorno di 50, 200 e 500 anni, calcolate con il metodo CIMA, sono rispettivamente 26 m<sup>3</sup>/s, 37 m<sup>3</sup>/s e 45 m<sup>3</sup>/s.

Si è assunto un valore del coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.022 nel tratto plateato e pari a 0.028 in quello a monte con fondo alveo naturale.

E' stato sottoposto a verifiche idrauliche in condizioni di moto permanente il tratto compreso tra la confluenza nel torrente Gromolo e lo sbocco della tombinatura che sottopassa il casello autostradale, sulla base di rilievo in possesso dell'Amministrazione Provinciale recante *Variante a tracciato e nuovo sbocco rio Battana nel Gromolo* (vedi CI 3116/90).

Sono state eseguite, inoltre, verifiche puntuali in corrispondenza di manufatti idraulici, a monte del sottopasso dell'Autostrada.

Dai calcoli si evince l'insufficienza dell'alveo al deflusso della portata 50-ennale, con conseguente inondazione delle aree depresse circostanti.

#### Rio della Valletta

Il rio della Valletta è un affluente di sinistra del T. Gromolo e sfocia in esso a monte del ponte di S. Margherita di Fossalupara. Il bacino sotteso ha una superficie di circa 1.00 Km<sup>2</sup>. Le portate con periodo di ritorno di 50, 200 e 500 anni, calcolate con il metodo CIMA, sono rispettivamente 27 m<sup>3</sup>/s, 39 m<sup>3</sup>/s e 46 m<sup>3</sup>/s.

Le verifiche idrauliche hanno riguardato l'attraversamento della strada provinciale per S. Vittoria e un ponticello in legno posto circa 150 m a monte.

Dai calcoli si evince l'insufficienza di tali manufatti per portate con periodo di ritorno superiore a 200 anni.

#### Rio Ramino

Il rio Ramino, denominato anche Ravino, è un corso d'acqua a carattere torrentizio, che nasce alle pendici del Monte Castello e raccoglie le acque piovane tra la Costa del Castello e Villa Costa Ravino. Il bacino imbrifero risulta avere una superficie di circa 0.86 Km<sup>2</sup>.

Le portate con periodo di ritorno di 50, 200 e 500 anni, calcolate con il metodo CIMA, sono rispettivamente 23 m<sup>3</sup>/s, 33 m<sup>3</sup>/s e 40 m<sup>3</sup>/s.

Il rio, percorso il tratto collinare in alveo naturale, in corrispondenza del Cimitero viene convogliato in un fosso a sezione rettangolare con sponde in muratura di pietrame, che sottopassa e costeggia in sponda destra via Val di Canepa, incontrando varie passerelle private. In corrispondenza dell'incrocio con via della Chiusa, il rio viene convogliato in una tombinatura della lunghezza circa 500 m, che sfocia direttamente in mare con sezione parzialmente ostruita da materiale di spiaggia.

Nello scorso mese di giugno, all'imbocco della tombinatura è stata realizzata, per conto del Comune di Sestri Levante, una vasca di sedimentazione per ridurre l'intasamento che si verifica nel tratto centrale della stessa, per la presenza di curve e restringimenti (zona via Dante).

Le verifiche idrauliche puntuali condotte in corrispondenza degli attraversamenti e delle sezioni di imbocco e sbocco della tombinatura non risultano soddisfatte.

Nel tratto che va dal Cimitero all'imbocco della tombinatura, l'esondazione, ove ha luogo, avviene principalmente in sponda destra del rivo.

L'intera tombinatura oltre ad avere sezioni diversificate ed inadeguate risulta avere pendenza insufficiente, il che è causa di ostacolo al corretto deflusso. La sola vasca di sedimentazione effettuata all'imbocco, non può ridurre in maniera sensibile tale criticità.

Si consideri, peraltro, che alcune zone in sponda destra, pur facendo parte del bacino in questione, praticamente non contribuiscono al deflusso in quanto si trovano a quota inferiore e sono più probabilmente soggette ad allagamenti.

#### Rio del Fico

Il rio del Fico, sito nella parte ovest del Comune di Sestri L., è un corso d'acqua a carattere torrentizio della lunghezza di circa 1 Km, che sfocia direttamente in mare dopo aver attraversato il sottopasso ferroviario e la Statale in località S. Sebastiano. Ha origine e si sviluppa principalmente in piena campagna, raccogliendo le acque piovane tra la Costa di Lavagna e la Costa di Sestri. Il bacino imbrifero risulta avere una superficie di circa 0.54 Km<sup>2</sup>. A circa 80 m dal sottopasso e in adiacenza del Camping S. Anna, il rio percorre un tratto di circa 15 ml dove l'argine destro (muratura in pietrame) risulta essere assente, per poi subire un brusco restringimento dell'alveo prima di incanalarsi tra due alte sponde e immettersi nel sottopasso suddetto. Sono state condotte verifiche idrauliche puntuali in corrispondenza delle sezioni di imbocco e sbocco del sottopasso e di due restringimenti a monte. Le portate con periodo di ritorno 50, 200 e 500 anni, calcolate col metodo CIMA, risultano essere rispettivamente 14 m<sup>3</sup>/s, 21 m<sup>3</sup>/s e 25 m<sup>3</sup>/s. Dai calcoli il sottopasso ferroviario risulta verificato per tutte le portate, mentre le sezioni in corrispondenza dei restringimenti non sono sufficienti neanche per la portata cinquantennale.

L'esondazione ha quindi inizio in prossimità della sezione FI04, e interessa solo la sponda destra, adiacente al Camping e alla strada carrabile. La portata d'acqua uscente si incanala lungo la viabilità percorrendola per un lungo tratto, per poi rientrare gradualmente in alveo.

#### Rio Senza Nome 1

Il Rio Senza Nome 1 è un piccolo corso d'acqua, con un bacino di circa 0.20 Km<sup>2</sup>, che nasce nella campagna retrostante il tratto urbano della via Aurelia, avente come asse di simmetria la via Emilia. Subito dopo il tratto campano non regimentato, il rio scorre in un fosso a cielo aperto di sezione rettangolare con sponde in muratura di pietrame, posto sul lato destro di via Emilia, sino all'incrocio con via Antica Romana Occidentale. Da lì si incanala in una serie di tombinature e canalizzazioni a cielo aperto che si sviluppano per circa 220 m e quindi sfocia direttamente a mare.

Sono state condotte verifiche idrauliche puntuali in corrispondenza delle sezioni di imbocco e sbocco di alcune tombinature, con i tre valori di portata 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale, rispettivamente pari a 5 m<sup>3</sup>/s, 8 m<sup>3</sup>/s e 9 m<sup>3</sup>/s.

Tutte le verifiche delle criticità mostrano come l'intero percorso del rio avvenga in strutture aventi sezioni e pendenze insufficienti, mettendo in crisi lo smaltimento delle acque già per portate con periodo di ritorno di 50 anni.

In modo particolare nel tratto urbano a monte della linea ferroviaria, l'esondazione è imputabile oltre che alla tombinatura di sezione inadeguata, anche alla morfologia della zona interessata. La struttura ferroviaria, con la propria altimetria, funziona da vera e propria "diga di sbarramento", trattenendo le portate d'acqua esondabili non solo del rio in esame ma anche di quelli adiacenti (rio Senza Nome 2 e rio Staffora).

#### Rio Senza Nome 2

Il Rio Senza Nome 2, sito nella parte ovest del Comune di Sestri Levante, è un piccolo corso d'acqua che nasce nelle colline retrostanti il Centro Sportivo Simone Canepa (Via Lombardia). Dopo il tratto campano non regimentato il rio scorre in una tombinatura della lunghezza di circa 650 m, subendo una serie di cambiamenti di direzione e sezione lungo il percorso che lo porta a sfociare direttamente a mare. Il bacino imbrifero risulta avere una

superficie di circa 0.22 Km<sup>2</sup>. Le portate con periodo di ritorno di 50, 200 e 500 anni, calcolate col metodo CIMA, risultano essere rispettivamente 6 m<sup>3</sup>/sec, 8 m<sup>3</sup>/sec e 10 m<sup>3</sup>/sec.

Le verifiche hanno riguardato l'imbocco della tombinatura nel tratto campano, l'attraversamento della linea ferroviaria, lo sbocco a mare in adiacenza dei Bagni Celeste.

I calcoli mostrano l'inadeguatezza dell'intera tombinatura, messa in crisi già per portate con periodo di ritorno di 50 anni. La sezione d'imbocco della tombinatura in corrispondenza del rilevato ferroviario risulta in parte a quota maggiore del piano di campagna.

La zona a monte della ferrovia quindi, come già detto, risulta soggetta ad allagamenti anche per piogge non eccezionali.

### 3.3.4 Mappatura delle aree inondabili

La *mappatura delle aree a rischio di inondazione* è stata ottenuta a seguito di un approccio metodologico *semplificato* che ha preso avvio dai risultati e dalle valutazioni emersi dalle verifiche idrauliche.

Questa analisi idraulica ha consentito di individuare il livello di criticità dei diversi tratti di alveo, in relazione al deflusso della portata di piena per diversi tempi di ritorno.

In particolare è stato possibile caratterizzare la dinamica del deflusso attraverso il calcolo dei profili di rigurgito in moto permanente.

Le aree inondabili sono state individuate, in prima approssimazione, estendendo alle zone limitrofe adiacenti il corso d'acqua le altezze idrometriche calcolate attraverso le verifiche.

L'analisi dei risultati, unitamente alla conoscenza della topografia ed alla distribuzione sul territorio delle principali strutture ed infrastrutture, hanno consentito di formulare alcune ipotesi sulla dinamica dell'esondazione e sulla conseguente modalità di propagazione dei volumi d'acqua esondati.

La bontà dell'analisi è stata verificata attraverso una taratura per confronto del *vulnerato*.

Sebbene i risultati della mappatura siano, in prima approssimazione, rappresentativi delle problematiche in gioco, viste le caratteristiche e la tipicità del territorio in esame, per una migliore definizione delle aree inondabili, si ritiene necessario il ricorso a uno studio idraulico di dettaglio, che simuli la diffusione dei volumi esondati attraverso un'analisi bi e tridimensionale del fenomeno.

L'analisi del vulnerabile è stata fatta tenendo conto degli effetti dell'esondazione dell'asta principale e di quelle secondarie interessanti il centro di Sestri. In realtà, soprattutto in area urbana, a tali effetti si sommano quelli dovuti alle carenze, o addirittura all'inesistenza, delle reti di smaltimento delle acque meteoriche. I due fenomeni risultano spesso indistinguibili anche per la loro reciproca interazione.

Le aree potenzialmente inondabili sono state riportate su C.T.R. in scala 1:5000, dividendole in tre fasce contigue, esterne all'alveo attuale, ognuna delle quali caratterizzata da un omogeneo grado di rischio idraulico:

- la fascia A, colorata in rosso, rappresenta il limite di esondazione della portata con periodo di ritorno 50 anni;

- la fascia B, segnata in arancione, riporta l'involuppo dei fenomeni di inondazione per la portata duecentennale;
- la fascia C, in verde, comprende le aree inondabili con tempo di ritorno 500 anni.

Le fasce A, B e C corrispondono direttamente alle aree inondabili determinate attraverso il calcolo idraulico. Le aree allagabili sono state indicate sulla carta delle fasce d'inondabilità con una diversa simbologia, poiché non legate direttamente all'inondazione da parte del Petronio, ma all'insufficienza della rete di smaltimento delle acque superficiali.

La rete bianca nelle zone adiacenti l'alveo, infatti, risulta molto spesso sottodimensionata, e, in concomitanza della piena del T. Gromolo, non riesce a smaltire neanche portate modeste, provocando l'allagamento di vaste aree.

Come mostra la carta delle fasce di inondabilità, alcune aree allagabili in loc. S. Bartolomeo della Ginestra, nella zona di P.zza Matteotti e di Via B. Primi fuoriescono dal limite del bacino in esame.

Si precisa che le analisi sono state eseguite senza tenere in considerazione il franco.

Il metodo utilizzato non ne permette la definizione in maniera precisa, tuttavia è possibile fornire qualitativamente i tiranti idrici nella zona inondata a partire dai profili del pelo libero determinato con il calcolo idraulico.

I tiranti, riportati nella Carta dei tiranti idrici relativamente ad ogni portata, sono stati distinti nelle tre classi che permettono di individuare zone a maggiore pericolo in caso di piena:

<i>Classe</i>	<i>Tirante t (m)</i>
Classe 1	$0 < t \leq 0.5$
Classe 2	$0.5 < t \leq 1$
Classe 3	$t > 1$

Il metodo con cui sono state definite le fasce non permette inoltre una definizione quantitativa delle velocità di scorrimento, tuttavia, essendo le inondazioni particolarmente concentrate in tratti urbani, si può ragionevolmente ritenere che le maggiori velocità di scorrimento si realizzino lungo la viabilità posta in prossimità dell'alveo che diventa naturalmente sede preferenziale di scorrimento delle acque esondate.

La determinazione delle varie fasce, in relazione anche ai livelli idrici e alle velocità di scorrimento raggiungibili in caso di esondazione, risulta utile per la determinazione delle priorità degli interventi e per indirizzare le scelte pianificatorie fra misure strutturali e non strutturali di mitigazione del rischio.

### **3.4 Principali criticità del bacino**

In seguito alle verifiche idrauliche eseguite è stato possibile individuare alcune criticità nei confronti del deflusso liquido. Tali criticità risultano essere:

- Tratto del T. Gromolo compreso fra le sezioni GR04 e GR21, interessato dalle seguenti opere: ponte ferroviario, ponte ad arco medievale, passerella di Via Salvi, ponte di Via B. Primi.

- Tratto del T. Gromolo compreso fra le sezioni GR28 e GR32, in località Fossalupara.
- Ponte in località Villa La Rocca (sezione GR42).
- Ponte in località S. Vittoria di Libiola (sezione GR50).
- Ponte in località Campomoneto (sezione GR56).
- Ponte in località Balicca - Ponterotto (sezione GR67).
- Rio Staffora e canalizzazioni parallele in località Pietracalante.
- Tratto canalizzato del rio Ragone, poi canale di Via A. Terzi.
- Tratto del rio Battana presso il casello autostradale.
- Rio della Valletta in località S. Margherita di Fossalupara.
- Canale di Via Mons. Vattuone, poi canale di Via Antica Romana Orientale in zona S. Bartolomeo della Ginestra.
- Tratto del rio Ramino a valle del Cimitero.

Le suddette sezioni risultano insufficienti allo smaltimento delle portate totali e pertanto nei tratti corrispondenti si verificano esondazioni come riportato nella planimetria delle fasce di inondabilità.

Il torrente Gromolo presenta inoltre problemi di erosione dovuti alle notevoli velocità assunte dall'acqua lungo l'asta del corso d'acqua. Le velocità raggiungono valori pari a 8-9 m<sup>3</sup>/s nel tratto montano, a 4-6 m<sup>3</sup>/s nel tratto posto immediatamente a valle e a 5-7 m<sup>3</sup>/s nel tratto con alveo cementato.

In particolare si precisa che la rete di ricezione e smaltimento delle acque di ruscellamento superficiale è costituita da fossi e canali che, con l'avanzare della urbanizzazione, sono stati interrotti e pertanto è stata ridotta la capacità di deflusso delle acque raccolte con conseguente possibilità di allagamenti. Si consiglia pertanto il ripristino di tali canalizzazioni e la continua manutenzione di esse, in modo tale da poter migliorare la situazione di deflusso delle acque superficiali ed ovviare ai problemi di cui sopra.

Come già detto in occasione del commento della carta della suscettività al dissesto di versante, le criticità di tipo geomorfologico sono localizzate prevalentemente alla testata del bacino. La forte acclività, la fratturazione e la scistosità del substrato ofiolitico sono responsabili di franosità diffusa di tipo superficiale con abbondanti fenomeni di crollo e ribaltamento che contribuiscono notevolmente ad aumentare il trasporto solido del corso d'acqua.

I fenomeni gravitativi nelle altre litologie ed in particolare nei flysch argillosi e marnoso - siltosi, sono meno evidenti anche per il rimodellamento legato agli agenti atmosferici e all'attività antropica che ne oblitera rapidamente gli effetti.

I corpi franosi di una certa rilevanza areale sono localizzati nei seguenti punti del bacino idrografico:

- presso il rio Secco in corrispondenza della grande DGPV (Rio Secco – Montedomenico) insistono alcuni macereti più o meno attivi che possono comportare un grado di pericolosità elevato nell'eventualità di un'interazione con il corso d'acqua;
- alla confluenza tra il T. Gromolo e il Rio Acque Calde esistono alcuni corpi di frana mediamente profondi e riattivati dal ruscellamento diffuso sul versante e dall'erosione del torrente; anche in questo caso esiste la possibilità di sbarramento del corso d'acqua;
- le tre vallecole del rio Cattan, del rio di Boeno e del rio Ciansela, affluenti di sinistra del T. Gromolo, sono ingombre di accumuli di coltre di genesi in parte franosa caratterizzati da piccole riattivazioni; localmente la criticità è ridotta per effetto dell'uso del suolo che contiene i fenomeni erosivi attraverso terrazze e ciglioni mantenuti in buono stato dove

l'uliveto è ancora produttivo. La presenza locale di ristagni e la non sempre funzionale regimazione delle acque di superficie lungo i principali corrivi possono indurre fenomeni gravitativi superficiali che potenzialmente potrebbero interagire con infrastrutture ed attività antropiche;

- la grossa frana di Pastanelli, posta a sud ovest dell'abitato di Loto, rappresenta una delle criticità più significative dal punto di vista geomorfologico; pur essendo sostanzialmente quiescente, il corpo franoso ha dimensioni areali e profondità stimabili talmente rilevanti da suggerire l'attivazione di uno studio di dettaglio con prospezioni e monitoraggi (cfr. sezione interventi);
- esistono infine alcuni casi di frane attive o potenzialmente tali (fenomeni attualmente quiescenti con evidenze di prossima riattivazione) che insistono direttamente o coinvolgono indirettamente centri abitati e/o infrastrutture viarie e che, come tali, verranno trattate nella sezione relativa al rischio.

### **3.5 Considerazioni sul trasporto solido**

#### **3.5.1 Premessa**

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.

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.

### **3.5.2 Problematiche osservate sul torrente Gromolo**

Per quanto riguarda in particolare il bacino del torrente Gromolo, si rimanda al paragrafo 2.1.5.

## 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 con gli elementi a rischio derivanti dalla carta di uso del suolo.

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

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

### 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.

Analogamente al Piano di bacino del T. Sturla, si è inoltre assunta uniforme, e quindi pari a 1, la vulnerabilità degli elementi a rischio, volendo dare un maggior peso alle caratteristiche degli elementi a rischio rispetto alla loro capacità di sopportare le sollecitazioni esercitate dall'evento, dato di difficile valutazione allo stato di conoscenza attuale nell'ambito del presente piano, anche per ragioni di scala dell'analisi.

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

E<sub>0</sub>: aree disabitate o improduttive

E<sub>1</sub>: edifici isolati, zone agricole

E<sub>2</sub>: nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori infrastrutture minori

E<sub>3</sub>: centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, principali infrastrutture e servizi

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

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

R<sub>1</sub>: rischio moderato

R<sub>2</sub>: rischio medio

R<sub>3</sub>: rischio elevato

R<sub>4</sub>: rischio molto elevato

Si è inoltre ritenuto di introdurre un'ulteriore classe di rischio R<sub>0</sub> definita come rischio lieve o trascurabile, che permette di estrarre le situazioni a rischio minore in ragione di pericolosità estremamente basse o di completa assenza di valenze socio-economiche. Tale classe è, in pratica, qui rappresentata dal complemento delle aree comprese nelle quattro classi di rischio rispetto alla superficie dell'intero bacino.

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.

#### 4.2.1 Elementi a rischio

La carta degli elementi a rischio è stata redatta sulla base della carta dell'uso del suolo attraverso la seguente classificazione (cfr. raccomandazioni regionali per la legenda di tavola 6):

E3	1.1.1. - 1.1.2. - 1.2.1. - 1.2.2. - 1.4.2.
E2	1.3.1. - 1.3.2. - 1.4.1. -

	1.3.1.
E1	2.1.2. - 2.2.1. - 2.1.2.2. - 2.2.3. - 2.4. - 3.4.1.
E0	2.3. - 2.5. - 3.2. - 3.3. - 3.4. - 3.4.2. - 3.4.4. - 5. - 5.1.1.

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

- il bacino del T. Gromolo presenta una significativa porzione di territorio ricadente in classe E0 prevalentemente distribuite nella porzione superiore;
- le classi E1 sono localizzate nella zone di contorno dei nuclei frazionali (Montedomenico, Loto, Azaro), presso le miniere di Libiola e in modo diffuso lungo i crinali della porzione inferiore;
- le classi E2 sono rappresentate da aree circoscritte comprese generalmente nelle zone E1 o al contatto con aree E3, la discarica di inerti e la cava attiva;
- la classe E3 racchiude prevalentemente il tessuto urbano compatto di fondovalle.

Per quanto riguarda la classe da attribuire all'alveo come elemento a rischio, in assenza di un indirizzo specifico nelle raccomandazioni, si è fatto riferimento alle indicazioni fornite dal Comitato Tecnico Provinciale.

#### 4.2.2 Rischio geomorfologico

Come già evidenziato l'analisi del rischio geomorfologico viene affrontata ponendo a confronto gli elementi a rischio con le aree del bacino caratterizzate da una pericolosità geomorfologica.

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	
<b>E0</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	
<b>E1</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	
<b>E2</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	
<b>E3</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	

#### 4.2.3 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:

ELEMENTI A RISCHIO	FASCE DI INONDABILITÀ		
	200 < T <=500 Fascia C	50 < T <=200 Fascia B	T <=50 Fascia A
<b>E0</b>	<b>R<sub>0</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>1</sub></b>
<b>E1</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>
<b>E2</b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>
<b>E3</b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>

Si noti che nella matrice del rischio si ottengono classi di rischio elevato o molto elevato (R<sub>3</sub> ed R<sub>4</sub>) solo per i tempi di ritorno duecentennale e cinquantennale; ciò è coerente con l'obiettivo postosi nella pianificazione di bacino di ridurre il rischio di inondazione a tempo di ritorno pari a 200 anni. La fascia C, infatti, ha lo scopo principale di individuare aree di attenzione e costituisce uno strumento soprattutto a livello di misure protezione civile.

### 4.3 Carta del rischio idrogeologico

Dall'applicazione delle matrici del rischio geomorfologico ed idraulico (riportate nel precedente paragrafo) a partire dalla carta di pericolosità 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.

La carta del rischio idrogeologico è stata ottenuta dalla sovrapposizione delle aree a rischio idraulico e a rischio geomorfologico, secondo il criterio della prevalenza, in ogni punto del bacino, del rischio più elevato tra i due forniti dalle due carte. Analogamente ad altri casi liguri, anche nel bacino del T. Gromolo si è riscontrato che le aree a maggiore rischio idraulico sono distinte da quelle ad alto rischio geomorfologico: le prime sono concentrate prevalentemente nelle zone fondo valle e in strisce di territorio site in fregio all'alveo, le seconde sui versanti.

Dall'esame della cartografia di tav. 15, si notano ampi settori a rischio lieve o trascurabile e moderato su gran parte dei versanti, soprattutto lungo i crinali non insediati e nel tratto collinare meno acclive.

Tra le aree a rischio medio si individuano alcuni brevi tratti della sede autostradale, la fascia pedemontana a monte della ferrovia nel tratto compreso tra Rocche di Sant'Anna e la strada per San Bernardo, il centro storico di Sestri Levante, la piana alluvionale urbanizzata in sponda sinistra tra il corso d'acqua e il piede del versante settentrionale del M. Ginestra e del Colle della Madonnetta. Più a monte: gran parte di Santa Vittoria di Libiola, la porzione più a valle di Villa Tassani, Villa Montedomenico, Villa Libiola, Villa Loto, e Cascine.

Le aree a rischio elevato e molto elevato sono localizzate nei seguenti punti:

- un breve tratto della discarica di Cà da Matta. In questo caso, tuttavia sarebbe opportuno estendere il rischio a tutto il rilevato;

- ❑ analogamente nel caso della miniera di Libiola, il rischio elevato andrebbe esteso a tutti i lavori minerari anche se declassati a R3 in ragione del fatto che, almeno attualmente, non insistono elementi a rischio veri e propri essendo la miniera non utilizzata;
- ❑ la cava attiva Campuettin;
- ❑ la frana attiva di Villa Libiola che interessa principalmente la strada tra il nucleo principale e San Pietro (strada di importanza secondaria);
- ❑ un piccolo tratto a valle di Montedomenico in prossimità di una coltre detritica su forte acclività;
- ❑ la strada tra Loto e S. Bernardo presso Cascine;
- ❑ il nucleo di Fontane.

Le aree a maggior rischio di inondazione sono localizzate principalmente nel fondovalle:

- ❑ sponda sinistra del torrente Gromolo tra via B. Primi e il ponte ferroviario;
- ❑ sponda destra del torrente Gromolo tra rio Ragone e rio Staffora;
- ❑ zona a monte della linea ferroviaria in loc. Pietracalante;
- ❑ sponda sinistra del rio Ragone;
- ❑ zona del casello autostradale in adiacenza al rio Battana;
- ❑ via Val di Canepa lungo il rio Ramino.

#### **4 bis AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO**

Le aree sottoposte a vincolo idrogeologico (Regio Decreto n. 3267/1923), originariamente perimetrate dal Corpo Forestale dello Stato su base cartografica I.G.M. in scala 1:25.000, sono state riportate su cartografia aggiornata C.T.R. alla scala 1:10.000 al fine di renderne più leggibili i contorni e ridurre il margine interpretativo.

A tale scopo si sono utilizzate le mappature originali e le *declaratorie* che descrivevano a parole i confini delle aree soggette a vincolo; per la trasposizione si è tenuto come obiettivo quello di appoggiare detti confini ad oggetti morfologici precisi, come corsi d'acqua o crinali, o a manufatti facilmente riconoscibili anche su cartografia, come strade o muri di contenimento.

In alcuni casi, ove non è stato possibile utilizzare un elemento di quelli citati, si sono seguite linee catastali, perlopiù strade vicinali, utilizzando come base la cartografia catastale.

Solo in limitate circostanze, in particolare in presenza di infrastrutture come nuove strade o autostrade, ci si è discostati sensibilmente dal tracciato originario per seguire un limite più definito e stabile.

## 5 PIANO DEGLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

### 5.1 Premessa

Il piano degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico elaborato nel presente piano stralcio è l'insieme delle proposte di intervento associate alle diverse criticità individuate attraverso le analisi precedenti, ordinato secondo criteri di priorità conseguenti all'urgenza e al grado di rischio connesso per persone e beni, così come richiesto dal DL 180.

Secondo quanto indicato dai criteri regionali, gli interventi individuati sono riferiti alle criticità evidenziate nella pericolosità, mentre la loro priorità, in termini di attuazione e finanziamento, è determinata dal grado di rischio a cui l'area risulta soggetta.

La struttura del presente piano degli interventi fa riferimento ai contenuti della raccomandazione elaborata dal Comitato Tecnico Regionale dell'Autorità di Bacino di rilievo regionale relativamente alle "Indicazioni metodologiche per la redazione del piano di interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico nei Piani di bacino ex D.L. 180 e ss. mm. e ii."

Sulla base delle conoscenze raggiunte, le diverse strategie di soluzione proponibili sono così schematizzabili:

- I) mitigazione del rischio con interventi strutturali, finalizzati a ridurre la pericolosità; in particolare, per gli interventi sui corsi d'acqua e sui versanti, vengono considerati:
  - *interventi strutturali puntuali*: opere di sistemazione che agiscono localmente sul fenomeno e che hanno lo scopo di una soluzione definitiva della criticità o perlomeno di una riduzione significativa del rischio, senza determinare però influssi negativi sul resto del bacino;
  - *interventi strutturali areali*: opere di sistemazione articolate e di tipo estensivo che interessano porzioni rilevanti di territorio;
- II) mitigazione del rischio con interventi non strutturali, atti a minimizzare l'impatto di eventi calamitosi e ridurre così il danno atteso; in particolare, per gli interventi sui corsi d'acqua e sui versanti, vengono considerati:
  - *misure non strutturali di prevenzione e mitigazione*, quali misure di protezione civile e misure normative, alle quali è dedicato una specifica sezione del Piano stralcio;
  - *monitoraggi*, dei principali corpi franosi e più in generale delle criticità individuate;
- III) manutenzione ordinaria degli alvei e dei versanti;
- IV) demolizione/rilocalizzazione degli elementi a rischio. Questa soluzione viene proposta in primo luogo nei casi particolari in cui gli elementi stessi siano causa del dissesto idrogeologico o aggravino il grado di rischio (cfr. D.L. 180/98, art. 1, comma 5); ma è un intervento adottabile anche qualora le opere strutturali realizzabili non permettano la riduzione del rischio a livelli compatibili.

Ogni intervento proposto dal Piano è raccolto all'interno di una scheda descrittiva corredata, dove possibile, di stima economica di massima del costo dello stesso. Le cifre calcolate si basano su ipotesi di massima per ciascuna opera e costituiscono una stima compatibile con la scala di lavoro della pianificazione a livello di bacino. Si è provveduto, inoltre, ad una

suddivisione dell'intervento in più lotti prevedendo in molti casi gli indispensabili tempi tecnici per le indagini e i monitoraggi pre e post intervento.

Una precisazione riguarda le competenze per la realizzazione e manutenzione delle opere. Esse devono essere stabilite in relazione a quanto indicato dalla Legge Regionale 18/99 Artt. 92-93, che individua nella Provincia di Genova l'ente preposto all'esecuzione delle opere, in assenza di altri soggetti tenuti alla realizzazione, come i concessionari, pubblici e privati, o i proprietari frontisti.

## **5.2 Interventi lungo il corso d'acqua**

### **5.2.1 Premessa**

Lo studio delle fasce di inondabilità ha permesso di individuare le principali criticità, nonché i fattori che le determinano, che insistono lungo il T.Gromolo; dalla carta del rischio, ottenuta dalla sovrapposizione della pericolosità e degli elementi a rischio, emergono le zone nelle quali è necessario intervenire prioritariamente.

Lo scopo primario che gli interventi proposti intendono perseguire è quello di ridurre il rischio a livelli socialmente compatibili, in particolare per quanto riguarda gli interventi sui corsi d'acqua; l'obiettivo, almeno a lungo termine, è quello di permettere il deflusso della portata duecentennale senza esondazione. Tale obiettivo deve essere coniugato, per quanto possibile, con quello della riqualificazione e rinaturalizzazione del corso d'acqua, che risulta però, nel caso specifico, difficilmente conseguibile: la crescita caotica e disorganica del tessuto urbano ha sottratto progressivamente al torrente spazi vitali, ormai difficilmente recuperabili se non con un grave onere economico e sociale.

Nella parte fociiva, infatti, entrambe le sponde risultano densamente antropizzate e a stento è possibile recuperare lo spazio necessario alla sezione d'alveo per il deflusso della portata di piena; nella parte più a monte, nei piccoli nuclei abitati sparsi lungo il torrente, diversi edifici sono a ridosso del torrente.

Si deve inoltre considerare che talora, in passato, sono stati realizzati interventi che, pur migliorativi per altri aspetti, hanno influito negativamente sulla capacità di smaltimento delle piene.

Infine, l'abbandono delle attività agro-forestali ha portato un degrado generalizzato lungo l'asta dell'alveo, con presenza di vegetazione arbustiva ed arborea e di ampi tratti sovralluvionati.

I problemi sopra esposti sono alla base delle scelte effettuate: a valle del ponte di Via B. Primi, in considerazione dell'alta densità abitativa e della diffusa insufficienza della sezione, si è optato per interventi organici che comportano l'adeguamento di tratti d'alveo; nelle parte a monte, in corrispondenza dei centri abitati sparsi, si è preferito limitarsi a singole opere a difesa delle case o misure non strutturali.

Si è indicato, infine, come intervento di manutenzione, la pulizia dell'alveo, che, in buona parte del suo tracciato, è ostruito da vegetazione e da materiale lapideo; tuttavia ciò non esclude la necessità di una regolare manutenzione. Potrà essere valutata l'opportunità di utilizzo del materiale prelevato per il ripascimento delle spiagge, secondo quanto indicato nelle direttive contenute nel Piano Territoriale della Costa e nella direttiva del Comitato

Tecnico dell'Autorità di Bacino regionale "Manutenzione degli alvei e degli argini dei corsi d'acqua" (C.I. 5.8.98).

Per le aree ricadenti in fascia A e fascia B, su cui però non insistono elementi a rischio, non sono stati previsti interventi di difesa idraulica, in quanto l'azione ritenuta più opportuna è un adeguato regime vincolistico regolato dalle norme d'uso del territorio.

Si sottolinea la necessità, in fase progettuale, di un'approfondita analisi idraulica, che valuti, in particolare, gli effetti che le opere inducono a valle e a monte e i problemi connessi alla capacità erosiva della corrente, in particolare qualora gli interventi di regolarizzazione e ampliamento della sezione determinino l'instaurarsi di profili di corrente veloce.

Qualora, in sede di progettazione preliminare, sulla base delle risultanze di studi di maggiore dettaglio, risultasse opportuno, per problemi legati alla fattibilità dell'intervento, adottare una diversa soluzione rispetto a quella indicata nel piano di bacino, la scelta effettuata dovrà essere motivata in modo approfondito.

Sulla base degli interventi proposti è stata determinata la fascia di riassetto fluviale per il T. Gromolo, costituita nel caso specifico dall'ipotetico allargamento della sezione nel tratto che si estende a valle del ponte di Via B. Primi fino all'imbocco della tombinatura e da altri interventi più localizzati di riprofilatura alveo. Tale fascia di riassetto fluviale è stata riportata in scala 1:5000 nella Tav. 17: si tratta di porzioni di terreno lungo le sponde del torrente che possono essere recuperate per il deflusso su cui dovrà essere posto un regime vincolistico restrittivo al fine di non pregiudicare ulteriormente i successivi interventi di sistemazione idraulica.

## 5.2.2 Progetti in fase di attuazione

L'Amministrazione Provinciale ha, da alcuni anni, dato corso ad iniziative finalizzate ad un ciclo di manutenzione programmata, eseguite in collaborazione con diversi Enti locali, coniugando la necessità di manutenzione dei corsi d'acqua di propria competenza, con la movimentazione ed, in taluni casi, con la rimozione del materiale litoide dall'alveo, necessaria a garantire sezioni idrauliche adeguate a ridurre le condizioni di rischio d'erosione ed a migliorare significativamente il deflusso delle acque.

A questo proposito, è stato condotto a termine nell'anno 2000 un intervento di pulizia e risagomatura del corso d'acqua in località S. Vittoria - casa Glori per un'estensione di circa 50 m. Il progetto prevedeva anche la sottomurazione di una scogliera in sponda sinistra e la realizzazione di due soglie di fondo in massi cementati allo scopo di fissare la pendenza nel tratto esaminato, riducendo il trasporto solido.

Un altro intervento, appena concluso, di risagomatura, sistemazione e regolarizzazione delle sezioni di deflusso mediante movimentazione del materiale in sito ed allontanamento di quello in esubero, ha interessato il tratto compreso tra S. Vittoria di Libiola e l'inizio della canalizzazione in c.a. per un importo totale di £ 145.500.000.

E' attualmente in corso di esecuzione, a cura della Comunità Montana Val Petronio, un intervento di *manutenzione idraulico-forestale del torrente Gromolo nel tratto compreso tra il ponte di S. Vittoria e località Balicca in Comune di Sestri Levante*, dell'importo complessivo di £. 250.000.000.

Risulta in fase di affidamento, invece, un intervento di *manutenzione idraulico-forestale degli affluenti in orografica destra e sinistra del torrente Gromolo nel tratto tra S. Margherita di Fossa Lupara e S. Vittoria di Libiola (zona percorsa da incendi boschivi)*, per il quale è stato stanziato un finanziamento regionale di £. 400.000.000.

Da segnalare, inoltre, l'intervento di *ricostruzione boschiva delle aree distrutte da incendio comprese tra le loc. S. Anna, Costa Rossa, Villa Staffora e Mimosa*, comprensivo della regimazione delle acque del rio S. Sebastiano, in fase di progettazione definitiva, dell'importo di £. 400.000.000, di cui £. 50.000.000 finanziati con contributo regionale.

### **5.2.3 Piano degli interventi sul torrente Gromolo**

Sono di seguito elencati, procedendo da valle verso monte, gli interventi individuati lungo il torrente Gromolo, i suoi affluenti principali e corsi d'acqua secondari interessanti la zona urbanizzata.

**TRATTO TRA IL PONTE DI VIA PRIMI E L'IMBOCCO DELLA TOMBINATURA**

**ref. CARTA INTERVENTI N° 11**

Il tratto in esame, della lunghezza di circa 1500 m, interessa l'abitato di Sestri Levante e si estende tra il ponte di Via B. Primi (sez. GR21) e l'imbocco della tombinatura dei parcheggi (sez. GR04): dallo studio idraulico, la zona risulta inondabile già per eventi di piena con periodo di ritorno cinquantennale e considerata l'alta incidenza di elementi a rischio, ricade nella classe di rischio R4.

L'analisi idraulica individua quali principali criticità l'insufficienza delle sezioni, determinata dall'inadeguatezza o assenza di argini e dalla presenza in alveo del ponte ad arco medioevale e del ponte di via B. Primi.

La scala a cui è stato eseguito lo studio idraulico, tuttavia, non permette di definire con sufficiente precisione il livello effettivo di rischio a cui è soggetto l'abitato, per cui si ritiene necessaria un'analisi di maggior dettaglio.

***Definizione degli interventi***

Costruzione e adeguamento degli argini

In considerazione dell'insufficienza idraulica del tratto in curva, si ritiene fondamentale realizzare un'arginatura di altezza opportuna in sponda sinistra ed eventualmente sopraelevare quella esistente per il contenimento della piena con gli opportuni franchi di sicurezza.

Pulizia dell'alveo

Si prevede, a breve termine, un intervento di pulizia dell'alveo dal notevole deposito di materiale alluvionale che in più punti restringe la sezione di deflusso, da ripetersi con cadenza almeno annuale, che tuttavia non alteri il profilo di equilibrio del corso d'acqua.

Adeguamento del ponte di Via Bruno Primi

Il ponte, a valle del viadotto autostradale, costituisce un ostacolo alla corrente: se ne consiglia l'adeguamento, realizzandone l'intradosso a quota superiore.

Eventuale scapitozzamento della briglia e regolarizzazione del fondo alveo

L'eliminazione della briglia in corrispondenza del ponte medioevale consentirebbe di diminuire la quota del fondo alveo e aumentare la velocità, determinando l'abbassamento del tirante idrico.

Riprofilatura dell'alveo all'imbocco del ponte ferroviario

Il problema dell'insufficienza del ponte della ferrovia è stato in parte risolto dalla realizzazione di un bypass in sponda destra. Si rileva, tuttavia, la necessità di una riprofilatura degli argini per meglio convogliare la corrente.

Il vecchio ponte ad arco provoca un notevole rigurgito del profilo liquido, tuttavia, per la sua valenza storico-architettonica, è difficile prevederne l'adeguamento.

Qualora non fosse possibile conseguire l'obiettivo del deflusso della portata duecentennale con adeguato franco si dovranno indicare ulteriori misure complementari da attivarsi contemporaneamente (ad es. sistemi di informazione e allerta, ecc.).

*Stima di massima dei costi*

Costo costruzione arginatura:	500.000.000 £
Costo adeguamento ponte:	2.000.000.000 £
Costo regolarizzazione fondo alveo:	2.000.000.000 £
Costo riprofilatura argini:	1.000.000.000 £
Costo pulizia alveo (ad intervento):	1.500.000.000 £
Costo totale:	7.000.000.000 £



**T. GROMOLO - LOC. FOSSALUPARA**

**rif. CARTA INTERVENTI N° 12**

Il tratto in esame si snoda a monte del viadotto autostradale: la sezione, di larghezza notevole in corrispondenza della briglia (sez. GR32), va restringendosi progressivamente sino all'inizio del tratto plateato (sez. GR28), provocando un notevole innalzamento del livello idrico. In sponda destra, inoltre, all'altezza del bivio per Villa Scorza, si rilevano problemi di cedimento arginale.

***Definizione degli interventi***

Riprofilatura dell'alveo e consolidamento arginale

Si prevede, a breve termine, il consolidamento dell'argine destro con problemi di cedimento strutturale e la protezione al piede dello stesso per un tratto di circa 50 m.

Per attenuare l'effetto del restringimento, si ritiene opportuno riprofilare l'alveo e innalzare l'argine in sponda destra per un tratto di circa 400 m, in modo tale da permettere il deflusso della portata duecentennale con adeguato franco.

Qualora non fosse possibile conseguire tale obiettivo, si dovranno indicare ulteriori misure da attivarsi contemporaneamente (ad es. sistemi di informazioni e allerta, ecc.).

***Manutenzioni***

Dovrà essere prevista un'azione costante di manutenzione delle opere idrauliche e di pulizia dell'alveo, da specificarsi a cura dell'Ente competente.

***Stima di massima dei costi***

Costo adeguamento sezione:	500.000.000 £
Costo pulizia alveo (ad intervento):	400.000.000 £

**T. GROMOLO - LOC. VILLA LA ROCCA**

**rif. CARTA INTERVENTI N° 13**

Il tratto in esame, a valle del ponte per Villa La Rocca, non presenta particolari criticità idrauliche se non problemi di erosione spondale. Per questo motivo è stato oggetto di un recente intervento da parte della Provincia di Genova, a seguito del quale sono stati disposti in alveo massi a distanza regolare, per dirigere la corrente di magra al centro del corso. Attualmente, l'argine destro, per un tratto di circa 100 m, risulta crollato o in condizioni di precaria stabilità.

***Definizione degli interventi***

Ripristino dell'argine destro soggetto ad erosione spondale

***Stima di massima dei costi***

Costo intervento:	100.000.000 £
-------------------	---------------

**T. GROMOLO - LOC. S. VITTORIA DI LIBIOLA**

**rif. CARTA INTERVENTI N° 14**

Il tratto in esame interessa la località S. Vittoria di Libiola: il torrente è fiancheggiato, prima in sponda destra, poi in sinistra, da pianie alluvionali non ancora antropizzate, ma occupate prevalentemente da orti.

***Definizione degli interventi***

Si ritiene opportuno l'applicazione di misure di protezione civile sulle pianie alluvionali limitrofe al corso d'acqua.

***Manutenzioni***

Dovrà essere prevista un'azione costante di pulizia dell'alveo, da specificarsi a cura dell'Ente competente.

***Stima di massima dei costi***

Costo pulizia alveo (ad intervento):	400.000.000 £
--------------------------------------	---------------

**T. GROMOLO - LOC. CAMPOMONETO (sez. GR56)**

**ref. CARTA INTERVENTI N° 15**

Dalle analisi idrauliche la sezione del ponte con pila in alveo in località Campomoneto è risultata insufficiente al deflusso della portata cinquantennale, anche a causa della presenza di notevole materiale in alveo.

Si è, inoltre, riscontrato un accentuato fenomeno di erosione spondale in corrispondenza della curva a valle della briglia.

***Definizione degli interventi***

Adeguamento della sezione idraulica

Si ritiene necessario intervenire con opere atte all'ampliamento della sezione idraulica, che potranno riguardare il fondo dell'alveo, le sponde o il ponte stesso, per consentire il regolare deflusso della portata di piena.

Pulizia dell'alveo

In alveo sono presenti accumuli di materiale notevole, per cui si valuta opportuno effettuare un intervento di pulizia dell'alveo, per ripristinare la sezione utile di deflusso.

***Manutenzioni***

Dovrà essere prevista un'azione costante di manutenzione delle opere idrauliche e di pulizia dell'alveo, da specificarsi a cura dell'Ente competente.

***Stima di massima dei costi***

Costo intervento:	2.000.000.000 £
Costo pulizia alveo (ad intervento):	200.000.000 £

**T. GROMOLO - LOC. BALICCA PONTEROTTO (sez. GR67)**

**rif. CARTA INTERVENTI N° 16**

Si tratta di un piccolo nucleo abitato sito in corrispondenza del ponte GR68: l'area risulta inondabile con portate corrispondenti già al periodo di ritorno cinquantennale e ricade, per quanto riguarda la classificazione del rischio, in classe R4.

A monte del ponte, in sponda sinistra, si trovano delle abitazioni in fregio all'alveo con finestre che si affacciano sul torrente.

***Definizione degli interventi***

In prima istanza, rapportando i costi di un intervento di sistemazione del torrente alla difficoltà di realizzazione e all'entità degli elementi effettivamente a rischio, si ritiene opportuno ricorrere ad interventi non strutturali, comprendenti anche la realizzazione di piani di protezione interna agli stessi edifici a rischio.

In secondo luogo si può prevedere:

Realizzazione di arginatura in sponda sinistra a protezione delle case poste in fregio all'alveo

Allargamento della sezione idraulica in sponda destra e adeguamento del ponte della Comunale per Monte Domenico

Rimozione dei resti del ponte crollato e di ogni altro manufatto presente in alveo, la cui funzione sia con esso incompatibile.

***Manutenzioni***

Dovrà essere prevista un'azione costante di manutenzione delle opere idrauliche e di pulizia dell'alveo, da specificarsi a cura dell'Ente competente.

***Stima di massima dei costi***

Costo costruzione argine sinistro:	100.000.000 £
Costo adeguamento sezione:	2.000.000.000 £
Costo rimozione manufatti:	500.000.000 £
Costo pulizia alveo (ad intervento):	400.000.000 £
Costo totale:	3.000.000.000 £

**SISTEMAZIONE RIO STAFFORA**

**ref. CARTA INTERVENTI N° 17**

***Definizione degli interventi***

La soluzione si propone la messa in sicurezza delle abitazioni e della viabilità adiacente all'alveo, tramite la realizzazione di interventi puntuali strutturali, abbinati ad interventi di protezione civile qualora non fosse possibile conseguire, a breve/medio termine, la mitigazione del rischio con riferimento alla portata duecentennale.

Demolizione passerella in disuso (sez. ST16) e consolidamento argine destro

Ripristino muro d'argine crollato in sponda sinistra (sez. ST12)

Adeguamento della sezione idraulica e del ponte di Via Antica Romana Occidentale (sez. ST10) con intradosso a quota superiore

***Manutenzioni***

Dovrà essere prevista un'azione costante di manutenzione delle opere idrauliche e di pulizia dell'alveo, da specificarsi a cura dell'Ente competente.

***Stima di massima dei costi***

Costo demolizione passerella:	400.000.000 £
Costo ripristino muro:	100.000.000 £
Costo adeguamento sezione:	2.000.000.000 £
Costo pulizia dell'alveo (ad intervento):	700.000.000 £
Costo totale:	3.200.000.000 £

**SISTEMAZIONE RIO RAGONE**

**rif. CARTA INTERVENTI N° 18**

***Definizione degli interventi***

L'intervento in esame ha lo scopo di mettere in sicurezza la strada e gli edifici prospicienti l'alveo in sponda destra.

**Allargamento della sezione idraulica e adeguamento degli attraversamenti**

E' attualmente in fase di progettazione il raddoppio della sezione nel tratto terminale del canale, per una lunghezza di circa 500 m. Si ritiene, tuttavia, che per la definitiva sistemazione del corso d'acqua sia necessario integrare i lavori previsti con altre operazioni di completamento.

***Manutenzioni***

Dovrà essere prevista un'azione costante di manutenzione delle opere idrauliche e di pulizia dell'alveo, da specificarsi a cura dell'Ente competente.

***Stima di massima dei costi***

Costo intervento:	3.000.000.000 £
Costo pulizia dell'alveo (ad intervento):	250.000.000 £

**SISTEMAZIONE RIO BATTANA**

**rif. CARTA INTERVENTI N° 19**

***Definizione degli interventi***

Allargamento della sezione idraulica e adeguamento degli attraversamenti

Si ritiene opportuno intervenire con opere atte all'ampliamento della sezione idraulica che potranno riguardare il fondo dell'alveo, le sponde e/o i singoli manufatti.

***Manutenzioni***

Dovrà essere prevista un'azione costante di manutenzione delle opere idrauliche e di pulizia dell'alveo, da specificarsi a cura dell'Ente competente.

***Stima di massima dei costi***

Costo intervento:	3.000.000.000 £
Costo pulizia dell'alveo (ad intervento):	250.000.000 £

**SISTEMAZIONE RIO RAMINO**

**rif. CARTA INTERVENTI N° 110**

***Definizione degli interventi***

Allargamento della sezione idraulica e adeguamento degli attraversamenti

Si ritiene opportuno intervenire con opere atte all'ampliamento della sezione idraulica che potranno riguardare il fondo dell'alveo, le sponde e/o i singoli manufatti.

Adeguamento della rete di smaltimento delle acque piovane

Si prevede l'elaborazione di un piano di prevenzione e protezione civile che valuti l'opportunità di rendere inabitabili i piani terreni di alcuni edifici posti in sponda destra, a monte della tombinatura.

***Manutenzioni***

Dovrà essere prevista un'azione costante di manutenzione delle opere idrauliche e di pulizia dell'alveo, da specificarsi a cura dell'Ente competente.

***Stima di massima dei costi***

Costo intervento:	3.000.000.000 £
Costo pulizia dell'alveo (ad intervento):	250.000.000 £

**RIO GINESTRA, CANALE MONS. VATTUONE, CANALE CHIUSA**

**ref. CARTA INTERVENTI N° 111**

La zona in esame si trova in località S. Bartolomeo. Le criticità idrauliche delle varie canalizzazioni sono determinate dall'insufficienza delle sezioni di deflusso. In particolare si sottolinea la necessità di sistemare la confluenza a 90° del rio Ginestra nel canale di Via Mons. Vattuone.

***Definizione degli interventi***

L'intervento proposto si prefigge di mettere in sicurezza le case e la viabilità soggette ad allagamenti, mediante:

Realizzazione di briglie selettive per ridurre il trasporto solido sul rio Ginestra

Allargamento della sezione idraulica del Canale di via Mons. Vattuone

Adeguamento della rete di smaltimento delle acque piovane

Costante pulizia dei tombini

***Stima di massima dei costi***

Costo intervento:	3.000.000.000 £
Costo pulizia dell'alveo (ad intervento):	250.000.000 £

**SISTEMAZIONE RIO DEL FICO**

**ref. CARTA INTERVENTI N° 112**

***Definizione degli interventi***

Il rio del Fico in località S. Sebastiano, nel tratto a monte della ferrovia, risulta già insufficiente al deflusso della portata cinquantennale. Gli interventi, mirati in particolare alla messa in sicurezza del campeggio e dell'abitato adiacente al corso d'acqua, si riassumono in:

Adeguamento della sezione idraulica

Ripristino muro d'argine in sponda destra

Costante pulizia dell'alveo

Regolamentazione dell'utilizzo della tombinatura come accesso pedonale alla spiaggia

***Stima di massima dei costi***

Costo intervento:	3.000.000.000 £
Costo pulizia dell'alveo (ad intervento):	250.000.000 £

**SISTEMAZIONE RIO SENZA NOME 1**

**ref. CARTA INTERVENTI N° 113**

***Definizione degli interventi***

Adeguamento della sezione idraulica delle tombinature e delle canalizzazioni a cielo aperto

***Manutenzioni***

Dovrà essere prevista un'azione costante di manutenzione delle opere idrauliche e di pulizia dell'alveo, da specificarsi a cura dell'Ente competente.

***Stima di massima dei costi***

Costo intervento:	3.000.000.000 £
Costo pulizia dell'alveo (ad intervento):	250.000.000 £

**SISTEMAZIONE RIO SENZA NOME 2**

**ref. CARTA INTERVENTI N° 114**

***Definizione degli interventi***

Adeguamento della sezione idraulica delle tombinature e delle canalizzazioni a cielo aperto

***Manutenzioni***

Dovrà essere prevista un'azione costante di manutenzione delle opere idrauliche e di pulizia dell'alveo, da specificarsi a cura dell'Ente competente.

***Stima di massima dei costi***

Costo intervento:	3.000.000.000 £
Costo pulizia dell'alveo (ad intervento):	250.000.000 £

#### **5.2.4 Manutenzione ordinaria dell'alveo**

In considerazione della distribuzione del rischio (cfr. paragrafo 4.3.) e della marcata artificializzazione dell'alveo nel tratto medio - terminale del T. Gromolo, la manutenzione dell'alveo è da considerarsi un intervento di fondamentale importanza per la riduzione della pericolosità idraulica.

Da questo nasce la necessità di avviare prioritariamente studi, indagini e monitoraggi sull'erosione e il trasporto solido che consentano una adeguata previsione e programmazione degli interventi di manutenzione e che possano coordinare a livello di ambito e di unità fisiografica, il bilancio sedimentario tra corso d'acqua, spiaggia e utilizzo di materie prime per l'edilizia e altre attività.

Gli interventi ordinari di pulizia dell'alveo, atti alla riduzione del rischio idraulico, nel tratto a valle dell'abitato di Santa Vittoria di Libiola sino alla foce, dovranno tener conto delle possibili valenze ambientali.

Per la manutenzione del corso d'acqua si richiama inoltre la direttiva del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino regionale "Manutenzione degli alvei e degli argini dei corsi d'acqua" (C.I. 5.8.98), oltrechè all'art. 3 della L n. 236/1993 e al DPR 14/4/1993 "Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale" ed altri atti elaborati in materia.

## 5.3 Interventi relativi al dissesto dei versanti

### 5.3.1 Interventi sui versanti

Nel seguito verranno riportati in modo schematico gli interventi di tipo strutturale ritenuti prioritari in base alle caratteristiche geologico-geomorfologiche dei versanti e soprattutto all'uso del suolo.

I corpi di frana, su cui si dovrà intervenire con studi, monitoraggi ed opere, riguardano versanti insediati, veri e propri nuclei abitati o infrastrutture viarie.

In tutti i casi si tratta di movimenti da lenti a molto lenti che tuttavia presentano accelerazioni improvvise in occasione di precipitazioni intense.

I dissesti su cui si intende intervenire sono i seguenti in ordine di priorità:

- Frana attiva in località Fontane (G1)
- Frane attive presso Villa Libiola (G2)
- Frana attiva in discarica lungo il Rio di Boeno (G3)
- Erosione concentrata e spondale lungo il Rio Ciansela (G6)
- Frana quiescente lungo la strada Loto - San Bernardo in località Pastanelli (G4)

Per quanto riguarda la manutenzione ordinaria dei versanti, questa è da intendersi a carico dei proprietari dei terreni.

La Comunità Montana Val Petronio è responsabile del coordinamento, della progettazione e della realizzazione nonché della manutenzione degli interventi strutturali prescritti nel presente Piano Stralcio.

Sulle aree contrassegnate con la lettera T si prevedono interventi estensivi sui versanti con possibilità di accedere a fondi speciali per il ripristino di ciglioni terrazzati e drenaggi.

In assenza di una direttiva regionale in merito, detta manutenzione dovrà avere i seguenti requisiti minimi (garantita da apposita relazione di fine lavori redatta a firma di professionista iscritto a uno dei seguenti albi professionali: agronomi forestali, geologi o ingegneri), senza i quali non sarà erogabile alcun contributo:

- le opere di drenaggio dovranno convogliare le acque nel reticolo idrografico principale ed evitare forme di ristagno e dispersioni nel terreno;
- la ricostituzione delle 'fasce' dovrà avvenire con il riutilizzo di tutto il materiale naturale reperibile in situ (pietra locale, terreno a tergo del muro preesistente opportunamente selezionato e miscelato) rispettando la struttura tradizionale;
- evitare ogni forma di impermeabilizzazione del terreno e di erosione incanalata.

**FRANA IN LOCALITA' FONTANE**

rif. CARTA INTERVENTI N° G1

*Analisi preliminare del fenomeno*

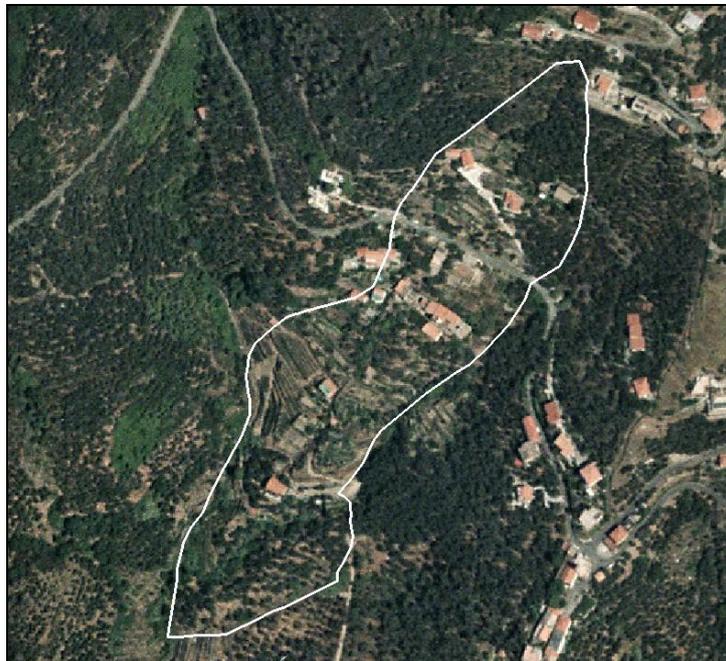
L'intervento proposto si pone come tentativo radicale di sistemazione del corpo franoso attivo in località Fontane alla testata della vallecchia del Rio Staffora, affluente di destra idrografica del T. Gromolo (CTR n. 232.090).

Con la dovuta premessa che ogni diagnosi in ordine alle caratteristiche quali-quantitative del fenomeno ha il principale scopo di costituire ipotesi di lavoro attraverso le quali orientare le successive indagini dirette, e deve pertanto essere considerata preliminare ed interlocutoria, ciò che si è potuto sinora accertare con le sole indagini di superficie è che:

- Si tratta di una frana complessa (codice di bacino 028 cfr. Tavola 5) interessata in profondità dal prevalere della componente di scivolamento rotazionale, forse anche a spese del substrato.
- La parte superficiale dell'accumulo è soggetta a colamento e scivolamento planare (earth slide) ed è attiva. L'intero versante ricade in classe di pericolosità alta e molto alta (Pg4 e Pg3). La presenza di circa 20 costruzioni (fra cui alcune abitate o in corso di ristrutturazione) pone l'intervento in classe prioritaria (classe di rischio elevato e molto elevato R3 e R4).

La superficie globalmente interessata è di circa 50.000 mq su un dislivello di 175 m.

Il versante mediamente acclive (20°) è esposto a sud sud-ovest ed è in prevalenza ad uliveto terrazzato e coltivi o ex coltivi (fig. 5.4.1.1.).



*Fig. 5.4.1.1. – Ripresa aerea del corpo di frana.*

Il substrato affiora nell'intorno del macereto in facies di scisti zonati con giacitura media 260/40. Ad est, non lontano dal corpo di frana, si ha il passaggio alle Arenarie di M.

Gottero. Il rilevamento fotogeologico ha messo in evidenza due lineazioni con direzione N80 in corrispondenza del piede e della tastata dell'accumulo. Indagini penetrometriche fornite dal Comune di Sestri Levante, dopo i sopralluoghi di Luglio e Ottobre 2002, mostrano spessori minimi della coltre detritica in due punti pari rispettivamente a 2m e 5m. L'area infine è caratterizzata da diffuse emergenze idriche.

### ***Indicazione delle problematiche***

Le problematiche riguardano soprattutto gli edifici, la strada di collegamento e diversi muri di sostegno che risultano lesionati in maniera evidente, rendendo pertanto necessari interventi capaci di rallentare i fenomeni in atto e di impedire la formazione di nuovi.

### ***Indicazione degli interventi che si intendono eseguire***

La complessità del fenomeno comporta che gli interventi siano suddivisi in tre lotti funzionali.

Il primo lotto prevede la campagna geognostica, i rilevamenti strutturali e il successivo monitoraggio che dovrà avere durata non inferiore ai 12 mesi.

Nel secondo lotto, in funzione di quanto emerso dalle indagini di prima fase, potranno essere progettate, appaltate ed eseguite le relative opere di bonifica.

Il terzo ed ultimo lotto prevede il prolungamento del monitoraggio, la manutenzione ed il costo di esercizio delle opere, che nel caso di drenaggi profondi potrà anche essere prolungato per parecchi anni.

Le indagini di **prima fase** (I) dovranno consistere in:

- a) Rilievo topografico alla scala 1:1.000 dell'area in frana per un totale di circa 5 ha;
- b) Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio finalizzato alla ricostruzione del corpo di frana e alla migliore ubicazione dei sondaggi;
- c) Campagna geognostica costituita indicativamente da 7 sondaggi a rotazione e a carotaggio continuo, prelievo di campioni indisturbati, prove in situ (SPT e permeabilità), installazione di tubi inclinometrici e piezometri, prospezioni geofisiche ad integrazione delle stratigrafie puntuali, pozzetti di saggio geognostico anch'essi con prelievo di campioni e prove di permeabilità in situ, rilievo strutturale degli edifici e installazione di fessurimetri in corrispondenza delle principali lesioni;
- d) Monitoraggio freaticometrico, strutturale ed inclinometrico con scadenza trimestrale per la durata complessiva di anni due;
- e) Redazione del rapporto geologico preliminare contenente l'analisi geologico-geomorfologica corredata di cartografia e sezioni di dettaglio con individuazione della geometria tridimensionale del corpo di frana, principali piani di scivolamento, oscillazioni della superficie freatica correlate ai dati meteo e raccolta di tutti i dati derivanti dalla campagna geognostica;

- f) Redazione del progetto preliminare di bonifica corredato di analisi dettagliata dei costi e dei benefici dell'intervento di sistemazione e i risultati attesi nel breve e lungo periodo, il programma e i costi per l'esercizio e la manutenzione delle opere.

La **seconda fase** (II) prevede la redazione del progetto definitivo, l'affidamento e l'esecuzione delle opere. A titolo indicativo queste potranno consistere in:

- a) Disciplina delle acque di precipitazione e di scorrimento superficiali, al fine di evitare sia eccessive infiltrazioni all'interno del corpo detritico, con conseguenti appesantimento, allentamento della coesione e pericoloso incremento delle pressioni neutre, sia l'innescò di quelle dannose forme di erosione per ruscellamento, già ora in atto, che accelerano e incrementano gli effetti negativi della pioggia battente. Tutto ciò da attuarsi attraverso la realizzazione di una razionale rete di raccolta costituita da cunette, canalette, fossi di guardia e sistemi di raccolta e corretto convogliamento delle acque delle gronde e dei pluviali, nonché da locali e puntuali interventi di drenaggio subsuperficiali e semiprofondi, ubicate e progettate sulla base delle risultanze dello studio geognostico;
- b) Intervento di ripristino delle funzioni collettrici e drenanti dei colatori laterali ed interni del corpo di frana, attraverso radicale pulizia, sagomatura e interventi di ingegneria naturalistica;
- c) Rimodellamento morfologico del pendio, volto all'alleggerimento di situazioni di sovraccarico locale e alla correzione del profilo, anche tramite la realizzazione di terrazze e ciglionature, o interventi di manutenzione straordinaria sulle stesse, ove presenti e recuperabili.

La **terza fase** (III) prevede la manutenzione annuale delle opere di ingegneria naturalistica, pulizia dei colatori e monitoraggio inclinometrico, freaticometrico e strutturale. La durata di quest'ultimo può essere stimata in circa 5 anni.

### ***Quantificazione dell'impegno economico necessario***

Ferma restando la possibilità che in conseguenza della campagna di prospezioni, prove e monitoraggi si renda necessario un definitivo assestamento del programma, alla luce delle conoscenze già disponibili e delle problematiche e dei tipi di intervento sopradescritti, si è pervenuti alla seguente stima dei costi:

FASE	DESCRIZIONE	COSTO (in migliaia di lire)
I	Campagna geognostica descritta al punto a – f, incluso rilievo topografico planoaltimetrico, geofisica, analisi di laboratorio, monitoraggio e relazione geologico tecnica al termine del primo anno	100.000
I	Per IVA	20.000

II	Interventi di cui al punto a: 800 ml di canalette a cielo aperto in struttura deformabile; 400 ml di trincee drenanti subsuperficiali	80.000
II	Interventi di cui al punto b: pulizia, sistemazione e interventi di ingegneria naturalistica sui colatori per complessivi 600 ml	20.000
II	Interventi di cui al punto c: rimodellamento morfologico del pendio, interventi di manutenzione dei terrazzamenti	100.000
II	Per spese generali, tecniche e collaudi	35.000
II	Per acquisizione immobili, espropri e servitù	20.000
II	Per imprevisti	20.000
II	Per IVA	51.000
III	Monitoraggio (annuale)	12.000
III	Manutenzione delle opere (annuale)	10.000
III	Iva	4.400

FASE	DESCRIZIONE	COSTO (x 1000)	Con IVA (x 1000)
I	Studio geologico, geognostica e monitoraggio pre intervento	100.000	120.000
II	Intervento di bonifica	275.000	326.000
III	Manutenzione e monitoraggio post intervento (x anni 5)	22.000	26.400
TOTALE		397.000	472.400

### *Tempi per l'esecuzione*

Si ritiene che il tempo necessario per la prima fase sia di 425 gg, di cui 60 per la campagna geognostica e i rilievi e 365 per il monitoraggio e la raccolta dati.

Il tempo stimato per la progettazione esecutiva e l'esecuzione dell'intervento è stimato in 200 gg, a cui debbono essere aggiunti i tempi per l'acquisizione di autorizzazioni, assegnazioni, collaudi, ecc.

**FRANE PRESSO VILLA LIBIOLA**

rif. CARTA INTERVENTI N° G2

*Analisi preliminare del fenomeno*

L'intervento proposto riguarda una serie di movimenti superficiali che interessano il versante in sponda destra del Rio di Cattan (CTR n. 232.060), lungo la strada tra Libiola e i primi edifici della miniera.

Con la dovuta premessa che ogni diagnosi in ordine alle caratteristiche quali – quantitative del fenomeno ha il principale scopo di costituire ipotesi di lavoro attraverso le quali orientare le successive indagini dirette, e deve pertanto essere considerata preliminare ed interlocutoria, ciò che si è potuto sinora accertare con le sole indagini di superficie è che:

- Si tratta di un versante che presenta almeno tre frane di cui due attive.
- Tutte le coltri sono comunque caratterizzate da instabilità latente e l'intero versante si configura come un'area ad alta suscettività al dissesto.
- Dal punto di vista dell'uso del suolo, il versante è caratterizzato dalla presenza delle discariche di miniera nella sezione nord orientale e da terrazzamenti ad uliveto e zone agricole eterogenee. La presenza di alcune abitazioni e la strada di collegamento pone l'intervento in classe di priorità medio alta (classe di rischio elevato e molto elevato R3 e R4). A tale proposito occorre chiarire che l'area interessata da rischio elevato e molto elevato è in realtà relativa alla sola frana cod 009, mentre la frana cod 010 e le altre coltri detritiche al limite di stabilità non interessano edifici o importanti strade di collegamento.

L'area a rischio elevato su cui intervenire ha una superficie di circa 1.5 ha. Le restanti coltri instabili e la frana più orientale portano l'area di intervento a circa 2.5 ha.

Il versante mediamente acclive (20°) è esposto a sud sud-ovest (fig. 5.4.1.2.).

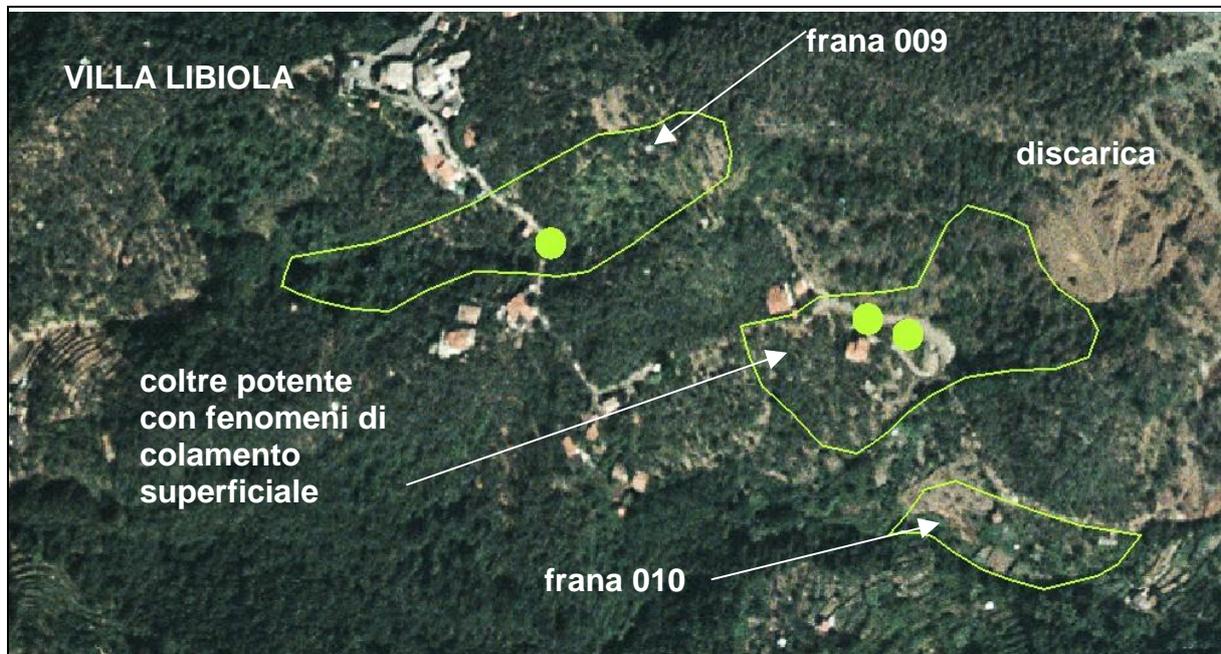


Fig. 5.4.1.2. – Ripresa aerea dell'area. I pallini indicano cedimenti della sede stradale

I fenomeni sono localizzati al contatto tra basalti particolarmente fratturati e i sottostanti argilloscisti. Il contatto tettonico comporta la presenza di una fitta rete di faglie e fratture che rendono la roccia basaltica particolarmente permeabile. La linea di contatto costituisce pertanto un dispositivo idrogeologico per soglia di permeabilità.

Un ulteriore fattore di instabilità è poi fornito dall'appesantimento dovuto alla discarica del materiale di lavorazione delle miniere.

### ***Indicazione delle problematiche***

Le problematiche riguardano soprattutto la strada. Il rilevamento non ha messo in luce danni esistenti alle abitazioni. Il fattore di rischio più alto riguarda le coltri detritiche al di sotto della discarica che, qualora dovessero manifestare una evoluzione di tipo franoso, potrebbero coinvolgere il riporto sovrastante mobilizzando ingenti quantitativi di materiale incoerente.

### ***Indicazione degli interventi che si intendono eseguire***

Gli interventi che si intendono eseguire sono riassumibili nei seguenti punti:

- a) Alleggerimento del versante con asportazione del materiale di discarica, in modo coordinato con l'intervento ex-MIN e rimodellamento con tecniche di ingegneria naturalistica;
- b) Indagini geognostiche sul versante interessato dalla frana 009;
- c) Realizzazione di trincee drenanti, canalizzazioni e ripristino di terrazzamenti in modo coordinato su tutto il tratto di versante interessato dai dissesti;

Il primo punto dovrà essere coordinato con le attività correlate alla bonifica dell'ex miniera di Libiola (intervento ex-MIN). La destinazione del materiale che verrà asportato dovrà essere decisa in seguito ad una attenta valutazione delle sue caratteristiche chimiche che lo potrebbero rendere pericoloso in certi ambienti.

Una volta eliminata parte del materiale di discarica, il versante dovrà essere rimodellato con interventi di ingegneria naturalistica.

Le indagini geognostiche saranno costituite da quattro sondaggi a carotaggio continuo, prelievo di campioni indisturbati da allestire due ad inclinometro e due a piezometro. Si prevedono inoltre quattro pozzetti di saggio diretto.

Trincee drenanti e canalette saranno distribuite su tutti gli accumuli detritici lungo il versante (frana 009 - frana 010 e coltre detritica rappresentata in fig 5.4.1.2.).

Analogamente al caso di Fontane, gli interventi dovranno mirare alla disciplina delle acque di precipitazione e di scorrimento superficiali, al fine di evitare sia eccessive infiltrazioni all'interno del corpo detritico, con conseguenti appesantimento, allentamento della coesione e pericoloso incremento delle pressioni neutre, sia l'innescò di quelle dannose forme di erosione per ruscellamento, già ora in atto, che accelerano e incrementano gli effetti negativi della

pioggia battente. Il ripristino delle funzioni collettrici e drenanti dei colatori laterali ed interni del corpo di frana, da attuarsi attraverso radicale pulizia, sagomatura e interventi di ingegneria naturalistica lungo i principali fossi, unitamente alla realizzazione di trincee medio profonde dovranno contribuire ad abbassare il livello di falda nel versante.

### ***Quantificazione dell'impegno economico necessario***

Ferma restando la possibilità che in conseguenza della campagna di prospezioni, prove e monitoraggi si renda necessario un definitivo assestamento del programma, alla luce delle conoscenze già disponibili e delle problematiche e dei tipi di intervento sopradescritti, si è pervenuti alla seguente stima dei costi:

FASE	DESCRIZIONE	COSTO (in migliaia di lire)
unica	Geognostica sul materiale di riporto, costituita da n. 2 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo da allestire a piezometro, n 10 pozzetti di saggio geognostico con prelievo di campioni, analisi chimiche e petrografiche sui campioni prelevati analisi chimiche delle acque;	45.000
	Geognostica sul versante interessato dalla frana cod 010, costituita da da 4 sondaggi, 4 pozzetti, prelievo campioni, analisi di laboratorio e rilievo planoaltimetrico	45.000
	Alleggerimento del versante con asportazione parziale del materiale di miniera, riprofilatura e rimboschimento. Trasporto a discarica autorizzata incluso. (stima largamente di massima non potendo quantificare esattamente il materiale che dovrà essere asportato)	250.000
	Drenaggi: 600 ml di canalette a cielo aperto in struttura deformabile; 400 ml di trincee drenanti subsuperficiali	70.000
	pulizia, sistemazione e interventi di ingegneria naturalistica sui colatori per complessivi 800 ml	25.000
	Rimodellamento morfologico del pendio, interventi di manutenzione dei terrazzamenti	80.000
	Per spese generali, tecniche e collaudi	45.000
	Per acquisizione immobili, espropri e servitù	20.000
	Per imprevisti	20.000
	IVA	120.000

post opera	Monitoraggio inclinometrico e freaticometrico quattro misure annuali	4.000
post opera	Manutenzione delle opere (annuale)	10.000
TOTALE	Indagini, opere, monitoraggi e manutenzione per i successivi tre anni iva inclusa	770.000

***Tempi per l'esecuzione***

Il tempo necessario per gli studi e la progettazione è di 100 gg.

Il tempo stimato per la progettazione esecutiva e l'esecuzione dell'intervento è stimato in 200 gg, a cui debbono essere aggiunti i tempi per l'acquisizione di autorizzazioni, assegnazioni, collaudi, ecc.

**EROSIONE AL PIEDE E RUSCELLAMENTO PRESSO LA DISCARICA MINIERE DI LIBIOLA**

rif. CARTA INTERVENTI N° G3

*Analisi preliminare del fenomeno*

Si tratta di una frana superficiale che interessa la discarica sul versante settentrionale della miniera di Libiola (fig. 5.4.1.3.). Il fenomeno è dovuto all'azione combinata del ruscellamento e dell'erosione al piede.

L'intervento è condizionato al progetto di bonifica integrato dell'area dell'ex miniera (cfr. ex MIN).



*Fig. 5.4.1.3. – L'erosione del Rio Boeno al piede della discarica.*

*Indicazione delle problematiche*

Dal punto di vista del presente piano e cioè sotto il profilo esclusivamente della stabilità e degli effetti sul reticolo idrografico, la discarica incrementa notevolmente ed in modo innaturale il trasporto solido del Rio di Boeno che mostra più a valle effetti di eccessivo alluvionamento.

*Indicazione degli interventi che si intendono eseguire*

Nell'ipotesi di mantenere il riporto in sito è proponibile una sistemazione che preveda la protezione del piede dall'erosione del rio, nonché una sistemazione del riporto con la realizzazione di terre armate.

Si prevede una fase geognostica, necessariamente coordinata con le altre indagini geologiche finalizzate alla bonifica.

Il piede del versante potrà essere protetto con una massicciata in pietrame, eventualmente rinverdita, mentre la pulizia e la riprofilatura del rio sarà accompagnata da briglie in pietrame e legname, opportunamente progettate e realizzate in funzione di calcoli idraulici.

L'intervento di protezione dovrà riguardare anche la sponda destra del rio di Boeno in corrispondenza del tratto interessato dalla discarica.

La sistemazione del riporto potrà essere realizzata dunque con terre armate, opportunamente impermeabilizzate e drenate.

Si tratta comunque di un'ipotesi di lavoro che, come detto, è condizionata agli esiti dello studio di bonifica. Per questo motivo non appare opportuno configurare alcuna ipotesi di spesa.



**FRANA IN LOCALITA' PASTANELLI**

**rif. CARTA INTERVENTI N° G4**

***Analisi preliminare del fenomeno***

La frana con un'area superiore a 80 ettari e lunghezza complessiva di quasi un chilometro, è il fenomeno franoso più grande del bacino.

L'area è stata valutata complessivamente quiescente. E' anche possibile che un'analisi più dettagliata possa individuare aree oramai relitte.

Si ritiene, tuttavia, che in assenza di un'adeguata campagna geognostica le sole indagini di superficie non siano sufficienti a definire il grado di pericolosità dell'area.

Il Piano prevede pertanto una campagna geognostica mirata sostanzialmente alla perimetrazione dell'area e soprattutto ad una valutazione del grado di pericolosità.

***Indicazione delle problematiche***

In base alle conoscenze non esistono elementi a rischio direttamente coinvolti dall'eventuale riattivazione del corpo di frana con l'esclusione della strada di collegamento Loto - San Bernardo.

Analogamente al caso di Montedomenico - Rio Secco (corpo franoso monitorato), esiste tuttavia la necessità di una conoscenza più puntuale del fenomeno, soprattutto in profondità, al fine di circoscrivere con sufficiente accuratezza l'area ad alta pericolosità diretta ed indiretta.

***Indicazione degli interventi che si intendono eseguire***

Si prevede una campagna geognostica così articolata:

- 7 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo con prelevamento di campioni indisturbati e analisi di laboratorio;
- installazione di stazione di monitoraggio inclinometrico, freaticometrico e planoaltimetrico.

***Quantificazione dell'impegno economico necessario***

La stima del costo complessivo della campagna geognostica e del primo anno di monitoraggio è di £. 80.000.000. Il costo annuale del monitoraggio è stimato in £. 10.000.000. Prevedendo un monitoraggio per almeno 5 annualità il totale risulta in 130.000.000 + IVA.

**EROSIONE CONCENTRATA E SPONDALE LUNGO IL RIO CIANSELA**

**rif. CARTA INTERVENTI N° G6**

***Analisi preliminare del fenomeno***

Fenomeno di erosione spondale che interessa la sponda destra del Rio di Ciansela, affluente in sinistra idrografica del T. Gromolo. Tutto il versante sino al crinale è interessato da fenomeni erosivi legati essenzialmente al richiamo al piede.

L'area è ubicata in prossimità del contatto tra argilloscisti ed arenarie ed è caratterizzata da settori con copertura media ed acclività elevate.

In occasione dei sopralluoghi non è stato possibile ritrovare affioramenti certi del substrato. Ciò nonostante l'esame delle foto aeree e le diagnosi geologiche per il Piano Regolatore porterebbero a prevedere una sensibile strutturazione dell'ammasso roccioso anche in profondità. Indagini penetrometriche fornite dal Comune di Sestri Levante mostrano in due punti spessori minimi della coltre detritica rispettivamente di 2m e 5m. Non è escluso, pertanto, che in futuro il settore di versante possa essere teatro di fenomeni gravitativi più rilevanti rispetto al presente.

***Indicazione delle problematiche***

Al momento le problematiche sono esclusivamente legate alla stabilità delle coltri superficiali e sono innescate dall'erosione del corso d'acqua.

***Indicazione degli interventi che si intendono eseguire***

Si suggerisce un intervento di protezione del piede del versante con pulizia dell'alveo e risagomatura. Come in tutti gli interventi sul reticolo idrografico il tipo di intervento dovrà essere coordinato in base agli esiti di uno studio idraulico e naturalistico sulle condizioni del corso d'acqua.

Allo stato delle conoscenze, in assenza di dati idraulici, geomorfologici e naturalistici di dettaglio si prevede la realizzazione di una scogliera in pietrame al piede del versante, unitamente alla pulizia e riprofilatura del corso d'acqua.

La fase geognostica, che dovrà necessariamente precedere la fase di progettazione ed esecuzione dell'intervento, prevede l'esecuzione di n. 3 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo da spingersi per circa 10 m nel substrato roccioso oltre a pozzetti di saggio geognostico.

***Quantificazione dell'impegno economico necessario***

Ferma restando la possibilità che in conseguenza della campagna di prospezioni, prove e monitoraggi si renda necessario un definitivo assestamento del programma, alla luce delle conoscenze già disponibili e delle problematiche e dei tipi di intervento sopradescritti, si è pervenuti alla seguente stima dei costi:

	DESCRIZIONE	COSTO (n migliaia di lire)
	Campagna geognostica e rilievo topografico,	50.000
	Scogliera, riprofilatura del versante e del corso d'acqua, sistemazione con opere di ingegneria naturalistica	300.000
	Manutenzione opere (annua)	5.000
	Per spese generali, tecniche e collaudi	45.000
	Per imprevisti	20.000
	Iva	80.000
	Totale	500.000

***Tempi per l'esecuzione***

Si ritiene che il tempo per la campagna geognostica, progettazione ed esecuzione delle opere sia stimabile in 365 gg.

### **5.3.2 Indagini e monitoraggi**

Si è già più volte ribadita la necessità di approfondimenti sia a scala di bacino che a scala locale degli aspetti idrogeologici e ambientali, senza i quali molti degli interventi strutturali e non strutturali atti a ridurre il rischio, potrebbero rivelarsi addirittura negativi e controproducenti.

Un tipico esempio è fornito dall'area dell'ex miniera di Libiola.

Nel contesto del bacino, Libiola riveste potenzialmente una priorità altissima in termini di inquinamento del suolo e delle acque; all'interno del presente stralcio, tuttavia, nonostante diversi problemi di stabilità legati soprattutto all'abbandono delle discariche e dei fronti di scavo, l'area non ricadrebbe a rischio elevato in considerazione del suo stato attuale di abbandono.

Il Piano prevede pertanto che fino a quando non si sarà in possesso di uno studio corredato da monitoraggio chimico e idrogeologico di tutta l'area indicata come ex MIN nella carte degli interventi, l'area di Libiola è da considerarsi a pericolosità molto alta.

Il Piano prevede inoltre la ripresa e l'integrazione con una seconda vasca di misura del trasporto solido del monitoraggio della DGPV di Rio Secco - Montedomenico, finalizzata alla valutazione del trasporto solido delle aste di primo e secondo ordine del settore nord-orientale del bacino e dell'influenza dell'attività estrattiva sul carico di sedimenti. Si tratta ovviamente di un progetto che ha valenza a scala regionale (le ofioliti hanno una larga diffusione in tutta la Liguria) e che è stato ritenuto meritevole di finanziamento in ragione dell'esistenza di una stazione ricca di strumentazione e già attiva da alcuni anni.

In attesa dell'organizzazione del monitoraggio a scala regionale, sono infine previsti fondi per la raccolta di dati sulla quantità di sedimento che periodicamente verrà rimossa dal corso d'acqua (soprattutto nel tratto cittadino arginato e plateato) in occasione della manutenzione ordinaria, nonché rilevamenti annuali della granulometria delle alluvioni.

**STUDIO DELL'AREA 'EX MINIERA DI LIBIOLA'**

**rif. CARTA INTERVENTI ex-MIN**

***Descrizione sintetica***

Ex miniera di rame abbandonata interessante una superficie di quasi 30 ha. I principali problemi sono legati al probabile inquinamento della falda e del suolo oltre all'instabilità dei fronti di scavo, gallerie e discariche.

In base ai dati disponibili non è stato possibile stendere alcun progetto di sistemazione preliminare con l'esclusione dell'intervento G3.

Il Piano prevede pertanto uno studio preliminare di dettaglio.

***Definizione dello studio***

Studio organico finalizzato alla definizione delle principali criticità e alla redazione di un progetto di bonifica.

In questa prima fase è possibile suggerire che lo studio preveda:

- Raccolta della documentazione tecnica disponibile quali studi precedenti, analisi, pubblicazioni, piani di coltivazione;
- Rilievo topografico superficiale alla scala 1:1.000;
- Rilievo topografico in sotterraneo e restituzione dei tracciati delle gallerie;
- Integrazione dei rilievi di superficie con indagini geofisiche;
- Prelievo campioni e analisi chimiche su acque e suolo all'interno dell'area indicata in tavola 16 e in almeno altre quattro stazioni nel materasso alluvionale del T. Gromolo a valle della confluenza del Rio di Boeno;
- Prelievo campioni e analisi geotecniche sul materiale di discarica;
- Rilievo geomeccanico dei principali fronti di scavo e delle gallerie;
- Redazione del progetto di bonifica.

***Stima dei costi***

Non possibile in questa fase.

**MONITORAGGIO DELLA DGPV DI RIO SECCO**rif. CARTA INTERVENTI M1*Descrizione sintetica*

Si tratta di un fenomeno di deformazione gravitativa profonda di versante sul quale a partire dal 1994 è stato finanziato uno studio geomorfologico e idrogeologico, con campagna geognostica, prelievo di campioni e monitoraggio freaticometrico, inclinometrico e topografico dei corpi franosi superficiali e della stessa DGPV.

L'interesse scientifico-applicativo e lo sfruttamento di un importante acquifero in roccia sono gli obiettivi originari della ricerca. Successivamente la realizzazione di una vasca per la misurazione del trasporto solido, unitamente alle temperature e alle precipitazioni, hanno reso la stazione uno dei pochi esempi di monitoraggio integrato in ambito ligure.

Le misurazioni sono state sospese nel 1999 per mancanza di fondi.

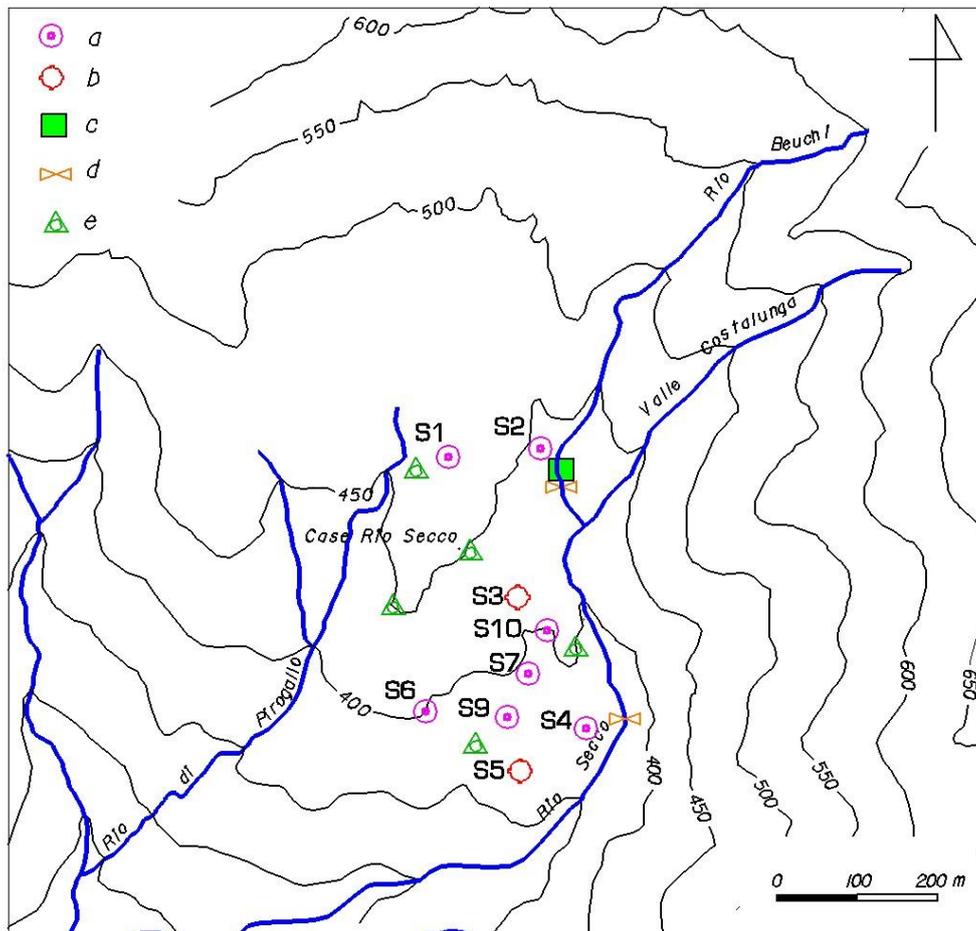


Fig. 5.3.1. – Stazione di monitoraggio di Rio Secco (a – piezometro; b – inclinometro; c – vasca per la misura del trasporto solido; d – briglia con stramazzo per la misura della portata del corso d’acqua; e – capisaldi per rilievo topografico). La mappa non riporta la stazione meteo.

### ***Definizione delle operazioni di monitoraggio***

Il finanziamento prevede la ripresa del monitoraggio e la realizzazione di una seconda vasca per la misura del trasporto solido.

Più in dettaglio si prevede un rapporto annuale che raccolga gli esiti delle seguenti indagini:

- Precipitazioni e temperature per la stazione meteo di Montedomenico;
- Misura stagionale di:
  1. Portata, pH e temperatura del corso d'acqua in corrispondenza delle briglie esistenti e dalla seconda vasca;
  2. Misura del volume di sedimento intrappolato nelle vasche;
  3. Analisi granulometrica dei campioni di sedimento prelevati (8 prove annuali);
  4. Misura del livello freaticometrico nei fori appositamente allestiti;
  5. Misura delle portate, del pH e della temperatura delle sorgenti nel Rio Secco al piede del macereto principale;
- Con scadenza annuale:
  1. Misurazioni con sonda inclinometrica in due dei fori appositamente allestiti;
- Con scadenza biennale:
  2. Traguardo planoaltimetrico con strumentazione di alta precisione.

### ***Definizione delle operazioni di monitoraggio***

Il finanziamento prevede per il primo anno alcuni interventi per l'adeguamento della stazione di monitoraggio.

In particolare:

- Adeguamento e ristrutturazione della vasca esistente;
- Pulizia dei sentieri di accesso ai sondaggi e alle postazioni fisse;
- Realizzazione di una seconda vasca per la misura del trasporto solido.

### ***Stima dei costi***

Operazioni di ripristino della stazione di monitoraggio e le misure del primo anno:	£. 25.000.000
Monitoraggio annuale:	<u>£. 10.000.000</u>
Totale per 4 anni:	£. 65.000.000
IVA (20%)	<u>£. 13.000.000</u>
Totale (IVA compresa)	£. 78.000.000

**MISURAZIONE DEL SEDIMENTO RIMOSSO DURANTE LA PULIZIA ALVEO**

ref. CARTA INTERVENTI N° G5

***Descrizione sintetica***

Come più volte detto, l'asta terminale del T. Gromolo può essere mantenuta funzionale solamente attraverso una costante manutenzione e pulizia dell'alveo sia nel tratto cittadino plateato ed arginato sia nel tratto direttamente a monte.

Il piano prevede lo stanziamento annuo di una cifra pari a £. 10.000.000 per il rilievo fotografico e topografico, l'analisi granulometrica e il calcolo del volume di sedimento asportato dal corso d'acqua durante la manutenzione.

Lo scopo di tale attività è quello di fornire una stima quantitativa sul trasporto solido del torrente e di pervenire pertanto ad una programmazione organica delle operazioni di manutenzione dell'alveo e ripascimento della costa.

***Stima dei costi***

Totale per 5 anni:	£. 50.000.000
IVA (20%)	<u>£. 10.000.000</u>
Totale (IVA compresa):	£. 60.000.000

## 5.4 Priorità degli interventi strutturali

La priorità degli interventi è stata determinata sulla base del grado di rischio idrogeologico, ponendo particolare attenzione alla incolumità pubblica, al carattere definitivo e all'organicità delle opere proposte.

Prescindendo dall'attuazione degli interventi, azione indispensabile e non procrastinabile così come quella dell'apposizione e del rispetto delle regole pianificatorie (interventi non strutturali) specie nelle zone a maggior rischio, è l'elaborazione del piano di protezione civile comunale, ai sensi della L.R. 9/2000, in cui dovranno essere stabiliti tutti i provvedimenti, sia di prevenzione sia di emergenza, atti a garantire la sicurezza dei residenti, soprattutto nella fase transitoria che precede la realizzazione delle opere previste e ponendo particolare attenzione a quelle zone in cui è stata segnalata la necessità di misure non strutturali di prevenzione. In questa sede non viene indicato il grado di priorità di tale piano né dei necessari interventi di monitoraggio in quanto esula dalle competenze del piano di bacino, ma se ne sottolinea l'urgenza e il ruolo fondamentale nella prevenzione e nella mitigazione del rischio.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo degli interventi previsti, distinti in classi di priorità, la cui descrizione dettagliata è riportata nei paragrafi precedenti.

### Priorità molto alta

<b>Intervento</b>	<b>Costo stimato</b>
<i>Intervento G1: Frana attiva in loc. Fontane</i>	(5 anni) 472.400.000 £
<i>Intervento G2: Frane attive presso Villa Libiola</i>	(3 anni) 770.000.000 £
<i>Intervento I1: T. Gromolo – tratto tra il ponte di Via B. Primi e l'imbocco della tombinatura</i>	7.000.000.000 £
<i>Intervento I2: T. Gromolo – loc. Fossalupara</i>	900.000.000 £
<i>Intervento I3: loc. Villa La Rocca</i>	100.000.000 £
<i>Intervento I7: Sistemazione Rio Staffora</i>	3.200.000.000 £
<i>Intervento I8: Sistemazione Rio Ragone</i>	3.250.000.000 £
<i>Intervento I9: Sistemazione Rio Battana</i>	3.250.000.000 £
<i>Intervento I10: Sistemazione Rio Ramino</i>	3.250.000.000 £

<i>Intervento I12: Sistemazione Rio del Fico</i>	3.250.000.000 £
<i>Intervento I13: Sistemazione Rio senza nome 1</i>	3.250.000.000 £
<i>Intervento I14: Sistemazione Rio senza nome 2</i>	3.250.000.000 £
<b>Totale interventi</b>	<b>31.942.400.000 £</b>

#### **Priorità alta**

<b>Intervento</b>	<b>Costo stimato</b>
<i>Intervento I5: T. Gromolo – loc. Campomoneto</i>	2.200.000.000 £
<i>Intervento I6: T. Gromolo – loc. Balicca Ponterotto</i>	3.000.000.000 £
<i>Intervento I11: Rio Ginestra, Canale Mons. Vattuone, Canale Chiusa</i>	3.250.000.000 £
<b>Totale interventi</b>	<b>8.450.000.000 £</b>

#### **Priorità media**

<b>Intervento</b>	<b>Costo stimato</b>
<i>Intervento G3: Frana attiva in discarica lungo il Rio di Boeno</i>	£
<i>Intervento G4: Frana quiescente in loc. Pastanelli</i>	(1 anno) 80.000.000 £
<i>Intervento G6: Erosione concentrata e spondale lungo il Rio Ciansela</i>	500.000.000 £
<i>Intervento M1: Monitoraggio della DGPV di Rio Secco</i>	78.000.000 £
<b>Totale interventi</b>	<b>658.000.000 £</b>

#### **Priorità bassa**

<b>Intervento</b>	<b>Costo stimato</b>
<i>Intervento I4: T. Gromolo – loc. S. Vittoria di Libiola</i>	420.000.000 £
<i>Intervento G5: Misurazione del sedimento durante la pulizia alveo</i>	(5 anni) 60.000.000 £

<b>Totale interventi</b>	<b>480.000.000 £</b>
--------------------------	----------------------

Si noti che gli interventi di manutenzione, per la cui specificazione si rimanda ai paragrafi precedenti, sono stati qui riportati in priorità bassa, benché se ne ribadisca la primaria importanza ai fini della prevenzione del rischio. La manutenzione deve estesa a tutto il torrente, con particolare attenzione ai ponti e alle tombinature: risulta, quindi, difficile quantificare l'effettivo costo globale sull'intero corso d'acqua sulla base dei dati a disposizione a scala di bacino.

L'attuazione della regolare manutenzione del corso d'acqua, deve essere programmata, con cadenza regolare e dopo ogni evento di piena, in un piano complessivo da parte dell'Ente competente: la priorità della manutenzione può aumentare in funzione delle specifiche condizioni delle diverse porzioni dell'alveo e del sottobacino sotteso, nonché a singoli eventi non prevedibili, ma si ricorda ancora una volta come la mancata manutenzione possa ridurre significativamente l'efficacia di tutte le soluzioni proposte.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1993) - *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica*. Regione Veneto - Regione Emilia Romagna.
- Abbate E. & Bortolotti V. (1984) - *Le Unità Liguri dell'Appennino Settentrionale: sintesi dei dati e delle interpretazioni dal 1970 in poi*. In: *Cento anni di geologia italiana*. Vol. Giubil., I Centen. Soc. Geol. It., 215-240.
- Abbate E., Bortolotti V., Galbiati B. & Principi G. (1980) - *Carta geologica delle ofioliti del Bargonasco e dell'alta Val Graveglia*. CNR-Centro St. Geol. App. Firenze/Gr. Lav. Ofiol. Medit., L.A.C., Firenze.
- Abbate E., Bortolotti V. & Principi G. (1980) - *Apennine ophiolites: a peculiar oceanic crust*. In: Rocco G. (Ed) *Tethyan Ophiolites; Ofioliti*, 1, Special issue, 59-96.
- Andri E. & Fanucci F. (1973) - *Osservazioni sulla litologia e stratigrafia dei Calcari a Calpionelle liguri (Val Graveglia, Val di Vara)*. Boll. Soc. Geol. It., 92, 161-192.
- Andri E. & Fanucci F. (1975) - *La risedimentazione dei Calcari a Calpionelle liguri*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 915-925.
- Barbieri G., Papani G. & Zanzucchi G. (1968) - *Considerazioni stratigrafiche e tettoniche sull'alto Appennino ligure-emiliano*. L'Ateneo Parm., Acta Nat., 4, 1-144.
- Baroni E. (1984) - *Guida Botanica d'Italia*. Cappelli Editori, Bologna.
- Bedient P.B. & Huber W.C. (1988) - *Hydrology and Floodplain analysis*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Benini G. (1990) - *Sistemazioni idraulico-forestali*. UTET.
- Benini G. (1997) - *Manuale dell'ingegnere. Sistemazioni bacini montani*. HOEPLI.
- Boccaletti M., Coli M., Decandia F., Giannini E. & Lazzarotto A. (1980) - *Evoluzione dell'Appennino settentrionale secondo un nuovo modello strutturale*. Mem. Soc. Geol. It., 21, 359-374.
- Bonazzi A., Cortesogno L., Galbiati B., Rheinhardt M., Salvioli Mariani E. & Vernia L. (1987) - *Nuovi dati sul metamorfismo di basso grado nelle unità liguridi interne e loro possibile significato nell'evoluzione strutturale dell'Appennino Settentrionale*. Acta Nat. At. Parm., 23, 17-47.
- Boni A., Braga G., Conti S., Gelati R., Marchetti G. & Passeri L.D. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala di 1:100.000, foglio 83 "Rapallo" e foglio 94 "Chiavari"*. Min. Ind. Comm. Art., Serv. Geol. d'It., 89 pp.
- Braga G., Casnedi R., Galbiati B. & Marchetti G., (1972) - *Le unità ofiolitifere dell'Alta Val di Vara (nota strutturale, introduttiva alla carta geologica della Val di Vara)*. Mem. Soc. Geol. It., 11, 547-560.
- Braga G., Casnedi R., Galbiati B. & Marchetti G., (1973) - *Carta geologica della Val di Vara (Appennino di La Spezia)*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 23.
- Brancucci G. & Maifredi P. (1980) - *Contributo alle tecniche di elaborazione delle carte della acclività - Progetto finalizzato Conservazione del Suolo, sottoprogetto Fenomeni Franosi*. Pubbl. n. 5410290.
- Casella F. & Terranova R. (1964) - *Studio stratigrafico e tettonico dei terreni cretacei nella Valle Lavagna e nelle zone limitrofe (Appennino ligure orientale)*. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, 1 (2) (1963), 347-472.
- Casnedi R. (1982) - *Sedimentazione e tettonica delle unità liguri nell'Appennino nord-occidentale (Valli Lavagna-Sturla-Trebbia e Aveto)*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 30, 42-66.

- Cobianchi M. & Villa G. (1992) - *Biostratigrafia del Calcare a Calpionelle e delle Argille a Palombini nella sezione di Statale (Val Graveglia, Appennino ligure)*. Atti Tic. Sc. Terra, 35, 199-211.
- Conti M. & Marcucci M. (1991) - *Radiolarian assemblage in the Monte Alpe Cherts at Pante di Lagoscuro, Val Graveglia (Eastern Liguria, Italy)* Eclogae geol. Helv. 84(3), 791-817, Abstract: Ofioliti, 1990, 15(2), 333-334.
- Cortemiglia G.C. (1987) - *Evoluzione della Piana di Sestri Levante (Liguria Orientale) dal secolo XVIII d.C. alla situazione attuale*. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 10, 122-131.
- Dadeppo L. (1995) - *Sistemazione dei corsi d'acqua*. Edizioni Libreria Cortina Padova.
- Dallan L. & Raggi G. (1961) - *Sull'età delle formazioni dell'Alberese e dell'Arenaria Superiore nell'Appennino Settentrionale (Val di Taro e alta valle dello Scoltenna)*. Boll. Soc. Geol. It., 80(2), 151-174.
- Decandia F.A. & Elter P. (1972) - *La "zona" ofiolitifera del Bracco nel settore compreso fra Levante e la Val Graveglia (Appennino ligure)*. Mem. Soc. Geol. It., 11, 503-530.
- De Stefanis P. (1996) - *Rilevamento geologico ed elementi di analisi strutturale delle Unità affioranti nel Bacino del Torrente Gromolo. Liguria Orientale*. Tesi di Laurea in Scienze Geologiche, DISTER, Università degli Studi di Genova.
- Ducci M., Leoni L., Marroni M., Tamponi M. (1995) - *Determinazione del grado metamorfico delle Argille a Palombini dell'alta Val Lavagna (Unità Gottero, Appennino Settentrionale)*. Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., Serie A, 102, 39-45.
- Elter P., Haccard D., Lanteaume M., Raggi G. (1961) - *Osservazioni sui rapporti tra flysch ad Elmintoidi ed Arenaria superiore nell'Appennino ligure e nelle Alpi Marittime*. Boll. Soc. Geol. It., 80(3).
- Ente Parco di Portofino, I.P.L.A. S.p.A. (maggio 1996) - *Piano per la rinaturalizzazione ed il riassetto forestale ed ambientale del territorio compreso nel Parco di Portofino*. Torino.
- Fierro G. & Terranova R. (1964a) - *Microfacies fossilifere e sequenze litologiche nelle "Arenarie Superiori" dei Monti Ramaceto e Zatta*. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, 1(2) (1963), 473-510.
- French R.H. (1994) - *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill.
- Galbiati B. (1985) - *L'Unità del Bracco e il suo ruolo nella paleogeografia ligure cretacea*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 30(2), 316-336.
- Galli M., Bezzi A., Piccardo G.B., Cortesogno L. & Pedemonte G.M. (1972) - *Le ofioliti dell'Appennino ligure: un frammento di crosta-mantello "oceanici" dell'antica Tetide*. Mem. Soc. Geol. It., 11, 467-502.
- Grandjacquet C. & Haccard D. (1978) - *Position structurale et role paleogeographique de l'unité du Bracco au sein du contexte ophiolitique liguro-piemontais (Apennin, Italie)*. Bull. Soc. Geol. France, 7<sup>e</sup> s., 19, 901-908.
- Maione U. (1977) - *Appunti di idrologia. Le piene fluviali*. La Gogliardica Pavese.
- Maione U. & Moisello U. (1981) - *Appunti di idrologia. Introduzione alle elaborazioni statistiche*. La Gogliardica Pavese.
- Maione U. (1994) - *Moderni criteri di sistemazione degli alvei fluviali*. Editoriale BIOS.
- Maione U. (1995) - *La sistemazione dei corsi d'acqua naturali*. Editoriale BIOS.
- Marini M. (1990a) - *Risultati preliminari della revisione dell'Unità del M. Gottero (Appennino ligure). I: Litostratigrafia*. Rend. Soc. Geol. It., 12 (1989), 37-40.
- Marini M. (1990b) - *Risultati preliminari della revisione dell'Unità del M. Gottero (Appennino ligure). II: Assetto strutturale*. Rend. Soc. Geol. It., 12 (1989), 41-44.

- Marini M. (1992) - *L'Unità del M. Gottero fra la Val Trebbia e Sestri Levante (Appennino ligure): nuovi dati di analisi di bacino e ipotesi di evoluzione sedimentaria*. Boll. Soc. Geol. It., 111, 3-23.
- Marini M. (1993a) - *Litologia, stratimetria e sedimentologia delle Ardesie del Monte Verzi (Unità del M. Goffero Auct., Appennino ligure)*. Boll. Soc. Geol. It., 112, 333-352.
- Marini M. (1993b) - *Considerations on the sandstones bodies of the Mt Gottero Unit West of the Bracco Massif (Ligurian Appennines, Italy)*. Giorn. Geologia, S. 3<sup>a</sup>, 53(2) (1991), 207-218.
- Marini M. (1994) - *Le Arenarie del M. Gottero nella sezione del M. Ramaceto (Unità del M. Gottero, Appennino ligure)*. Boll. Soc. Geol. It., 113, 283-302.
- Marini M. (1995) - *Le Arenarie del M. Gottero nell'areale del Monte Zaffa (Unità del M. Gottero, Appennino ligure)*. Boll. Soc. Geol. It., 114, 575-598.
- Marini M. & Terranova R. (1982) - *Evoluzione paleogeografica del bacino paleoceanico ligure fra l'Aptiano ed il Paleocene*. Mem. Soc. Geol. It., 21 (1980), 143-149.
- Mariotti M. (1996) - *Dal Tigullio al Bracco. Guida al Parco Naturale Regionale delle Cinque Terre*. Comunità Montana "Val Petronio", Erga Edizioni.
- Marroni M. (1989) - *Assetto strutturale dell'Unità del M. Gottero nel settore compreso fra Chiavari e S. Maria del Taro (Appennino ligure)*. Rend. Soc. Geol. It., 11 (1988), 317-320.
- Marroni M., Della Croce G. & Meccheri M. (1988) - *Structural evolution of the M. Gottero; Unity in the M. Zatta / M. Ghiffi sector*. Ofioliti, 13(1), 26-29.
- Marroni M. & Perilli N. (1991 b) - *The age of the ophiolite sedimentary cover from the Mt. Gottero Unit (Internal Ligurid Units, Northern Apennines): new data from calcareous nannofossils*. Ofioliti, 15(2) (1990), 251-267.
- Martini E. - *La vegetazione ligure ed i principali problemi ecologici degli ambienti naturali*. Regione Liguria - Pro Natura Genova.
- Meccheri M., Marroni M., Casella A., Della Croce G. & Sergiampietri L. (1987) - *L'Unità di Colli/Tavarone nel quadro dell'evoluzione stratigrafica e strutturale del dominio ligure (alta Val di Vara, Appennino settentrionale)*. Ofioliti, 11(3) (1986), 275-292.
- Moisello U. (1985) - *Grandezze e fenomeni idrologici*. La Gogliardica Pavese.
- Monechi S. & Treves B., (1984) - *Osservazioni sull'età delle arenarie del Gottero. Dati del nannoplancton calcareo*. Ofioliti, 9(1), 93-96.
- Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1972) - *Le torbiditi dell'Appennino settentrionale: introduzione all'analisi di facies*. Mem. Soc. Geol. It., 11, 161-199.
- Natale L. (1981) - *Manuale di Ingegneria Civile - Idrologia tecnica*. E.S.A.C.
- Nosengo S. (1970) - *Osservazioni geologiche e strutturali nella zona compresa tra la Val Reppia e il Torrente Petronio (Liguria orientale)*. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, 7(2) (1969), 221-278.
- Passerini P. & Pirini C. (1964) - *Microfaune paleoceniche nelle formazioni dell'Arenaria del M. Ramaceto e degli Argilloscisti di Cichero*. Boll. Soc. Geol. It., 83(4), 211-214.
- Pertusati P.C. (1972) - *Segnalazione di una discordanza alla base del Paleocene (Formazione di Giaiette) nell'Appennino ligure e alcune considerazioni sul suo significato (Nota preliminare)*. Mem. Accad. Lunig. Sc. "G. Capellini", 38, 22 pp.
- Pertusati P.C. & Horremberger J.C. (1976) - *Studio strutturale degli Scisti di Val Lavagna (Unità del M. Gottero, Appennino ligure)*. Boll. Soc. Geol. It., 94 (1975), 1375-1436.
- Principi G. & Treves B. (1984) - *Il sistema corso-appenninico come prisma di accrezione. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennini*. Mem. Soc. Geol. It., 28, 549-576.

- Polunin O. & Walters M. (1992) - *Guida alla vegetazione d'Europa*. Zanichelli.
- Raggi G. (1966) - *Contributo alla conoscenza dell'Appennino ligure: 4) Osservazioni sulla posizione delle Ofioliti del Massiccio del Monte Penna (Alta Val Taro) e considerazioni sui complessi di base dei Flysch del Monte Gottero e del Monte Caio*. Boll. Soc. Geol. It., 84(6) (1965), 15-28.
- Ramella A., Fanucci F., Firpo M. & Piccazzo M. (1987) - *Considerazioni sui caratteri morfostrutturali dell'Appennino Ligure e suoi rapporti con il margine continentale*. Quad. Ist. Geol. Univ. Genova, 5, 263-270.
- Ramsay J.R. & Huber M.I. (1987) - *The technique of modern structural geology*. Academic press, 2 voll, 700 pp.
- Regione Emilia Romagna (1977) - *Guida alla realizzazione di una carta della stabilità dei versanti*. Pitagora, Bologna, 1992.
- Regione Liguria (1986) - *Piano territoriale di coordinamento paesistico*. Genova.
- Ricci Lucchi F. (1975) - *Depositional cycles in two turbidite formations of Northern Apennines (Italy)*. J. Sedim. Petrol., 45, 3-43.
- Ricci Lucchi F. (1984) - *Flysch, molassa, cunei clastici: tradizione e nuovi approcci nell'analisi dei bacini orogenici dell'Appennino settentrionale*. In: *Cento anni di geologia italiana*. Vol. Giubil., I Centen. Soc. Geol. It., 279-295.
- Rovereto G. (1927) - *Note al rilevamento geologico dei fogli "Rapallo" e "Chiavari"*. Boll. Soc. Geol. It., 46(11).
- Sagri M. (1973) - *Sedimentazione torbiditica nell'Appennino settentrionale: velocità di accumulo, litologia, morfologia del fondo*. Boll. Soc. Geol. It., 92, 233-272.
- Sagri M. & Marri C. (1981) - *Paleobatimetria e ambienti di deposizione delle unità torbiditiche cretaceo-superiori dell'Appennino settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., 21(1980), 231-240.
- Schielchtl S. (1994) - *Ingegneria Naturalistica - Manuale delle costruzioni idrauliche*. Edizioni Arca, Gardolo (TN).
- Scholle P.A. (1970) - *The Sestri-Voltaggio line: a transform fault induced tectonic boundary between the Alps and the Apennines*. Am. Jour. Sc., 269, 343-359.
- Società Geologica Italiana - *Appennino ligure-emiliano*. Guide Geologiche Regionali, 6(1994), BE-MA editrice.
- Soil Survey Staff, Soil Conservation Service U.S. Department of Agriculture (1980) - *Tassonomia del suolo - Un sistema fondamentale di classificazione per eseguire ed interpretare i rilevamenti del suolo*. Edizione Italiana a cura di Celso Giovagnotti, Edagricole, Bologna.
- Terranova R. (1966) - *La serie cretacea degli "argilloscisti" fra le valli dei torrenti Entella e Petronio (Appennino ligure)*. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, 4(1), 109-174.
- Terranova R., Marini M. & De Stefanis A. (1984) - *Geomorfologia di aree campione della Liguria - Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo, sottoprogetto Fenomeni Franosi*. Pubbl. n. 249, N.O. 37, Selca, Firenze.
- Tonini D. (1983) - *Elementi di idrografia ed idrologia*. Edizioni Libreria Cortina Padova.
- Venturelli G. & Frey M. (1977) - *Anchizone metamorphism in sedimentary sequences of the Northern Apennines (preliminary results)*. Rend. Soc. Ital. Miner. Petr., 33(1), 109-123.