

Autorità di Bacino Distrettuale
dell'Appennino Settentrionale

AMBITO REGIONALE DI BACINO 16

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

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



RELAZIONE GENERALE

| | |
|--------------------------------|--|
| APPROVAZIONE | Delibera del Consiglio Provinciale di Genova n. 3 del 21/01/2003 |
| ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO | Decreto del Segretario Generale n. 91 del 28/10/2021 |
| ENTRATA IN VIGORE | BURL n. 47 del 24/11/2021 – parte II |

SOMMARIO

| | |
|---|------------|
| PREMESSA | 3 |
| INTRODUZIONE..... | 4 |
| 1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO..... | 5 |
| 1.1 QUADRO ISTITUZIONALE, NORMATIVO E AMMINISTRATIVO DI RIFERIMENTO..... | 5 |
| 1.2 CARTOGRAFIA E DATI DI BASE | 7 |
| 2 CARATTERISTICHE DEL BACINO | 8 |
| 2.1 GEOGRAFIA | 8 |
| 2.1.1. ENTELLA - STURLA..... | 8 |
| 2.1.2. GRAVEGLIA..... | 9 |
| 2.1.3. RUPINARO ed aree scolanti Ovest..... | 9 |
| 2.1.4. AREE SCOLANTI EST..... | 10 |
| 2.2 GEOLITOLOGIA | 11 |
| 2.2.1. ENTELLA - STURLA..... | 11 |
| 2.2.2. GRAVEGLIA..... | 15 |
| 2.2.3. RUPINARO ed aree scolanti Ovest..... | 28 |
| 2.2.4. AREE SCOLANTI EST..... | 34 |
| 2.3 GEOMORFOLOGIA | 39 |
| 2.3.1 ENTELLA - STURLA | 39 |
| 2.3.2 GRAVEGLIA..... | 64 |
| 2.3.3 RUPINARO ed aree scolanti Ovest..... | 76 |
| 2.3.4 AREE SCOLANTI EST..... | 89 |
| 2.4 IDROGEOLOGIA..... | 105 |
| 2.4.1. ENTELLA - STURLA..... | 105 |
| 2.4.2. GRAVEGLIA..... | 107 |
| 2.4.3. RUPINARO ed aree scolanti Ovest..... | 109 |
| 2.4.4. Aree scolanti Est..... | 110 |
| 2.5 USO DEL SUOLO | 111 |
| 2.5.1 Caratteri generali..... | 111 |
| 2.5.2. ENTELLA – STURLA | 112 |
| 2.5.3. GRAVEGLIA..... | 119 |
| 2.5.4. RUPINARO ed aree scolanti Ovest..... | 120 |
| 2.5.5. Aree scolanti Est..... | 127 |
| 2.6 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA | 133 |
| 2.6.1 ENTELLA - STURLA..... | 133 |
| 2.6.2 GRAVEGLIA..... | 137 |
| 2.6.3 RUPINARO ed aree scolanti Ovest..... | 139 |
| 2.6.4 Aree scolanti Est..... | 143 |
| 2.7 IDROLOGIA DI PIENA | 147 |
| 2.7.1 ENTELLA - STURLA..... | 147 |
| 2.7.2 GRAVEGLIA..... | 179 |
| 2.7.3 RUPINARO ED AREE SCOLANTI OVEST | 194 |
| 2.7.4 AREE SCOLANTI EST..... | 200 |
| 3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO..... | 206 |
| 3.1 PREMESSA..... | 206 |
| 3.2 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA: SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI | 207 |
| 3.2.1 Descrizione della procedura utilizzata per il calcolo della suscettività al dissesto dei versanti | 207 |
| 3.2.2 ENTELLA - STURLA | 212 |
| 3.2.3 GRAVEGLIA..... | 213 |

| | |
|---|------------|
| 3.2.4 RUPINARO ed aree scolanti Ovest..... | 213 |
| 3.2.5 Aree scolanti Est..... | 214 |
| 3.2.6 Sintesi degli eventi alluvionali verificatosi nell'autunno 2014 | 214 |
| 3.3 PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO | 218 |
| 3.3.1 Aree storicamente inondate..... | 218 |
| 3.3.2 Verifiche idrauliche | 223 |
| 3.3.3 Aree inondabili | 242 |
| 3.3.4 Fasce di inondabilità | 245 |
| 3.3.5 Fascia di riassetto..... | 246 |
| 3.3.6 Tiranti idrici | 247 |
| 3.4 PRINCIPALI CRITICITÀ DEL BACINO | 248 |
| 3.4.1 ENTELLA - STURLA..... | 248 |
| 3.4.2 GRAVEGLIA..... | 256 |
| 3.4.3 RUPINARO ed aree scolanti Ovest..... | 262 |
| 3.4.4 Aree scolanti Est..... | 263 |
| 4 RISCHIO IDROGEOLOGICO..... | 265 |
| 4.1 ELEMENTI A RISCHIO | 265 |
| 4.2 RISCHIO IDROGEOLOGICO – METODOLOGIA APPLICATA | 265 |
| 4.2.1 Rischio idraulico | 265 |
| 4.2.2 Rischio geologico..... | 266 |
| 5 AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO | 267 |

PREMESSA

Con Delibera della Giunta Provinciale n. 283/36439 del 31/5/2000, la Provincia di Genova ha affidato al Raggruppamento Temporaneo di Imprese ENEL.HYDRO-CGM Imprese la "redazione del Piano stralcio di Bacino per il rischio idrogeologico, ai sensi del D.L. 180/98 dei bacini afferenti a tutti i corsi d'acqua e delle aree scolanti all'interno degli Ambiti 16 e 17, esclusi i bacini già coperti da pianificazione ai sensi della legge 183/89" (Disciplinare di incarico del 6/7/2000).

L'area di studio oggetto dell'incarico comprende diversi bacini ed aree scolanti, alcuni dei quali già indagati con studi preliminari. La suddivisione in zone dell'area di studio è la seguente:

Territori non indagati precedentemente

Ambito 16 - Rupinaro e aree scolanti tra Rupinaro e ambito 15
Ambito 16 - Aree scolanti tra Entella e Ambito 17

Territori già indagati con studi preliminari precedenti:

Ambito 16 - Entella - Sturla (escluso T. Lavagna e T. Graveglia)
Ambito 16 - Graveglia

Il presente piano di bacino stralcio, approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n.3 del 29.01.2003, è stato redatto da un gruppo interdisciplinare di lavoro con il coordinamento dei funzionari dell'Area 06 "Difesa del suolo, Opere ambientali e Piani di Bacino" della Provincia di Genova. In particolare il gruppo di lavoro è formato dai seguenti professionisti: Ing. Paola De Lotto, responsabile tecnico e coordinatore delle attività, Ing. Pier Giuseppe Fenaroli responsabile degli studi idrologici-idraulici, coadiuvato nelle attività di sopralluogo dal Dott. Geologo Paolo Vendrame, Dott. Geologo Fabio Berra, responsabile degli studi relativi alla suscettività e rischio geologico, con la collaborazione del Dott. Geologo Roberto Pescia e del Dott. Geol. Francesca Battini, Arch. E. Marino e Arch. S. Grandolfi per l'analisi della pianificazione esistente, Ing. Alberto Frassoni, Ing. Giulio Chiarlo, per la pianificazione degli interventi, Dott. Agronomo Stefano Piroli responsabile delle analisi di uso del suolo e di interventi di ingegneria naturalistica, i tecnici informatici Enrico Bonacina, Gianluigi Ubiali, che hanno curato la cartografia numerica. Ha inoltre collaborato il tecnico informatico Marco Belotti per le elaborazioni GIS.

L'attuale integrazione ed aggiornamento, richiesto anche della D.G.R. 1353/2002, è stata curata dall'Amministrazione Provinciale di Genova che si è avvalsa, oltre che del personale interno, delle seguenti professionalità: Dott. Geol. Francesca BATTINI, Dott. Geol. Claudio DASSERETO, Dott.ssa Geol. Simona FUIANO, Dott.ssa Ing. Daniela SCHEMBRI, la Dott.ssa Ing. Chiara SPATERA, la Dott.ssa Ing. Elisa CIRRI, la Geom. Elisa MARANGONI, la Dott.ssa Arch. Mariangela PERSANO, collaboratori dell'Amministrazione Provinciale.

INTRODUZIONE

Il presente piano è stato redatto quale piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico in adempimento all'art. 1, comma 1, del D.L. 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 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, comma 1 e 2 del D.L. 11 giugno 1998 n. 180" pubblicato sulla G.U. del 5 gennaio 1999.

Il percorso di formazione e adozione del piano è quello attualmente previsto per i piani di bacino dalla normativa vigente, con particolare riferimento alla Legge Regionale 21 giugno 1999 n°18.

1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

1.1 QUADRO ISTITUZIONALE, NORMATIVO E AMMINISTRATIVO DI RIFERIMENTO

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

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

Un ulteriore impulso alla pianificazione di bacino è stato fornito dal decreto legge 11 giugno 1998 n.180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 agosto 1998 n.267 "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed in favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", modificato dal D.L. 132/99, convertito, con modifiche, dalla L. 262/99. Tale decreto al comma 1 dell'articolo 1 dispone che entro il termine del 30 giugno 1999, le Autorità di bacino di rilievo nazionale ed interregionale e le regioni per i restanti bacini, adottino, 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 5.1.99. Esso, in particolare, pur ribadendo la necessità che le Autorità di Bacino compiano ogni sforzo per accelerare i tempi per l'adozione dei piani stralcio, stabilisce come termine ultimo per l'adozione dei piani stralcio per il rischio idrogeologico il 30 giugno 2001 (anticipato al 30 Aprile 2001 dall'art. 1-bis della Legge 365/2000), 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 inondazioni e frane).

In adempimento al comma 1, art. 1, del suddetto D.L. 180/98, l'Autorità di Bacino di rilievo regionale ha approvato il 29.01.2003 con D.C.P. n°3 il Piano di bacino stralcio (ai sensi del comma 6ter, art. 17. L.183) sul rischio idrogeologico, costituito essenzialmente dalle due tematiche relative al rischio idraulico e rischio geomorfologico.

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 20.12.1994. Tali criteri sono stati poi integrati da una serie di raccomandazioni e documenti relativamente a specifiche problematiche.

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

- Criteri per la redazione dei piani di bacino - Raccomandazione n.1 "*Metodologie per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione*" (Comitato Istituzionale seduta 17/7/1995);
- Raccomandazioni n. 3 e 3 bis "*Documento propedeutico all'informatizzazione dei dati e delle cartografie di base per la redazione dei piani di bacino*" (in riferimento ai moduli M ed L dei "Criteri per l'elaborazione dei piani di bacino") - CTR seduta 14/12/1995);
- "*Standard cartografici per l'elaborazione dei piani di bacino al fine dell'informatizzazione dei dati*" 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" seduta CTR 8/11/1996;
- Criteri per la redazione dei piani di bacino - Modulo C Problematiche e criticità di bacino - Raccomandazione "*Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico e idrogeologico- Carte derivate*", seduta CTR 29/11/1996;
- Raccomandazione "*Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale*" , Comitato Istituzionale 30/4/1999;
- "*Rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale*" nota CTR 24/3/99;
- Appendice alla raccomandazione n. 3bis del CTR "*Sigle delle principali unità tettoniche e locuzioni formazionali della Liguria*", Marzo 1999;
- linea guida "*Indicazioni metodologiche per la costruzione della carta di suscettività al dissesto dei versanti*", O.d.G. n. 4;
- *Programma di lavoro per adempimento al Art. 1 comma 1 del D.L. 180/98 convertito in L. 267/98 e seccessive modifiche - Appendice 1: Contenuti, elaborati essenziali e specifiche del Piano 180 sul rischio idrogeologico*, Regione Liguria - Dipartimento Ambiente e Territorio, Luglio 1999.

- Raccomandazione "*Standard di primo livello di informatizzazione dei piani di bacino stralcio D.L. 180*", Regione Liguria, 25/2/2000;
- Raccomandazione "*Schema di struttura e dei contenuti essenziali di un piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico - Indice tipo*", Regione Liguria Dipartimento Ambiente e Territorio, 10/5/2000;
- Raccomandazione "*Redazione della carta del rischio idrogeologico nei piani stralcio di bacino*", seduta CTR 10/4/2000, aggiornata il 5/6/2000;
- Raccomandazione "*Indicazioni metodologiche per la redazione del piano di interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico nei piani stralcio di bacino*" seduta CTR del 14/6/2000.

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 CARTOGRAFIA E DATI DI BASE

La base cartografica utilizzata è la carta tecnica regionale in scala 1:5.000 in formato raster, che riporta il bacino nei nei seguenti fogli: n° 214122, 215091, 215092, 215093, 215094, 215101, 215102, 215103, 215204, 214161, 214162, 215131, 215132, 215133, 215134, 215141, 215142, 215143, 215144, 231041, 231042, 231043, 231081, 231082, 231084, 232011, 232012, 232013, 232014, 232021, 232022, 232023, 232024, 232033, 232051, 232052, 232053, 232054, 232061, 232062, 232063, 232064, 232074, 232091, 232094.

2 CARATTERISTICHE DEL BACINO

2.1 GEOGRAFIA

2.1.1. ENTELLA - STURLA

Il bacino idrografico del Fiume Entella e del Torrente Sturla è ubicato sul versante tirrenico dell'Appennino Ligure.

Il bacino è delimitato dalle seguenti coordinate, nel sistema di riferimento Gauss-Boaga:

- a Nord, latitudine 4926560 metri;
- a Sud, latitudine 4905600 metri;
- a Ovest, longitudine 1524180 metri;
- a Est, longitudine 1537520 metri.

L'area del bacino di studio, pari a circa 146 km², ricade interamente in Provincia di Genova e precisamente all'interno dei limiti amministrativi dei seguenti comuni: Lavagna, Leivi, Chiavari, Borzonasca, Mezzanego, San Colombano Certenoli, Carasco e Cogorno.

Il bacino afferente al Fiume Entella ed al Torrente Sturla risulta delimitato dalle seguenti linee di spartiacque:

- ad Est dal crinale che, partendo dal mare giunge al Monte Le Rocchette (701) per poi proseguire verso Monte Carnella (713), Monte Carmona (724) P.sso della Camilla, Monte Zatta (1404) Monte Bocco (1084) Monte Ghiffi (1237) La Scaletta (1284) Monte Nero (1671);
- a Nord, partendo da Monte Nero (1671), Passo della Spingarda, Monte Aiona (1701), Passo Pre de Lame, Monte degli Abeti (1542), Passo delle Rocche, Monte Fascia (1195), Monte Goscionna (1107), Monte Cavallo (1092), Passo Colletta;
- ad Ovest, partendo da Passo Colletta, Passo Crocetta, Monte Ramaceto (1346), Passo del Dente, Monte Mignano (974), Passo Romaggi, Passo dell'Anguilla, Monte Pissacqua (738), la costa di San Bartolomeo, la costa di Ri.

Nel bacino esiste una serie di rilievi interni fra cui il Monte Cucco (1042), il Monte delle Groppe (926) ed il Monte Castello (572), lungo lo spartiacque che separa la valle del Torrente Cicana (affluente di destra dello Sturla) con quella dello Sturla, ed il Monte Bregaceto (1171) ed il Monte Agugiaia (1090) nell'ara compresa fra il Torrente Sturla ed il Torrente Penna, suo affluente di sinistra.

Il Torrente Sturla nasce da un gruppo di sorgenti poste in prossimità del Monte degli Abeti ad una quota di circa 1500 m s.l.m.; esso ha la sua naturale prosecuzione verso Sud nel Fiume Entella, in cui confluiscono anche il Torrente Lavagna (da destra) ed il Torrente Graveglia (da sinistra).

Il corso d'acqua del Torrente Sturla si snoda dapprima verso SW fino all'abitato di Bertigaro; in questo tratto iniziale copre un dislivello considerevole, passando da 1500 m fino ad una quota di 600 m circa.

Nel successivo dislivello di circa 300 m, la direzione del torrente diviene N-S; in questo tratto in corrispondenza del Fosso Antigo, primo affluente di sponda destra, è presente il piccolo invaso artificiale del Lago di Malanotte.

In corrispondenza dell'abitato di Tigliolo il Torrente Sturla riceve il Torrente Oneto e la sua direzione diventa all'incirca NW-SE per un dislivello di circa 150 m. Presso l'abitato di Borzonasca confluisce il Torrente Penna, tributario principale che proviene da NE, mentre in corrispondenza del Comune di Mezzanego confluiscono nello Sturla i due torrenti Mogliana e Mezzanego. Il Torrente Cicana, in destra idrografica, è l'ultimo grande tributario; esso confluisce in località Costa del Canale; lungo tutto il tratto che va dalla confluenza del Penna sino a quella del Cicana il torrente assume una direzione all'incirca NE-SW. A partire dalla confluenza con il Cicana iniziano a comparire in misura rilevante i terrazzamenti alluvionali pianeggianti e, in corrispondenza dell'abitato di Carasco, nello Sturla confluisce il Torrente Lavagna (proveniente dalla sua destra idrografica) originando il Fiume Entella.

L'Entella, lungo il suo primo tratto (fino alla confluenza del Torrente Graveglia), assume direzione all'incirca Est-Ovest, in corrispondenza di un grande meandro, per poi passare ad una direzione NE-SW che mantiene sino alla foce, compresa fra gli abitati di Chiavari e Lavagna.

2.1.2. GRAVEGLIA

Il *bacino del torrente Graveglia* è ubicato nell'entroterra della Liguria orientale, alle spalle delle cittadine di Lavagna, Cogorno e Sestri Levante.

Il torrente Graveglia rappresenta l'ultimo importante affluente del torrente Lavagna e dalla loro confluenza nasce il fiume Entella che sfocia in mare tra Chiavari e Lavagna.

Il bacino considerato ha un'estensione di circa 64 Km² ed ha uno sviluppo areale che segue una direttrice circa SW-NE distante 5 -10 Km dal litorale; i bacini idrografici limitrofi sono rappresentati a Sud dai torrenti Gromolo e Petronio, ad Est ed a Nord dal fiume Vara, ad Ovest ed a Nord dal torrente Sturla.

Il bacino è confinato da rilievi elevati mediamente da 600-700 m s.l.m. a 1200-1300 m s.l.m., che a partire dalla confluenza con il Lavagna ed in senso orario sono così distinguibili: *M.te Carnella, M.te dei Preti, M.te Lungo, M.te Carmona, M.te Camilla, M.te Cian, M.te Zatta* (massima elevazione del bacino), *M.te Prato Pinello, M.te Copello, M.te Chiappozzo, M.te Biscia, M.te Porcile, M.te Capra, Colle d'Arena, M.te Bocco, M.te Roccagrande, M.te Bianco, M.te Domenico, M.te Capenardo, M.te le Rocchette, M.te S. Giacomo.*

2.1.3. RUPINARO ed aree scolanti Ovest

Le aree in oggetto comprendono il bacino del torrente Rupinaro e le aree scolanti delimitate a Nord dal Rupinaro stesso, a Ovest dalle aree scolanti dell'ambito 15 e a Est dal bacino dell'Entella.

La superficie totale, di circa 13 Km², è formata per l'85% dal bacino del Torrente Rupinaro, che si estende per un'area pari a circa 11 Km².

A Nord, lo spartiacque segue i crinali di Costa Lunga, passo del Bocco; ad Ovest passa da M. Anchetta (547 m) a Monte Roccasse (543 m); ad Est, scende lungo il

crinale di San Bartolomeo e passa da M. Curlo (307 m) e da località Castello; a Sud infine è delimitato dalla linea di costa.

Il bacino del T. Rupinaro confina con il bacino della Val Lavagna a Nord e con il bacino dell'Entella a Est.

Come si evince da quanto sopra descritto, si tratta di un'area di ridotte dimensioni, caratterizzata da classi di acclività elevate lungo la linea di costa e influenzata dall'assetto tettonico tipico dell'Appennino Ligure, con le aste dei torrenti orientati E-W e N-S nel tratto terminale del torrente Rupinaro.

Il torrente Rupinaro nasce dalle pendici del crestone di Costa Lunga, ha una lunghezza d'asta di 5,9 km e presenta un andamento rettilineo, a testimonianza di un'energia cinetica importante che si trasforma in un'azione erosiva del fiume nella parte alta del versante. Il principale affluente è il Rio Campodonico, affluente di destra, che possiede una lunghezza d'asta di 3,2 Km.

Il centro di Chiavari sorge sui depositi alluvionali dei suoi principali torrenti, Rupinaro ed Entella; essendo tale area una delle poche zone pianeggianti, è facile intuire come sia stata completamente antropizzata. L'entroterra Chiavarese e il territorio del Comune di Leivi è invece contraddistinto da agglomerati storici (Senalo, Sanguinetto, Campodonico, San Bartolomeo, Leivi) che, in questi ultimi anni, sono stati oggetto di un nuovo sviluppo urbanistico, con la costruzione di abitazioni residenziali estive. Questa zona è caratterizzata da un substrato argillitico e presenta quindi pendenze non elevate con una copertura detritica di spessore in genere compreso da uno a tre metri; è stata sfruttata dall'uomo per coltivazioni olivicole con rimodellamento dei versanti in fasce terrazzate.

La parte meridionale è costituita dalla "Collina delle Grazie". Si tratta di una zona costiera alta e rocciosa, su cui sorge il Santuario delle Grazie, soggetta a fenomeni d'erosione superficiale diffusa con processi di denudazione dei versanti e movimenti gravitativi quiescenti e in atto.

Il settore occidentale è invece contraddistinto da versanti con forte energia di rilievo e corsi d'acqua in evidente fase di ringiovanimento, ricoperti da una vegetazione boschiva pressoché totale.

2.1.4. AREE SCOLANTI EST

Le aree in oggetto comprendono il bacino del rio Fravega e del rio Barassi e sono delimitate a Nord dal bacino del torrente Graveglia, a Ovest dal bacino del torrente Entella e ad Est dalle aree scolanti dell'ambito 17 e dal bacino del torrente Gromolo.

La superficie totale, di circa 12,6 Km², è formata per il 36% dal bacino del Torrente Fravega (4,5 Km²), per il 45% dal bacino del torrente Barassi (5,7 Km²) e per il restante 19% dalle aree scolanti interposte tra i due bacini.

A Nord, lo spartiacque segue i crinali di Costa di San Giacomo, Monte Rocchetta (701,5 m) e Monte Capenardo (695,5 m); ad Ovest scende lungo il crinale che da Costa di San Giacomo conduce al mare interessando gli abitati di San Bartolomeo, San Bernardo, Madonna delle Nevi, Santo Stefano; ad Est passa da M. Capenardo a Monte Zucchetto (616 m) a Monte Castello (495 m) per poi raggiungere Costa Zerba e Costa di Lavagna sino al mare; a Sud infine è delimitato dalla linea di costa.

Come si deduce da quanto sopra descritto, si tratta di un'area di ridotte dimensioni, caratterizzata da classi di acclività elevate lungo le testate dei torrenti e influenzata dall'assetto tettonico tipico dell'Appennino Ligure, con le aste dei torrenti e

dei loro affluenti orientati E-W e N-S, come, per esempio, nel caso dell'affluente sinistro orografico del torrente Fravega (in località San Benedetto), che si è impostato lungo linee orientate N-S.

Il torrente Fravega nasce dalle pendici di Costa San Giacomo, e ha una lunghezza d'asta di 4,3 Km, mentre il rio Barassi misura una lunghezza di 4,0 Km. Entrambi presentano un andamento rettilineo, a testimonianza di un'energia cinetica importante che si trasforma in un'azione erosiva del fiume nella parte alta del versante. Il principale affluente del torrente Fravega è il Rio della Valle Rugone, affluente di sinistra, che possiede una lunghezza d'asta di 2,2 Km, mentre per il Rio Barassi è il Rio Sorlana, anch'esso affluente di sinistra, che si sviluppa per una lunghezza di 1,8 Km.

Il centro di Lavagna sorge sulla piana alluvionale dell'Entella nel settore SW dell'area in esame; a contatto con la piana si rinvengono aree a tessuto urbano discontinuo, che hanno rimodellato i terrazzi marini di Serbio e San Bartolomeo. L'entroterra di Lavagna è invece contraddistinto da agglomerati storici (Santa Giulia, Sorlana, Barassi) che, in questi ultimi anni, sono stati oggetto di un nuovo sviluppo urbanistico, con la costruzione di abitazioni residenziali estive. In quest'area il substrato è composto dalle marne della formazione della Val Lavagna. Si tratta di formazioni eteropiche a componente preponderante marnosa al cui interno si trovano strati di ardesie alternati a calcareniti, arenarie e argillose. Il paesaggio risultante, pertanto, è vario, caratterizzato da energie di rilievo medie con versanti il cui andamento è condizionato dal comportamento meccanico del substrato. A seconda che prevalga il comportamento duttile o fragile si avranno ad esempio versanti con profili concavi-convessi o versanti condizionati dalla presenza di fratture e faglie che presentano accumuli detritici alla base. Questa parte di territorio è stata sfruttata dall'uomo per coltivazioni olivicole, con rimodellamento dei versanti in fasce terrazzate, le quali, se non abbandonate e con una buona regimazione delle acque, contribuiscono a migliorare la stabilità dei versanti.

Paesaggi con una più alta energia di rilievo si rinvengono infine lungo le testate dei due torrenti principali e nel tratto di costa caratterizzato dalla formazione delle arenarie del Monte Gottero. Questi paesaggi sono contraddistinti da una maggiore suscettività al dissesto con forme d'erosione lungo gli impluvi e cigli di distacco e rotture di pendio nei versanti.

2.2 GEOLITOLOGIA

2.2.1. ENTELLA - STURLA

Le valli del Torrente Sturla e del Fiume Entella sono caratterizzate geologicamente dall'appartenenza a due domini detti rispettivamente Ligure Interno e Ligure Esterno (Liguridi); essi sono separati da un contatto tettonico lungo il quale il primo si accavalla parzialmente al secondo.

A riguardo del dominio Ligure Interno questo comprende tre unità tettoniche sovrapposte: l'Unità Colli-Tavarone-Serò, l'Unità Bracco-Val Graveglia e l'Unità Gottero; di queste tre unità nella zona studiata affiorano principalmente rocce appartenenti all'Unità del Gottero che risulta essere costituita da una successione scollata, in genere in corrispondenza delle Argille a palombini, e che, oltre che da queste ultime, è composta dalla Formazione della Val Lavagna (a partire dal

Santoniano), che le segue e che passa a sua volta alle Arenarie di Monte Gottero (Campaniano sup.-Maastrichtiano) per terminare con le Argilliti di Giaiette (Paleocene). Limitatamente ad una porzione ridotta dello spartiacque meridionale del Monte Zatta, che suddivide le valli dei Torrenti Mezzanego e Graveglia, si hanno affioramenti di rocce appartenenti all'Unità Bracco-Val Graveglia.

Il dominio Ligure Esterno, che comprende esclusivamente unità alloctone scollate principalmente lungo i complessi di base, è scomponibile in due zone paleogeografiche di cui la più interna, costituita da una fascia direttamente a contatto con le Liguridi Interne, è quella che affiora nell'area di studio. Essa è costituita da un complesso di base (Complesso Monte Penna-Casanova- Monte Veri) in parte eteropico di un flysch ad elmintoidi (Flysch di Ottone, Campaniano Maastrichtiano), caratterizzato da un abbondante detritismo, con enormi olistoliti, olistostromi e torbiditi provenienti da altre successioni ofiolitiche (ofioliti e loro copertura sedimentaria); la successione termina con le Marne di Sopralacroce (Paleocene).

Oltre a questo substrato, costituito da formazioni sedimentarie con inclusi elementi ofiolitici disarticolati dall'originario fondo oceanico, talora debolmente metamorfosate, di età Cretacico-Paleocene, nel bacino indagato esistono anche estese e talora potenti coperture detritiche di carattere alluvionale, eluviale, colluviale, di accumulo di frana antica o paleofrana.

Gli aspetti salienti delle coperture detritiche e le diverse unità litologiche sono presentati nei paragrafi seguenti.

2.2.1.1 Litostratigrafia e tettonica

Come già precedentemente accennato, le valli del Torrente Sturla e del Fiume Entella sono costituite dall'accavallamento a vergenza appenninica (all'incirca verso Nord-Est) delle Unità Liguridi Interne (in particolare l'Unità del Gottero e, limitatamente ad una porzione dello spartiacque con la Val Graveglia, l'unità Bracco-Val Graveglia) sopra la porzione più interna del Dominio Ligure Esterno.

A riguardo dell'Unità del Gottero, essa affiora prevalentemente lungo la porzione meridionale e di ponente del bacino studiato, fino all'incirca al contatto con il Torrente Sturla. Tale Unità risulta scollata dell'originario substrato roccioso a livello del complesso delle Argille a Palombini (Santoniano) ed è costituita dalle seguente successione di formazioni rocciose (dalla più antica alla più recente):

- “Argille a Palombini” del Lago di Giacopiane (Cretacico inf. - Santoniano), originario livello di base dell'unità lungo cui è avvenuto lo scollamento;
- Formazione della Val Lavagna (Campaniano - Maastrichtiano), che include, oltre alla predominante caratteristica alternanza di argilliti scistose grigio-nerastre, tipica di questa formazione, la falda delle Ardesie del Monte Verzi, potenti successioni caratterizzate dalla predominanza di elementi più arenacei e, talvolta, olistostromi (classico è quello del Passo della Forcella);
- le arenarie del Monte Gottero (Campaniano - Paleocene ?) qui rappresentate dalle Arenarie del Monte Zatta;
- le Argilliti di Giaiette (Paleocene), al tetto della successione.

Elementi appartenenti all'Unità Bracco-Val Graveglia affiorano prevalentemente in prossimità della porzione meridionale dello spartiacque che si diparte dal Monte Zatta. Anche questa Unità risulta scollata dell'originario substrato roccioso a livello del complesso di base delle Argille a Palombini (Santoniano) ed è costituita dalle seguente successione di formazioni rocciose (dalla più antica alla più recente):

- serpentiniti, costituenti l'originario basamento, non affioranti nel bacino esaminato;
- gabbri, rocce magmatiche intrusive indicative di una fase iniziale di apertura di un nuovo oceano, non affioranti nel bacino esaminato;
- basalti, indicativi di una fase iniziale di apertura di un bacino oceanico, limitatamente rappresentati nel bacino indagato;
- diaspri del Giurassico Superiore in parte intercalati ai basalti; limitatamente rappresentati nel bacino indagato;
- calcari a calpionelle del periodo Cretacico basale, presenti in modesti affioramenti nel bacino esaminato;
- argille a Palombini del Cretacico superiore - non affioranti nel bacino esaminato; tali rocce costituiscono il termine della formazione a causa del contatto tettonico con altre unità.

A riguardo del Dominio Ligure Esterno, questo affiora nel settore Nord - orientale del bacino, all'incirca a Nord-Est del Torrente Sturla. Anche quest'unità risulta scollata da un originario complesso di base (probabilmente posto al livello delle Argille a Palombini) ed è costituita dalla seguente successione di formazioni rocciose (dalla più antica alle più recente):

- complesso Monte Penna-Casanova-Monte Veri (Giurassico - Cretacico superiore), comprendente materiale ofiolitico (peridotiti serpentinizzate, gabbri e relativa copertura in diaspri e basalti, massivi in pillows e brecciate), Arenarie di Casanova e Argilliti a blocchi di Monte Veri;
- i Flysch di Ottone (Campaniano - Maastrichtiano) caratterizzati dalla presenza di numerosi olistostromi ed olistoliti, di dimensioni anche ciclopiche;
- le Marne di Sopralacroce (Paleocene), al tetto della successione.

Vengono di seguito illustrate le caratteristiche litologiche e strutturali e le principali zone di affioramento di tutte queste formazioni, partendo da quelle appartenenti alle Unità del Gottero e del Bracco-Val Graveglia, seguite a loro volta dalle formazioni del Dominio Ligure Esterno; tutte le formazioni citate sono cartografate nella Carta Geolitologica alla scala 1:10000, a cui si fa riferimento, secondo specifiche retinature e tratteggi e una sigla, quest'ultima indicata tra parentesi quadre dopo la denominazione formazionale.

L'Unità del Gottero è composta da:

Argille a Palombini del Lago di Giacopiane [ag-GIC] (Cretaceo inf.) (Aptiano ? - Hauteriviano ?): alternanze di argilliti grigio-scure, scagliettate, e di calcarei silicei grigio-chiari; interstrati di biocalcareni gradate, soprattutto nella parte alta della formazione; nella formazione sono presenti anche masse ofiolitiche (serpentiniti, oficalci e basalti) e brecce poligeniche. Nel territorio in esame la formazione affiora prevalentemente in prossimità del Lago di Giacopiane e nei settori montuosi immediatamente a ponente di quest'ultimo.

Formazione della Val Lavagna [ag-LVG] (Cretaceo sup. - Albiano): argilliti scistose, più o meno siltose, per lo più grigio scure o nerastre per la presenza di pigmenti carboniosi e talvolta manganesiferi, a volte varicolori, alternate ad arenarie e calcareniti fini con ossido di ferro e di manganese diffusi; intercalazioni di calcari marnosi con locali livelli conglomeratici, dovuti a frane sottomarine (olistostromi), calcari silicei, marne plumbee scistose (ardesie); scisti argillosi e arenaceo-marnosi zonati; localmente sono state distinte, come *Membro delle Ardesie di Monte Verzi [ma-LVG]* (Albiano - Cenomaniano) le marne scistose plumbee, in banchi di alcuni metri, alternati a strati di argilliti fogliettate; i minerali argillosi sono ricristallizzati sotto forma di illiti e cloriti, isorientati secondo la scistosità a sua volta generalmente ripiegata. Lo spessore dell'intera formazione, difficilmente valutabile, è certamente superiore a 200 - 300 metri ed in essa esistono frequenti strutture sedimentarie ed in particolare slumpings. Le argilliti della Formazione della Val Lavagna affiorano prevalentemente nella porzione centrale della vallata del Torrente Sturla, immediatamente a valle della sua confluenza con il Torrente Oneto; le ardesie di Monte Verzi affiorano in prossimità della confluenza dei Torrenti Mogliana e Sturla e presso il paese di San Salvatore di Cogorno (lungo il versante costituente lo spartiacque in sinistra idrografica del Fiume Entella).

Arenarie di Monte Gottero [ar-GOT] (Paleocene - Cretaceo sup.): arenarie a granulometria decisamente variabile ed a composizione essenzialmente quarzoso feldspatica, frequentemente micacee grigio-chiare, in strati e banchi gradati, con intercalazioni, soprattutto verso la base, di siltiti, marne ed argilliti; rari e sottili strati calcarei microdetritici. La formazione risulta affiorante con continuità lungo il crinale che conduce al Monte Ramaceto (spartiacque di destra idrografica della Val Cicana) e con affioramenti caratteristici lungo le pendici occidentali del Monte Zatta. Lo spessore totale della Formazione, al Monte Ramaceto, è di 850 m.

Argilliti di Giaiette [ag-GTT] (Paleocene): si tratta di una formazione piuttosto eterogenea contenente in prevalenza argilliti talora scistose, varicolori, con rari interstrati di arenarie e calcareniti fini in assetto generalmente caotico e sottili livelli di argille e siltiti; un grosso affioramento si trova lungo il crinale montuoso costituente la sponda destra del Torrente Cicana.

L'Unità Bracco Val Graveglia, affiorante in una limitata porzione in prossimità dello spartiacque con la Val Graveglia, è composta prevalentemente da diaspri varicolori, ftaniti e radiolariti [*d-MAL*], con inframmezzate limitate porzioni di calcari a calpionelle [*c-CAL*] e lenti di rocce effusive basaltiche [*bd-BVG*]; tali rocce appartengono al periodo Giurassico Superiore ed affiorano a Sud-Est dell'abitato di Semovigo, in corrispondenza dello spartiacque della Val Graveglia.

Il Dominio Ligure Esterno è composto da:

Arenarie di Casanova [ar-CSU] (Giurassico - Cretacico Superiore) arenarie ed argilliti siltose scure, talora scistose, ben stratificate, con intercalazioni di marne, calcari marnosi e calcari di tipo palombino; presenza di argilliti policrome con calcari e rare biocalcareniti, di brecce e conglomerati poligenici [*bc-CSU*], e di brecce a matrice argillosa (olistostromi); la formazione include masse, anche di dimensioni notevoli, di ofioliti (serpentiniti [*sr-CSU*] e basalti [*db-CSU*]) più o meno brecciate, lembi di "calcari a Calpionelle ligure" e di diaspri (di dimensioni non cartografabili), a volte ancora legati

alle ofioliti; le rocce di questa formazione affiorano prevalentemente nel settore Nord-Orientale del bacino.

Marne di Sopralacroce [ma-SOP] (Paleocene) marne e calcari marnosi con intercalazioni di argilliti e, subordinatamente, di arenarie; gli affioramenti principali sono nei pressi dell'abitato di Sopralacroce (settore Nord-Orientale del bacino).

2.2.2. GRAVEGLIA

La geologia del bacino del torrente Graveglia, come noto, è stata studiata per molto tempo e da numerose *scuole geologiche*, così come quella dell'attigua valle del torrente Petronio, che presenta numerose affinità per la prosecuzione dell'allineamento ofiolitico verso Sud.

Nonostante questo, esistono tuttora divergenze sulle ricostruzioni dei rapporti stratigrafici e tettonici tra le diverse unità presenti, e non ancora complete appaiono le conoscenze ed i rilevamenti per ciò che concerne in particolare il quaternario ed in genere le coperture incoerenti e semi-coerenti.

La delimitazione areale degli affioramenti di alcuni livelli litologici, infatti, risulta piuttosto incerta, così come l'individuazione di alcuni terrazzi alluvionali di fondo valle, degli accumuli detritici di falda, di collasso, di frana e colluviali, delle coltri eluviali e di alterazione profonda, delle fasce di sconnessione tettonica e di milonitizzazione.

Le cartografie di dettaglio ufficiali risultano scarse e tra le pubblicazioni presenti in materia, alcune sono ormai non più aggiornate; questo anche perché le questioni litostratigrafiche e di reciproco rapporto fra le formazioni sono state, data anche l'importanza e l'interesse che rivestono le ofioliti presenti, studiate da molto tempo, e da parte degli studiosi sono state date loro molteplici e successive interpretazioni.

2.2.2.1 Litostratigrafia e tettonica

Come noto, il territorio Ligure è costituito da *unità strutturali* ben distinte, ognuna delle quali è formata al suo interno da complessi di rocce abbastanza omogenee mentre differiscono in misura più o meno marcata dalle altre.

Ciò deriva dal fatto che ogni unità si è sviluppata in un dominio paleogeografico ben individuato ed ha avuto nel tempo una sua propria storia.

Le principali formazioni rocciose in ogni dominio, sistemate in successione di età, permettono di ricostruire le *serie stratigrafiche caratteristiche*.

Con riferimento al territorio indagato, occorre richiamare il dominio Piemontese-Ligure, a cui appartengono sia i calcescisti ofiolitiferi di pertinenza alpina sia le unità ofiolitifere liguridi di pertinenza appenninica.

Entrambi questi gruppi di unità derivano da sequenze ofiolitifere, in origine sostanzialmente equivalenti, e dalle loro coperture depositatesi in uno stesso bacino a carattere oceanico.

Soltanto successivamente, durante gli eventi che hanno accompagnato l'orogenesi alpina, la loro evoluzione tettonica si è diversificata portando a trasformazioni metamorfiche profondamente differenti.

Nelle sequenze ofiolitiche le rocce più antiche sono rappresentate da serpentiniti derivate per idratazione, durante processi metamorfici di temperatura piuttosto bassa (inferiore a 500°), di peridotiti (harzburgiti e lherzoliti).

Queste ultime, originate nel mantello superiore, sono risalite fino a raggiungere il fondo di un bacino marino in formazione.

Proprio per la mancanza di crosta continentale, che per permettere la risalita di rocce dal mantello deve essere stata lacerata ed allontanata da movimenti tettonici a livello di placche continentali, si può parlare di bacino oceanico.

Prima di essere serpentinizzate, le rocce ultrafemiche (harzburgiti e lherzoliti) furono intruse da grandi masse di magmi basici (a composizione basaltica) che, raffreddandosi lentamente in condizioni profonde e di temperatura elevata, diedero luogo a masse gabbriche differenziate sotto forma di troctoliti, gabbri, Fe-gabbri, etc.

Successivamente, le rocce ultrafemiche ed i complessi gabbrici, iniziarono a risalire verso la superficie subendo trasformazioni metamorfiche di temperatura da alta (gabbri occhiadini) a bassa (serpentiniti e rodingiti).

Durante queste fasi di risalita, fusi basaltici penetrarono attraverso fratture dando luogo a filoni.

Le strutture di questi filoni mostrano un brusco raffreddamento a contatto delle rocce incassanti la cui temperatura era ormai scesa a valori relativamente bassi.

Infine, serpentiniti e gabbri affioranti sul fondo oceanico lungo pareti di faglie (e quindi fortemente brecciate) alimentarono attraverso movimenti gravitativi la formazione di brecce ofiolitiche sedimentarie.

Ulteriori arrivi di magmi basaltici, derivati da processi di fusione parziale che continuavano entro il mantello, diedero origine a colate di basalti massicci ed a cuscini, accumulate prevalentemente in avvallamenti di un fondale molto accidentato.

Le colate furono successivamente ricoperte (a partire dall'Oxfordiano-Titoniano - circa 150 milioni di anni), da sedimenti silicei a livelli radiolaritici, di spessore molto variabile a seconda della morfologia del fondo; su questi si depositarono localmente fanghi calcarei più o meno silicei, in banchi regolari (Calcari a Calpionella del Malm - circa 140 milioni di anni).

Nel Cretaceo inferiore (circa 120 milioni di anni) tutte le successioni ofiolitifere, i sedimenti silicei, e dove presenti, i Calcari a Calpionella furono ricoperti dalla sedimentazione delle Argille a Palombini; questi sedimenti pelagici, prevalentemente argillosi, con intercalati livelli di calcari fini ricchi in componente detritica, per il contenuto in materiali terrigeni ed i caratteri sedimentologici, indicano la presenza di apporti da lontane terre emerse, sottoposte ad erosione.

Durante il Cretaceo superiore e fino al Paleocene, si accentua nel Dominio Piemontese-Ligure il carattere torbiditico degli apporti terrigeni (flyschs) alimentati da terre emerse in rapida erosione.

Partendo dalle considerazioni fin qui illustrate, si può ulteriormente osservare come la serie stratigrafica presente nel bacino del torrente Graveglia possa essere sostanzialmente divisa in due parti: *ofioliti* alla base e *copertura sedimentaria* soprastante.

Le ofioliti della Liguria Orientale sono distribuite in due masse principali: la prima è il *complesso Bargonasco-Val Graveglia*, la seconda è il *massiccio del Bracco*; quest'ultimo si trova a SE del primo ed è più esterno.

Con il termine "*complesso Bargonasco-Val Graveglia*" si intende l'insieme Ofioliti-Diaspri-Calcarei a Calpionella ligure, mentre si considerano a parte gli argilloscisti (intendendo per tali la porzione stratigraficamente soprastante ai Calcari a Calpionella), anche se ne rappresentano la continuazione stratigrafica.

L'insieme degli elementi tettonici del massiccio del Bracco si immerge assialmente al di sotto delle argille a palombini della Val Petronio, mentre il complesso

Bargonasco-Val Graveglia risulta essere tettonicamente sovrapposto al massiccio del Bracco.

I complessi ofiolitici della Liguria orientale sono costituiti da un substrato di rocce ultrafemiche, cioè estremamente povere in SiO_2 e ricche in Fe e Mg (peridotiti) e femiche (gabbri) di origine profonda e da una copertura vulcano-sedimentaria.

Nella carta geologica il complesso Bargonasco-Val Graveglia e il massiccio del Bracco si sono rappresentati in un'unica voce "Unità Bracco-Val Graveglia" in quanto non sempre è possibile distinguere i due complessi e inoltre esula dalle finalità del nostro studio.

Le rocce *peridotitiche* (sr BVG) sono costituite in percentuali variabili da olivina, ortopirosseno, clinopirosseno, plagioclasio e spinello: la composizione chimica è analoga a quella attribuita al mantello da cui probabilmente esse hanno origine.

In parte, alcune rocce peridotitiche possono derivare anche da un fuso di composizione originaria basaltica, per separazione gravitativa delle fasi prima solidificate (in particolare olivina).

La maggior parte delle rocce peridotitiche risulta più o meno completamente serpentinitizzata (*serpentiniti*) per la reazione



che avviene in presenza di vapor d'acqua a temperature attorno a 500°C.

Le serpentiniti affiorano estesamente entro una ampia area delimitata ad W dall'allineamento costituito dal M.te Carmona, dal M.te Bossea e dal M.te Domenico e ad E dalla linea delle spartiacque che separa il bacino della Val Graveglia dalla Val di Vara.

I maggiori affioramenti, per continuità areale e spessore della formazione, si trovano in corrispondenza dei versanti del M.te Comarella e del vicino M.te Bossea, presso il M.te Bocco ed in una ampia area che dal M.te Coppello arriva fino all'abitato di Reppia.

In tutte le località la formazione delle Serpentiniti ha generalmente mantenuto gli originari rapporti stratigrafici con i termini ad essa sovrastanti, nella successione dei termini ofiolitici (brecce ofiolitiche, basalti, Diaspri del M.te Alpe), anche se localmente si possono essere verificati limitati movimenti lungo superfici tettoniche di importanza secondaria.

Le rocce *gabbriche* (gb BVG) sono costituite da plagioclasio ($\text{An} > 50$) con percentuali variabili di clinopirosseno, olivina e spinello.

Esse sono dovute a differenziazione magmatica da un iniziale fuso a composizione basaltica cristallizzato in condizioni intrusive.

Altri prodotti di differenziazione sono anche le ferrodioriti con plagioclasio meno basico ($\text{An} < 50$), clinopirosseno ed arricchite in magnetite.

Le rocce gabbriche si presentano all'affioramento sia sotto forma di masse isotrope, prive di qualsiasi struttura evidente, sia come gabbri stratoidi, con aspetto stratiforme prodotto da un banding granulometrico e composizionale che origina una ritmica alternanza di livelli centimetrici di diverso colore.

I complessi gabbrici affiorano in modo limitato e talvolta con giacitura filoniana all'interno delle masse serpentinitiche presso la località dell'Ex miniera di pirite, sopra l'abitato di Rocca di Roncallo (a quota 570 m.s.l.m.), presso l'abitato di Nascio, dove costituiscono una fascia continua che si estende fino alla località Case Moggia, lungo la strada comunale che da Ponte di Lagoscuro conduce a Zerli; un'altro importante affioramento di gabbri si può osservare presso la località di Iscioli, lungo la strada che conduce a Sestri Levante.

E' importante ricordare che tutte queste rocce, sia durante la loro risalita entro la crosta oceanica che durante gli eventi successivi collegati all'orogenesi alpina, che ne hanno causato l'attuale posizione tettonica, hanno subito varie fasi di trasformazione metamorfica a relativamente bassa temperatura; così l'olivina è in generale completamente sostituita da serpentino e magnetite.

Analoga trasformazione ha subito l'ortopirosseno, mentre il plagioclasio, inizialmente con alto contenuto in anortite, è trasformato in albite e minerali di calcio come prehnite e pumpellyite.

Nelle serpentiniti si trovano talvolta intercalazioni di una roccia a composizione chimica molto particolare che ha preso il nome di rodingite: essa può contenere molte varietà di silicati essenzialmente ricchi di calcio.

Queste intercalazioni a chimismo particolare, di spessore generalmente inferiore al metro ed estese per qualche decina di metri, derivano da originarie intercalazioni di gabbro o basalto entro la roccia ultrafemica.

Rappresentano il risultato di un processo metamorfico a bassa temperatura, associato con una migrazione del calcio contenuto, sia pur in piccole percentuali, nella peridotite: durante il processo di serpentinizzazione infatti il calcio può trovare posto in strutture diverse da quella del serpentino, disponibili solo nelle intercalazioni gabbriiche o basaltiche.

I minerali del gabbro pertanto si trasformano in silicati di calcio come grossularia, epidoti, vesuvianite, prehnite, pumpellyite ed altri.

La *copertura vulcano-sedimentaria* è invece rappresentata da intercalazioni di breccie sedimentarie composte prevalentemente da elementi di natura ofiolitica, da effusioni basaltiche, da sedimenti fini silicei (Diaspri) e successivi sedimenti calcarei (Calcari a Calpionella) che verso l'alto si arricchiscono progressivamente in frazione argillosa di origine detritica (Argille a Palombini).

Detta copertura vulcano-sedimentaria affiora in rapporti sostanzialmente indisturbati con l'originario substrato ofiolitico.

Come si evince dalla carta geolitologica, cui si rimanda per una migliore comprensione, il contatto tra la copertura vulcano-sedimentaria e le ofioliti sottostanti è stato interpretato, nella maggioranza dei casi, di natura stratigrafica in quanto non risulta interessato da importanti movimenti tettonici che ne modificano il carattere originario.

Localmente possono comunque osservarsi limitati movimenti relativi tra detta copertura e le sottostanti ofioliti, in corrispondenza di superfici tettoniche di significato locale.

La copertura vulcano-sedimentaria affiora estesamente nel settore mediano ed orientale della Val Graveglia, disposta in corpi allungati circa N-S, ed a contatto con i termini ofiolitici, sia sovrastanti che sottostanti; in queste località la successione stratigrafica appare completa e ben conservata.

Altrove, invece, appare in affioramenti discontinui di limitata estensione areale, interrotti da faglie locali e caratterizzati da una successione stratigrafica incompleta.

La copertura vulcano-sedimentaria inizia generalmente con delle *breccie sedimentarie* (bc BVG) costituite da frammenti di varie rocce ofiolitiche, specialmente serpentiniti e gabbri.

Si possono distinguere in particolare tre tipi di breccie sedimentarie:

oficalciti (giurassico sup.) -

breccie di M.te Capra (giurassico sup.) -

breccie poligeniche indifferenziate (giurassico sup.) -

Le *oficalciti* derivano da originarie serpentiniti che hanno acquisito una struttura brecciata a causa delle forze deformative a cui sono state sottoposte.

Le vene prodottesi sono state riempite da fluidi ricchi di sostanze minerali che hanno depositato in particolare carbonati ed ematite, da cui deriva il caratteristico colore rossastro della formazione.

Il grado di brecciatura varia generalmente con gradualità, passando da una serpentinite debolmente fratturata, in cui i singoli elementi non hanno subito spostamenti reciproci e le fratture sono poco aperte, ad una vera e propria breccia, in cui gli elementi serpentinitici sono immersi in una matrice carbonatica ed ematitica di colore rosso o verde.

Le oficalciti affiorano in modo limitato all'interno del bacino della Val Graveglia e costituiscono corpi relativamente poco estesi arealmente rispetto alle altre litologie cartografate.

Sono stati riportati in carta gli affioramenti oficalciticici rilevati presso la località di Iscioli (oggetto attualmente di attività estrattiva, dove è possibile osservare la formazione nelle migliori condizioni di esposizione), presso la località di M.te Chiappozzo, a Carnea lungo la strada comunale Ponte di Lagoscuro- Zerli, nonché sopra l'abitato di Case Soprane lungo la strada che conduce ai Casoni di Chiappozzo.

Le *brecce di M.te Capra* sono composte da clasti provenienti da rocce gabbriche a cui si associano, divenendo localmente preponderanti, clasti di basalti filoniani, serpentiniti e plagiograniti; i clasti sono immersi in una abbondante matrice della stessa composizione degli elementi maggiori oppure di natura cloritica.

Le brecce di M.te Capra affiorano estesamente in una zona compresa tra M.te Scrava, M.te Ricasola e l'abitato di Arzeno, presso il M.te Chiappozzo lungo la dorsale che scende verso la località di Case Soprane, nonché verso il M.te Capra dove si presentano con le caratteristiche tipo.

Sono state accorpate nelle *brecce indistinte* tutte quelle brecce ofiolitiche non ricadenti nelle precedenti due categorie e non facilmente riconducibili ai termini bibliografici (brecce di M.te Bianco o di brecce di Case Boeno o altre).

Le brecce indifferenziate si ritrovano essenzialmente presso il M.te Bianco e nella valle compresa tra M.te Bernadeto e M.te Capra.

I *basalti* (db BVG) sono il risultato di colate laviche anche molto potenti, spesso con la caratteristica struttura a pillow riscontrata anche in molti basalti attuali, effusi lungo pendii sottomarini.

Essi, a luoghi, formano filoni che attraversano i gabbri e le serpentiniti, ma successivamente anche le brecce e le stesse colate.

La paragenesi dei basalti comprende plagioclasio, pirosseno, ilmenite, più raramente olivina; le superfici soggette a brusco raffreddamento dovettero solidificare sotto forma di vetri.

Naturalmente anche i basalti, come i sedimenti sovrastanti, hanno subito le stesse trasformazioni metamorfiche di basso grado dovute alle fasi orogenetiche già introdotte per le rocce sottostanti; a ciò è dovuta, ad esempio, la completa cloritizzazione dei materiali vetrosi.

I basalti affiorano estesamente nell'area orientale del bacino, dove è presente l'unità ofiolitica Bargonasco-val Graveglia, in corpi continui a contatto con i diaspri di M.te Alpe.

In particolare si segnala l'affioramento presente presso la località di Pian di Fieno, dove i basalti si trovano nella caratteristica facies a pillows (il miglior affioramento è osservabile oltre che sul taglio della Strada Provinciale Carasco-Reppia, anche sul fronte della cava dismessa presente sotto l'abitato di Nascio).

I *diaspri di M.te Alpe* (d MAL) con livelli di radiolariti, sono costituiti da quarzo microcristallino, ematite (che conferisce loro la colorazione rossa), e percentuali variabili di minerali argillosi.

Spesso i diaspri contengono concentrazioni di manganese che danno luogo a mineralizzazioni ricchissime di specie mineralogiche (braunite, rancieite, pirolusite, manganite, neotocite, bementite, rodonite, tinzenite, axinite, parsettensite, carfolite, piemontite, sursassite, rodocrosite, Ca-kutnahorite ed altre più rare).

L'età dei diaspri, titonica, cioè al passaggio tra il Giurassico ed il Cretaceo, permette di attribuire al Giurassico la formazione delle sottostanti ofioliti.

I diaspri si presentano con la loro facies caratteristica in tutta l'area di affioramento; si trovano generalmente in contatto stratigrafico al di sopra della formazione dei basalti su cui poggiano in modo generalmente concordante.

Superiormente passano alla formazione dei calcari a Calpionella in cui si trovano intercalati nelle zone di passaggio e dove assumono un caratteristico colore verde chiaro.

Affiorano inoltre un po' ovunque nel settore medio-orientale del bacino, nelle condizioni di giacitura sopradescritte, a costituire corpi potenti ed estesi arealmente, come si può osservare tra il M.te Comarella ed il M.te Bossea: questa fascia di diaspri si estende fino al M.te Roccagrande ed in località Pian dei Rossi e presso il M.te Bernadeto.

Un'altra località dove la formazione dei diaspri affiora in modo continuo è osservabile in corrispondenza del versante meridionale del M.te Ricasola; altrove i diaspri affiorano in modo più limitato in corpi discontinui.

I *calcari a Calpionella* (c CAL) sono calcari micritici per lo più bianchi, spesso selciferi, stratificati, talvolta in eteropia con le argille a palombini (Berriasiano-Valangiano); rappresentano quindi sedimenti calcarei molto fini contenenti percentuali di silice e sottili intercalazioni argillose.

Queste intercalazioni argillose, come pure il carattere detritico, vanno gradatamente aumentando fino al passaggio alle *argille a palombini*, fatto indicante che correnti di torbida sono alla base di un apporto di materiali detritici molto fini da lontane terre emerse in erosione.

I calcari a Calpionella costituiscono estesi e potenti affioramenti presso il M.te Bianco (versante Nord-Orientale), presso il M.te Chiappozzo ed il M.te Coppello.

Il più significativo affioramento di detta formazione si sviluppa a partire dal M.te Carmona verso Sud, attraverso il M.te Comarello, il M.te Ricasola fino a Statale.

Le *argille a palombini del lago di Giacopiane* (ag GIC), sono argilloscisti scuri con intercalazioni di calcari per lo più silicei e straterelli di arenarie siltose (Neocomiano-Cenomaniano).

Le argille a palombini affiorano in un'estesa area posta nella parte centrale del bacino, in contatto tettonico al di sopra del corpo ofiolitico del M.te Bossea.

A loro volta sono sormontati tettonicamente dal Membro degli scisti zonati appartenente all'elemento del M.te Gottero.

Detta litologia costituisce un altro esteso affioramento compreso tra il Passo delle Cinque Vie, presso M.te Carmona, e la località di Piandifierno, dove scompare al di sotto della formazione dei calcari a Calpionella (le due suddette formazioni si trovano in contatto stratigrafico ma in giacitura rovesciata).

Altri importanti affioramenti delle argille a palombini sono stati riconosciuti e cartografati tra il M.te Chiappozzo ed il passo del Biscia, presso Statale, tra il passo della Camilla e la località di Visagna e M.te Prato Pinello.

Il carattere detritico e la stessa granulometria dei materiali apportati dalle torbide sopramenzionate, aumentano sempre più nella successiva serie degli scisti della Val Lavagna e nel flysch arenaceo del M. Gottero; in quest'ultimo, anzi, i frammenti detritici, anche grossolani (mediamente da qualche decimo di millimetro ad oltre un centimetro) indicano la loro provenienza da uno zoccolo cristallino soggetto ad erosione.

Gli *scisti della Val Lavagna* sono definibili genericamente argilloscisti siltosi, talvolta ardesiaci, con sottili strati di arenarie e marne (Cretaceo superiore-Paleocene).

In realtà l'estensione areale della formazione (che si sviluppa lungo la val Lavagna, la valle Sturla, la val Graveglia e la val Petronio, interessando anche vaste porzioni del versante litoraneo ad est di Chiavari), evidenzia contestualmente una forte eterogeneità litologica, soprattutto nelle percentuali con cui si alternano e si intercalano le componenti fondamentali.

Le distinzioni più significative appaiono sulla carta geolitologica predisposta, che permette di superare le problematiche legate alle frequenti convergenze di litofacies fra argilloscisti di livelli diversi nonché quelle connesse ad alcune condizioni di eteropia che rendono più difficile l'interpretazione dei rapporti tra le formazioni.

La formazione degli Scisti di val Lavagna è sostanzialmente costituita da tre membri:

argilloscisti manganeseiferi - ag LVG

ardesie (di M. Verzi) - ma LVG

scisti "zonati" - ag LVG

Nel bacino in considerazione si rileva la presenza delle sole ardesie e degli scisti "zonati", tuttavia per completezza sono di seguito descritti anche gli argilloscisti manganeseiferi.

Argilloscisti manganeseiferi con lenti di scisti rossi e strati di arenaria quarzosa.

Si tratta essenzialmente di scisti argillosi lamellari sottili, talora brillanti, di colore grigio verde prevalente, con tonalità giallognola per alterazione, generalmente manganeseiferi, spesso intensamente qua e là arrossati sulle superfici di scistosità ed in corrispondenza delle fratture.

Essi costituiscono potenti pacchi e strati più o meno continui, formati da fittissime successioni di straterelli, talora pellicolari, a volte minutamente pieghettati, con divisibilità in placche grossolane, in scaglie ed anche in forme prismatiche; altrove si tratta di strati argillosi massicci, di colore verde - giallo, nei quali non compare segno alcuno di scistosità.

Il manganese dà luogo generalmente a patine continue sulle superfici di scistosità ed in corrispondenza delle fratture; in questa facies argillosa esso impregna anche la pasta dando ad essa tonalità da bruna a nero-metallica.

Quanto al colore rosso, vi è da osservare che spesso si tratta semplicemente di patine di vivace arrossamento sulle superfici di scistosità, altre volte invece si è in

presenza di un'impregnazione ematitica rossa della pasta argillosa, per cui ne risultano vere e proprie intercalazioni lentiformi di argiloscisti rossi.

Un'altra caratteristica fondamentale di questo orizzonte è rappresentata dalle intercalazioni di arenaria a grana finissima, prevalentemente quarzosa, massiccia e molto compatta, scheggiata al taglio, spesso manganesifera, in strati di potenza variabile ma generalmente non superiore ai 20 - 25 centimetri.

Ardesie, scisti marnoso-ardesiaci e scisti argilloso-marnosi.

Si tratta di una formazione caratterizzata, talora in maniera preponderante, dalla presenza della componente marnosa, e costituita da alternanze di strati formati dai seguenti litotipi.

- *Ardesie, scisti marnoso-ardesiaci e scisti argilloso-marnosi, di colore grigio-nero al taglio e biancastro sulle superfici esposte, a grana molto fine o spesso privi di grana, taglienti alla rottura, dotati di fittissima scistosità per cui sono divisibili in lastre sottilissime. Essi formano strati di potenza assai variabile, da pochi centimetri a diversi metri, fino ad una decina di metri, nei quali i piani di scistosità sono generalmente obliqui rispetto ai piani di stratificazione, con valori angolari più frequenti intorno a 20°-30°, qualche volta superiori soprattutto in corrispondenza di zone particolarmente tettonizzate. L'ardesia può essere suddivisa in sottilissime lastre a superfici piano-parallele quando sia incisa secondo i piani di scistosità, si scompone invece in frammenti e scaglie a spigoli vivi e a bordi taglienti in direzione normale ai piani di scistosità; nelle facies massicce presenta anche una frattura grossolanamente concoide.*
- Arenarie, costituite in grande prevalenza da quarzo e mica, con cemento argilloso e argilloso - siliceo, a volte debolmente marnoso; la grana è fine, talora finissima, soprattutto nei banchetti più sottili. Esse formano strati di potenza più frequente intorno ad alcuni decimetri, a volte superiore al metro. Il colore al taglio fresco è grigio biancastro, sulle superfici esposte assume invece tonalità grigio-brune fino a raggiungere una colorazione giallo-terrosa. Spesso l'arenaria contiene galets mous di argilla grigia e grigio-nera, di forma varia, a sezione circolare, ovale, a mezza luna. I vari strati di arenaria costituiscono regolarmente il letto ed il tetto delle bancate ardesiache, che nella terminologia locale delle cave sono chiamati rispettivamente "soglia" ed "agro".
- Scisti argillosi ed argilloso-arenacei, di colori grigio-nero e grigio-verde, a facies lamellare e grossolanamente lastroide i primi ed a facies prevalentemente prismatica i secondi (coltellini). La grana di questi ultimi è sempre finissima, spesso si risolve in una dispersione di minute lamelle di mica bianca brillante in una pasta argillosa grigio-verde. Formano strati di potenza molto variabile, da pochi centimetri, con il limite inferiore dato da veli millimetrici, a valori che superano il metro. La colorazione sulle superfici esposte non è molto diversa da quella al taglio fresco; generalmente il grigio ed i grigio-verde diventano grigio-bruno all'alterazione, talvolta rugginoso per la presenza di limonite. Si osserva come in taluni affioramenti lo scisto argilloso grigio, a grana finissima, simula perfettamente lo scisto ardesiaco, così che solo con un attento esame al taglio fresco, e spesso con l'aiuto dell'attacco con acidi, è possibile distinguerlo da quest'ultimo.
- Calcareniti massicce, di colore grigio-biancastro, interessate spesso da vene di calcite; formano strati di potenza variabile, talora superiore al metro, e si accompagnano talvolta con l'arenaria a costituire intercalazioni nell'ambito della formazione.

Il membro delle Ardesie di M.te Verzi affiora estesamente come elemento tettonico indipendente sul lato occidentale e sud-occidentale del bacino della val

Graveglia, nell'area compresa tra la località di S. Oberto, Chiapparola, Tolceto e M.te Valle.

Le ardesie si trovano in contatto tettonico al di sopra delle arenarie di M.te Zatta e degli scisti zonati, in quest'ultimo caso limitatamente alla località di Tolceto; ivi si presentano nella loro facies caratteristica, anche se talvolta molto alterata e fratturata, in bancate plurimetrie a composizione marnoso-calcareo alternata ad intervalli più sottili prevalentemente argillitici.

Scisti argillosi grigi e scisti argilloso - arenacei marnosi bruni (argilloscisti zonati).

Con la definizione di argilloscisti zonati si intende indicare la formazione degli argilloscisti che si trova stratigraficamente sotto alle arenarie di M. Gottero.

Essa è costituita essenzialmente da fitte e caratteristiche alternanze fra straterelli di scisti argillosi grigi, con tonalità bluastre, e straterelli di scisti di colore bruno nocciola.

I primi presentano una composizione esclusivamente argillosa, si dividono più facilmente degli altri in sottili lamelle; i secondi sono costituiti da scisti argilloso-arenacei, con un fine e diffuso contenuto sabbioso, accompagnato spesso da una modesta componente marnosa, e si presentano molto più compatti dei primi, tabulari, spesso divisibili in lastre.

Le variazioni dei colori sono sempre piuttosto nette secondo le stratificazioni, così che ne deriva una caratteristica facies argilloscistosa zonata.

La potenza degli straterelli è generalmente di pochi centimetri, qualche volta può superare il decimetro.

Quanto alla distribuzione areale degli argilloscisti zonati si è detto che essi sono legati stratigraficamente alle arenarie di monte Gottero, per cui gli affioramenti delle due formazioni sono costantemente associati.

Il membro degli scisti zonati costituisce affioramenti particolarmente estesi e continui soprattutto nella parte centrale e nord-orientale dell'area di indagine; in particolare si sviluppano in un'ampia fascia da M.te Lungo a M.te delle Artue fino alla località di Corghetto a Sud.

In queste località gli scisti zonati poggiano prevalentemente in contatto tettonico sopra la formazione delle argille a palombini e di vari termini della successione ofiolitica (basalti e gabbri, ecc.).

A loro volta passano stratigraficamente verso l'alto alla formazione delle Arenarie di M.te Zatta.

Presso il versante meridionale del M.te Zatta, nelle medesime condizioni di giacitura sopradescritte, è possibile osservare sulla carta geolitologica un altro importante affioramento della formazione di cui trattasi; ivi gli scisti si estendono dal passo di M.te Camilla al M.te Coppello in una fascia continua ma di spessore eterogeneo da Ovest ad Est.

Le arenarie del M.te Gottero, rappresentano arenarie torbiditiche, quarzoso-feldspatiche (Cretaceo superiore-Paleocene);

Con questo termine si intende indicare la formazione di quelle arenarie ben note e diffuse nella Liguria orientale, ove costituiscono in particolare i monti Gottero, Zatta e Ramaceto, e che nella zona studiata si estendono principalmente fra il monte Carnella e la costa di Sestri Levante e Riva Trigoso, attraverso la val Graveglia e la valle Gromolo.

La formazione è costituita da regolari alternanze tra i litotipi di seguito descritti.

Arenarie -

A composizione predominante quarzoso-feldspatica-micacea a mica bianca; la grana è generalmente fine con granuli piuttosto elaborati; il cemento più frequente è argilloso e argilloso-siliceo.

Il colore al taglio fresco è grigio e grigio-biancastro, talvolta con aspetto vitreo, soprattutto ove l'arenaria è particolarmente ricca in quarzo; sulle superfici di alterazione è grigio bruno e talvolta rugginoso.

L'arenaria forma strati di potenza assai variabile, da bancate di diversi metri di potenza a straterelli di appena qualche decimetro; talora, soprattutto negli strati più potenti, si presenta chiaramente gradata.

Generalmente la bancata arenacea è ben differenziata a letto ed a tetto dagli strati di argilloscisto con i quali si alterna; si è osservato viceversa che a volte l'arenaria dà luogo, non tanto a veri e propri strati, quanto ad intercalazioni lentiformi negli argilloscisti, i quali ne costituiscono la continuazione lateralmente.

Negli strati di arenaria massiccia è frequente la presenza di ciottoli molli di argilla grigio-nera, talora finemente micacea, che risaltano particolarmente sulla massa arenacea di colore grigio-biancastro.

Argilloscisti -

Le facies argilloscistose che si alternano agli strati di arenaria nell'ambito della formazione sono essenzialmente di tre tipi diversi, e cioè argilloscisti grigio-verdi, finemente arenacei, manganesiferi, divisibili in scaglie piano-parallele; argilloscisti grigio-scuri fino a neri, talvolta micacei, divisibili in scaglie; scisti argilloso-arenacei e micacei, divisibili per fratturazione in forme prismatiche allungate, a sezione trasversale rettangolare o a losanga.

Il primo tipo ed il secondo si distinguono dagli scisti argillosi degli orizzonti che accompagnano i calcari palombini ed i calcari pseudopalombini (che sono invece lamellari e sottili) così che spesso è possibile individuare la formazione delle arenarie anche se localmente non compare, o è poco frequente il litotipo arenaria.

Il terzo tipo, cioè quello a facies prismatica, è il più tipico e caratteristico delle intercalazioni argilloscistose nell'ambito della formazione delle arenarie, e talvolta si presenta anche a costituire le intercalazioni argilloso-arenacee nella formazione delle ardesie.

Scisti argilloso-marnosi e ardesiaci -

Sono argilloscisti leggermente marnosi o a facies marnosa di tipo decisamente ardesiaco, che si presentano raramente negli affioramenti delle arenarie, per cui costituiscono un litotipo avente ruolo decisamente subordinato rispetto ai due precedenti.

Si tratta generalmente di scisti argillosi aventi una debole componente marnosa, che può essere riconosciuta soltanto mediante saggi con gli acidi, oppure di scisti marnosi aventi le stesse caratteristiche delle ardesie.

Formano strati di potenza variabile da pochi decimetri ad alcuni metri, e sono riconoscibili per il colore di alterazione biancastro che risalta nettamente su quello grigio e rugginoso delle arenarie e degli argilloscisti ai quali sono associati.

Le *argilliti di Giaiette*, infine, sono argilliti con sporadiche intercalazioni arenacee e calcaree (Paleocene). Sono raggruppati sotto questa definizione tutti gli scisti argillosi che stanno sopra alle arenarie di M. Gottero o che vi costituiscono potenti intercalazioni.

Si tratta di una formazione argilloscistosa costituita dai litotipi di seguito descritti.

- Scisti argillosi, divisibili in piccole e sottili lamelle, quasi mai in lastre e scaglie grossolane; i colori più frequenti sono il grigio-verde ed il beige, compaiono però

anche il verde chiaro ed il bruno soprattutto per il manganese; formano strati e pacchi, i quali si distinguono spesso chiaramente fra loro per la presenza di strati intercalati di altri litotipi.

- Scisti argillosi rossi e verdi, che costituiscono intercalazioni generalmente lentiformi; si tratta più spesso di vero e proprio scisto argilloso, talvolta invece vi compare un contenuto finemente arenaceo e micaceo; in quest'ultimo caso la facies, invece che di tipo lamellare come i precedenti, è di tipo essenzialmente prismatico, cioè con divisibilità in corti e sottili prismi. Nell'ambito del rosso le tonalità dominanti sono il rosso vinato ed il rosso mattone; il verde è sempre tenue; si è notato pure che i due colori sfumano con gradualità l'uno nell'altro.
- Arenarie, a grana finissima e quasi sempre manganesifere, in straterelli di potenza più frequente intorno a pochi centimetri, qualche volta superiore al decimetro; il manganese impregna decisamente l'arenaria, mentre nell'argilloscisto compare sotto forma di patine sulle superfici di scistosità e lungo le fratture.
- Calcari argillosi pseudopalombini, intercalati sotto forma di strati e lenti negli argilloscisti grigio-verdi; si è notato che vi compaiono due tipi litologici abbastanza diversi. Un primo tipo è rappresentato da calcare compattissimo, a frattura concoide e tagliente, scheggioso, di colore grigio al taglio e biancastro sulle superfici alterate, molto simile ai calcari palombini più tipici della base del Cretaceo. Un secondo tipo è dato da calcare pure compatto, con carattere argilloso, a frattura minutamente concoide, a pasta morbida, talora finemente granulare, interessato spesso da vene di calcite bianca; i colori sono il grigio al taglio, il bruno rugginoso sulle superfici esposte. Questo secondo tipo di calcare presenta, oltre che la facies massiccia, anche la facies tabulare e scistosa così da far passaggio qualche volta allo scisto marnoso.

Le argilliti di Giaiette affiorano in una fascia continua (seppur dislocata localmente da faglie sub-verticali con componente trascorrente del movimento) al nucleo di una grande struttura sinclinale vergente verso Nord-Est, con direzione assiale variabile da N130° a N170°.

In questo contesto le argilliti risultano fasciate al tetto ed al letto dalle arenarie di M.te Gottero con cui si trovano in rapporti stratigrafici, anche se parzialmente discordanti.

Questa formazione si estende in affioramento dalla località di S. Oberto, a Nord, fino alla località di Finocchietto presso M.te Domenico, a Sud, ed è osservabile lungo i tagli stradali presso gli abitati di Nè, di Conscenti e di Frisolino, dove affiora con le sue caratteristiche più tipiche.

2.2.2.2 Tettonica e assetto strutturale

L'assetto strutturale della Liguria orientale è sinteticamente definibile come un sistema a falde a direzione NW-SE (vergenza appenninica) impostatosi durante l'orogenesi appenninica.

In realtà sono stati riconosciuti fenomeni tettonici recenti realizzatisi nel quaternario, che hanno condizionato l'evoluzione morfologica dell'appennino ligure dando origine a sistemi di lineazioni:

- *a direzione appenninica*
- *a direzione antiappenninica*
- *a direzione NS ed intersecanti i due precedenti sistemi.*

L'Entella scorre proprio lungo una faglia NS che condiziona l'andamento delle valli e dei crinali di tutto il bacino, interrotta nella sua continuità dalla linea Portofino-Taro lungo la quale scorre il torrente Graveglia.

Probabilmente il torrente Lavagna, il torrente Graveglia ed il fiume Vara costituivano originariamente un unico corso d'acqua; questo spiegherebbe la presenza tra il Lavagna e l'Entella di una confluenza a gomito che indicherebbe appunto un gomito di cattura.

Circa i principali elementi strutturali e tettonici all'interno del bacino, sono stati distinti i contatti tettonici da quelli stratigrafici e le faglie (certe e/o presunte), integrando le rappresentazioni grafiche delle formazioni con numerose misure giaciture rappresentative degli assetti stratigrafici.

La carta geolitologica, peraltro, contiene anche informazioni essenziali circa la presenza e la distribuzione dei depositi alluvionali e delle coperture detritiche con potenza superiore ai 3 m, dati che sono stati successivamente analizzati, dettagliati e descritti sulla carta geomorfologica, cui si rimanda per una lettura più puntuale.

2.2.2.3 Considerazioni relative allo stato della roccia

Sono state considerate ed analizzate tutte quelle aree che presentavano roccia affiorante o subaffiorante, con coperture inferiori al metro, ove fosse comunque possibile osservare il substrato seppur in forma discontinua.

Sulla base delle osservazioni effettuate durante i rilievi di campagna, sono state così individuate 3 classi indicate nella carta geomorfologica con i simboli **R_F**-**R_S**-**R** in ordine di crescente miglioramento delle caratteristiche giaciture e di conservazione:

- **R_F** con questo simbolo sono state indicate quelle litologie che si presentavano all'osservazione in affioramento in scadente stato di conservazione, particolarmente alterate e/o fratturate rispetto al pendio.
- **R_S** con questo simbolo sono indicate tutte quelle litologie che all'affioramento si presentavano in buone condizioni di conservazione, ma con disposizione sfavorevole rispetto al pendio delle strutture osservabili all'interno dell'ammasso roccioso.
- **R** con questo simbolo sono state indicate tutte quelle aree in cui la roccia affiorante si presentava all'affioramento in buone condizioni di conservazione e/o con disposizione favorevole delle strutture rispetto la pendio.

Osservando la carta geomorfologica si può vedere che con la simbologia **R_F** sono state sostanzialmente indicate le formazioni prive di una stratificazione evidente o di sistemi di fratturazione regolari, oppure caratterizzate da una intensa fratturazione e tettonizzazione.

Con riferimento alla carta geomorfologica, incrociata con quella geolitologica, si rileva come spesso la classe RF sia rappresentata dalle seguenti formazioni:

- argilliti di Giaiette;
- le argille a Palombini del Lago di Giacopiane (dove prevale la componente argillitica e gli strati calcarei sono smembrati in blocchi isolati);
- il membro degli scisti zonati della formazione degli scisti della Val Lavagna;
- i complessi gabbrici;
- le serpentiniti;
- i vari tipi di brecce ofiolitiche quando si presentano molto tettonizzate.

Queste litologie sono pertanto generalmente caratterizzate da una più accentuata propensione al dissesto, in quanto più facilmente erodibili e disgregabili dalle acque superficiali sia diffuse che incanalate.

Come verrà meglio sottolineato in seguito, la maggiore diffusione delle coperture detritiche ed eluvio-colluviali, di potenza compresa tra 1 e 3 m, nonché delle coltri maggiori di 3 m interpretabili come antichi episodi franosi ormai stabilizzati (*paleofrane*), si rileva generalmente in corrispondenza delle aree di affioramento di questa categoria di rocce.

Ancora dall'osservazione della carta geomorfologica si può osservare come le aree che presentano roccia affiorante o subaffiorante ricadenti in questa classe siano concentrate nella parte centrale del bacino della val Graveglia, in corrispondenza di un esteso affioramento degli scisti zonati, delle argille a palombini e delle serpentiniti.

Un'altra importante zona classificata R_F si estende sul lato orientale dell'area in esame, tra la località Cascine Cantalia e M.te Ricasola, coincidente con l'affioramento di serpentiniti, argille a palombini e brecce ofiolitiche.

E' possibile stabilire, come precedentemente accennato, una certa correlazione tra la distribuzione delle coperture detritiche di potenza compresa tra 1 e 3 m e/o > 3 m e la distribuzione sulla cartografia delle zone ricadenti nella classe R_F .

Si può verificare, infatti, come dette coperture ricadano generalmente all'interno di aree classificate appunto R_F , o si identifichino in prossimità dei loro limiti.

Nelle aree così classificate, ove per definizione la roccia affiorante è maggiormente alterata e fratturata, si riconosce quindi la forte predisposizione dei versanti a divenire sede di processi gravitativi superficiali o profondi.

Come esempio significativo tra i molteplici che potrebbero essere indicati, si riferisce quello rilevato presso la località di Cassa, a quota 750 m ca, ove ad una estrema fratturazione dell'ammasso abbinata al dilavamento carsico per la presenza della dolina soprastante ha determinato, come effetto ultimo, un profondo collassamento a scala del versante.

Localmente, le formazioni delle argille a Palombini del Lago di Giacopiane, il membro degli scisti zonati ed il complesso gabbrico, possono tuttavia presentarsi in condizioni di conservazione più favorevoli e ricadere così all'interno delle altre classi di seguito descritte.

Con il simbolo R_s sono state indicate quelle litologie in cui la stratificazione o i sistemi di frattura presentano una disposizione a franappoggio, o a traverpoggio con componente a franappoggio rispetto al pendio.

In questa classe ricadono sia le formazioni regolarmente stratificate, che a causa delle deformazioni tettoniche subite vengono ad assumere una giacitura sfavorevole delle superfici di strato, sia le formazioni massive con disposizione a franappoggio dei sistemi di frattura.

Come nel caso precedente, è stato possibile determinare una maggiore frequenza di queste situazioni per alcune litologie, ed in particolare nelle seguenti formazioni:

- *arenarie del M. Gottero;*
- *membro delle Ardesie di M. Verzi;*
- *calcari a Calpionelle;*
- *diaspri del M. Alpe;*
- *basalti (massicci o a pillows);*
- *brecce ofiolitiche moderatamente tettonizzate.*

Le formazioni sopra elencate, dove si presentano all'affioramento con queste caratteristiche di giacitura e/o di conservazione, possono essere sede di dissesti più

o meno estesi, attivati da particolari fattori di innesco (erosione spondale, modificazione delle caratteristiche geotecniche dell'ammasso roccioso per imbibizione, ecc.) con compromissione della loro intrinseca situazione di precaria stabilità.

Le aree classificate con R_s risultano arealmente meno estese e continue rispetto alla classe precedentemente descritta.

Dette aree presentano generalmente coperture detritiche poco potenti (1-3 m) e poco estese, salvo casi particolari in cui condizioni locali hanno favorito particolari condizioni di squilibrio del versante dando luogo così ad accumuli più potenti.

Le formazioni che rientrano in questa classe, si presentano in affioramento generalmente in buono stato di conservazione ma con caratteri strutturali sfavorevoli rispetto all'orientazione del pendio.

Nell'ultima classe considerata, indicata con il simbolo **R**, sono invece raggruppate quelle zone ove affiorano le formazioni che si presentano in giacitura favorevole, a reggipoggio o a traverpoggio, poco alterate e/o fratturate.

All'interno di questa categoria ricadono frequentemente le seguenti formazioni:

- *arenarie del M. Gottero*;
- *membro delle ardesie di M. Verzi*;
- *calcari a Calpionelle*;
- *diaspri del M. Alpe*.

Le zone così classificate sono caratterizzate da versanti acclivi o molto acclivi, che talvolta tendono alla verticalità; si tratta in genere di aree complessivamente stabili ed interessate solo localmente da fenomeni di dissesto (generalmente crollo) a causa della azione degli agenti meteorici esterni che possono innescare situazioni squilibrio gravitativo.

Queste aree appaiono generalmente prive di significative coperture detritiche, salvo locali accumuli prodotti per l'effetto di particolari situazioni locali.

2.2.3. RUPINARO ed aree scolanti Ovest

Le Alpi Liguri sono un edificio a falde di ricoprimento con struttura a doppia vergenza, all'interno del quale si riconoscono domini paleogeografici contraddistinti da differente grado metamorfico ma con una storia geodinamica coerente con quella dei domini contigui.

L'area in esame è caratterizzata geologicamente dall'appartenenza al dominio Ligure, corrispondente ad un'area oceanica evolutasi in facies di flysch ed infine sovrappostasi, nel corso dell'orogenesi, a settori di crosta continentale. In particolare si rinvengono gli affioramenti dell'Unità del Monte Antola e dell'Unità Gottero. Per i primi si tratta di depositi di corrente di torbida a composizione calcareo-marnosa, appartenenti alla formazione del Flysch di M. Antola, che, generalmente, ma non nell'area in esame, sovrastano un complesso di base prevalentemente emipelagitico (le Argilliti di Montoggio, qui non presenti), mentre per l'Unità del Gottero si tratta di una successione scollata, in genere in corrispondenza delle Argille a palombini, costituita dal succedersi di queste ultime, della Formazione della Val Lavagna (a partire dal Santoniano), delle Arenarie di Monte Gottero (Campaniano sup.-Maastrichtiano) e infine delle Argilliti di Giaiette (Paleocene).

I calcari marnosi del M. Antola affiorano lungo la costa e sul versante destro della vallata del rio Campodonico, con giaciture molto variabili, in quanto interessati da diverse fasi tettoniche che li hanno variamente piegati e fratturati. Le ardesie del membro di M. Verzi, appartenente alla formazione della Val Lavagna, affiorano invece

sul settore nord occidentale, con contatti con la formazione flyschoidale, talvolta incerti in quanto vi è un graduale passaggio da una formazione all'altra. Gli scisti della formazione della Val Lavagna si rinvengono in belle esposizioni lungo i versanti del T. Rupinaro e in zona Castello. Infine, le argille a palombini del lago di Giacopiane sono presenti nella parte orientale del Comune di Chiavari e nel Comune di Leivi come nucleo di una mega antiformentasi formatasi durante l'orogenesi alpina.

2.2.3.1 Litostratigrafia e tettonica

Le formazioni geologiche affioranti nel bacino appartengono alle Unità tettoniche del M. Antola e del Monte Gottero, facenti parte del Dominio paleogeografico Ligure: ovvero di quel bacino oceanico sviluppatosi, a partire dal Giurassico superiore, tra le placche europea e africana.

Per meglio comprendere la litostratigrafia degli affioramenti e l'assetto strutturale che contraddistingue tutto il versante appenninico, si riporta una breve sintesi dell'evoluzione delle Alpi Occidentali durante l'ultima orogenesi.

Si possono distinguere e schematizzare i seguenti periodi:

- 1) Trias-Dogger, caratterizzato da fasi di rifting continentale accompagnate da un'accelerazione della distensione e da uno smembramento (pre-oceanico) della crosta lungo faglie listriche
- 2) Malm, apertura del bacino Ligure oceanico e distinzione di due nuove placche; quella Europea e quella Adriatica
- 3) Cretaceo-Paleocene. Caratterizzato da un'inversione del moto relativo delle placche con conseguente inizio della fase di collisione. Tale periodo, denominato "evento eoalpino" corrisponde alla lunga evoluzione pre-collisionale del margine convergente, caratterizzata dalla formazione di una prima catena a falde (orogenesi cretacea), costituita da sedimenti scollati e scaglie ofiolitiche. In questa fase si verifica, nelle unità ofiolitiche e nelle falde penniniche e austroalpine, un metamorfismo di seppellimento (alta pressione e bassa temperatura).
- 4) Eocene-Oligocene inferiore. E' contraddistinto da una fase di riequilibratura pressochè adiabatica (Fase Mesoalpina) con P decrescenti; s'instaurano gradienti di AT (alta temperatura).
- 5) Miocene-attuale. Fase neoalpina, si sviluppa la struttura a doppia vergenza. Le deformazioni più importanti avvengono tra il miocene e il pliocene.

L'Unità tettonica del M. Antola è presente con la sola formazione del Flysch di M. Antola (cm FMA). In letteratura tali flysch sono spesso chiamati con il termine "Flysch ad Helminthoidea labyrinthica" per la presenza di bioturbazioni riconducibili a piste di *Helminthoides* e gallerie di *Chondrites*.

Dal punto di vista litologico, Marini ne dà la seguente definizione;

torbiditi marnose e marnoso-calcaree a base calcareo-arenacea in strati medi e spessi (da submetrici a plurimetrici) con giunti argillitici neri; diffuse tracce di Helminthoides e Chondrites (Icnofacies a Nereites); talora frequenti intercalazioni di strati di calcilutiti di spessore medio. Livello di torbiditi siltoso-arenacee.

La composizione tipica del flysch è pertanto data dall'alternanza di marne e marne calcaree (60 - 70%), calcareniti (10 - 20%) ed argilliti (15 - 20%) (dati da Abbate & Saggi, 1967).

L'unità del Gottero è presente invece con le seguenti formazioni:

- 1) "Argille a Palombini" del Lago di Giacopiane (Cretacico inf. - Santoniano), originario livello di base dell'unità lungo cui è avvenuto lo scollamento;

- 2) Formazione della Val Lavagna (Campaniano - Maastrichtiano), che include, oltre alla caratteristica alternanza di argilliti scistose grigio-nerastre, tipica di questa formazione, la falda delle Ardesie del Monte Verzi, potenti successioni caratterizzate dalla predominanza di elementi più arenacei e, talvolta, olistostromi (classico è quello del Passo della Forcella);

Le argille a palombini del lago di Giacopiane (ag GIC), sono argilloscisti scuri con intercalazioni di calcari per lo più silicei e straterelli di arenarie siltose. Verso l'alto dominano i litotipi argillitici ed aumenta progressivamente la frazione quarzoarenitica. (Neocomiano-Cenomaniano).

Dal punto di vista geodinamico, questa facies rappresenta la transizione fra le fasi di espansione oceanica, cui si lega l'ofiolitismo, e l'inizio della "chiusura" del bacino oceanico, testimoniata da apporti di tipo terrigeno (quarzareniti) e dalle breccie (olisostromi l.s.)

Gli *scisti della Val Lavagna* sono definibili genericamente come argilloscisti siltosi, talvolta ardesiaci, con sottili strati di arenarie e marne (Cretaceo superiore-Paleocene).

In realtà l'estensione areale della formazione (che si sviluppa lungo la val Lavagna, la valle Sturla, la val Graveglia e la val Petronio, interessando anche vaste porzioni del versante litoraneo ad est di Chiavari), evidenzia contestualmente una forte eterogeneità litologica, soprattutto nelle percentuali con cui si alternano e si intercalano le componenti fondamentali.

La formazione degli Scisti di val Lavagna è sostanzialmente costituita da:

- 1) argilloscisti manganesiferi - ag LVG
- 2) ardesie (di M. Verzi) - ma LVG

Argilloscisti manganesiferi con lenti di scisti rossi e strati di arenaria quarzosa.

Si tratta essenzialmente di scisti argillosi lamellari sottili, talora brillanti, di colore grigio verde prevalente, con tonalità giallognola per alterazione, generalmente manganesiferi, spesso intensamente qua e là arrossati sulle superfici di scistosità ed in corrispondenza delle fratture.

Essi costituiscono potenti pacchi e strati più o meno continui, formati da fittissime successioni di straterelli, talora pellicolari, a volte minutamente pieghettati, con divisibilità in placche grossolane, in scaglie ed anche in forme prismatiche; altrove si tratta di strati argillosi massicci, di colore verde-giallo, nei quali non compare segno alcuno di scistosità.

Il manganese dà luogo generalmente a patine continue sulle superfici di scistosità ed in corrispondenza delle fratture; in questa facies argillosa esso impregna anche la pasta dando ad essa tonalità da bruna a nero-metallica.

Quanto al colore rosso, vi è da osservare che spesso si tratta semplicemente di patine di vivace arrossamento sulle superfici di scistosità, altre volte invece si è in presenza di una impregnazione ematitica rossa della pasta argillosa, per cui ne risultano vere e proprie intercalazioni lentiformi di argilloscisti rossi.

Un'altra caratteristica fondamentale di questo orizzonte è rappresentata dalle intercalazioni di arenaria a grana finissima, prevalentemente quarzosa, massiccia e molto compatta, scheggiata al taglio, spesso manganesifera, in strati di potenza variabile ma generalmente non superiore ai 20 - 25 centimetri.

Ardesie, scisti marnoso-ardesiaci e scisti argilloso-marnosi.

Si tratta di una formazione caratterizzata, talora in maniera preponderante, dalla presenza della componente marnosa, e costituita da alternanze di strati formati dai seguenti litotipi.

- *Ardesie, scisti marnoso-ardesiacei e scisti argilloso-marnosi, di colore grigio-nero al taglio e biancastro sulle superfici esposte, a grana molto fine o spesso privi di grana, taglienti alla rottura, dotati di fittissima scistosità per cui sono divisibili in lastre sottilissime. Essi formano strati di potenza assai variabile, da pochi centimetri a diversi metri, fino ad una decina di metri, nei quali i piani di scistosità sono generalmente obliqui rispetto ai piani di stratificazione, con valori angolari più frequenti intorno a 20°-30°, qualche volta superiori soprattutto in corrispondenza di zone particolarmente tettonizzate. L'ardesia può essere suddivisa in sottilissime lastre a superfici piano-parallele quando sia incisa secondo i piani di scistosità, si scompone invece in frammenti e scaglie a spigoli vivi e a bordi taglienti in direzione normale ai piani di scistosità; nelle facies massicce presenta anche una frattura grossolanamente concoide.*
- Arenarie, costituite in grande prevalenza da quarzo e mica, con cemento argilloso e argilloso - siliceo, a volte debolmente marnoso; la grana è fine, talora finissima, soprattutto nei banchetti più sottili. Esse formano strati di potenza più frequente intorno ad alcuni decimetri, a volte superiore al metro. Il colore al taglio fresco è grigio biancastro, sulle superfici esposte assume invece tonalità grigio-brune fino a raggiungere una colorazione giallo-terrosa. Spesso l'arenaria contiene galets mous di argilla grigia e grigio-nera, di forma varia, a sezione circolare, ovale, a mezza luna. I vari strati di arenaria costituiscono regolarmente il letto ed il tetto delle bancate ardesiache, che nella terminologia locale delle cave sono chiamati rispettivamente "soglia" ed "agro".
- Scisti argillosi ed argilloso-arenacei, di colori grigio-nero e grigio-verde, a facies lamellare e grossolanamente lastroide i primi ed a facies prevalentemente prismatica i secondi (coltellini). La grana di questi ultimi è sempre finissima, spesso si risolve in una dispersione di minute lamelle di mica bianca brillante in una pasta argillosa grigio-verde. Formano strati di potenza molto variabile, da pochi centimetri, con il limite inferiore dato da veli millimetrici, a valori che superano il metro. La colorazione sulle superfici esposte non è molto diversa da quella al taglio fresco; generalmente il grigio ed il grigio-verde diventano grigio-bruno all'alterazione, talvolta rugginoso per la presenza di limonite. Si osserva come in taluni affioramenti lo scisto argilloso grigio, a grana finissima, simula perfettamente lo scisto ardesiaco, così che solo con un attento esame al taglio fresco, e spesso con l'aiuto dell'attacco con acidi, è possibile distinguerlo da quest'ultimo.
- Calcareniti massicce, di colore grigio-biancastro, interessate spesso da vene di calcite; formano strati di potenza variabile, talora superiore al metro, e si accompagnano talvolta con l'arenaria a costituire intercalazioni nell'ambito della formazione.

2.2.3.2 Tettonica ed assetto strutturale

Le Alpi Liguri sono un edificio a falde sovrapposte, formatesi durante l'ultima orogenesi alpina. Ogni fase dell'evoluzione orogenetica si è manifestata attraverso varie strutture geometriche significative. A seconda del comportamento meccanico della roccia si sono avuti fenomeni compressivi di tipo plastico accompagnati a fenomeni distensivi di tipo rigido. Molti sono gli studiosi che hanno cercato di riconoscere le principali fasi plicative, tra questi, Marini che nei suoi studi distingue tre fasi deformative principali:

- 1) una prima fase molto pervasiva, con pieghe fortemente isoclinali, cui segue una fase ancora pervasiva con pieghe sempre isoclinali ma più aperte, con assi N60-N90 e vergenza Sud;
- 2) una seconda fase, la più appariscente, con pieghe concentriche, scistosità di crenulazione, megacrenulazioni che hanno effetti di faglie dirette. Direzione dell'asse meridiana;
- 3) una terza fase, collegata all'evoluzione geodinamica del Mar Ligure. Si manifesta con Kink, scistosità subverticale e con décrochement NW-SE e NE-SW.

La mega anticlinale coricata, con argille a palombini al nucleo, presente fra i torrenti Rupinaro ed Entella, è da attribuire alla seconda fase plicativa.

Tale struttura presenta vergenza NE con gli argilloscisti della Val Lavagna, in serie normale sul Rupinaro ed in serie rovesciata su entrambi i versanti del torrente Entella.

Per quanto riguarda la tettonica di tipo fragile, è da evidenziare come questa influenzi l'assetto orografico e l'impostazione del reticolo. Le principali lineazioni visibili in campagna di rilevamento ma specialmente dall'osservazione delle foto aeree, hanno orientamento N-S, NNW-SSE, NW-SE, E-W. Le prime sono da ricondurre al periodo Miocene medio-superiore, le ultime invece sono il risultato di fenomeni tettonici recenti, realizzatisi nel quaternario e che hanno condizionato l'evoluzione morfologica dell'Appennino.

Il T. Rupinaro è infatti impostato lungo tratti rettilinei N-S rigettati da lineazioni dirette NW-SE, mentre il rio Campodonico e il crinale del versante della collina delle Grazie sono impostati lungo l'asse E-W.

2.2.3.3 Considerazioni relative allo stato della roccia

Gli affioramenti presenti nell'area di studio, se si eccettua la zona costiera, non sono molti, in quanto il territorio presenta una copertura vegetale pressoché totale in funzione di una coltre eluvio-colluviale presente in spessore tra 1 e 3 metri di origine argillosa.

Secondo le ultime raccomandazioni della Regione la roccia affiorante e subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino a 1 metro di spessore è suddivisa in quattro classi a seconda del suo assetto strutturale.

- ***R_F*** con questo simbolo sono indicate quelle litologie che si presentano all'osservazione in affioramento in scadente stato di conservazione, particolarmente alterate e/o fratturate rispetto al pendio.
- ***R_S*** con questo simbolo sono indicate tutte quelle litologie che all'affioramento si presentano in buone condizioni di conservazione, ma con disposizione sfavorevole rispetto al pendio delle strutture osservabili all'interno dell'ammasso roccioso.
- ***R*** con questo simbolo sono indicate tutte quelle aree in cui la roccia affiorante si presenta in buone condizioni di conservazione e/o con disposizione favorevole delle strutture rispetto al pendio.
- ***R_o*** con questo simbolo si evidenziano quegli stati in cui le condizioni strutturali e tessiturali non sono visibili.

Osservando la carta geomorfologica si può vedere che con la simbologia ***R_F*** sono stati indicati i calcari del Monte Antola lungo la zona collinare delle Grazie. Questa zona infatti risulta essere particolarmente critica e il versante presenta una suscettività al dissesto legata a diversi fattori, tra cui il forte grado di fratturazione e fessurazione a cui i calcari sono sottoposti.

I calcari hanno un comportamento meccanico di tipo rigido e, a seguito delle fasi tettoniche verificatesi, presentano diverse classi di diaclasi. Sul sito sono osservabili almeno due famiglie di fratture, tra le quali la più evidente ha una direzione perpendicolare agli strati. Inoltre in questa zona gli strati presentano una giacitura a franapoggio.

Sempre in classe R_F sono state considerate le seguenti formazioni:

- *Scisti della formazione Val Lavagna;*
- *le argille a Palombini del Lago di Giacopiane (dove prevale la componente argillitica e gli strati calcarei sono smembrati in blocchi isolati);*

Queste litologie sono pertanto generalmente caratterizzate da una più accentuata propensione al dissesto, in quanto più facilmente erodibili e disgregabili dalle acque superficiali sia diffuse che incanalate.

Questo fattore, insieme con la bassa acclività, fa sì che tali zone siano contraddistinte da uno strato di alterazione superficiale, a volte superiore al metro.

E' possibile stabilire, inoltre, una certa correlazione tra la distribuzione delle coperture detritiche di potenza compresa tra 1 e 3 m e/o > 3 m e la distribuzione sulla cartografia delle zone ricadenti nella classe R_F .

Si può verificare, infatti, come dette coperture ricadano generalmente all'interno di aree identificate appunto R_F , o in prossimità dei loro limiti.

Nelle aree così classificate, ove per definizione la roccia affiorante è maggiormente alterata e fratturata, si riconosce quindi la forte predisposizione dei versanti a divenire sede di processi gravitativi superficiali o profondi.

Con il simbolo R_S sono state indicate quelle litologie in cui la stratificazione o i sistemi di frattura presentano una disposizione a franapoggio, o a traverpoggio con componente a franapoggio rispetto al pendio.

In questa classe ricadono le formazioni regolarmente stratificate, che, a causa delle deformazioni tettoniche subite, vengono ad assumere una giacitura sfavorevole delle superfici di strato.

Come nel caso precedente, è stato possibile determinare una maggiore frequenza di queste situazioni per alcune litologie, ed in particolare nelle seguenti formazioni:

- *calcari del M. Antola;*
- *membro delle Ardesie di M. Verzi;*

Tali formazioni, dove si presentano all'affioramento con le caratteristiche di giacitura e/o di conservazione sopra descritte, possono essere sede di dissesti più o meno estesi, attivati da particolari fattori di innesco (erosione spondale, modificazione delle caratteristiche geotecniche dell'ammasso roccioso per imbibizione, ecc.).

Le aree classificate con R_S risultano arealmente meno estese e continue rispetto alla classe precedentemente descritta. Dette aree presentano generalmente scarse coperture detritiche poco potenti (1-3 m) e poco estese, salvo casi particolari in cui condizioni locali hanno favorito particolari condizioni di squilibrio del versante dando luogo così ad accumuli più potenti.

Nella classe indicata con il simbolo R sono invece raggruppate quelle zone ove affiorano le formazioni che si presentano in giacitura favorevole, a reggipoggio o a traverpoggio, poco alterate e/o fratturate.

All'interno di questa categoria ricadono frequentemente le seguenti formazioni:

- *calcari del M. Antola;*
- *membro delle ardesie di M. Verzi;*

Le zone così classificate sono caratterizzate da versanti acclivi o molto acclivi; si tratta in genere di aree complessivamente stabili ed interessate solo localmente da

fenomeni di dissesto (generalmente crollo) a causa dell'azione degli agenti meteorici esterni che possono innescare situazioni di squilibrio gravitativo.

In queste aree appaiono generalmente coperture detritiche di spessore modesto, salvo locali accumuli prodotti per l'effetto di particolari situazioni locali.

Infine, nell'ultima classe R₀ si raggruppano quelle aree in cui non è stato possibile determinare, tramite rilevamenti di campagna, o da ricerche bibliografiche di sondaggi o stratigrafie, l'assetto strutturale della roccia.

In questa categoria possono ricadere le seguenti formazioni:

- *calcari del M. Antola;*
- *membro delle ardesie di M. Verzi.*

2.2.4. AREE SCOLANTI EST

Anche quest'area è caratterizzata geologicamente dall'appartenenza al dominio Ligure, corrispondente ad un'area oceanica evolutasi in facies di flysch ed infine sovrappostasi, nel corso dell'orogenesi, a settori di crosta continentale. In particolare si rinvencono gli affioramenti dell'Unità Gottero. Si tratta di una successione scollata in genere in corrispondenza delle Argille a palombini, ed è costituita dal succedersi di queste ultime, della Formazione della Val Lavagna (a partire dal Santoniano), delle Arenarie di Monte Gottero (Campaniano sup.-Maastrichtiano) e infine delle Argilliti di Giaiette (Paleocene).

Le arenarie del Monte Gottero affiorano nel settore sudorientale del bacino, e in bella esposizione lungo la linea di costa, con bancate a reggipoggio. Le ardesie del membro di M. Verzi, appartenenti alla formazione della Val Lavagna, costituiscono la principale formazione presente nel bacino. Gli affioramenti sono modesti in quanto ricoperti quasi totalmente da una coltre detritica eluvio-colluviale. Gli scisti della formazione della Val Lavagna e le argille a palombini del lago di Giacopiane si rinvencono infine sul settore sud occidentale a contatto con la piana alluvionale dell'Entella.

2.2.4.1 Litostratigrafia e tettonica

Le formazioni geologiche affioranti nel bacino appartengono all'Unità tettonica del Monte Gottero, facente parte del Dominio paleogeografico Ligure; ovvero di quel bacino oceanico sviluppatosi, a partire dal Giurassico superiore, tra le placche europea e africana.

Si richiama la sintesi dell'evoluzione delle Alpi Occidentali durante l'ultima orogenesi, già riportata nel paragrafo precedente.

L'unità del Gottero è presente nel territorio con le seguenti formazioni:

- 1) Argille a Palombini del Lago di Giacopiane (Cretacico inf. - Santoniano), originario livello di base dell'unità lungo cui è avvenuto lo scollamento;
- 2) Formazione della Val Lavagna (Campaniano - Maastrichtiano), che include, oltre alla caratteristica alternanza di argilliti scistose grigio-nerastre, tipica di questa formazione, la falda delle Ardesie del Monte Verzi, potenti successioni caratterizzate dalla predominanza di elementi più arenacei e, talvolta, olistostromi (classico è quello del Passo della Forcella);
- 3) Arenarie del M.te Gottero, rappresentate da arenarie torbiditiche, quarzoso-feldspatiche (Cretaceo superiore-Paleocene);

Le *argille a palombini del lago di Giacopiane* (ag GIC), sono argilloscisti scuri con intercalazioni di calcari per lo più silicei e straterelli di arenarie siltose. Verso l'alto dominano i litotipi argillitici ed aumenta progressivamente la frazione quarzoarenitica. (Neocomiano-Cenomaniano).

Dal punto di vista geodinamico, questa facies rappresenta la transizione fra le fasi di espansione oceanica, cui si lega l'ofiolitismo, e l'inizio della "chiusura" del bacino oceanico, testimoniata da apporti di tipo terrigeno (quarzareniti) e dalle breccie (olistostromi l.s.)

Gli *scisti della Val Lavagna* sono definibili genericamente come argilloscisti siltosi, talvolta ardesiaci, con sottili strati di arenarie e marne (Cretaceo superiore-Paleocene).

In realtà l'estensione areale della formazione (che si sviluppa lungo la val Lavagna, la valle Sturla, la val Graveglia e la val Petronio, interessando anche vaste porzioni del versante litoraneo ad est di Chiavari), evidenzia contestualmente una forte eterogeneità litologica, soprattutto nelle percentuali con cui si alternano e si intercalano le componenti fondamentali.

La formazione degli Scisti di val Lavagna è sostanzialmente costituita da:

- 3) argilloscisti manganesiferi - ag LVG
- 4) ardesie (di M. Verzi) - ma LVG

Argilloscisti manganesiferi con lenti di scisti rossi e strati di arenaria quarzosa.

Si tratta essenzialmente di scisti argillosi lamellari sottili, talora brillanti, di colore grigio verde prevalente, con tonalità giallognola per alterazione, generalmente manganesiferi, spesso intensamente qua e là arrossati sulle superfici di scistosità ed in corrispondenza delle fratture.

Essi costituiscono potenti pacchi e strati più o meno continui, formati da fittissime successioni di straterelli, talora pellicolari, a volte minutamente pieghettati, con divisibilità in placche grossolane, in scaglie ed anche in forme prismatiche; altrove si tratta di strati argillosi massicci, di colore verde - giallo, nei quali non compare segno alcuno di scistosità.

Il manganese dà luogo generalmente a patine continue sulle superfici di scistosità ed in corrispondenza delle fratture; in questa facies argillosa esso impregna anche la pasta dando ad essa tonalità da bruna a nero-metallica.

Quanto al colore rosso, vi è da osservare che spesso si tratta semplicemente di patine di vivace arrossamento sulle superfici di scistosità, altre volte invece si è in presenza di una impregnazione ematitica rossa della pasta argillosa, per cui ne risultano vere e proprie intercalazioni lentiformi di argilloscisti rossi.

Un'altra caratteristica fondamentale di questo orizzonte è rappresentata dalle intercalazioni di arenaria a grana finissima, prevalentemente quarzosa, massiccia e molto compatta, scheggiata al taglio, spesso manganesifera, in strati di potenza variabile ma generalmente non superiore ai 20 - 25 centimetri.

Ardesie, scisti marnoso-ardesiaci e scisti argilloso-marnosi.

Si tratta di una formazione caratterizzata, talora in maniera preponderante, dalla presenza della componente marnosa, e costituita da alternanze di strati formati dai seguenti litotipi.

- *Ardesie, scisti marnoso-ardesiaci e scisti argilloso-marnosi, di colore grigio-nero al taglio e biancastro sulle superfici esposte, a grana molto fine o spesso privi di grana, taglienti alla rottura, dotati di fittissima scistosità per cui sono divisibili in lastre sottilissime. Essi formano strati di potenza assai variabile, da pochi centimetri a diversi metri, fino ad una decina di metri, nei quali i piani di scistosità sono*

generalmente obliqui rispetto ai piani di stratificazione, con valori angolari più frequenti intorno a 20°-30°, qualche volta superiori soprattutto in corrispondenza di zone particolarmente tettonizzate. L'ardesia può essere suddivisa in sottilissime lastre a superfici piano-parallele quando sia incisa secondo i piani di scistosità, si scompone invece in frammenti e scaglie a spigoli vivi e a bordi taglienti in direzione normale ai piani di scistosità; nelle facies massicce presenta anche una frattura grossolanamente concoide.

- Arenarie, costituite in grande prevalenza da quarzo e mica, con cemento argilloso e argilloso - siliceo, a volte debolmente marnoso; la grana è fine, talora finissima, soprattutto nei banchetti più sottili. Esse formano strati di potenza più frequente intorno ad alcuni decimetri, a volte superiore al metro. Il colore al taglio fresco è grigio biancastro, sulle superfici esposte assume invece tonalità grigio-brune fino a raggiungere una colorazione giallo-terrosa. Spesso l'arenaria contiene galets mous di argilla grigia e grigio-nera, di forma varia, a sezione circolare, ovale, a mezza luna. I vari strati di arenaria costituiscono regolarmente il letto ed il tetto delle bancate ardesiache, che nella terminologia locale delle cave sono chiamati rispettivamente "soglia" ed "agro".
- Scisti argillosi ed argilloso-arenacei, di colori grigio-nero e grigio-verde, a facies lamellare e grossolanamente lastroide i primi ed a facies prevalentemente prismatica i secondi (coltellini). La grana di questi ultimi è sempre finissima, spesso si risolve in una dispersione di minute lamelle di mica bianca brillante in una pasta argillosa grigio-verde. Formano strati di potenza molto variabile, da pochi centimetri, con il limite inferiore dato da veli millimetrici, a valori che superano il metro. La colorazione sulle superfici esposte non è molto diversa da quella al taglio fresco; generalmente il grigio ed il grigio-verde diventano grigio-bruno all'alterazione, talvolta rugginoso per la presenza di limonite. Si osserva come in taluni affioramenti lo scisto argilloso grigio, a grana finissima, simula perfettamente lo scisto ardesiaco, così che solo con un attento esame al taglio fresco, e spesso con l'aiuto dell'attacco con acidi, è possibile distinguerlo da quest'ultimo.
- Calcareniti massicce, di colore grigio-biancastro, interessate spesso da vene di calcite; formano strati di potenza variabile, talora superiore al metro, e si accompagnano talvolta con l'arenaria a costituire intercalazioni nell'ambito della formazione.

Le arenarie del M.te Gottero, rappresentano arenarie torbiditiche, quarzoso-feldspatiche (Cretaceo superiore-Paleocene);

Con questo termine si intende indicare la formazione di quelle arenarie ben note e diffuse nella Liguria orientale, ove costituiscono in particolare i monti Gottero, Zatta e Ramaceto, e che nella zona studiata si estendono principalmente fra il monte Carnella e la costa di Sestri Levante e Riva Trigoso, attraverso la val Graveglia e la valle Gromolo.

La formazione è costituita da regolari alternanze tra i litotipi di seguito descritti.

- Arenarie a composizione predominante quarzoso-feldspatica-micacea a mica bianca; la grana è generalmente fine con granuli piuttosto elaborati; il cemento più frequente è argilloso e argilloso-siliceo.
Il colore al taglio fresco è grigio e grigio-biancastro, talvolta con aspetto vitreo, soprattutto ove l'arenaria è particolarmente ricca in quarzo; sulle superfici di alterazione è grigio bruno e talvolta rugginoso.
L'arenaria forma strati di potenza assai variabile, da bancate di diversi metri di potenza a straterelli di appena qualche decimetro; talora, soprattutto negli strati più potenti, si presenta chiaramente gradata.

Generalmente la bancata arenacea è ben differenziata a letto ed a tetto dagli strati di argilloscisto con i quali si alterna; si è osservato viceversa che a volte l'arenaria dà luogo, non tanto a veri e propri strati, quanto ad intercalazioni lentiformi negli argilloscisti, i quali ne costituiscono la continuazione lateralmente.

Negli strati di arenaria massiccia è frequente la presenza di ciottoli molli di argilla grigio-nera, talora finemente micacea, che risaltano particolarmente sulla massa arenacea di colore grigio-biancastro.

- Argilloscisti Le facies argilloscistose che si alternano agli strati di arenaria nell'ambito della formazione sono essenzialmente di tre tipi diversi, e cioè argilloscisti grigio-verdi, finemente arenacei, manganesiferi, divisibili in scaglie piano-parallele; argilloscisti grigio-scuri fino a neri, talvolta micacei, divisibili in scaglie; scisti argilloso-arenacei e micacei, divisibili per fratturazione in forme prismatiche allungate, a sezione trasversale rettangolare o a losanga.

Il primo tipo ed il secondo si distinguono dagli scisti argillosi degli orizzonti che accompagnano i calcari palombini ed i calcari pseudopalombini (che sono invece lamellari e sottili) così che spesso è possibile individuare la formazione delle arenarie anche se localmente non compare, o è poco frequente, il litotipo arenaria. Il terzo tipo, cioè quello a facies prismatica, è il più tipico e caratteristico delle intercalazioni argilloscistose nell'ambito della formazione delle arenarie, e talvolta si presenta anche a costituire le intercalazioni argilloso-arenacee nella formazione delle ardesie.

- Scisti argilloso-marnosi e ardesiaci Sono argilloscisti leggermente marnosi o a facies marnosa di tipo decisamente ardesiaco, che si presentano raramente negli affioramenti delle arenarie, per cui costituiscono un litotipo avente ruolo decisamente subordinato rispetto ai due precedenti.

Si tratta generalmente di scisti argillosi aventi una debole componente marnosa, che può essere riconosciuta soltanto mediante saggi con gli acidi, oppure di scisti marnosi aventi le stesse caratteristiche delle ardesie.

Formano strati di potenza variabile da pochi decimetri ad alcuni metri, e sono riconoscibili per il colore di alterazione biancastro che risalta nettamente su quello grigio e rugginoso delle arenarie e degli argilloscisti ai quali sono associati.

2.2.4.2 Tettonica e assetto strutturale

Le Alpi Liguri sono un edificio a falde sovrapposte, formatesi durante l'ultima orogenesi alpina. Ogni fase dell'evoluzione orogenetica si è manifestata attraverso varie strutture geometriche significative. A seconda del comportamento meccanico della roccia si sono avuti fenomeni compressivi di tipo plastico accompagnati a fenomeni distensivi di tipo rigido. Molti sono gli studiosi che hanno cercato di riconoscere le principali fasi plicative, tra questi, Marini che nei suoi studi distingue tre fasi deformative principali:

- 1) una prima fase molto pervasiva, con pieghe fortemente isoclinali, cui segue una fase ancora pervasiva con pieghe sempre isoclinali ma più aperte, con assi N60-N90 e vergenza Sud;
- 2) una seconda fase, la più appariscente, con pieghe concentriche, scistosità di crenulazione e megacrenulazioni che hanno effetti di faglie dirette. Direzione dell'asse meridiana;
- 3) una terza fase, collegata all'evoluzione geodinamica del Mar Ligure. Si manifesta con Kink, scistosità subverticale e con décrochement NW-SE e NE-SW.

L'orogenesi alpina ha evidenziato il diverso comportamento delle varie formazioni rispetto alle deformazioni.

Mentre le argille a palombini hanno dato luogo a strutture disarmoniche, le ardesie mostrano avere assorbito più omogeneamente le sollecitazioni orogenetiche mediante strutture a pieghe isoclinali. Le arenarie infine evidenziano un comportamento più fragile originando pieghe con fratture in cerniera.

Per quanto riguarda la tettonica di tipo fragile, è da evidenziare come questa influenzi l'assetto orografico e l'impostazione del reticolo. Le principali lineazioni visibili in campagna di rilevamento ma specialmente dall'osservazione delle foto aeree, hanno orientamento N-S, NNW-SSE, NW-SE, E-W. Le prime sono da ricondurre al periodo Miocene medio-superiore, le ultime invece sono il risultato di fenomeni tettonici recenti, realizzatesi nel quaternario e che hanno condizionato l'evoluzione morfologica dell'Appennino.

Sia il T. Fravega che il T. Barassi in alcuni tratti si sono impostati lungo tratti rettilinei N-S rigettati da lineazioni dirette NW-SE.

2.2.4.3 Considerazioni relative allo stato della roccia

Gli affioramenti presenti nell'area di studio, se si eccettua la zona costiera in direzione Sestri Levante, non sono molti, in quanto il territorio presenta una copertura vegetale pressoché totale in funzione di una coltre eluvio-colluviale presente in spessore tra 1 e 3 metri di origine argillosa.

Secondo le ultime raccomandazioni della Regione, la roccia affiorante e subaffiorante con coperture detritiche discontinue fino a 1 metro di spessore è suddivisa in quattro classi a seconda del suo assetto strutturale.

- ***R_F*** con questo simbolo sono indicate quelle litologie che si presentano all'osservazione in affioramento in scadente stato di conservazione, particolarmente alterate e/o fratturate rispetto al pendio.
- ***R_S*** con questo simbolo sono indicate tutte quelle litologie che all'affioramento si presentano in buone condizioni di conservazione, ma con disposizione sfavorevole rispetto al pendio delle strutture osservabili all'interno dell'ammasso roccioso.
- ***R*** con questo simbolo sono indicate tutte quelle aree in cui la roccia affiorante si presenta in buone condizioni di conservazione e/o con disposizione favorevole delle strutture rispetto al pendio.
- ***R_o*** con questo simbolo si evidenziano quegli stati in cui le condizioni strutturali e tessiturali non sono visibili.

In classe ***R_F*** sono state considerate le seguenti formazioni:

- *Scisti della formazione Val Lavagna;*
- *le argille a Palombini del Lago di Giacopiane (dove prevale la componente argillitica e gli strati calcarei sono smembrati in blocchi isolati);*

Queste litologie sono pertanto generalmente caratterizzate da una più accentuata propensione al dissesto, in quanto più facilmente erodibili e disgregabili dalle acque superficiali sia diffuse che incanalate.

Questo fattore, legato alla bassa acclività, fa sì che tali zone siano contraddistinte da uno strato di alterazione superficiale a volte di spessore superiore al metro.

Con il simbolo ***R_S*** sono state indicate quelle litologie in cui la stratificazione o i sistemi di frattura presentano una disposizione a franappoggio, o a traverspoggio con componente a franappoggio rispetto al pendio.

In questa classe ricadono le formazioni regolarmente stratificate, che, a causa delle deformazioni tettoniche subite, vengono ad assumere una giacitura sfavorevole delle superfici di strato.

Come nel caso precedente, è stato possibile determinare una maggiore frequenza di queste situazioni per alcune litologie, ed in particolare nelle seguenti formazioni:

- *membro delle Ardesie di M. Verzi;*
- *arenarie Monte Gottero;*

Le formazioni sopra elencate, dove si presentano all'affioramento con queste caratteristiche di giacitura e/o di conservazione, possono essere sede di dissesti più o meno estesi, attivati da particolari fattori di innesco (erosione spondale, modificazione delle caratteristiche geotecniche dell'ammasso roccioso per imbibizione, ecc.). Le aree classificate con R_s risultano arealmente meno estese e continue rispetto alla classe R.

Dette aree presentano generalmente scarse coperture detritiche poco potenti (1-3 m) e poco estese, salvo casi particolari in cui condizioni locali hanno favorito particolari condizioni di squilibrio del versante dando luogo così ad accumuli più potenti.

Nella classe indicata con il simbolo **R** sono invece raggruppate quelle zone ove affiorano le formazioni che si presentano in giacitura favorevole, a reggipoggio o a traverpoggio, poco alterate e/o fratturate.

All'interno di questa categoria ricadono frequentemente le seguenti formazioni:

- *membro delle ardesie di M. Verzi;*
- *arenarie Monte Gottero;*

Le zone così classificate sono caratterizzate da versanti acclivi o molto acclivi; si tratta in genere di aree complessivamente stabili ed interessate solo localmente da fenomeni di dissesto (generalmente crollo) a causa dell'azione degli agenti meteorici esterni che possono innescare situazioni di squilibrio gravitativo.

In queste aree appaiono generalmente coperture detritiche di spessore modesto, salvo locali accumuli prodotti per l'effetto di particolari situazioni locali.

Infine, nell'ultima classe R_0 si raggruppano quelle aree in cui non è stato possibile determinare, tramite rilevamenti di campagna, o da ricerche bibliografiche di sondaggi o stratigrafie, l'assetto strutturale della roccia.

In questa categoria possono ricadere le seguenti formazioni:

- *membro delle ardesie di M. Verzi;*
- *arenarie Monte Gottero.*

2.3 GEOMORFOLOGIA

Sono discussi nel seguito i principali aspetti geomorfologici del bacino in esame; gli elementi di rilievo sono stati cartografati nella Carta Geomorfologica in scala 1:10000 appositamente predisposta.

2.3.1 ENTELLA - STURLA

Per una esposizione più agevole, il bacino viene suddiviso in tre distinti settori nei quali si riscontrano caratteri di omogeneità: il settore sommitale, che include i bacini dei torrenti Sturla e Penna fino alla loro confluenza, quello intermedio, includente i

torrenti Cicana, Mogliana e Mezzanego e quello inferiore, che coincide con il bacino del Fiume Entella.

La *porzione sommitale del bacino*, definita dagli spartiacque dalle valli dei torrenti Sturla e Penna fino alla loro confluenza (che avviene nei pressi dell'abitato di Borzonasca), si apre a forma di grande ventaglio tra il gruppo del Monte Aiona ed il gruppo del Monte Ramaceto; tale settore presenta limitati settori di roccia affiorante localizzati in prossimità delle linee di spartiacque principale e secondario e grandi porzioni di territorio ricoperte da coperture detritiche la cui natura è ascrivibile a depositi di origine morenica e/o crionivale, a grandi fenomeni di dissesto (paleofrane) e a depositi eluvio colluviali.

Tale zona è caratterizzata da una forte energia del rilievo: il Torrente Sturla passa infatti nei suoi primi 7 km di percorso da una quota sommitale di circa 1300 m s.l.m. a circa 200 m s.l.m.; analogamente il Torrente Penna copre un dislivello di circa 1000 m nei suoi primi 6 km, energia che è anche testimoniata sia dai numerosi fenomeni di ruscellamento diffuso e incanalato sia dalla presenza di numerose nicchie di distacco (attive e quiescenti).

Gli spartiacque settentrionale ed orientale del bacino sono fortemente asimmetrici con i versanti tirrenici caratterizzati da forti acclività ed i padani più pianeggianti, tale asimmetria è essenzialmente legata al loro progressivo arretramento verso il settore padano, comune in tutto l'Appennino ligure; tale situazione, in continua evoluzione, risulta favorevole a fenomeni di cattura. Tali fenomeni risultano in parte già avvenuti, come quello che si è realizzato in prossimità del Passo del Bocco da parte del Torrente Mogliana a spese di un affluente della Valle di Giaiette; in questa zona il rilievo del Monte Vailera rappresenta un residuo dell'antico spartiacque. In altre situazioni tali processi risultano in fase di evoluzione (come l'evento di probabile futura cattura da parte del Rio Oneto, affluente di destra dello Sturla, ai danni dell'Aveto, nei pressi del Passo della Forcella).

In questo settore si riscontrano pressoché tutte le principali tipologie di dissesto. In particolare sono presenti:

- accumuli detritici dovuti in gran parte a movimenti franosi complessi e ripetuti di origine antica, talora caratterizzati da frequenti fenomeni di riattivazione spesso dovuti all'azione erosiva dei torrenti;
- fenomeni di crollo, in genere localizzati in corrispondenza delle pareti più acclivi e talvolta legati alla sovrapposizione di una roccia più competente su un litotipo dalle caratteristiche geotecniche scadenti (caratteristica ricorrente dei principali sovrascorrimenti, quali ad esempio quelli dei basalti e delle brecce dell'Unità di Casanova sui vari litotipi argillitici);
- deformazioni gravitative profonde di versante, spesso correlate a contropendenze e sdoppiamenti della linea di cresta.

Tra le paleofrane occorre senz'altro segnalare quelle su cui insistono gli abitati di Campori, Temossi e Bertigaro: tali fenomeni di dissesto interessano areali molto estesi, con lunghezza e larghezza superiori al km e potenza dell'accumulo superiore ai 50 m, e presentano, almeno localmente, fenomeni di rimovimentazione.

I fenomeni citati sono stati probabilmente innescati da eventi sismotettonici e, almeno in parte, da fenomeni pluviometrici particolarmente intensi e con tempi di ritorno molto lunghi, che hanno agito su una situazione geologico-litologica di per sé favorevole: infatti nell'area il Complesso di Casanova (litologicamente assai eterogeneo e permeabile per fratturazione) è ubicato con una giacitura complessiva a franapoggio in sovrapposizione a litotipi argillitici (Argille a Palombini del Lago di Giacopiane).

Tra i fenomeni di crollo censiti si segnalano quelli nei pressi di Monte Bregaceto e del Passo dei Ghiffi. Questi, come la maggior parte dei fenomeni legati a questa tipologia, sono ubicati nel sottobacino del Torrente Penna; in questa zona, infatti, settore nord-orientale del bacino, si trovano concentrate le litologie più esposte a crolli (per caratteristiche geotecniche scadenti, acclività o rapporti con altre formazioni) come basalti, brecce e serpentiniti.

Tra le deformazioni gravitative profonde identificate si ricorda quella di Belpiano, la più estesa da un punto di vista areale. Questa tipologia di fenomeni franosi si ritrova prevalentemente nel bacino afferente alla parte sommitale del Torrente Sturla e nel bacino del Torrente Penna.

Nel settore sono presenti quattro laghi: alcuni di questi sono interamente artificiali (Lago Zolezzi nell'alveo del Penna ed il Lago di Pian Sapeio sottostante il Lago di Giacopiane), mentre altri sono di diversa natura anche se attualmente anch'essi sono regolati da sbarramenti artificiali. In particolare il Lago di Giacopiane si trova in una conca di sovraescavazione di probabile origine glaciale, mentre dove adesso è presente il Lago di Malanotte in epoche passate si è verificato un fenomeno di sbarramento del Torrente Sturla ad opera del paleaccumulo di Campori Temossi.

Altra particolarità geomorfologica si trova nella sella tra Colmo Rondiò e Monte Agugiaia dove si può vedere un chiaro sdoppiamento della linea di cresta (si veda la foto seguente), cui tuttavia non appare associato alcun dissesto.



Sdoppiamento della linea di cresta tra Colmo Rondio e Monte Agugliaia

Altro elemento importante nella morfologia della parte Nord orientale del settore descritto è rappresentato dai versanti occupati dalle discariche di inerti derivanti dalla lavorazione di materiali lapidei, ubicate in prossimità del vecchio Frantoio Alta Val di Taro; nel sito sono presenti ancora vecchie vasche di decantazione e potenti accumuli detritici lungo le pendici del versante. Tali accumuli, disposti con un angolo di riposo piuttosto elevato e praticamente privi di copertura vegetale, potrebbero essere soggetti a fenomeni di rimobilizzazione in caso di precipitazioni particolarmente intense.

Il settore *mediano del bacino* è occupato dalle valli dei torrenti Cicana, ad Ovest, e Mogliana e Mezzanego, ad Est. In questi settori l'energia del rilievo è minore anche se le parti basse delle valli del Torrente Mezzanego e del Torrente Mogliana risultano comunque molto incassate a testimoniare una probabile fase di ringiovanimento. Alcuni tratti del Torrente Mezzanego scorrono in profonde forre scavate in roccia argillitica (come mostra la foto seguente). Lungo il Torrente Mogliana, a riprova dell'attuale fase di ringiovanimento, sono localmente presenti terrazzi alluvionali a quote ben superiori all'attuale fondo dell'alveo.



Forra nell'alveo del Torrente Mezzanego

Nelle valli del Mogliana e del Mezzanego, nonostante l'approfondimento del livello di base, non si sono riscontrati dissesti particolarmente significativi ed anche gli accumuli detritici presenti raramente superano i 3 m di potenza. Fenomeni frequenti, legati proprio all'approfondimento del livello di base, sono invece le erosioni incanalate che si riscontrano in numerosi affluenti dei torrenti sopra citati.

La valle del Torrente Cicana è caratterizzata alla sua testata dalla presenza dell'anfiteatro rappresentato dagli affioramenti rocciosi dei versanti meridionali del Monte Ramaceto, ai piedi del quale si trova un importante paleoaccumulo su cui sorge l'abitato di Villagrande di Cichero. Le acclivi pareti Sud-orientali del Monte Ramaceto sono sede di fenomeni di ruscellamento diffuso ed erosione incanalata e contrastano palesemente con la morfologia più dolce dell'area occupata dal corpo della paleofrana; la rottura di pendenza è talvolta mascherata da numerose ed imponenti conoidi di detrito (come mostra la foto seguente) derivanti dal disfacimento delle pareti Sud-orientali costituite da arenarie del Monte Gottero. Queste conoidi si presentano generalmente rivegetate e stabili nella loro parte basale, ad acclività moderata.



Conoidi di detrito alle pendici del Monte Ramaceto

Generalmente i rii che attraversano il paleoaccumulo di Villagrande di Cichero risultano ad esso sovrainposti, in alcuni casi, dove è presente una marcata erosione di fondo, l'incisione dell'alveo arriva a scoprire il substrato roccioso costituito dalla Formazione delle Argilliti di Giaiette.

Altri potenti accumuli detritici si trovano lungo il versante destro del torrente Cicana ad una quota prossima allo spartiacque.

Immediatamente a valle del paleoaccumulo compaiono, in prossimità del fondovalle, depositi alluvionali disposti su varie quote altimetriche; tali depositi potrebbero costituire (Fanucci e Nosengo, 1977) i resti dei sedimenti che hanno colmato vecchi bacini lacustri.

La parte terminale del Torrente Cicana risulta invece particolarmente incassata con versanti molto acclivi. La realizzazione della strada provinciale e la presenza di cave (attualmente dismesse o abbandonate) sul versante sinistro della valle (caratterizzato da giaciture prevalentemente a franapoggio) ha innescato un discreto numero di dissesti per crollo e per scivolamento planare lungo le superfici di strato. Tali dissesti risultano di modeste proporzioni (ordine di grandezza della larghezza massima del ciglio di distacco di qualche decina di metri) ma potenzialmente pericolosi per la viabilità locale che, in caso di crolli, potrebbe essere compromessa.

Nel settore si segnala infine la presenza di una grossa cava posta in destra orografica a valle della confluenza del Torrente Cicana con il Torrente Sturla. Tale cava, un tempo coltivata per la produzione di pietrisco, mediante un fronte unico di altezza superiore ai 50 m circa, presenta notevole acclività ed è tuttora soggetta a

localizzati fenomeni di crollo. Per tale sito sono in programma interventi di ripristino ambientale e riutilizzo come discarica di inerti.

La valle del Fiume Entella costituisce il *terzo settore* descritto. In tale settore si individuano dal punto di vista geomorfologico tre diversi ambiti:

- la vasta area di pianura alluvionale e marino costiera;
- una zona caratterizzata da rilievi morbidi e poco acclivi, modellati negli argilloscisti;
- una zona con maggiore acclività ma con quote comunque modeste che interessa i litotipi delle Ardesie del Monte Verzi e delle Arenarie del Monte Gottero.

Le alluvioni dell'Entella sono caratterizzate da vaste zone subpianeggianti costituenti le aree golenali del corso d'acqua e pertanto tuttora soggette a periodici fenomeni di esondazione in caso di precipitazioni eccezionali. Lungo i versanti si riscontrano invece terrazzi alluvionali, recenti ed antichi, composti prevalentemente da materiali fluviali, ad eccezione dei terrazzi presenti nella parte terminale valliva, costituiti invece da materiali misti di natura deltizia passanti sulla costa a depositi marini franchi.

Una particolarità geomorfologica, non riconducibile ai soli cicli erosivi ma dovuta a probabili fenomeni di neotettonica, o addirittura precedente questa fase, è il doppio meandro incassato riscontrabile in prossimità dell'abitato di Carasco; in corrispondenza di tale zona sarebbe avvenuto un fenomeno di cattura fluviale da parte del Fiume Entella, con direzione perpendicolare alla linea di costa, ai danni di un paleoalveo, comprendente gli attuali corsi dei Torrenti Lavagna, Graveglia e Vara, con direzione sub-parallela alla linea di costa, sfociante in mare nei pressi di La Spezia (Fanucci e Nosengo, 1977).

Lungo la sponda destra del bacino, circa 600/700 m a monte del tracciato autostradale, è stato individuato anche un fenomeno di cattura fluviale ad opera di un tributario minore dell'Entella a direzione circa EW ai danni di un altro tributario a direzione all'incirca NS.

2.3.1.1 Reticolo idrografico

Caratteri Morfologici e Trasporto Solido

Il reticolo idrografico del bacino è impostato secondo una direzione principale NNE - SSW, approssimativamente perpendicolare alla linea di costa, è sostanzialmente controllato da lineazioni tettoniche a direzione appenninica ed antiappenninica, su cui si sono impostate le aste principali dei Torrenti Sturla e Lavagna e del Fiume Entella.

La conformazione della porzione settentrionale del bacino si presenta piuttosto simmetrica con i settori in destra orografica occupati dall'alto corso del Torrente Sturla, dal Torrente Oneto e dal bacino "chiuso" del Torrente Cicana, con direzione NW - SE, e quelli in sinistra orografica occupati, da Nord a Sud, dai torrenti Penna, Mogliana e Mezzanego, tutti in direzione NE - SO.

La porzione centrale del reticolo-idrografico, dalla confluenza con il Torrente Lavagna alla confluenza con il Torrente Graveglia, è morfologicamente caratterizzata dalla presenza di un tratto fluviale meandriforme. Anche in questo tratto del Torrente

Lavagna è possibile riscontrare la tendenza al ringiovanimento, evidenziata dai meandri incassati, riscontrata anche più a monte nello stesso torrente.

La porzione terminale del reticolo, dalla confluenza con il Torrente Graveglia fino al mare, è caratterizzata dal corso regolare del Fiume Entella e dall'ampia fascia occupata dalla piana alluvionale. I due versanti, collinari, sono privi di affluenti importanti.

A scala di bacino è inoltre evidente la già citata particolarità morfologica-evolutiva legata al brusco cambio di direzione dell'asta principale in corrispondenza del tratto fluviale del Lavagna (Carasco), legata probabilmente ad un remoto fenomeno di cattura da parte dell'Entella ai danni di un paleoalveo con direzione subparallela alla costa.

Per quanto concerne il trasporto solido, data la mancanza di stazioni di misura adeguate e di dati di letteratura di supporto, possono essere solo avanzate considerazioni di tipo qualitativo con riferimento agli elementi ed alle fenomenologie di versante e di fondovalle che influenzano il trasporto solido delle aste torrentizie. In altri termini è possibile definire una suscettività al trasporto di massa delle aste torrentizie.

In particolare, gli elementi che influenzano il trasporto solido sono identificabili in:

- o litologia, condizioni tettoniche e strutturale delle formazioni geologiche che costituiscono il substrato delle zone elevate dei versanti interessate dalla fase erosiva dei corsi d'acqua. A questo riguardo va notato che il bacino è per la maggior parte caratterizzato da formazioni argillitiche ed arenacee, anche a quote elevate, anche se nei settori Nord-orientali sono presenti formazioni basaltiche, breccioidi e serpentinitiche. L'erosione di queste formazioni fa sì che le acque veicolino verso valle anche materiale con elevato tenore grossolano. Nelle sezioni interessate invece da litologie argillitiche, il trasporto solido si arricchirà di una componente più fine;
- o presenza di coltri detritiche (paleofrane, detrito di falda, terrazzamenti) e relativa litologia e granulometria. L'erosione da parte delle acque di questi corpi comporta un contributo al trasporto solido che va dai termini argillosi a quelli ghiaiosi fino ai blocchi e massi;
- o presenza di frane attive e quiescenti, che possono comportare improvvisi carichi ingenti di materiale detritico.

Le fenomenologie di versante e di fondovalle, che per la loro dinamica nel tempo influenzano il trasporto, possono essere individuati in:

- o evoluzione del profilo di equilibrio dei corsi idrici con riferimento alla maturità delle diverse zone vallive e al processo generale di ringiovanimento di alcune aste fluviali, nello specifico particolarmente evidente nei torrenti Mezzanego e Mogliana (affluenti di sinistra);

- o fenomeni di erosione spondale, con un arricchimento del trasporto solido delle acque di materiale alluvionale tendenzialmente classato e con un marcato grado di arrotondamento dei clasti;
- o uso del suolo: le modificazioni antropiche dello stato delle coperture (ad esempio da bosco a coltivato) hanno risvolti importanti sul tipo di materiale convogliato dalle acque.

Da queste indicazioni, tenuto conto che i principali corsi d'acqua dall'origine ai fondovalle attraversano formazioni geologiche diverse e interessano coltri detritiche diverse, dalle numerose paleofrane e coperture mappate ai terrazzamenti alluvionali, appare evidente che il trasporto solido, se litologicamente si mantiene in prevalenza nei termini argillitico e arenaceo, presenti diagrammi granulometrici quanto mai differenziati.

Da un punto di vista generale il trasporto solido di un corso d'acqua si verifica in tre forme. In *soluzione* vengono trasportate le sostanze dissociate in ioni. L'argilla e il limo vengono trasportati in sospensione, vale a dire sostenuti nell'acqua da movimenti turbolenti della corrente che porta verso l'alto i materiali fini e finissimi presenti nel corso d'acqua (trasporto in sospensione o trasporto torbido). Questa frazione di materiali trasportati viene detta *carico solido in sospensione*. Le sabbie, le ghiaie, ed anche i frammenti rocciosi più grandi che si spostano direttamente sul fondo dell'alveo per rotolamento, slittamento o trascinarsi e saltazione, costituiscono il *carico solido di fondo*.

E' evidente che la possibilità di disporre di dati relativi al trasporto solido totale porterebbe ad una valutazione dell'entità dei processi erosivi più aderente alla situazione reale. In mancanza di tali dati è comunque possibile applicare una formula di tipo empirico (Cicacci ed al., 1981) che può esprimere una valutazione di larga massima dal punto di vista quantitativo.

Questa formula, che determina il parametro Deflusso Torbido Unitario (Tu), è stata sperimentata su 14 bacini idrografici italiani, che costituiscono un campione limitato ma sufficientemente rappresentativo delle condizioni fisiografiche della nostra penisola.

Poichè la percentuale del materiale trasportato in sospensione è molto alta (circa il 90 % alle nostre latitudini) rispetto a quella del materiale trascinato sul fondo e non disponendo di misurazioni o dati sul trasporto in soluzione e di fondo, la formula utilizzata, che prende in considerazione soltanto il trasporto torbido o in sospensione, appare adeguata.

Utilizzando questa formula è possibile risalire all'entità del trasporto solido attraverso una valutazione quantitativa delle grandezze geomorfiche del bacino.

Il valore del trasporto solido di un bacino viene espresso tramite il logaritmo del Deflusso Torbido Unitario Medio Annuo trasporto unitario Tu (tonnellate per kilometro quadrato per anno). Questa grandezza, che può fornire indicazioni sul grado di erodibilità delle rocce affioranti ed è un valore riferito all'unità di superficie, cioè indipendente dall'ampiezza totale del bacino, può essere stimata mediante la relazione:

$$\log T_u = 0.33479 \times D + 0.15733 \times \Delta_a + 1.32888$$

ove compaiono le grandezze D (densità di drenaggio) e Δ_a (indice di anomalia gerarchica).

L'Indice di Anomalia Gerarchica Δ_a esprime il rapporto tra il numero di anomalia gerarchica (G_a) ed il numero di segmenti di primo ordine (N_1) presenti nel reticolo.

A sua volta il Numero di Anomalia Gerarchica G_a esprime il numero minimo di segmenti di primo ordine potenzialmente necessari a far diventare il reticolo perfettamente gerarchizzato.

I suddetti parametri hanno, per il bacino in questione, i seguenti valori:

$$N_1 = 2279$$

$$G_a = 5474$$

$$\Delta_a = 2.4$$

Il valore del trasporto solido unitario così calcolato risulta pari a $T_u = 4699$ t/(km anno).

Dalla superficie totale del bacino si escludono le aree urbanizzate (circa 5.5 km²) che non contribuiscono a fornire materiale erodibile che incrementerebbe il trasporto solido.

Assumendo un peso specifico medio per il materiale trasportato di 2 t/m³ si ottengono in prima approssimazione i seguenti valori di massa e volume:

$$T_{\text{tot}} = 669607 \text{ t/anno}$$

$$V_{\text{tot}} = 334804 \text{ m}^3/\text{anno}$$

I valori così ottenuti si riferiscono al solo bacino del Torrenti Sturla e del Fiume Entella. Un'applicazione della suddetta formula al bacino complessivo del fiume Entella (considerando quindi gli affluenti Lavagna, Sturla e Graveglia) permetterebbe una stima globale del trasporto solido.

Gerarchizzazione della Rete Idrografica

L'area di studio in oggetto non comprende l'intero bacino idrografico del F. Entella, in quanto non rientrano in essa né il bacino del T. Graveglia, né quello del T. Lavagna. Essendo in particolare indisponibili agli estensori del presente Piano Stralcio i dati relativi al T. Lavagna, la descrizione ragionata del reticolo gerarchizzato sull'intero bacino non risulta fattibile.

Ci si è limitati quindi a produrre la Carta del reticolo idrografico gerarchizzato sulla base del reticolo idrografico prodotto dal SITAR opportunamente revisionato e corretto sulla CTR raster alla scala 1:10.000 (esso viene riportato nella Carta del reticolo idrografico).

La classificazione del reticolo idrografico è stata condotta secondo la metodologia proposta da Horton Strahler, pertanto l'ordine delle varie aste si determina in base al seguente schema:

- un'asta che non nasce dalla confluenza di altre due è di primo ordine;
- un'asta di ordine n e un'asta di ordine $(n-1)$ congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine n ;
- due aste di ordine n congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine $(n+1)$.

Si riprende nel seguito l'analisi del reticolo idrografico limitata al bacino del T. Sturla, così come proposta nello Studio Propedeutico più volte citato.

| U N° ordine sottobacino | Nu Numero di aste | R_b Rapporto di biforcazione | N_d n° di aste Nu che si inseguono su aste N _{u+1} | R_{bd} rapporto di biforcazione diretta | R Indice di biforcazione |
|--------------------------------------|-----------------------------|---|---|--|---------------------------------------|
| I | 2199 | 3.97 | 1648 | 2.97 | 0.99 |
| II | 554 | 4.29 | 402 | 3.12 | 1.18 |
| III | 129 | 4.45 | 97 | 3.34 | 1.10 |
| IV | 29 | 5.80 | 22 | 4.40 | 1.40 |
| V | 5 | 2.50 | 4 | 2.00 | 0.50 |
| VI | 2 | 2.00 | 2 | 2.00 | 0.00 |
| VII | 1 | - | 0 | - | - |

Tab. 2.3.1.1.1 - parametri caratteristici dell'organizzazione del reticolo nel bacino del T. Sturla

dove:

u: numero d'ordine.

Nu: numero dei segmenti fluviali di ordine *u*.

R_b: rapporto di biforcazione ossia il rapporto tra il numero dei segmenti fluviali di un dato ordine ed il numero dei segmenti dell'ordine immediatamente successivo.

N_d: numero dei segmenti fluviali di un dato ordine che influiscono in segmenti dell'ordine immediatamente superiore.

R_{bd}: rapporto di biforcazione diretta ossia il rapporto tra il numero dei segmenti fluviali di un dato ordine che influiscono in segmenti dell'ordine immediatamente superiore ed il numero di questi ultimi.

R: indice di biforcazione ossia la differenza tra il valore del rapporto di biforcazione e quello del valore del rapporto di biforcazione diretto.

I dati ottenuti sono stati interpretati mediante la costruzione di due grafici recanti in ascissa il numero d'ordine del corso d'acqua (*u*) ed in ordinata rispettivamente la frequenza (*Nu*) e la frequenza diretta (*N_d*).

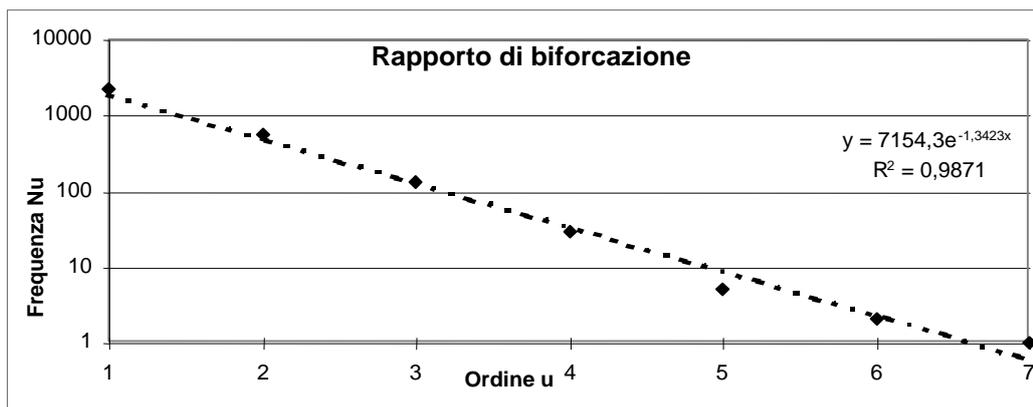


Fig. 2.3.1.1.2 - Grafico comparativo dell'ordine (u) rispetto alla frequenza (Nu) bacino T. Sturla.

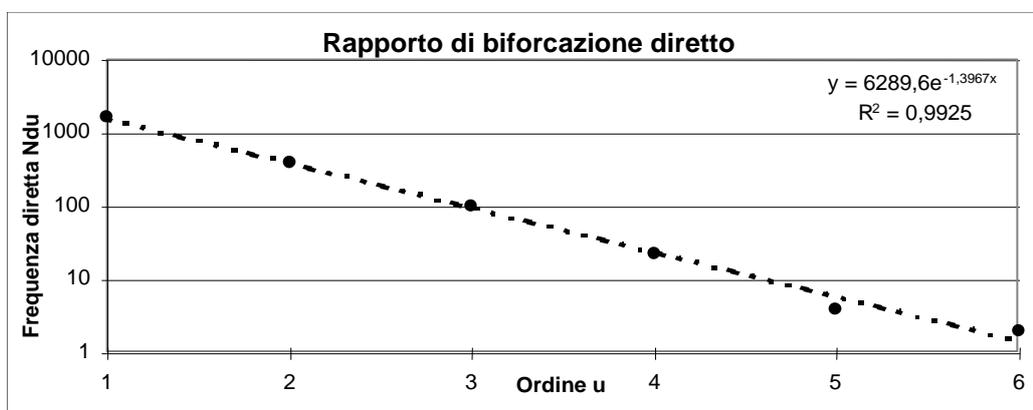


Fig. 2.3.1.1.3 - Grafico comparativo dell'ordine (u) rispetto alla frequenza diretta (Ndu), bacino del T. Sturla.

Analizzando i due grafici si nota come questi abbiano un andamento simile e come essi tendano a definire un valore pressoché costante dato dal rapporto semilogaritmico fra il numero dei segmenti fluviali appartenenti ad un dato ordine e l'ordine stesso. Tale situazione si accorda piuttosto bene con la legge dei numeri dei corsi d'acqua di Horton (in un dato bacino idrografico i numeri che esprimono la quantità dei segmenti fluviali di ciascun ordine tendono a formare una serie geometrica, a partire da un dato segmento d'ordine superiore ed a crescere secondo un rapporto costante di biforcazione).

L'analisi della conformazione generale della struttura del reticolo idrografico del Torrente Sturla mostra un reticolo a densità media, con forma di sviluppo dendritica - rettangolare; il bacino evidenzia una modesta asimmetria, determinata dalla presenza del Torrente Cicana, suo affluente di destra, la cui presenza denota una maggiore evoluzione di tale sponda.

Infine dall'analisi della tabella riassuntiva si ottengono utili informazioni rappresentative del reticolo fluviale per l'intero bacino del Torrente Sturla.

Il Rapporto di Biforcazione (R_b) corrisponde al rapporto fra il numero dei segmenti fluviali di un dato ordine e quello dell'ordine immediatamente successivo. I valori così ottenuti offrono una prima indicazione dell'organizzazione gerarchica del reticolo fluviale: a valori elevati dovrebbero corrispondere bassi gradi di gerarchizzazione dei reticoli; al valore 2 dovrebbe corrispondere una struttura del reticolo perfettamente gerarchizzata.

La media degli Rb relativi alle varie coppie di ordini può essere calcolata come media aritmetica o come media ponderata; per il bacino in esame risulta:

$$Rb = 3.84 \text{ (media aritmetica);}$$

$$Rb = 4.07 \text{ (media ponderata).}$$

La media ponderata, secondo diversi Autori, sembra la più adatta a fornire una stima della situazione "media", poiché nel computo del parametro si tiene conto della incidenza quantitativa dei segmenti di diverso ordine che intervengono nel calcolo degli Rb parziali.

I due valori sopra riportati, che non si discostano molto l'uno dall'altro, indicano un reticolo mediamente gerarchizzato.

Più indicativo del precedente risulta il Rapporto di Biforcazione Diretta (Rbd), ottenuto dal rapporto fra il numero dei segmenti fluviali di un dato ordine che influiscono nell'ordine immediatamente superiore, ed il numero di questi ultimi.

Anche il valore del Rapporto di Biforcazione Diretta (Rbd) per l'intero bacino viene espresso tramite le due medie in precedenza discusse:

$$Rbd = 2.97 \text{ (media aritmetica);}$$

$$Rbd = 3.03 \text{ (media ponderata).}$$

Questi valori sono, in linea generale, non particolarmente alti ed esprimono un indizio di gerarchizzazione abbastanza sviluppata.

L'Indice di Biforcazione (R) permette di confrontare tutti i segmenti del reticolo con quelli collegati in regolare successione. Il parametro mette quindi in risalto l'importanza delle influenze anomale e si ricava dalla differenza Rb-Rbd.

I valori delle due medie dell'Indice di Biforcazione (R) del bacino sono:

$$R = 0.86 \text{ (media aritmetica);}$$

$$R = 1.04 \text{ (media ponderata).}$$

Anche questi valori sono da considerarsi nella media del parametro (che varia generalmente tra 0.2 e 2).

Un altro parametro importante per la caratterizzazione della rete idrografica è la Densità di Drenaggio (D), espressa dal rapporto tra la lunghezza totale di tutti i segmenti fluviali, in chilometri, e l'area totale del bacino, espressa in chilometri quadrati.

Per il bacino del Torrente Sturla risulta $D = 6$. Il territorio in questione presenta cioè una densità idrografica media, dovuta al fatto che buona parte del territorio è costituita da litotipi argillosi e/o arenaceo-scistosi piuttosto impermeabili e ricoperti da una fitta vegetazione.

2.3.1.2 Caratterizzazione delle coperture

Le coperture detritiche di carattere alluvionale sono per logica geomorfologica localizzate lungo il corso dell'asta principale e di alcuni dei suoi principali affluenti; le coltri di detrito eluviale, colluviale e di frana sono invece distribuite in tutto il territorio

della valle, in genere sui medi e bassi versanti. La presenza di estese zone di detrito è da imputare, oltrechè all'acclività, al carattere litologico e strutturale delle formazioni sedimentarie del bacino, interessate da intensa laminazione e fratturazione. I processi geodinamici quaternari, quali quelli erosivi e di instabilità prodotti da mutazioni del livello di base dei corsi d'acqua, nonchè i possibili effetti di paleosismicità, sono alla base dei numerosi accumuli franosi antichi (paleofrane) riscontrati sui versanti di tutte le valli minori del bacino.

Le coperture detritiche presenti nel bacino sono state individuate e cartografate nella Carta Geolitologica in scala 1:10000.

Depositi Alluvionali

Per quel che riguarda i depositi alluvionali sono state distinte e cartografate, le seguenti tipologie:

Le **alluvioni mobili (am)**, che corrispondono all'alveo attuale e attivo in materiale sciolto, rimaneggiato e ampliato dalle piene e dalle divagazioni stagionali dei corsi d'acqua. Le alluvioni mobili attuali sono formate da materiale generalmente grossolano. Lungo l'alveo dei Torrenti Sturla ed Entella le alluvioni attuali si ritrovano con continuità a partire da poco oltre l'abitato di Borgonovo, nei pressi di Borzonasca.

Le **alluvioni terrazzate recenti (ar)**, che rappresentano le aree pianeggianti lungo il corso del Fiume Entella, con ampio sviluppo nel tratto terminale ed, in misura minore, lungo il tratto terminale del Torrente Sturla. Detti terrazzi, rilevati qualche metro rispetto l'alveo attuale, sono ampiamente antropizzati rivelandosi favorevoli per gli insediamenti e l'agricoltura, seppure sovente possano essere interessate dalle piene dei corsi d'acqua. Queste aree sono costituite in prevalenza da materiale argillo-sabbioso e sabbioso-ghiaioso con prevalente frazione fine; localmente sono presenti concentrazioni di ghiaie anche grossolane disposte in lenti e in orizzonti che possiedono buone caratteristiche come acquiferi. Queste alluvioni caratterizzano il fondovalle a partire dalla confluenza dello Sturla. Depositi recenti sono stati rilevati anche lungo la parte terminale del corso del Torrente Sturla (a partire dall'abitato di Borgonovo).

I **terrazzi fluviali di età antica (aa)**, rappresentati da piccoli lembi residuali situati a quote decisamente elevate rispetto al fondovalle attuale. Essi presentano materiale molto elaborato; si tratta di elementi a granulometria variabile con prevalenza delle parti fini, argillo sabbiose ben classate e talora con lenti ghiaiose. Terrazzi antichi sono stati segnalati in sponda sinistra del fiume Entella nei pressi delle località San Salvatore e Nostra Signora del Ponte ed in sponda destra nei pressi delle località San Michele e Abbazia della Visitazione.

Coltri Eluviali e Colluviali

Le **coperture detritiche (dt)** costituiscono le coltri di alterazione eluviali-colluviali di potenza superiore ai 3 metri. Le caratteristiche litologiche, unitamente alle intense vicissitudini geologiche che hanno determinato un'accentuata fratturazione e laminazione delle formazioni rocciose, hanno permesso una intensa azione di

alterazione ed erosione dei versanti da parte degli agenti esogeni con formazione di estese zone di copertura eluviale e colluviale.

L'intensa fratturazione, diffusa nelle varie rocce costituenti i rilievi del bacino, è responsabile di fenomeni di erosione e crollo che danno origine a estesi e potenti accumuli detritici alle diverse quote dei versanti, nei quali si rinvengono trovanti di volume spesso superiore al metro cubo. Detta situazione è particolarmente osservabile alla testa della valle del Torrente Cicana, lungo le pendici del Monte Ramaceto, nonché nei settori a Nord-Est del Lago di Giacopiane.

La composizione dei detriti eluviali e colluviali è legata a quella dell'ammasso roccioso di origine. Data la prevalenza delle formazioni a carattere flyshoide-torbiditica, la composizione risulta generalmente sabbioso-siltosa, con presenza di materiali fini ed abbondanza di scheletro e clasti di natura eterogenea.

Le coperture detritiche comprendono anche gli accumuli di frane, frane antiche e/o relitte. Nella zona indagata, come in altre valli della Liguria, ai più comuni effetti del processo di peneplanizzazione per alterazione ed erosione dei versanti (agevolate dalla acclività e dalle particolari caratteristiche di erodibilità delle formazioni presenti per litologia e fratturazione, quali le coltri eluviali e colluviali precedentemente descritte) si aggiungono gli effetti di instabilità dei versanti, prodotti da una intensa dinamica quaternaria connessa ai sollevamenti tettonici dell'area, allo sviluppo di lineazioni tettoniche ed alle variazioni del livello di base dei fiumi legati all'eustatismo di carattere glaciale (Brancucci et al., 1985; Fanucci e Nosengo, 1977). Questi effetti sono rappresentati dagli accumuli di frana antica o paleofrana rilevati in tutto l'ambito territoriale di riferimento, sia nella parte alta sia nella parte terminale della valle, sia alle quote basse sia alle quote alte dei versanti. Le dimensioni variano sia per estensione sia per potenza, da quelle di ridotta entità, come le numerose frane antiche osservate a partire dalla confluenza dello Sturla nell'Entella e disseminate quasi ovunque nel bacino dello Sturla, a quelle chilometriche e storicamente riconosciute dei paesi di Cichero, Bertigaro e Campori-Temossi.

Come per le coltri eluviali e colluviali, la composizione litologica degli accumuli di frana antica o paleofrana è determinata dalla formazione coinvolta nella frana. Prevalgono pertanto le componenti sabbiose, data la notevole distribuzione di litotipi a carattere arenaceo. Frazioni più grossolane si riscontrano negli accumuli di frane antiche che hanno interessato rocce maggiormente massive, come le arenarie della Formazione di Monte Gottero. Rispetto alle coltri eluviali e colluviali, tuttavia è presente una maggiore percentuale della componente grossolana e di blocchi, tenuto conto della dinamica del fenomeno generativo.

Depositi morenici e crionivali

I **depositi morenici e crionivali (dm)** sono principalmente depositi di natura glaciale (risalenti in genere alle ultime glaciazioni quaternarie) consistenti in un conglomerato di ciottolami non selezionati in una matrice di argilla e sabbia a cui si associano materiali detritici di natura eluvio-colluviale e crioclastica. I processi crionivali o crioclastici sono provocati da variazioni di temperatura che comportano, in presenza d'acqua, passaggi sopra e sotto il punto di congelamento. Il meccanismo è dato dalle pressioni che nella roccia esercita il ghiaccio che cristallizza (con aumento di volume) dentro pori o fessure. La pressione della coltre di ghiaccio può contribuire alla disgregazione della roccia sottostante. All'interno del bacino gli affioramenti

principali sono localizzati in prossimità degli spartiacque settentrionali del bacino a quote piuttosto elevate (oltre i 1000 m) nei pressi del Monte Aiona e del Passo della Spingarda. Questi depositi, citati da alcuni Autori come morenici, sono piuttosto da considerarsi come di origine crionivale o periglaciale, derivanti cioè da accumuli di ghiaccio localizzati, in assenza quindi di una vera propria meccanica di ghiacciaio con relativo trasporto.

2.3.1.3 Movimenti gravitativi

Nel seguito sono discussi i principali fenomeni di instabilità per franosità o erosione identificati nel bacino e cartografati nella Carta della Franosità reale in scala 1:10000.

Come anticipato nei capitoli dedicati alla geologia ed alla geomorfologia, i fattori che intervengono nella dinamica dei versanti sono diversi; tra i principali ricordiamo:

- le condizioni di acclività, da media ad alta, dei versanti (ad esclusione della valle del Fiume Entella);
- le caratteristiche litologiche e strutturali delle formazioni, per la maggior parte caratterizzate da rocce arenacee o argillitiche o caotiche, spesso affette da intensa fratturazione;
- i contatti formazionali tra formazioni a diverso comportamento geomeccanico, come riscontrabile nei settori centro settentrionali del bacino, dove il Complesso di Casanova (litologicamente assai eterogeneo e permeabile per fratturazione) è ubicato con una giacitura complessiva a franapoggio in sovrapposizione a litotipi argillitici (Argille a Palombini del Lago di Giacopiane).

Gli effetti degli intensi processi di morfodinamica, che hanno interessato in passato la valle, sono evidenziati sia dalle estese e potenti coltri detritiche che insistono sui versanti sia dal notevole numero di paleofrane censite (più di quaranta). Questi ed altri elementi geomorfologici, come le forme di erosione, sono stati mappati nella Carta Geomorfologica.

Il livello di franosità ed erosione attuale è limitato a fenomeni localizzati di franamento dei versanti, legato spesso a tagli stradali o ad erosione fluviale al piede, e all'erosione diffusa sulle pendici scoperte alle quote elevate dei contrafforti settentrionali della valle, caratterizzati spesso da elementi quali l'elevata acclività e la ridotta copertura vegetale, che favoriscono l'asportazione del suolo da parte dell'acqua di ruscellamento.

Le valutazioni statistiche sulla franosità nell'ambito del bacino si basano sul numero, sulla tipologia e sullo stato di attività dei movimenti franosi identificati sulla base delle informazioni derivate dagli uffici tecnici comunali e locali, dall'analisi delle fotografie aeree e dai rilevamenti di campagna.

Sono state redatte e compilate le schede per il censimento delle frane sul modello fornito da Regione Liguria. Ogni fenomeno franoso è stato identificato con un codice progressivo e per ogni scheda sono indicate le sigle del rilevatore e la data del rilievo in sito.

All'interno della sezione Dati Generali vengono indicati la Provincia, la Comunità Montana, il Comune, l'Ambito di Bacino, il bacino ed il sottobacino idrografico di appartenenza. Viene indicata l'ubicazione tramite le coordinate in metri espresse nel sistema Gauss-Boaga, di norma del punto più alto di coronamento, l'altitudine, la quota

di coronamento e la quota del punto inferiore espressi in metri s.l.m., il numero della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 in cui la frana ricade e il nome della località. Vengono inoltre indicati i voli aereofotogrammetrici che sono stati esaminati, corredati dell'anno, il numero di strisciata ed il numero di fotogramma, in cui è visibile la località (la scala dei fotogrammi utilizzati in questo caso è circa 1:13.000).

Nella sezione Dati Descrittivi della frana viene indicato lo stato di attività, se i dati sono disponibili vengono indicati la data di inizio del movimento, l'eventuale evoluzione della nicchia di distacco e la data dell'intervento di bonifica.

Vengono indicate le dimensioni caratteristiche, in metri, della frana secondo lo schema allegato, sono inoltre indicati alcuni dati caratteristici della frana quali: inclinazione dell'accumulo e del pendio espresse in gradi, esposizione, spessore della coltre al contorno, tessitura dell'accumulo, litologia e formazione di appartenenza e condizioni di giacitura o scistosità.

Per le Condizioni Idrologiche ed Idrogeologiche sono riportate informazioni, separatamente per il versante e per il corpo di frana, riguardo alle acque superficiali, al tipo e alla direzione di deflusso, alla presenza di sorgenti e a ulteriori indicazioni idrogeologiche. Indicazioni di massima relative ad ogni movimento franoso sono riportate Uso e Copertura del Suolo e Vegetazione.

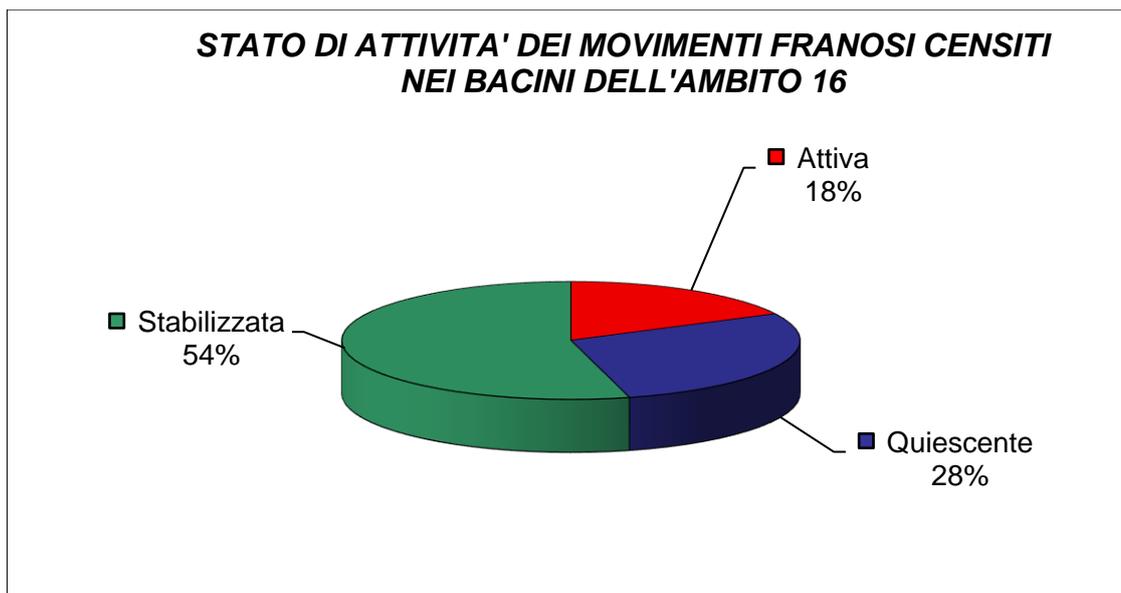
Quando identificabili od ipotizzabili, la Cause del Dissesto vengono segnalate nell'omonima sezione, suddivise in naturali ed antropiche ed indicate come fattori predisponenti o di innesco. Nella sezione Danni vengono riportate indicazioni di massima sull'entità dei danni realmente subiti da cose o persone, o che potrebbero verificarsi.

Nella sezione indagini viene data segnalazione di eventuali relazioni o pubblicazioni riguardanti il movimenti franoso e di particolari interventi od indagini a carattere geotecnico già eseguiti o di cui si suggerisce l'esecuzione.

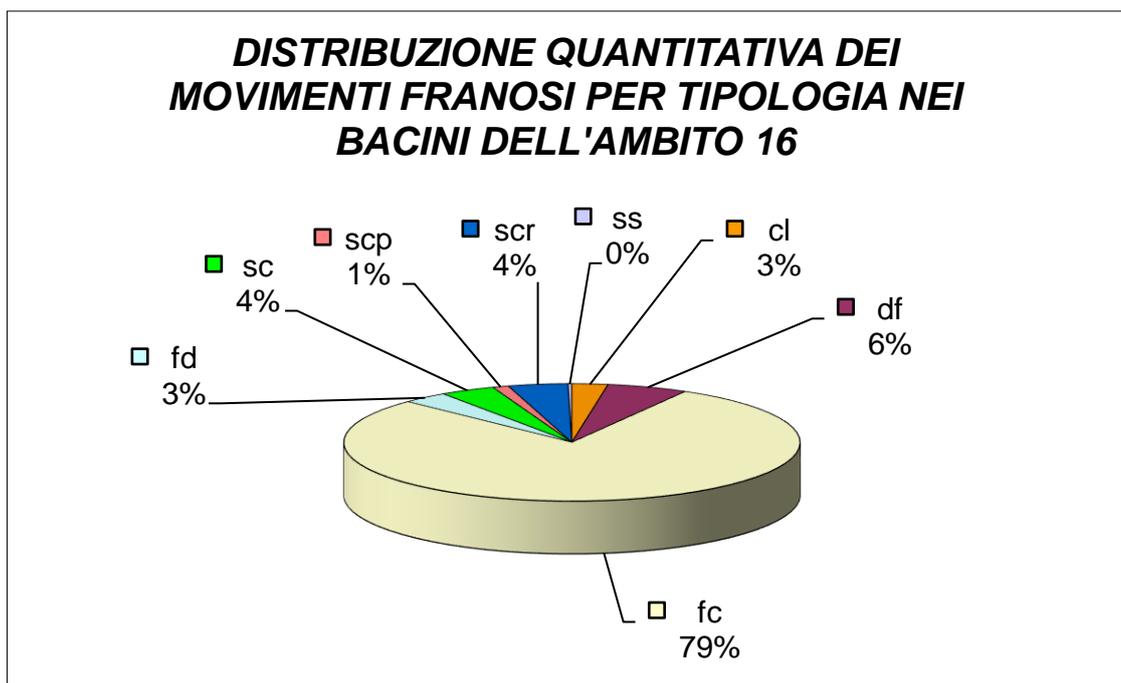
Nella sezione Interventi vengono riportati con maggiore dettaglio gli interventi di carattere vario, idraulico-forestale, relativi a drenaggi e ad incrementi delle forze resistenti già eseguiti o da eseguire.

Vengono infine indicate la eventuale bibliografia acquisita disponibile circa l'evento e le eventuali note redatte sulla base dei rilievi in sito. Allegati ad ogni scheda vengono infine prodotte uno stralcio cartografico della CTR in scala 1:10000, dove viene indicata la posizione e l'area interessata dal fenomeno franoso, ed una fotografia del dissesto, quando localizzato, o dell'areale interessato, quando il fenomeno interessa una zona più estesa.

Nel diagramma successivo viene presa in considerazione l'incidenza dei movimenti franosi nei Bacini idrografici dell'ambito 16, in base al loro stato di attività.



Il grafico seguente suddivide invece i fenomeni franosi censiti nei quattro Bacini dell'ambito 16, secondo la loro tipologia.



Per quanto riguarda i grandi movimenti franosi di origine molto antica, la situazione di maggior interesse (per dimensioni, grado di rimovimentazione e studi inerenti) risulta quella dell'area Campori-Temossi. In questo caso la parziale riattivazione del corpo di frana è da correlare con l'erosione al piede dell'accumulo da parte del Torrente Sturla; tale ipotesi troverebbe conferma nella presenza stessa del

Lago di Malanotte che potrebbe essersi originariamente formato per lo sbarramento del torrente.

Anche per le altre maggiori frane censite che presentano segnali più o meno evidenti di rimovimentazione (Pian Ballerino, Bertigaro, Stibiveri e Prato Sopralacroce) la causa principale di innesco, insieme con le condizioni predisponenti del substrato, è da ritenersi l'erosione esercitata dai corsi d'acqua che scorrono al piede degli accumuli.

Per dettagli relativi alla definizione dello stato di attività di questi grandi movimenti si rimanda al successivo paragrafo inerente il monitoraggio strumentale in atto.

Oltre ai fenomeni censiti nell'apposito documento, sono presenti sul territorio in esame anche un discreto numero di fenomeni minori, sovente legati a fattori antropici, quali i tagli stradali, che sono classificabili come piccoli distacchi di materiale, limitati smottamenti o scivolamenti e che sono stati comunque segnalati nella Carta della Franosità reale in scala 1:10000.

2.3.1.4. Monitoraggi dei principali movimenti franosi

Per i centri abitati localizzati in zone ad elevata suscettività geomorfologica (dove cioè il rischio idrogeologico è alto -R3- o molto alto -R4-) interessati cioè da movimenti franosi in atto o quiescenti, al fine di rilevare una loro eventuale evoluzione nel tempo, si è ricorso ad un opportuno monitoraggio mediante l'utilizzo di tubi inclinometrici.

Essi sono stati altresì d'ausilio per la classificazione delle frane secondo il loro stato di attività (così come rappresentato nella carta della franosità reale).

Di seguito si riportano delle brevi sintesi dei rapporti di monitoraggi effettuati nei luoghi dove sono state riscontrate le maggiori criticità, in un arco di tempo che oscilla dal 1998 ad oggi.

- **PRATO SOPRALACROCE**

Tali monitoraggi hanno avuto inizio nel 1999 a seguito dell'instaurarsi di un movimento gravitativo profondo che interessava, da tempo, l'abitato di Sopralacroce.

Già nel 1982 sono stati osservati 2 movimenti franosi "veloci" di notevoli dimensioni che hanno interessato l'abitato stesso e, durante gli anni seguenti, si è instaurato un lento e progressivo movimento che ha portato i manufatti dell'area interessata a mostrare profonde lesioni della loro struttura.

Nel corso degli anni, sono stati realizzati numerosi interventi atti a bonificare la zona instabile, che tuttavia non sono risultati sufficienti per mettere in sicurezza l'intero paese.

A cavallo degli anni 1999/2000, in occasione dell'esecuzione di una berlinese di micropali per un'estensione lineare di 20 metri, sono stati realizzati 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo per una profondità di 15 metri, che sono stati attrezzati rispettivamente con un tubo inclinometrico ed uno piezometrico.

La lettura di "zero" è datata Febbraio 2002 ed il monitoraggio inclinometrico si è protratto fino a Giugno 2003.

In circa 16 mesi di monitoraggio, si è potuto notare un costante ma lieve movimento del terreno con punte massime di 2,5 mm in prossimità del piano campagna.

- **BEVENA**

Sono stati posti in opera 3 inclinometri spinti fino ad una profondità di 33 metri circa, rispetto al piano campagna, che hanno come lettura di "zero" Febbraio 2002 e come ultima lettura Gennaio 2003.

Le risultanti dei movimenti per sommatoria nei 3 tubi inclinometrici sono così misurate:

S1: 4 mm in testa tubo

S4: 5 mm in testa tubo

S6: 3 mm in testa tubo

Sono stati rinvenuti, inoltre, dei piani di taglio a varie profondità, ma c'è da tener presente che gli inclinometri stessi non sono immorsati in roccia, bensì "galleggiano" nella coltre potente del grosso accumulo franoso, risultando così poco attendibili.

- **ZOLEZZI**

In occasione della campagna geognostica iniziata nel 1997, sono stati effettuati 3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, spinti fino ad una profondità di 40/50 metri, che sono stati allestiti con altrettanti tubi inclinometrici.

Il substrato roccioso, costituito da una breccia poligenica ofiolite litoide (olistostromi), è riferibile alla Formazione delle Arenarie di Casanova ed è stato rintracciato a 25 metri nel S1, a 35 metri nel S2, mentre non è stato intercettato nel S3 (che arriva ad una profondità di 40 metri).

La lettura di "zero" è datata Novembre 1998, mentre sono state effettuate altre 2 letture (l'ultima delle quale è datata Dicembre 2000).

In circa 2 anni di monitoraggio sono stati registrati i seguenti movimenti:

S1: 12 mm in testa tubo

S2: 20 mm in testa tubo

S3: 0 mm in testa tubo

E' stato riscontrato un piano di scivolamento, con spostamento nell'ordine dei 10/20 mm, in tutti e 3 i tubi inclinometrici.

Sarebbe opportuno continuare le letture degli inclinometri anche negli anni avvenire, in maniera tale da tenere sotto costante osservazione la frana su cui sorge il piccolo centro abitato di Zolezzi.

Inoltre sono stati posizionati sulle abitazioni, nel Gennaio 1997, dei fessurimetri che hanno registrato, ad oggi, dei movimenti inferiori ad 1 mm.

- **VALLEPIANA**

Sono stati posti in opera 2 inclinometri; la lettura di "zero" è datata Febbraio 2002, mentre sono state effettuate successivamente 3 letture terminate in data Gennaio 2003.

In entrambi i casi è stato individuato un piano di taglio a circa 13/14 metri dal piano campagna; mentre i movimenti per sommatoria sono risultati i seguenti:

S1: 7 mm in testa tubo

S3: 18 mm in testa tubo

E' da tenere conto il fatto che nel tubo S1, non è stata potuta fare la lettura di Gennaio 2003 in quanto si ha avuto la rottura del tubo stesso; quindi lo spostamento di 7 mm è riferito alla lettura risalente a Settembre 2002.

La componente del movimento è verso Sud, ovverosia lungo la linea di massima pendenza.

- **CAMPORI - TEMOSSI**

Durante la bonifica ed il consolidamento della grossa paleofrana che interessa l'abitato di Campori e Temossi, è stata svolta una campagna geognostica con l'esecuzione di sondaggi meccanici a carotaggio continuo che hanno permesso l'impianto di 4 tubi inclinometrici.

La loro lettura di "zero" è datata Febbraio 2001, mentre l'ultima lettura risale a Dicembre 2002. Per l'inclinometro S10, su richiesta del Comune di Borzonasca, è stata fatta un'ulteriore lettura datata Novembre 2003.

I tubi inclinometrici S1, S2, nel corso dei primi mesi dalla data di impianto, si sono subito deformati, impedendone un loro successivo utilizzo.

Per i restanti tubi, in termini di spostamento ed in un range temporale di 22 mesi, si è potuto osservare quanto segue:

S6 : 40 mm a 2 metri di profondità rispetto al piano campagna
S10 : 15 mm in testa tubo

Il movimento è orientato verso W, ovvero lungo la linea di massima pendenza.

Durante la lettura nel tubo S6, di Novembre 2003, si è notato un'inversione di 180° dell'azimut ed un movimento relativo della frana verso monte (Est). Da ciò si desume che la lettura non è attendibile ed è giustificata dal fatto che l'inclinometro non è immorsato in roccia.

E' da tenere presente che nel tubo S10 si è riusciti a raggiungere un substrato molto alterato, che potrebbe rappresentare il "cappellaccio"(56 metri dal p.c.), mentre nel tubo S6, che si spinge fino ad una profondità di 40 metri, è stata ritrovata solo coltre, quindi risultano entrambi essere, come già sottolineato in precedenza, non immorsati nel substrato.

- **BELPIANO**

Al fine della progettazione definitiva delle opere di sistemazione idrogeologica ed idraulico-forestale del T. Belpiano, finalizzate al consolidamento del dissesto in atto che interessa l'omonimo nucleo insediativo, è stata redatta una campagna geognostica con susseguente impianto di sistemi di monitoraggio sia geotecnico sia idrogeologico.

In particolare sono stati messi in opera, n° 5 piezometri e n° 3 inclinometri.

E' opportuno sottolineare che, l'abitato di Belpiano, sorge su una porzione di versante interessato da un antico movimento franoso, classificato come DGPV; inoltre il movimento stesso è correlato da una serie di faglie distensive disposte prevalentemente lungo una direttrice NW-SE.

Mediante la realizzazione di una stesa sismica a riflessione, il substrato roccioso in posto è stato individuato ad una profondità che oscilla fra i 100 ed i 140 metri.

Gli inclinometri impiantati, sono stati spinti fino a delle profondità che oscillano fra i 40 ed i 55 metri, per cui risultano non immorsati in roccia; di conseguenza le loro letture forniscono informazioni che si riferiscono esclusivamente a movimenti relativi della coltre.

Le letture di "zero" sono datate Gennaio 2003, mentre le ultime risalgono a Settembre 2003.

Esse hanno fornito i seguenti risultati:

S1: 4 mm a 1 metro di profondità dal piano campagna

S2: 1 mm in testa tubo (le letture si riferiscono solamente al periodo Gennaio-Marzo 2003)

S3: 10 mm in testa tubo

La componente del movimento è verso Est, ovverosia lungo la direzione della linea di massima pendenza.

2.3.1.5 Erosione superficiale e ruscellamento diffuso.

I fenomeni erosivi sui versanti all'interno del bacino risultano estremamente diffusi (tranne per la valle del Fiume Entella) e localizzati, in linea generale, in prossimità di tutti gli spartiacque, anche quelli interni, e nelle testate vallive, dove la copertura vegetale risulta ridotta.

I fenomeni di ruscellamento diffuso e di erosione concentrata di fondo lungo gli impluvi si manifestano spesso associati e portano ad un dilavamento dei versanti con l'asportazione della coltre di suolo superficiale.

Una zona del bacino dove questi fenomeni si evidenziano in maniera particolare è la testata della Val Cicana, caratterizzata dalla presenza dei contrafforti del Monte Ramaceto; in tale zona le forti pendenze, favorite dalla litologia arenacea e dalla giacitura degli strati globalmente a reggipoggio, innescano fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato capaci di creare profonde incisioni nei versanti. In particolare, i due principali affluenti del Torrente Cicana si presentano in condizioni di marcata erosione concentrata fin quasi all'abitato di Villagrande di Cichero, dando luogo a periodici dissesti sulle strade che collegano le località situate alle pendici del Monte Ramaceto.

Anche le pendici dei Monti Aiona e Abeti (settore nord-orientale del bacino) risultano notevolmente interessate da fenomeni di ruscellamento diffuso ed erosione concentrata, in particolar modo nelle aree occupate da litologie facilmente erodibili quali i depositi morenici o crionivali.

Episodi di erosione spondale sono molto diffusi lungo i principali corsi d'acqua del reticolo idrografico, in particolar modo nel bacino del Torrente Sturla e dei suoi affluenti. Fenomeni di questo tipo, che portano talvolta allo scalzamento al piede di versanti o di opere idrauliche con i conseguenti dissesti indotti, sono localizzati principalmente lungo il corso del Torrente Sturla, a monte del Lago Malanotte e lungo il corso del Torrente Penna a monte dell'invaso Zolezzi.

Anche lungo il Torrente Cicana ed i suoi affluenti, i punti in cui si possono riscontrare fenomeni di erosione spondale sono piuttosto frequenti. Sui torrenti Mezzanego e Mogliana i tratti in erosione sono meno evidenti a causa della conformazione valliva molto incisa e si riscontrano solo sull'alveo principale.

Lungo il Torrente Sturla si individuano una serie di anse con fenomeni di erosione spondale subito a valle dell'abitato di Borzonasca. Più a valle (in località Costa del Canale, Piano dei Molini e S. Maria di Sturla) altre strette curve fluviali presentano sponde in erosione.

Lungo i tratti del Torrente Lavagna e del Fiume Entella una maggiore antropizzazione del territorio e la conformazione piuttosto rettilinea del corso d'acqua (nel caso dell'Entella) rendono più rari i punti soggetti ad erosione spondale. Sono numerosi infatti i tratti di sponde delimitati da manufatti in cemento armato o comunque protetti da muri o scogliere.

Tutti i fenomeni di erosione di una certa entità sopra descritti, diffusi o concentrati, sono riportati nella Carta Geomorfologica.

2.3.1.6 Cave

Nel bacino idrografico del Torrente Sturla e del Fiume Entella non sono state rilevate cave a cielo aperto in attività.

Sono presenti un certo numero di cave non più attive nelle quali l'estrazione del materiale è cessata da un intervallo di tempo, variabile da pochi anni a diverse decine di anni.

Partendo dalla parte bassa del bacino le prime cave identificabili sono le antiche cave di ardesia poste sul versante orografico sinistro del fiume Entella, sulle pendici del Monte San Giacomo, a quote variabili da 300 a 500 m s.l.m., in località Co di Villa e Boschetto. Queste cave non più sfruttate da lunghissimo tempo (alcune sono risalenti al secolo scorso o anche più antiche) sono comunque interessanti da un punto di vista storico in quanto rappresentano il primo polo di sfruttamento dell'ardesia nella zona (attività che si sposterà con il passare del tempo sempre più nella Val Lavagna dove ancora oggi rappresenta una voce importante per l'economia della vallata).

Le cave in questione, spesso di ridotte dimensioni e coltivate con metodologie antiche sfruttando gli affioramenti naturali, hanno sovente una parte a cielo aperto e una parte in sotterraneo di limitata estensione. Dette cave sono probabilmente qualche decina; di molte di queste però non si conosce l'esatta ubicazione e l'identificazione sul terreno è estremamente difficoltosa data la fitta copertura vegetale che ne ha sostanzialmente cancellato le tracce. Quelle di cui è stata possibile l'identificazione e localizzazione sono state riportate sulla Carta Geomorfologica. Queste cave, abbandonate da parecchie decine di anni, sono ormai completamente inglobate nell'ambiente naturale circostante e, in linea generale, non comportano alcun peggioramento per la stabilità dei versanti.

Risalendo la vallata altre cave di ardesia non più attive sono state individuate sui versanti nei pressi dell'abitato di Carasco, in località San Quirico, La Colla e Santa Maria di Sturla, a quote generalmente basse e nei pressi della strada di fondovalle. Queste cave sono più recenti di quelle del Monte San Giacomo e probabilmente il loro ultimo periodo di sfruttamento risale a poche decine di anni fa.

Proseguendo verso Nord, in località Costa del Canale, si incontra la grande cava in sponda destra del torrente Sturla, subito a valle della confluenza con il torrente Cicana, posta ad una quota compresa tra 40 e 195 m s.l.m. Questa cava di arenaria, denominata "Stangoni", utilizzata principalmente per la produzione di pietrisco, risultava ancora attiva, anche se parzialmente, fino ad alcuni anni fa. Per tale cava è stata autorizzata dalla Provincia di Genova una riqualificazione ambientale (delibera N° 101 del 22/1/1998) comportante la realizzazione di una discarica di inerti ed una risagomatura del versante fronte di cava che attualmente si presenta in condizioni di stabilità critiche.

Poco più a nord, sul versante sinistro del torrente Sturla, in località Cesfro, a circa 300 m s.l.m., è presente una cava di ardesia a cielo aperto non più utilizzata da diversi anni e raggiungibile attraverso una strada sterrata chiusa da un cancello. Il fronte di cava, alto circa 20 m, appare parzialmente rivegetato ma ancora potenzialmente soggetto a distacchi.

Nel bacino del torrente Cicana, oltre ad una di ridotte dimensioni sul torrente stesso, in località Case Maggiolo, a quota circa 175 m s.l.m. in sponda sinistra, si trova una antica cava, probabilmente utilizzata in passato per la produzione di pietrisco. Vecchie strutture per la raccolta e la lavorazione del materiale sono ancora visibili dalla strada mentre il fronte di cava, alto circa 15 m, insistente sul piazzale, appare potenzialmente instabile. Il versante alla destra del fronte, attualmente artificialmente stabilizzato, è stato interessato, probabilmente in seguito all'attività estrattiva, da fenomeni di dissesto generalizzati e di una certa entità.

Più a nord, alle pendici del Monte la Rocchetta, a quota 1075 m s.l.m., si trova la cava denominata Frantoio Alta Val di Taro. Questo sito è arealmente molto esteso, coprendo approssimativamente una porzione di versante di 15 ettari, comprese le aree interessate da discariche di prodotti di lavorazione. La cava era infatti, fino a non molti anni fa, adibita essenzialmente alla produzione di pietrisco. Il sito è raggiungibile tramite una strada sterrata che si diparte dalla strada del Passo dei Ghiffi.

Alle testate dei bacini dei torrenti Mezzanego e Mogliana sono presenti altri siti anticamente utilizzati per l'estrazione di materiale. Di questi il più rilevante (e per il quale è stata redatta una scheda relativa) è la cava, probabilmente sfruttata per la produzione di pietrisco, posta nei pressi dell'abitato di Semovigo e da questo raggiungibile tramite una strada sterrata. Tale cava, posta a quota circa 525 m s.l.m., sul versante sinistro di un piccolo affluente del torrente Mogliana, è stata coltivata su di un unico fronte, alto quasi 30 m, che ora risulta assai ripido e potenzialmente soggetto a distacchi. Una grande massa di detrito roccioso occupa attualmente la parte bassa del fronte, a pochi metri dal rio sottostante il piazzale di cava, creando così un ulteriore elemento di criticità.

Altre cave sono presenti nel bacino, anche se spesso, specie nella zona circostante il Lago di Giacopiane, sono classificabili come asportazioni di materiale più che come vere e proprie cave. Le volumetrie sono infatti spesso limitate e le aree interessate si presentano sovente rivegetate.

Le informazioni ed i dati necessari sono stati raccolti presso gli Uffici della Regione Liguria - Struttura Attività Estrattive e dalla Provincia di Genova, Area 06 - Difesa del Suolo; altri dati sono stati ricavati dalle Carte Tecniche Regionali in scala 1:10.000, da rilievi in sito e da informazioni raccolte mediante colloqui con la popolazione locale.

2.3.1.7 Acclività

Per la realizzazione del tematismo dell'acclività è stata utilizzata la cartografia redatta da Regione Liguria nel 2001, al fine di uniformare la metodologia di studio in tutti gli ambiti territoriali della Provincia di Genova.

La carta dell'acclività mostra il territorio diviso in aree con pendenze percentuali medie di ugual valore.

Sono state distinte sette classi di acclività evidenziate con colori percentuali in tono crescente secondo l'intervallo della pendenza del terreno.

I valori sono espressi in percentuale, da un minimo di 0%, che corrisponde alla pendenza nulla (pianura), ad un massimo di 100%, che corrisponde a 45° di pendenza.

La carta dell'acclività è stata realizzata a partire dal modello digitale del terreno (DTM) ottenuto dall'interpolazione di punti appartenenti ad una griglia a passo regolare di 40 metri.

Nella tabella 2.3.1.7.1 vengono riassunte le caratteristiche di acclività dell'area di studio, elencando la superficie totale e percentuale delle zone caratterizzate dalle diverse classi di acclività.

| Classi di acclività | | Σ aree m² | Percentuale |
|----------------------------|----------|---|--------------------|
| 1 | 0%-10% | 9998750 | 6.85% |
| 2 | 10%-20% | 8770625 | 6.01% |
| 3 | 20%-35% | 27476875 | 18.82% |
| 4 | 35%-50% | 40403750 | 27.67% |
| 5 | 50%-75% | 49637500 | 33.99% |
| 6 | 75%-100% | 9194375 | 6.30% |
| 7 | >100% | 555000 | 0.38% |

Tab. 2.3.1.7.1 - Classi di acclività

Il bacino, disposto essenzialmente in direzione Nord-Sud, può essere suddiviso in questo caso in due settori distinti e grossomodo omogenei: il sottobacino del Fiume Entella, comprendente anche un tratto del Torrente Lavagna, dal mare fino alla confluenza tra il Torrente Lavagna ed il Torrente Sturla ed il resto del bacino (sottobacino dello Sturla con i suoi affluenti). Il primo settore, relativamente ridotto, appare caratterizzato da pendenze modeste, in gran parte comprese tra 0 e 35 %, data la presenza della vasta pianura alluvionale del Fiume Entella (che appare caratterizzato da una diffusa presenza di insediamenti civili ed industriali) e di versanti di tipo collinare. Il secondo settore, pur essendo molto vasto, presenta caratteristiche comuni: quasi ovunque si riscontrano infatti fondovalle assai stretti, talvolta con alvei incassati, con aree pianeggianti limitate; i versanti in genere hanno pendenze comprese tra il 35 e il 75 %, mentre pendenze maggiori si riscontrano alle testate dei torrenti Cicana, Mezzanego e Mogliana dove sovente possono raggiungere il 100 %. Nella parte più a nord del bacino invece si incontra una maggiore presenza di settori in quota con pendenze modeste, in genere inferiori al 35%.

Da una analisi della distribuzione spaziale delle varie classi di acclività in rapporto ai principali elementi geomorfologici, si nota come la prima e la seconda classe (da 0 a 20 %) risultino associate prevalentemente alle aree pianeggianti di fondovalle, terreni alluvionali attuali e recenti principalmente del Fiume Entella ed in misura minore dei Torrenti Sturla e Cicana.

Le zone di coltre, in particolare quelle più estese, ricadono generalmente nella terza e quarta classe di acclività (20 - 50 %), anche se con una certa frequenza si riscontrano zone con pendenza inferiore, appartenenti alla prima e seconda classe (0 - 20 %).

I corpi di paleofrana, spesso inclusi in aree detritiche più vaste, hanno pendenze simili a quelle sopra descritte, ma localmente possono raggiungere anche la quinta classe di acclività (50 - 75 %).

Anche gli accumuli detritici con spessore superiore a tre metri, spesso coincidenti, almeno in parte, con corpi di paleofrana, presentano una certa variazione di acclività risultando compresi tra la seconda e la quarta classe (10 - 50 %) e occasionalmente nella quinta (50 - 75 %). Questa variabilità di condizioni di acclività è dovuta al diverso tipo di genesi del detrito e alla diversa composizione e granulometria, elementi che incidono in maniera determinante sull'angolo di riposo dei terreni incoerenti.

Le aree con roccia affiorante e subaffiorante, così come quelle interessate da fenomeni di ruscellamento diffuso, sono localizzate nelle parti più elevate del bacino, in particolare sul versante Nord, e sono quelle a maggiore acclività. Queste porzioni di versante ricadono sempre nelle tre classi a maggiore acclività (50-75 %, 75 - 100 % ed oltre 100 %).

Tutti i depositi alluvionali, attuali, terrazzati recenti ed antichi, ubicati per la maggior parte sul fondovalle principale, rientrano in genere nella prima classe di acclività (0 - 10 %). Localmente, specie in corrispondenza dei terrazzamenti antichi altimetricamente più elevati, la pendenza può raggiungere la seconda classe a causa dello sviluppo di scarpate più potenti.

In Fig 2.3.1.7.2 viene riportato il grafico delle frequenze delle varie classi di acclività.

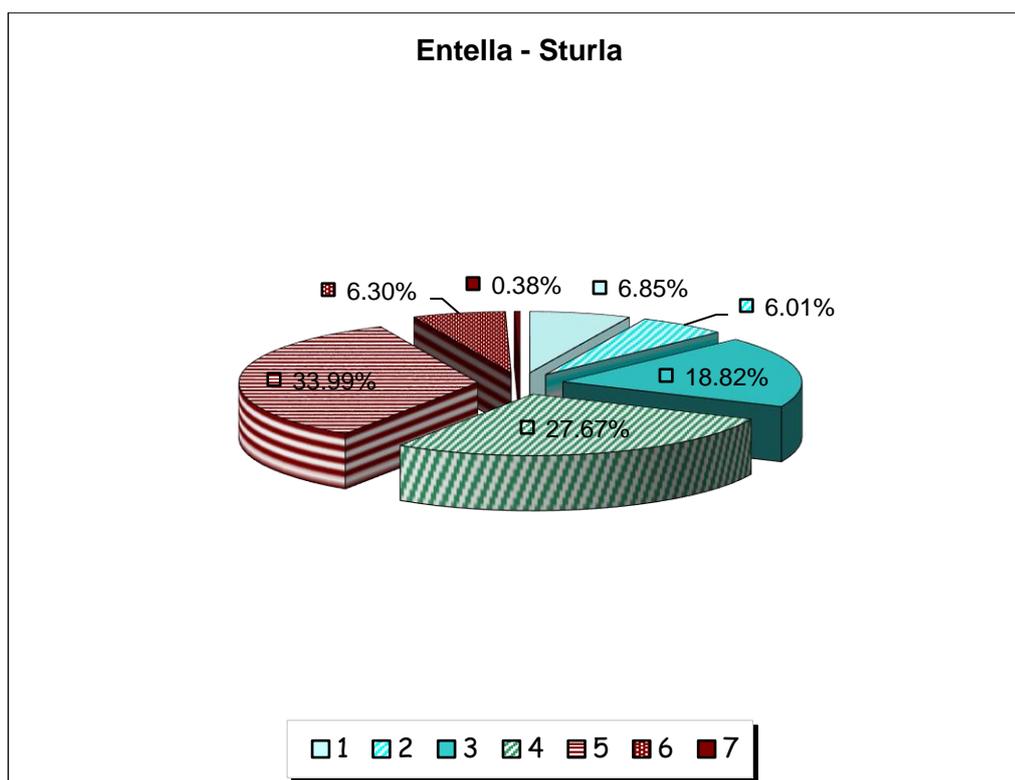


Fig. 2.3.1.7.2 – Frequenze delle diverse classi di acclività

2.3.2 GRAVEGLIA

Come sempre accade per bacini di così vasta estensione, risulta difficile determinare generalizzazioni sugli aspetti geomorfologici propri degli ambiti

considerati, tanto che le zonizzazioni rappresentano sempre rappresentazioni da leggere con attenzione.

Nel caso specifico, riferendosi ad un contesto tipicamente ligure, occorre osservare preliminarmente come l'assetto territoriale proponga pendii a declivio naturale ed altri rimodellati a terrazzi.

In special modo nel secondo caso, la riorganizzazione geomorfologica superficiale presuppone rimodellamenti operati dall'uomo nei secoli scorsi mediante rimaneggiamento delle originarie coltri eluvio-colluviali.

Ad una classificazione delle coltri superficiali sciolte di copertura, quindi, si sovrappongono le problematiche per la definizione di quegli orizzonti che sono stati oggetto di rimaneggiamento relativamente recente.

Mediante i rilevamenti diretti ed attraverso la disamina delle foto aeree si è cercato di definire i seguenti aspetti:

- A. caratteristiche giaciture e condizioni di conservazione degli ammassi rocciosi affioranti;
- B. potenza coltri di copertura, loro origine, meccanismi geomorfologici;
- C. granulometria delle coltri e loro caratterizzazione;
- D. forme e processi gravitativi;
- E. forme di erosione concentrate e diffuse;
- F. elementi morfologici;
- G. forme antropiche;
- H. forme carsiche;

Gli aspetti diagnostici di cui ai punti D ed F, peraltro, dovranno essere considerati in connessione agli aspetti litologici già illustrati e di quelli idrogeologici che verranno dettagliati nel prosieguo della narrativa.

2.3.2.1 Caratterizzazione delle coperture

Sono state distinte le seguenti situazioni:

- coltri di potenza da 1 a 3 m (coperture detritiche e depositi eluvio-colluviali);
- coltri di potenza superiore ai 3 m (coperture detritiche potenti);
- depositi alluvionali - mobili attuali (**am**), terrazzi recenti (**ar**), terrazzi antichi (**aa**);
- grossi riporti;
- discariche, diversificate in rifiuti solidi urbani (**RSU**), inerti (**IN**) e fanghi di lavorazione (**F**);

Dove possibile, inoltre, sono state proposte le seguenti distinzioni:

- per i depositi alluvionali: prevalenti materiali ciottolosi (**c**), ghiaiosi (**g**) o sabbiosilimosi (**s**), e, nei tre casi, costipati o sovracostipati;
- per le coperture detritiche: granulometrie fini, grossolane e medie.

Coperture detritiche e depositi eluvio-colluviali di potenza 1.0÷3.0 m

Le coperture detritiche e i depositi eluvio-colluviali di potenza generalmente compresa tra 1 e 3 m, riportate sulla carta geomorfologica con la simbologia a cerchi vuoti, rappresentano gli accumuli prodotti da locali fenomeni di dissesto antichi (*soliflusso*, *creeping*, scivolamenti planari e/o rotazionali ecc.), stabilizzati o quantomeno quiescenti, rimodellati e ricatrazzati dagli agenti naturali esogeni, oppure da interventi antropici quali terrazzamenti agricoli; localmente si possono osservare coperture riferibili a questa classe derivanti da rimaneggiamenti delle originarie coltri eluvio-colluviali, attuati dall'uomo mediante azione di asporto, trasporto ed accumulo onde permettere bonifiche e/o incentivazioni dell'attività agricola.

Queste coperture detritiche, come si può evincere dall'osservazione della carta geomorfologica, si presentano eterogeneamente distribuite alla scala del bacino studiato; occorre ammettere tuttavia che, rappresentando la classe delle coperture più sottili nell'ambito della distinzione effettuata, presentano graduali passaggi e digitazioni con le categorie di roccia alterata, tanto da rendere difficile e talvolta confuso il loro confine.

Non meraviglia quindi la possibilità di ricondurre cappellacci fortemente alterati, soprattutto argillitici e gabbriaci, alla classe delle coltri sottili, nè riconoscere a scala dell'affioramento orizzonti eluviali con relitti di strutture entro la classe delle coltri.

Talvolta le coltri con spessore da 1 a 3 m vengono rinvenute a margine di coperture più potenti; questo fatto è da imputare alla dinamicità dei versanti ed a fasi successive di riequilibrio nell'ambito di movimenti franosi.

Ciò, dove possibile, ha permesso di ricostruire la meccanica del dissesto fornendo utili indicazioni circa la potenzialità evolutiva di situazioni attualmente quiescenti, fermo restando la necessità di considerare gli episodi in connessione ad altre tematiche quali l'acclività e l'assetto idrogeologico.

Per quanto attiene la granulometria di questa classe di coltri, la stessa è fortemente influenzata dalla litologia da cui la coltre deriva, nonché dai meccanismi che l'hanno generata.

Nel caso di eluvi e colluvi originati a partire da substrati contenenti litologie poco alterabili (nel sedimentario per esempio intercalazioni calcaree o arenacee e nelle ofioliti prevalenza od esclusività di litologie tenaci all'erosione), la composizione delle coltri presenta sempre forti componenti medio-grossolane e scheletro detritico poco elaborato.

Questa situazione non va confusa con le sacche di coltri derivanti da fenomeni di scollamento o scivolamento, entro le quali lo scheletro grossolano assume una configurazione di vero detrito.

In entrambi i casi, tuttavia, la matrice fine dipende sostanzialmente dalla natura della roccia madre ma frequentemente si sono rilevate componenti limo-sabbiose prevalenti rispetto a quelle argillose.

Le coltri da 1 a 3 m sono state invece prevalentemente rilevate su substrati argillitici; esse, pur mantenendo la caratteristica di coperture contenenti uno scheletro medio-grossolano, talvolta presentano una frazione fine argillosa significativamente elaborata.

Nel contesto della stesura della carta geomorfologica, per le ragioni anzidette, dovendo necessariamente effettuare generalizzazioni alla scala dei versanti, si è preferito classificare questa categoria di coltri attraverso un'unica classe rappresentativa di granulometrie medio-grossolane, restando in questo modo più aderenti alle realtà riscontrate in campagna.

Coperture detritiche di potenza superiore a 3.0 metri

Per quanto riguarda le coltri di potenza superiore a 3 m, la lettura della carta geomorfologica evidenzia immediatamente la presenza di vaste aree così classificabili.

La disamina di questa categoria di coperture, tuttavia, appare complessa soprattutto in relazione alle condizioni ed ai meccanismi generanti queste situazioni.

Essendo coperture di spessore medio-consistente e, frequentemente, molto consistente, la loro origine è quasi sempre da ricondurre ad antichi movimenti franosi all'interno del versante, talvolta riconoscibili in campagna attraverso l'individuazione di cigli di distacco o scollamento a monte, o di tipiche morfologie bombate sull'unghia avanzata del loro profilo.

Laddove le dimensioni della frana (larghezza, lunghezza e potenza dell'accumulo) nonché le palesi attività antropiche su di essa impostate in epoca storica possono rendere lecita tale definizione, questa è stata indicata come paleofrana.

In alcune occasioni questi episodi hanno inciso tanto profondamente sull'assetto del territorio da intervenire in maniera consistente sui lineamenti geografici dei versanti, nonché sull'andamento delle aste torrentizie.

Nella generalità dei casi queste coltri medio-potenti sono risultate stabilizzate, in altri casi sono state considerate quiescenti.

In tal senso è risultato utile verificare l'ubicazione di dissesti (alla loro varia scala) rispetto a questi accumuli ed in effetti si è potuto verificare come a margine di alcune paleofrane gli stessi siano più frequenti (seppur localizzati e non cartografabili), tanto da segnalare uno stato tensionale di porzioni periferiche degli accumuli stessi.

Ciò, tuttavia, non può essere generalizzato in quanto, frequentemente, i dissesti stessi sono da considerarsi originati e/o indotti da interventi antropici non correttamente eseguiti; da ciò la necessità di valutare la potenziale dinamica delle situazioni riscontrate sempre attraverso un incrocio di dati connessi alle altre tematiche trattate.

Nella categoria delle coltri medio-potenti si è potuta osservare la prevalenza di granulometrie grossolane, passanti a luoghi a coltri contenenti trovanti anche ciclopici.

Laddove la densità degli elementi lapidei immersi nella coltre diventi particolarmente significativa, si sono incontrate difficoltà nel riconoscere la natura gravitativa della copertura, potendosi confondere zolle rocciose disarticolate, mantenenti locali strutture, in lembi radicati; in tal senso è risultato particolarmente utile l'interpretazione aereofotogrammetrica ed il rilevamento geomorfologico a più larga scala.

Depositi alluvionali

Il fondovalle del bacino del Torrente Graveglia, specie nella parte valliva, così come le principali incisioni ad esso laterali, è colmato da materassi alluvionali sopra i quali scorre il corso d'acqua.

Lateralmente ad esso, sulle opposte sponde, sono facilmente individuabili ampi terrazzi pseudopianeggianti, sopraelevati alcuni metri sopra l'alveo attivo, riconducibili all'antica azione di deposito del torrente stesso.

I depositi alluvionali, terrazzati e mobili attuali, sono presenti nel tratto medio ed inferiore dei principali corsi d'acqua che scorrono nel bacino.

Questi materiali, come si può osservare sulla carta geomorfologica, assumono una certa continuità ed estensione areale (tale da poter essere cartografata), a partire dai tratti mediani dei torrenti Graveglia, Reppia e Chiesanuova verso valle.

Il torrente Graveglia, in particolare, presenta alluvioni recenti e terrazze arealmente ben sviluppate e, a partire dalla località del Foppo (quota 135 m s.l.m.), mentre il torrente Chiesanuova evidenzia situazioni simili a partire dalla località di Carron, alla confluenza del torrente Garibaldo con il rio valle delle Pozze.

A monte di questi tratti i corsi d'acqua, ed i relativi affluenti, si trovano in condizioni di prevalente erosione ed i depositi alluvionali, pur talvolta presenti, sono di spessore e di estensione tale da non poter essere cartografati.

Sulla base di queste preliminari considerazioni, sono state propedeuticamente distinte alluvioni mobili attuali (**am**) destinate a successivi trasporti verso valle e conseguenti rielaborazioni, nonché ridistribuzioni lungo l'asta in funzione del regime idraulico del torrente (e quindi dell'energia di trasporto delle acque), dalle alluvioni terrazzate recenti (**ar**), riconducibili appunto al deposito del corso d'acqua ed alla formazione dei pianori confinanti l'alveo attivo.

Queste ultime situazioni, sulla base delle verifiche idrauliche elaborate dagli ingegneri preposti, possono a luoghi interferire con le massime portate del torrente e rappresentare aree storicamente inondate e/o potenzialmente inondabili.

Nella generalità dei casi questa prima distinzione proposta è risultata agevole per la precisa definizione dei limiti spondali del corso d'acqua e per la facile individuazione dei confini della piana laterale, terminante al piede degli acclivi pendii che costituiscono il versante orografico.

Solo in alcune zone sono sorte difficoltà interpretative, laddove conoidi derivanti da corsi d'acqua laterali secondari o colluvi detritici di pendio si sono sovrapposti ed hanno alterato l'originario assetto morfologico di fondovalle.

Più raramente si sono riscontrate alterazioni riconducibili all'azione dell'uomo, tali da compromettere la migliore interpretazione delle situazioni naturali originatesi nei tempi passati.

In tal senso può essere riferito circa riporti di materiali, e conseguenti deviazioni dei corsi d'acqua attraverso erosioni della sponda opposta, circa la costruzione di tombinature, di strade o l'esecuzione di scavi (attività estrattive).

Per quanto attiene la granulometria dei materiali alluvionali, essa risulta fortemente condizionata dalla natura geologica del bacino e può essere generalizzata in ciottolosa e/o ghiaiosa, e quindi sempre discretamente grossolana.

Discorso a parte meritano i terrazzamenti alluvionali antichi (**aas**), generalmente rialzati in quota rispetto ai motivi morfologici di fondovalle, e proiettabili in periodi nei quali il livello di base del corso d'acqua risultava sopraelevato e, probabilmente, non erano ancora attivati nella loro massima dinamicità i fenomeni di erosione e trasporto avvenuti successivamente.

Proprio per queste ragioni, la granulometria di questi terrazzi risulta meno grossolana, soprattutto, sabbioso-limoso.

2.3.2.2 Processi gravitativi

I diversi fenomeni di instabilità individuati sono stati classificati in base alla geometria, tipologia, età, attività; sono stati, inoltre, evidenziati i principali parametri identificativi ed i principali attributi geoambientali, nonché i probabili fattori predisponenti ed innescati.

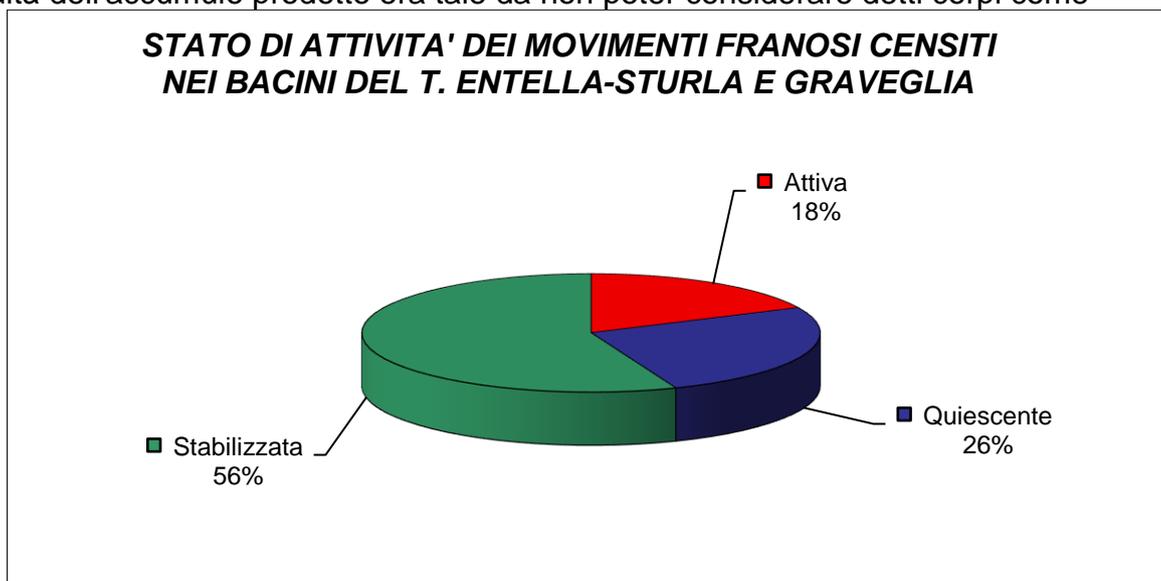
I movimenti franosi riconosciuti e cartografati sono stati riportati sia nella carta della franosità reale sia nella carta geomorfologica, le frane sono state classificate rispettivamente “attive s.s” e “quiescenti” in rapporto alle evidenze dirette ed indirette osservate nel corso delle attività di rilevamento; inoltre sono state individuate, in alcuni casi, le frane “stabilizzate”.

I corpi di frana attivi sono stati intesi movimenti di versante le cui dimensioni fossero cartografabili alla scala del rilevamento e che, indipendentemente dal meccanismo di distacco, abbiano interessato una porzione di pendio (areale e verticale) tale da alterare sensibilmente la morfologia originaria.

Per tutti i dissesti attivi e per i più significativi tra quelli quiescenti e stabilizzati, è stata compilata una apposita scheda dalla quale è possibile apprendere dimensioni, cause, dinamica, ed interferenze tra la frana stessa e l'ambito circostante.

Laddove è stato possibile, si sono inoltre cartografati i cigli di distacco delle frane, anche in questo caso distinguendoli tra attivi e quiescenti, ed inoltre le principali direzioni di mobilizzazione nei materiali sciolti, nonché i coni detritici pedemontani attivi.

Sono stati inoltre indicati con la simbologia del ciglio di frana attivo tutte quelle rotture morfologiche caratterizzate da distacco isolato di materiale lapideo sciolto; l'esiguità dell'accumulo prodotto era tale da non poter considerare detti corpi come



falde detritiche e neppure potevano essere censite come frane attive (seppur di crollo), e per questo non si è proceduto alla redazione delle relative schede.

Per queste ragioni si è preferito indicare esclusivamente sulla cartografia il fenomeno rilevato, evidenziando soprattutto la sua localizzazione e la dinamicità dei materiali sul pendio attraverso la direzione di mobilizzazione.

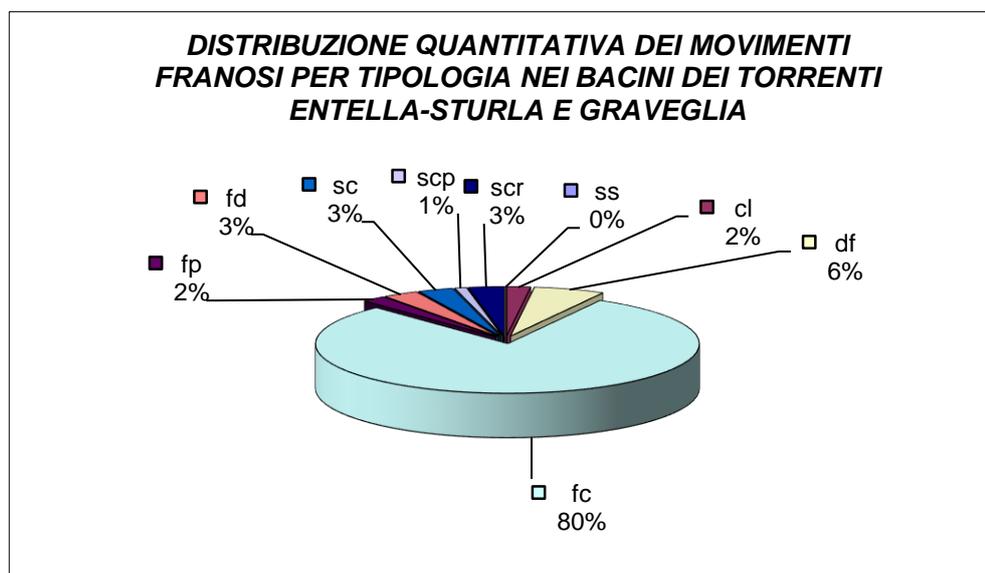
Proprio in relazione alla direzione di mobilitazione di materiali sui versanti, l'apposita simbologia denuncia la presenza di detritazioni lungo canali di trasporto ed erosione nei quali i detriti appaiono temporanei e discontinui, proprio perché disposti su pendii acclivi e localmente incisi, dotati di continua dinamicità e quindi non perimetrabili.

Le frane risultano numerate in maniera corrispondente alla loro rappresentazione nel fascicolo che ne raccoglie le schede relative.

Ciascuna scheda raccoglie tutte le caratteristiche salienti del dissesto, la sua interferenza con il territorio e le urbanizzazioni circostanti, nonché i provvedimenti suggeriti.

A livello cartografico è stato preliminarmente distinto il meccanismo con cui si è attivata la frana ed in particolare si è fatto riferimento alla seguente classificazione:

- *area interessata da deformazioni gravitative profonde (FP)*;
- *frana superficiale (SS)*;
- *frana per colamento (DF)*;
- *frana per scorrimento o scivolamento (SC) - planare o rotazionale*;
- *frana per crollo o ribaltamento (CL)*;
- *frana complessa (FC) - planare o rotazionale*;



Si sono inoltre identificati ulteriori elementi che segnalano la dinamicità del territorio, quali i cigli di frana, la direzione di mobilitazione dei materiali sciolti, i conoidi detritici ed alluvionali attivi, le rotture di pendio, l'erosione concentrata di fondo (sulle aste del reticolo idrografico) e l'erosione per ruscellamento diffuso.

La lettura della carta di cui trattasi evidenzia una forte densità di elementi negativi, significanti manifestazioni di squilibrio antichi e recenti dei versanti.

In particolare le situazioni più frequenti sono rappresentate da vaste aree ricoperte da coltri detritiche potenti derivanti da frane complesse o deformazioni gravitative profonde, a monte delle quali si rilevano evidenti cigli di frana o rotture di pendio.

Da una prima analisi della carta, risulta chiara l'influenza di una tettonica sulle forme di dissesto entro il bacino, motivo più evidente laddove sia più spinto il rapporto tettonico tra le ofioliti e le coperture sedimentarie (parte alta del bacino) rispetto alla zona valliva.

La disamina del problema nei termini considerati, segnala la possibile stabilizzazione dei detriti di paleofrana laddove questi siano più potenti e dove la morfologia originaria su cui si sono insediati era meno acclive.

In corrispondenza dei già segnalati cigli (o rotture di pendio) privi di accumuli a valle, è immaginabile sia stata più efficace l'erosione o più spinto il collasso gravitativo

verso le aste sottostanti, entro le quali è stato conseguentemente maggiore il trasporto solido.

Le coltri potenti, peraltro, sono risultate nella generalità dei casi prive dei segni di riattivazione in grande, a meno di localizzati dissesti legati soprattutto ad interventi antropici, quali apertura di strade e costruzioni di edifici; questi interventi, spesso, non sono stati abbinati a sufficienti opere di regimazione delle acque e/o di bonifica idrogeologica a scala del versante.

I fenomeni di attivazione e di scollamento sono risultati invece più frequentemente superficiali ed interessanti una potenza di terreno confinata entro valori di 2-4 m, e raramente si è rilevata un'interferenza dell'instabilità con il substrato.

Questa situazione è testimoniata dai più recenti dissesti rilevati, quali quelli manifestatisi nelle località di M.te Donico e Costa Coguzzi.

Laddove il movimento franoso non abbia avuto origine dalla mancata disciplina delle acque, è apparso determinante l'erosione da parte di corsi d'acqua o l'abbandono dell'azione manutentiva sul territorio da parte dell'uomo.

Riferendosi ancora alle ampie zone ricoperte da coltri detritiche potenti si può osservare che lo stato di quiescenza, e quindi la mancanza di tangibili segni di scivolamento in grande, non esclude la presenza di dissesti ad edifici, strade, ecc. derivanti da problematiche geotecniche legate a scarsa compatibilità tra le soluzioni tipologiche attuate e le scadenti caratteristiche intrinseche dei terreni.

Occorre segnalare come la generalizzata scarsa regimazione delle acque sui versanti, oltre a determinare ampie aree di dilavamento e di denudamento, nonché l'instaurarsi di situazioni di instabilità di ampiezza spesso non cartografabile, presupponga una potenziale evoluzione delle situazioni a rischio a scala molto ampia, sia in zone a più alta suscettività al dissesto (in rapporto anche alla tettonica) che in quelle a minore suscettività.

Come detto, gli interventi antropici hanno rappresentato, spesso, la causa determinante di frane e scollamenti, anche se il peso della loro influenza ha avuto diverso effetto a seconda della predisposizione intrinseca del versante all'instabilità; in tal senso si sono rilevate numerosissime situazioni a rischio evolutivo, connesse soprattutto all'apertura di strade, anche laddove gli interventi siano stati realizzati su versanti rocciosi.

In molte occasioni è stato possibile osservare alti fronti di scavo che, nel tempo, hanno innescato detrizione in roccia direttamente interferente con la viabilità; in altre casi l'apertura di strade ha obbligato la realizzazione di rilevati sostenuti da muri o da scogliere (la presenza di cave ha spesso agevolato l'approvvigionamento di massi).

Spesso queste situazioni sono evolute attraverso il dissesto o il crollo dei manufatti stessi, generando l'interruzione della viabilità (ad esempio frana Pian di fieno - Nascio).

Minori preoccupazioni derivano dalle attività estrattive, attuate su versanti rocciosi generalmente stabili (struttura dell'ammasso favorevole).

Uniche situazioni a rischio si sono rilevate in località Iscioli, ove il taglio del fronte oficalcitico ha intercettato la potente coltre soprastante, producendo un generalizzato collasso di versante e presso la cava denominata Ventuin II, a causa del particolare assetto geo-strutturale sfavorevole dell'ammasso roccioso. In questa zona si è agito negli ultimi anni con interventi volti alla disciplina delle acque di precipitazione e di scorrimento superficiale e con interventi strutturali a sostegno della rete viaria.

Se da un lato la maggiore frequenza degli episodi di instabilità sono rilevabili in concomitanza di coltri, con accelerazione derivante dagli effetti dell'urbanizzazione (sbancamenti, scarichi di acque, ecc.) dall'altro occorre ammettere fattori predisponenti i dissesti legati sostanzialmente all'intrinseco assetto geologico del territorio.

Ci si riferisce soprattutto a situazioni stratigrafiche in cui si manifestano contrasti di permeabilità (coltri-substrati impermeabili) e/o nelle quali il substrato possiede passaggi graduali con i materiali di copertura attraverso cappellacci ed eluvi di significativa potenza.

La frequenza di contestualità tra questi due controproducenti situazioni determina i principali fenomeni di dissesto ma è anche all'origine degli episodi di instabilità antichi di più significative proporzioni.

La lettura delle cartografie proposte dimostra una maggiore vulnerabilità su substrati argillitici, serpentitici e gabbri, soprattutto in concomitanza di sfavorevoli condizioni geomorfologiche ed idrogeologiche.

In presenza di formazioni massicce (basalti) o stratificate ma più resistenti all'alterazione, è frequente rilevare meccanismi di detrizione su scarpate acclivi o pseudoverticali (in questo caso condizionate da strutture tettoniche) attraverso crolli e rotolamenti di materiali di varie dimensioni.

Le antropizzazioni intervengono sulle due situazioni illustrate in maniera molto diversa; nel primo caso l'urbanizzazione, laddove non idoneamente inserita, ha attivato o accelerato dissesti, nel secondo caso più frequentemente gli interventi hanno subito gli effetti degli intrinseci motivi di instabilità dei versanti.

Alla luce di quanto illustrato, è dunque più agevole interpretare le instabilità attivate a valle di urbanizzazioni, specie quando queste sono inserite su pianori con generati da paleofrane, così come non deve sorprendere la generale vulnerabilità sui percorsi stradali rilevata sulle vie di penetrazioni ai versanti attraversanti a mezza costa declivi a forte pendenza.

2.3.2.3 Forme d'erosione

Sono state cartografate lungo le aste dei corsi d'acqua principali in pendio le forme di incisione particolarmente significative, confinate da versanti acclivi e talvolta da pareti verticali (gole, forre), riconducibili spesso ad elementi tettonici che hanno agevolato l'approfondimento del profilo longitudinale dell'asta torrentizia.

Ciò consente di interpretare la reale dinamicità dei pendii in relazione all'acclività dei versanti ed alla erodibilità della litologia di base.

Per quanto attiene le locali erosioni lungo le aste principali sui fondovalle urbanizzati, si rimanda alle valutazioni degli ingegneri incaricati che correlano tali episodi alle condizioni idrauliche e topografiche dei corsi d'acqua.

Sono peraltro indicati sulla carta geomorfologica i ruscellamenti diffusi rilevati soprattutto lungo versanti caratterizzati da roccia affiorante o subaffiorante (aree denudate), laddove ad agevolare il meccanismo di distribuzione delle acque libere contribuisce per lo più la medio-alta acclività.

In questi casi è stato agevole riconoscere solchi di incisione (acque concentrate) testimonianti la raccolta dei deflussi idrici di monte e la formazione di microreticoli a forma dendritica alimentanti a valle aste secondari di ordine via via maggiore.

I processi di ruscellamento diffuso sono stati generalmente osservati in corrispondenza delle aree di affioramento dei litotipi ofiolitici e delle relative coperture sedimentarie; a causa della particolare composizione chimica e mineralogica che caratterizza le suddette litologie, infatti, la vegetazione stenta a svilupparsi dando luogo ad una copertura erbacea o arbustiva rada o assente.

Le acque meteoriche possono pertanto scorrere pressoché libere sui versanti privi di vegetazione ed operare una intensa e diffusa azione erosiva.

2.3.2.4 Elementi morfologici

La rappresentazione degli orli e delle radici di terrazzo permette la migliore rappresentazione dei terrazzi già classificati in precedenza.

Di maggiore significato, tuttavia, risulta la simbologia relativa alle rotture di pendio, con la quale si è inteso rappresentare il ciglio di scarpate rocciose particolarmente acclivi, la presenza di pareti rocciose subverticali e lineamenti tettonici generanti specchi di faglia non configurabili in veri e propri cigli di distacco.

In molti di questi casi si è osservato come l'elemento geomorfologico possa determinare detritazioni, locali e temporanee, non classificabili come frane; da qui la necessità di distinguere forme attive da forme quiescenti.

2.3.2.5 Riporti artificiali

Nel corso dei rilevamenti effettuati all'interno del bacino sono stati individuati diversi siti caratterizzati da una forte modificazione delle originarie caratteristiche morfologico-naturalistico-ambientali: alcune di queste aree sono state indicate sulla carta geomorfologica come grossi riporti (la simbologia utilizzata per indicare tali aree sono dei triangoli pieni).

Questi siti sono prevalentemente concentrati nella porzione medio-alta del bacino in esame, dove sono state e sono tuttora presenti la maggior parte delle attività estrattive presenti nella valle del torrente Graveglia; è infatti in queste posizioni che si sono rilevati gli accumuli di cui trattasi, costituiti da materiali inerti eterometrici derivanti da litologie caratteristiche del sito, fatto che lascia prevedere la mancanza di un trasporto significativo.

Gli accumuli appaiono privi di una razionale sistemazione morfologica e le loro condizioni di stabilità sono delegate al semplice assestamento gravitativo avvenuto nel tempo, più o meno consolidato in funzione delle condizioni idrogeologiche della zona.

Solo in talune occasioni (località Iscioli) questi siti sono stati oggetto di una parziale risistemazione agricolo-forestale realizzata attraverso il riporto di suolo naturale e successiva messa a dimora di essenze vegetali (olivi o pini).

Per quanto riguarda invece gli sbancamenti, le situazioni più compromesse riguardano le attività estrattive di cava, siano esse attive o dismesse, di cui si parlerà nel capitolo ad esse dedicato.

2.3.2.6 Cave e discariche

Nel bacino idrografico del Torrente Graveglia sono state rilevate alcune cave di pietra in attività: la maggior parte di ridotte dimensioni, sono situate lungo la parte alta del torrente e lungo il torrente Reppia, altre, più a valle, in località Foppo; una, di dimensioni maggiori, in località Ciana Grande. Sono inoltre presenti un certo numero

di cave non più attive nelle quali l'estrazione del materiale è cessata da un intervallo di tempo, variabile da pochi anni a diverse decine di anni.

Grossi accumuli di materiale detritico inerte eterometrico (*IN*), ma litologicamente omogeneo, sono stati rilevati in corrispondenza di quasi tutte le aree interessate da attività estrattive (cave e miniere).

Un esempio delle situazioni, riferibili a questa categoria di materiali, si rileva presso la miniera di Cassagna ove le manomissioni effettuate in epoca storica e recente hanno ridefinito la morfologia di ampie porzioni del versante, con interferenza al reticolo idrografico superficiale.

Trattasi talvolta di vere e proprie discariche di materiali lapidei di scarto derivanti dall'estrazione di materiali, in altri casi i cumuli detritici rappresentano stoccaggi temporanei destinati a successiva lavorazione.

Molto spesso questi tipi di discarica non presentano condizioni di sistemazione e di stabilizzazione sufficientemente coerenti con eventuali parametri progettuali predefiniti e, come nel caso precedente, le condizioni di stabilità o di quiescenza sono supportate dai soli equilibri naturali, maturati nel corso di successivi assestamenti del materiale.

In un solo caso sono stati rilevati impianti di decantazione di fanghi di lavorazione (*F*) -cava Cadana -, che nel caso specifico risultano ubicati sulla sponda idrografica destra del torrente Reppia, su un ampio piazzale ricavato mediante sbancamento del rilievo roccioso.

Trattasi di vasche ubicate ad una quota poco sopraelevata rispetto all'alveo attivo, cui sono indirizzati i materiali provenienti dal vicino frantoio.

Per quanto attiene infine allo stoccaggio di rifiuti solidi urbani (RSU), è presente nell'ambito del bacino una unica discarica ubicata in località valle Scurta.

2.3.2.7 Forme carsiche

La presenza di formazioni calcaree esclusive determina entro il bacino segni tangibili di carsismo, più frequentemente relitto, e mascherato dalle massicce sistemazioni morfologiche avvenute in epoca storica da parte dell'uomo.

I processi carsici non danno comunque origine a forme morfologiche particolarmente rilevanti: il carsismo nella val Graveglia si esplica prevalentemente a scala mesoscopica e microscopica, dando luogo a limitate forme di dissoluzione o a piccoli canali carsici anche sotterranei.

L'unica forma carsica di una certa importanza, è stata osservata presso il passo del Biscia in località Piani di Oneto, dove è presente una *dolina* di significative dimensioni.

2.3.2.8 Acclività

Per la realizzazione del tematismo dell'acclività è stata utilizzata la cartografia redatta da Regione Liguria nel 2001, al fine di uniformare la metodologia di studio in tutti gli ambiti della Provincia di Genova.

La carta dell'acclività mostra il territorio diviso in aree con pendenze percentuali medie di ugual valore.

Sono state distinte sette classi di acclività evidenziate con colori percentuali in tono crescente secondo l'intervallo della pendenza del terreno.

I valori sono espressi in percentuale, da un minimo di 0%, che corrisponde alla pendenza nulla (pianura), ad un massimo di 100%, che corrisponde a 45° di pendenza.

La carta dell'acclività è stata realizzata a partire dal modello digitale del terreno (DTM) ottenuto dall'interpolazione di punti appartenenti ad una griglia a passo regolare di 40 metri.

Nella tabella 2.3.8.1 vengono riassunte le caratteristiche di acclività dell'area di studio, elencando la superficie totale e percentuale delle zone caratterizzate dalle diverse classi di acclività.

| Classi di acclività | | Σ aree m² | Percentuale |
|----------------------------|----------|---|--------------------|
| 1 | 0%-10% | 2136875 | 3.33% |
| 2 | 10%-20% | 3671875 | 5.73% |
| 3 | 20%-35% | 14148125 | 22.08% |
| 4 | 35%-50% | 18726249 | 29.22% |
| 5 | 50%-75% | 21378125 | 33.36% |
| 6 | 75%-100% | 3848750 | 6.01% |
| 7 | >100% | 175625 | 0.27% |

Tab. 2.3.2.8.1 - Classi di acclività

Le classi 1 e 2 risultano presenti nelle zone del fondovalle lungo il T. Graveglia e gli affluenti principali, nonché in alcune zone di crinale caratterizzate da morfologia a bassa pendenza (zona Pian dei Rossi - Mocascina e Da Pria Grossa, alla testata del Rio Novelli, nella porzione sud-orientale del bacino; zona Pian di Oneto, alla testata del Rio Prato,). Oltre l'80% dell'intera zona presenta pendenze comprese tra il 20% ed il 75%.

La classe più frequente sul bacino è la 5 (50% – 75 %).

In Fig 2.3.2.8.2 viene riportato il grafico delle frequenze delle varie classi di acclività.

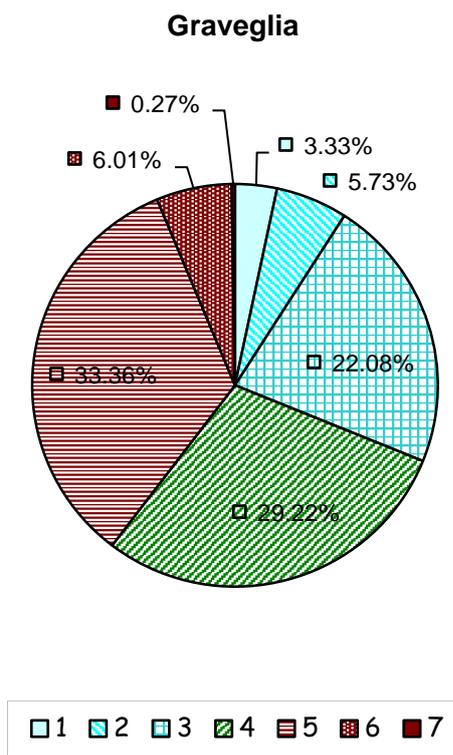


Fig. 2.3.2.8.2 – Frequenze delle diverse classi di acclività

2.3.3 RUPINARO ed aree scolanti Ovest

Nel descrivere la geomorfologia del territorio bisogna tenere presente, prima di ogni possibile considerazione e analisi, come esso sia sostanzialmente mutato a causa dell'intervento dell'uomo. L'azione di sistemazione e rimodellamento dei versanti nonché il progredire dell'urbanizzazione hanno fatto sì che, a scala locale, i principali motivi geomorfologici siano spesso mascherati e difficili da identificare.

Nel bacino in questione si possono comunque evidenziare almeno quattro settori che si distinguono per caratteri di omogeneità.

Il primo è la vasta area di pianura fluviale e marino-costiera ormai completamente urbanizzata e caratterizzata da diversi orizzonti granulometrici. Si può notare come l'intervento dell'uomo non solo abbia modificato la morfologia del litorale Chiavarese ma abbia anche influenzato, e non con pochi problemi, l'apparato focale e deltizio dei fiumi.

Studi storici mostrano come sino al 1820 la linea di riva fosse costantemente in fase di avanzamento. Il materiale fluviale veniva smistato verso E andando a ripascere il litorale di Lavagna. Con la canalizzazione dell'Entella, l'apporto solido però diminuì e s'instaurò una fase erosiva, con un approfondimento dei fondali, e una deriva litoranea da W verso E. Fu in questo contesto che ad Est della foce del Rupinaro, nel 1963, venne costruito il porto di Chiavari, ed a Est dell'Entella il porto turistico di Lavagna. Questo interferì non solo sulla deriva litoranea, spostandola al piede della diga foranea, ma funzionò da trappola sedimentaria sottraendo materiale al bilancio sedimentario. Furono così necessari una serie di interventi e opere (scogliere, dighe e pennelli) per ovviare alle interferenze apportate dalla costruzione del porto.

Il secondo settore è contraddistinto da versanti morbidi e spesso mammellonati tipici dei domini argilloscistosi. L'energia di rilievo è bassa se non nella parte alta del bacino, in prossimità di Passo del Bocco, dove si ha un'erosione concentrata di fondo. Il terreno è ricoperto da coltri, e possibili mobilizzazioni di esse possono verificarsi in concomitanza di elementi aggravanti, quali l'erosione al piede dei versanti, ruscellamento diffuso o erosione concentrata di fondo.

Il terzo settore è situato nella parte meridionale del bacino ed è costituito dalla falesia della "Collina delle Grazie". Per falesia s'intende una scarpata rocciosa, a contatto col mare, in forte pendio, verticale o strapiombante, generalmente senza vegetazione, generatasi a causa dell'azione erosiva diretta o indiretta del mare, sede dei principali processi gravitativi presenti nel bacino.

L'ultimo settore è rappresentato sempre da paesaggi a forte energia di rilievo, ma con una minore suscettività al dissesto. Questo è dovuto in parte ad una favorevole giacitura degli strati dei cm FMA, e in parte alla copertura boschiva. Il bosco infatti apporta una serie di azioni favorevoli nei confronti della stabilità: esercita un'azione antierosiva, dovuta soprattutto alla stabilità di struttura del suolo ma anche alla funzione protettiva delle radici, ed un'azione regimante, in quanto intercetta dal 15% al 40 % delle acque meteoriche. In prossimità dei crinali o dove la copertura vegetale è scarsa, si hanno però fenomeni d'erosione superficiale sia diffusa che incanalata, che portano a processi di denudazione dei versanti. In questo settore i rii sono in erosione concentrata di fondo a testimoniare una fase di ringiovinimento dei principali corsi d'acqua.

2.3.3.1 Geomorfologia quantitativa

Nell'area oggetto di studio si possono distinguere due zone: il bacino idrografico del T. Rupinaro ed un'area scolante direttamente a mare. L'analisi di geomorfologia quantitativa è stata ovviamente svolta per il bacino del T. Rupinaro. La delimitazione del bacino è stata riferita allo scorrimento superficiale e quindi definita dall'individuazione sulla carta topografica delle linea spartiacque.

Esistono numerosi parametri morfometrici che possono essere utilizzati per descrivere quantitativamente le caratteristiche morfologiche di un bacino idrografico. Le principali caratteristiche planimetriche sono la misura dell'area proiettata su di un piano orizzontale (S), la lunghezza del perimetro del bacino (P), la lunghezza del bacino intesa come la distanza massima tra la foce e lo spartiacque (L). Per il bacino del T. Rupinaro tali grandezze sono di seguito riportate:

Superficie: $S = 10.97 \text{ km}^2$

Perimetro: $P = 14.93 \text{ km}$

Lunghezza: $L = 6.67 \text{ km}$

L'indicazione della forma del bacino può essere descritta da alcuni parametri quali ad esempio il rapporto di circolarità R_c dato dal rapporto tra l'area S del bacino e l'area del cerchio di uguale perimetro P, il coefficiente di uniformità R_u definito come rapporto tra il perimetro P del bacino e la circonferenza del cerchio di uguale area S, il rapporto di allungamento R_a , ottenuto come rapporto tra il diametro del cerchio di uguale area S e la lunghezza L del bacino.

Per il bacino oggetto di studio tali grandezze sono di seguito riportate:

$$R_c = \frac{4\pi S}{P^2} = 0.62$$

$$R_u = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 1.27$$

$$R_a = \frac{2\sqrt{S}}{\sqrt{\pi L}} = 0.56$$

L'analisi ipsometrica è stata realizzata con il supporto del GIS a partire dalla carta delle fasce altimetriche (Fig. 2.3.3.1.1), prodotta a partire da un DTM (Digital Terrain Model) ottenuto digitalizzando i dati altimetrici della CTR (curve di livello ogni 25 m infittite in alcune zone e punti quotati).

La curva ipsografica del bacino è riportata nella Fig 2.3.3.1.2



Fig. 2.3.3.1.1 – Carta delle fasce altimetriche del bacino del T. Rupinaro

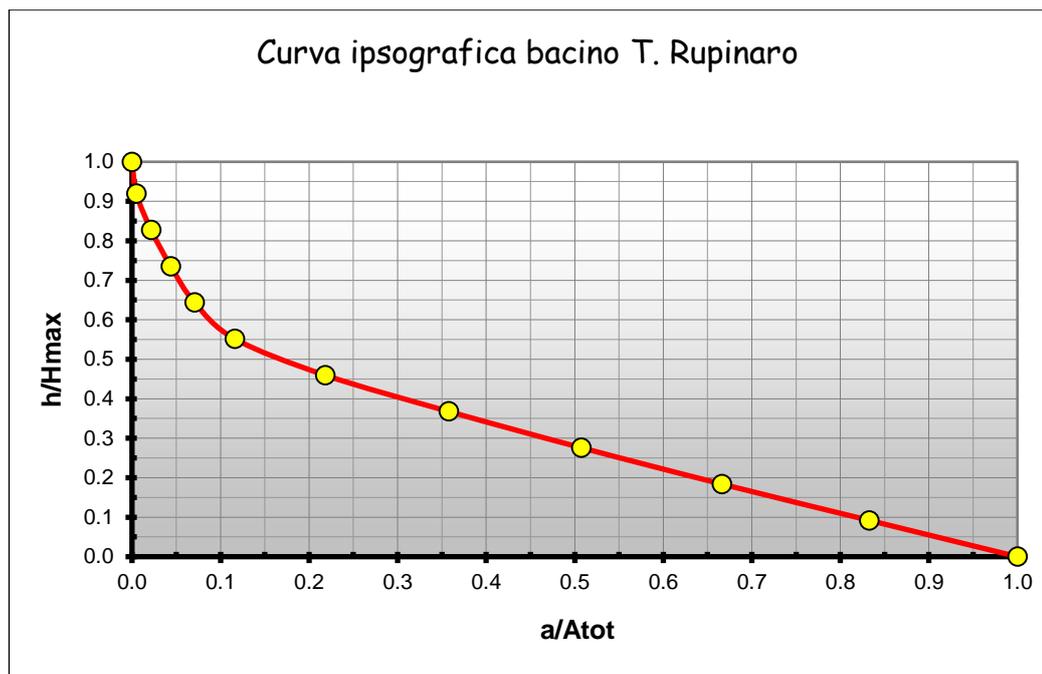


Fig. 2.3.3.1.2 – Curva ipsografica del bacino del T. Rupinaro

Dall'analisi della curva si ottiene il seguente valore dell'integrale I, inferiore al valore standard di equilibrio ($I = 0.5$):

$$I = 0.31$$

La curva ipsografica permette di individuare l'altezza media (h_m) e l'altezza mediana (h_{med}). L'altezza media corrisponde alla quota da cui è possibile tracciare la linea di compenso parallela all'asse delle ascisse, e la mediana corrisponde alla quota relativa alla metà della superficie del bacino.

I valori ottenuti sono i seguenti:

$$h_m = 167 \text{ m slm}$$

$$h_{med} = 153 \text{ m slm}$$

2.3.3.2 Reticolo idrografico

La classificazione del reticolo idrografico è stata condotta secondo la metodologia proposta da Horton Strahler, pertanto l'ordine delle varie aste si determina in base al seguente schema:

- un'asta che non nasce dalla confluenza di altre due è di primo ordine;
- un'asta di ordine n e un'asta di ordine (n-1) congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine n;
- due aste di ordine n congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine (n+1);

Nel caso in esame la gerarchizzazione è stata condotta sulla base del reticolo idrografico prodotto dal SITAR opportunamente revisionato e corretto sulla CTR raster alla scala 1:10.000.

Il T. Rupinaro, con asta principale di ordine 4, riceve un unico affluente principale in destra idrografica denominato T. Campodonico (ordine 3), che drena una notevole porzione della zona sud-occidentale del bacino. La maggior parte degli altri affluenti sia in destra che in sinistra è composta da rii minori di ordine 2.

I principali parametri geomorfici descrittivi del reticolo idrografico sono riassunti nella seguente tabella.

| U N° ordine sottobacino | Nu Numero di aste | R_b Rapporto di biforcazione | N_d n° di aste N _u che si inseriscono su aste N _{u+1} | R_{bd} rapporto di biforcazione diretta | R Indice di biforcazione |
|--------------------------------------|--------------------------------|---|---|---|---------------------------------------|
| I | 76 | | 59 | | |
| II | 17 | 4.47 | 13 | 3.47 | |
| III | 3 | 5.67 | 3 | 4.33 | |
| IV | 1 | 3.00 | | 3.00 | |
| | | 4.36 | | 4.43 | -0.07 |

Tab. 2.3.3.2.1 - parametri caratteristici dell'organizzazione del reticolo

L'analisi geomorfica quantitativa evidenzia una distribuzione piuttosto regolare del numero dei bacini in rapporto al loro ordine gerarchico (Fig. 2.3.3.2.1)

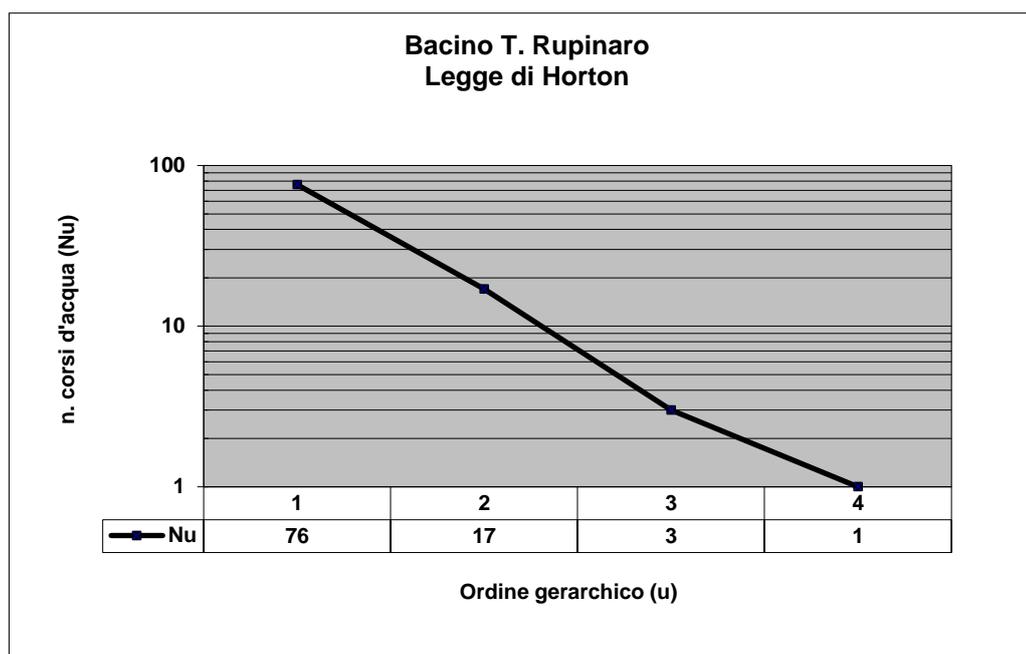


Fig. 2.3.3.2.1 – N° dei corsi d'acqua in rapporto al loro ordine gerarchico

Un parametro caratteristico è il rapporto di biforcazione (R_b) che esprime il rapporto tra il numero di segmenti fluviali di un dato ordine e il numero dei segmenti dell'ordine successivo. Il valore di tale rapporto si può dedurre attraverso la regressione lineare tra $\ln N_u$ ed u , secondo quanto illustrato in Fig. 2.3.3.2.2

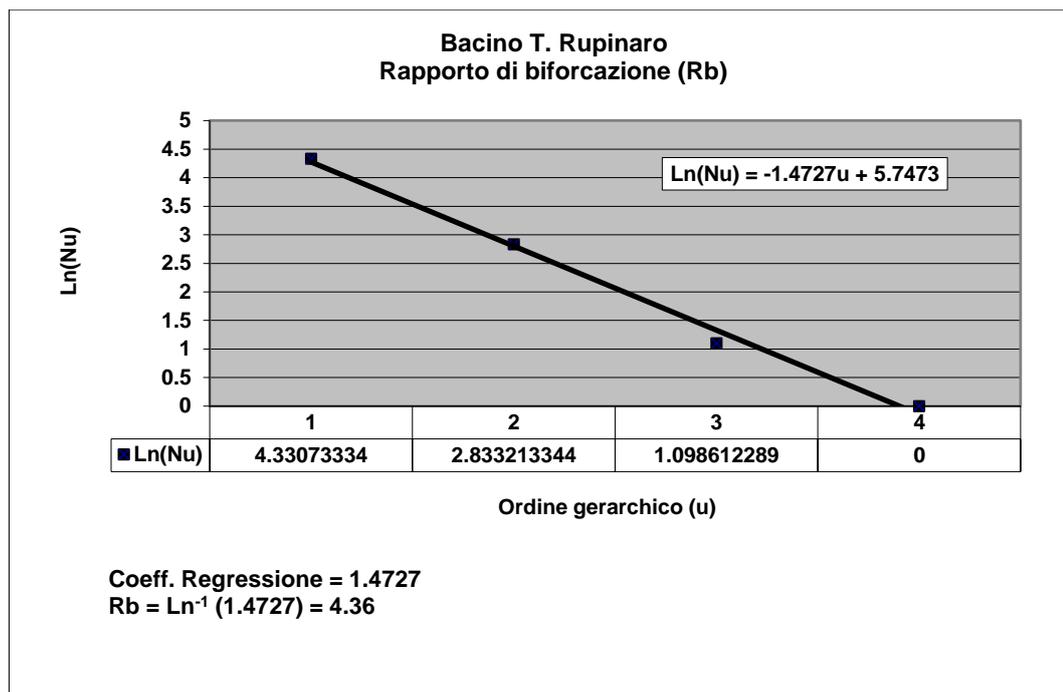


Fig. 2.3.3.2.2 – Regressione tra Ln(Nu) ed u (Strahler)

Il valore così ottenuto per il Rapporto di biforcazione ($R_b=4.36$) risulta compreso nel range (3-5) considerato in letteratura come medio, rappresentativo di reticoli non controllati da condizioni geologiche particolari.

L'organizzazione gerarchica può essere definita anche con il rapporto di biforcazione diretta (R_{bd}) inteso come rapporto tra il numero di segmenti di un dato ordine che affluiscono in segmenti di ordine superiore ed il numero di questi ultimi. Tale valore viene ottenuto attraverso un procedimento analogo a quello applicato per il calcolo di R_b , e si ottiene:

$$R_{bd} = 4.43$$

E' stato quindi calcolato l'indice di biforcazione, inteso come la differenza tra i due parametri precedentemente espressi, poiché fornisce informazioni sulla struttura media della porzione anomala dell'intero reticolo idrografico.

Valori prossimi allo 0, come nel caso in esame, rappresentano bacini che hanno raggiunto una buona organizzazione gerarchica, con un numero limitato di anomalie.

$$\text{Indice di biforcazione } R = R_b - R_{bd} = -0.07.$$

La densità di drenaggio è calcolata in base alla seguente relazione:

$$D = L_t / S = 2.92/\text{km}$$

dove:

L_t = lunghezza totale di tutti i segmenti fluviali [km]
 S = superficie del bacino [km²]

Un tale valore, piuttosto basso, denota secondo la bibliografia classica un'area con reticolo poco sviluppato.

2.3.3.3 Caratterizzazione delle coperture

Le coperture detritiche presenti, si possono raggruppare in tre distinte tipologie:

- accumuli a carattere alluvionale
- accumuli di origine eluvio – colluviale
- accumuli di origine franosa.

Gli *accumuli a carattere alluvionale*, a loro volta si distinguono in alluvioni mobili, alluvioni terrazzate recenti e terrazzi alluvionali di età antica.

Le alluvioni mobili (am) corrispondono all'alveo attuale e attivo in materiale sciolto, rimaneggiato e ampliato dalle piene e dalle divagazioni stagionali dei corsi d'acqua. Le alluvioni mobili attuali sono formate da materiale generalmente grossolano. Lungo l'alveo le alluvioni attuali si ritrovano con continuità a partire da poco oltre la Casa del Pino.

Le alluvioni terrazzate recenti (ar) rappresentano le aree pianeggianti lungo il corso del Torrente Rupinaro, con ampio sviluppo nel tratto terminale ed, in misura minore, lungo il torrente Campodonico. Si possono distinguere all'interno di questa classe un materasso prevalentemente fluviale nel tratto a monte di Corso Dante, un materasso misto, deltizio, nel tratto a Sud sempre di Corso Dante e un materasso marino lungo la costa. Queste aree sono costituite in prevalenza da materiale argillo-sabbioso e sabbioso-ghiaioso con prevalente frazione fine.

I terrazzi fluviali di età antica (aa), sono rappresentati da piccoli lembi residuali situati a quote decisamente elevate rispetto al fondovalle attuale. Essi presentano materiale molto elaborato; si tratta di elementi a granulometria variabile con prevalenza delle parti fini, argillo sabbiose ben classate e talora con lenti ghiaiose. Depositi alluvionali antichi si ritrovano presso casali di Baccezza e nelle zona dell'ospedale civile.

Le *coltri eluvio-colluviali* sono dovute essenzialmente all'alterazione, fisica e chimica, della roccia in posto (eluvio) o rimossa e asportata dall'azione delle acque lungo zone depresse (colluvio). Lo spessore delle coltri varia a seconda dell'assetto geomorfologico: in genere è compreso tra uno e tre metri, ma si possono trovare accumuli anche superiori (in zone fortemente tettonizzate, ai piedi di versanti o in aree caratterizzate da alta alterazione del substrato). Questo tipo di coltre è espressamente diffusa sugli argilloscisti della formazione della Val Lavagna e sulle argille a palombini del lago di Giacopiane. Nella carta geomorfologica, a seguito del forte stato di alterazione di tali formazioni, si è deciso di associare ad esse una coltre a granulometria fine "cf", a matrice argillosa, di spessore compreso tra 1 e 3 metri, in quanto per tali formazioni risulta molto difficile distinguere il passaggio fra una copertura e la roccia alterata.

Nel caso di eluvi e colluvi originati a partire da substrati contenenti litologie poco alterabili (per esempio intercalazioni calcaree o arenacee), la composizione delle coltri presenta sempre forti componenti medio-grossolane e scheletro detritico poco elaborato.

Le coltri appaiono, oggi, sistemate in fasce contenute da muri in pietrame lavorato a secco, di altezza variabile da uno a due metri, costruite dall'uomo nei secoli scorsi. Tali terrazzamenti sono destinati a colture d'essenze locali, soprattutto oliveto.

Le coltri di questo tipo, a seguito di eventi meteorologici intensi, possono presentare fenomeni di attivazione e movimenti gravitativi superficiali. Ciò è dovuto

alla saturazione e imbibizione del materiale e al contrasto di permeabilità con le argilliti sottostanti. Frequenti sono poi i crolli dei muri di pietrame laddove le fasce sono in stato di abbandono.

Le *coperture detritiche di origine franosa* rappresentano gli accumuli prodotti da locali fenomeni di dissesto antichi (*soliflusso*, *creeping*, scivolamenti planari e/o rotazionali ecc.), stabilizzati o quantomeno quiescenti, rimodellati e ricicatrizzati dagli agenti naturali esogeni, oppure da interventi antropici quali terrazzamenti agricoli. Si caratterizzano principalmente per una potenza in genere superiore ai tre metri e hanno una granulometria eterogenea e grossolana. Nella carta geologica con la sigla "dt" sono state riportate tutte quelle coperture di spessore > 3 metri, di origine franosa e eluvio colluviale, compresi i riporti, i quali sono stati poi raggruppati a parte nella carta geomorfologica.

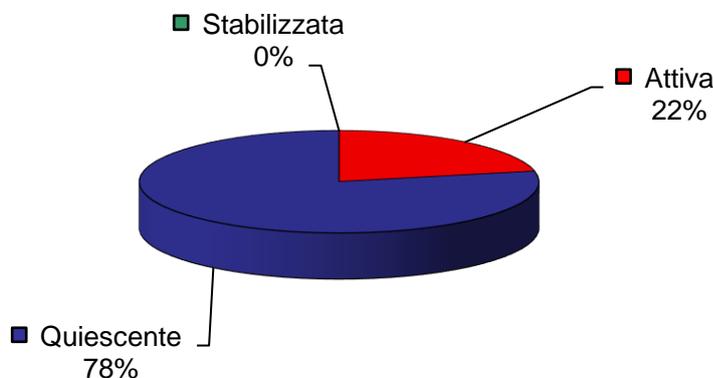
Nel bacino, le zone con coperture potenti sono quelle a più alta energia di rilievo e ricadono lungo la zona costiera delle Grazie e nella Valle del Rio Campodonico.

2.3.3.4 Movimenti franosi

I fenomeni di instabilità di versante sono processi di modificazione del territorio che si realizzano in rapporto a diversi fattori di ordine geologico, morfologico, climatico ed antropico. L'identificazione ed il raggiungimento di un adeguato livello di conoscenza della franosità reale è avvenuto attraverso una serie di passi operativi che hanno comportato l'analisi di fattori geologici, geomorfologici e vegetazionali, e l'analisi dei principali parametri morfometrici. In particolare, ad una prima fase di ricerca bibliografica, ha fatto seguito un'analisi diretta del territorio effettuata sia utilizzando tecniche di telerilevamento sia con rilievi di campagna.

Nella carta geomorfologica sono stati quindi riportati tutti i principali movimenti gravitativi evidenziando, laddove era possibile, i corpi attivi e quiescenti e le nicchie di distacco. Per corpo di frana s'intende quella porzione di territorio interessata da movimenti di versante in atto, quiescenti o stabilizzati, che ha subito un'alterazione nell'assetto morfologico. Sono state inoltre cartografate come aree in frana quelle zone in cui si rilevano concentrazioni di movimenti diffusi superficiali, non cartografabili singolarmente, ma che assumono rilevanza nell'ambito dell'evoluzione complessiva del versante.

STATO DI ATTIVITA' DEI MOVIMENTI FRANOSI CENSITI NEL BACINO DEL T. RUPINARO



Le frane a volumetria ridotta e non cartografabili alla scala di bacino sono state ubicate e identificate con un apposito simbolo. Per quanto attiene i movimenti franosi, gli stessi sono stati estrapolati dalla carta geomorfologica su un'apposita carta della franosità, in cui s'illustra la tipologia e lo stato della frana.

Per ognuno di questi dissesti, tra l'altro, è stata compilata una apposita scheda nella quale sono descritte dimensioni, cause, dinamica, ed interferenze tra la frana stessa e l'ambito circostante (allegato B).

In alcune zone si sono indicati solamente i cigli di frana attivi o quiescenti, in quanto l'accumulo non era presente o perché asportato dall'azione erosiva delle acque o perché impossibilitato a depositarsi a seguito della forte acclività del terreno o della sfavorevole giacitura della formazione rocciosa.

Sono state segnalate infine le principali direzioni di mobilitazione dei materiali sui versanti. L'apposita simbologia denuncia la presenza di detritazioni lungo canali di trasporto ed erosione nei quali i detriti appaiono temporanei e discontinui, proprio perché disposti su pendii acclivi e localmente incisi, dotati di continua dinamicità e quindi non perimetrabili.

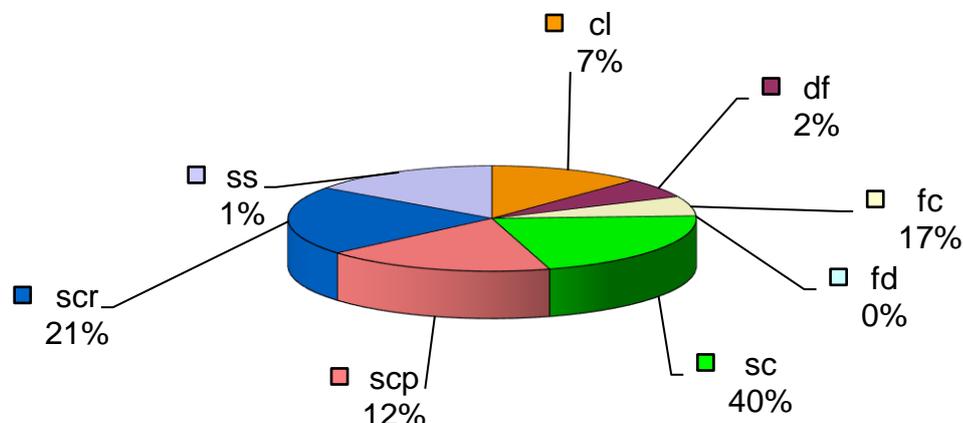
Dall'analisi incrociata della carta geomorfologica con la carta geologica si riscontra come la maggior percentuale di aree in frana sia su formazione calcarea.

Una così alta percentuale è dovuta al fatto che i calcari affiorano solo in prossimità della linea di costa, dove la suscettività al dissesto del versante è connessa non solo allo stato di alterazione della roccia ma anche all'azione erosiva del mare. La Formazione litologica corrispondente alla seconda percentuale, in ordine decrescente, è quella degli scisti della Val Lavagna. In questa formazione sono presenti soprattutto frane di scivolamento che interessano principalmente la coltre superficiale.

Un'altra analisi statistica utile ai fini di determinare la suscettività al dissesto è quella dell'influenza della litologia sulla franosità.

Dall'analisi della carta della franosità reale si può determinare invece la distribuzione delle tipologie di frane.

DISTRIBUZIONE QUANTITATIVA DEI MOVIMENTI FRANOSI PER TIPOLOGIA NEL BACINO DEL T. RUPINARO



La simbologia usata in legenda è quella utilizzata nella carta della franosità reale.

FC= frana complessa

CL= frana per crollo

SC= frana per scivolamento

In quest'analisi sono stati raggruppati in un'unica voce gli scivolamenti planari e rotazionali. Dal diagramma si deduce che la tipologia più diffusa risulta essere quella degli scivolamenti. Questo tipo di frana è presente in tutto il bacino e particolarmente sugli strati argillitici. Frane di crollo sono presenti invece lungo la linea di costa; la causa innescante è da ricercarsi principalmente nell'azione erosiva del moto ondoso.

2.3.3.5 Erosione superficiale ed elementi morfologici

I fenomeni erosivi sui versanti all'interno del bacino risultano estremamente diffusi nella zona a più alta energia di rilievo.

I fenomeni di ruscellamento diffuso e di erosione concentrata di fondo lungo gli impluvi si manifestano spesso associati e portano ad un dilavamento dei versanti con l'asportazione della coltre di suolo superficiale.

Una zona del bacino dove questi fenomeni si evidenziano in maniera particolare è la testata della Valle del Rio Campodonico, caratterizzata dalla presenza dei contrafforti del Monte Anchetta; in tale zona le forti pendenze, favorite dalla litologia calcarea, innescano fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato capaci di creare incisioni nei versanti.

Anche le pendici dal passo del Bocco risultano interessate da fenomeni di ruscellamento diffuso ed erosione concentrata, in particolar modo nell'area occupata da una coltre detritica potente, più facilmente erodibile.

Episodi di erosione spondale si sono manifestati lungo il principale corso d'acqua del reticolo idrografico, in particolar modo laddove il letto dell'alveo si è impostato lungo lineazioni tettoniche che hanno costretto il corso del fiume a brusche anse. Fenomeni di questo tipo possono ingenerare talvolta scalzamento al piede di versanti o di opere idrauliche, con i conseguenti dissesti indotti.

Al fine di determinare la suscettività al dissesto si è ritenuto opportuno segnalare le principali rotture di pendio, con le quali si è inteso rappresentare il ciglio di scarpate rocciose particolarmente acclivi, la presenza di pareti rocciose subverticali e lineamenti tettonici generanti specchi di faglia non configurabili in veri e propri cigli di distacco. In molti di questi casi si è osservato come l'elemento geomorfologico possa determinare detritazioni, locali e temporanee, non classificabili come frane; da qui la necessità di distinguere forme attive da forme quiescenti.

Tutti i fenomeni di erosione di una certa entità sopra descritti, diffusi o concentrati, sono riportati nella Carta Geomorfologica.

2.3.3.6 Riporti artificiali

Nel corso dei rilevamenti effettuati all'interno del bacino sono stati individuati diversi siti caratterizzati da una forte modificazione delle originarie caratteristiche morfologico-naturalistico-ambientali: alcune di queste aree sono state indicate sulla carta geomorfologica come grossi riporti (la simbologia utilizzata per indicare tali aree sono dei triangoli pieni). Un intervento significativo è stato quello riscontrato in prossimità del casello autostradale.

2.3.3.7 Cave e discariche

Nel bacino del Rupinaro è presente attualmente una discarica di inerti. Quest'area era una cava a cielo aperto, attualmente abbandonata, in cui il materiale estratto (i calcari marnosi del Monte Antola) veniva poi utilizzato come inerte. La cava è in prossimità dell'abitato di Chiavari e vi si accede dalla via Aurelia. Il fronte di cava si estende per circa 150 m e può essere sede di locali fenomeni di crollo.

2.3.3.8 Terrazzi fluviali

Sono stati distinti sia terrazzi marini che fluviali distribuiti a varie quote lungo i versanti e ben conservati solo sui crinali. Dove è stato possibile, si sono indicati le radici di terrazzo che rappresentano il punto massimo di arretramento dell'erosione contro il rilievo in generale. Essendo i terrazzi fra le poche aree pianeggianti in un ambiente generalmente acclive, essi sono stati interamente occupati dall'espansione urbanistica e, nel tratto montano, per scopi agricoli; conseguenza dello sfruttamento è stata la modificazione ed il mascheramento delle originarie caratteristiche morfologiche. Inoltre, la diffusa franosità che coinvolge la costa Ligure in generale ha qui certamente coinvolto e distrutto numerosi terrazzi.

Alcuni terrazzi marini si rinvengono da Villa Bombrini e sulla collina delle Grazie, mentre terrazzi fluviali sospesi si possono osservare in località Molini, Bocco ad una quota di circa 60 m.

2.3.3.9 Acclività

Per la realizzazione del tematismo dell'acclività è stata utilizzata la cartografia redatta da Regione Liguria nel 2001, al fine di uniformare la metodologia di studio in tutti gli ambiti territoriali della Provincia di Genova.

La carta dell'acclività mostra il territorio diviso in aree con pendenze percentuali medie di ugual valore.

Sono state distinte sette classi di acclività evidenziate con colori percentuali in tono crescente secondo l'intervallo della pendenza del terreno.

I valori sono espressi in percentuale, da un minimo di 0%, che corrisponde alla pendenza nulla (pianura), ad un massimo di 100%, che corrisponde a 45° di pendenza.

La carta dell'acclività è stata realizzata a partire dal modello digitale del terreno (DTM) ottenuto dall'interpolazione di punti appartenenti ad una griglia a passo regolare di 40 metri.

Nella tabella 2.3.3.9.1 vengono riassunte le caratteristiche di acclività dell'area di studio, elencando la superficie totale e percentuale delle zone caratterizzate dalle diverse classi di acclività.

| R_b Rapporto di biforcazione | N_d n° di aste N_u che | R_t rapporto biforca | Σ aree m^2 | Percentuale |
|--|---|--|--|--------------------|
| 1 | 0%-10% | | 1466875 | 11.32% |
| 2 | 10%-20% | | 871250 | 6.72% |
| 3 | 20%-35% | | 2788125 | 21.52% |
| 4 | 35%-50% | | 4216875 | 32.55% |
| 5 | 50%-75% | | 3236250 | 24.98% |
| 6 | 75%-100% | | 310625 | 2.40% |
| 7 | >100% | | 65625 | 0.51% |

Tab. 2.3.3.9.1 - Classi di acclività

Le classi a pendenze ridotte 1 e 2 risultano presenti in prevalenza nella zona prossima alla foce del T. Rupinaro, in corrispondenza dell'area urbana di Chiavari e nelle zone alluvionali lungo gli alvei dei torrenti principali. Saltuariamente morfologie a bassa pendenza sono presenti anche lungo i crinali, in particolare sullo spartiacque del bacino del Rupinaro. L'area scolante direttamente a mare, ubicata nella porzione meridionale dell'area di studio presenta pendenze mediamente sostenute, ad eccezione della zona urbanizzata nella porzione sud-orientale; le uniche aree a pendenze maggiori del 100% (classe 7) si evidenziano nella porzione centrale della fascia costiera dell'area scolante, caratterizzata da scogliere a forte pendenza.

La classe più frequente sull'intera area di studio è la 4 (35% – 50 %).

In Fig 2.3.3.10.2 viene riportato il grafico delle frequenze delle varie classi di acclività.

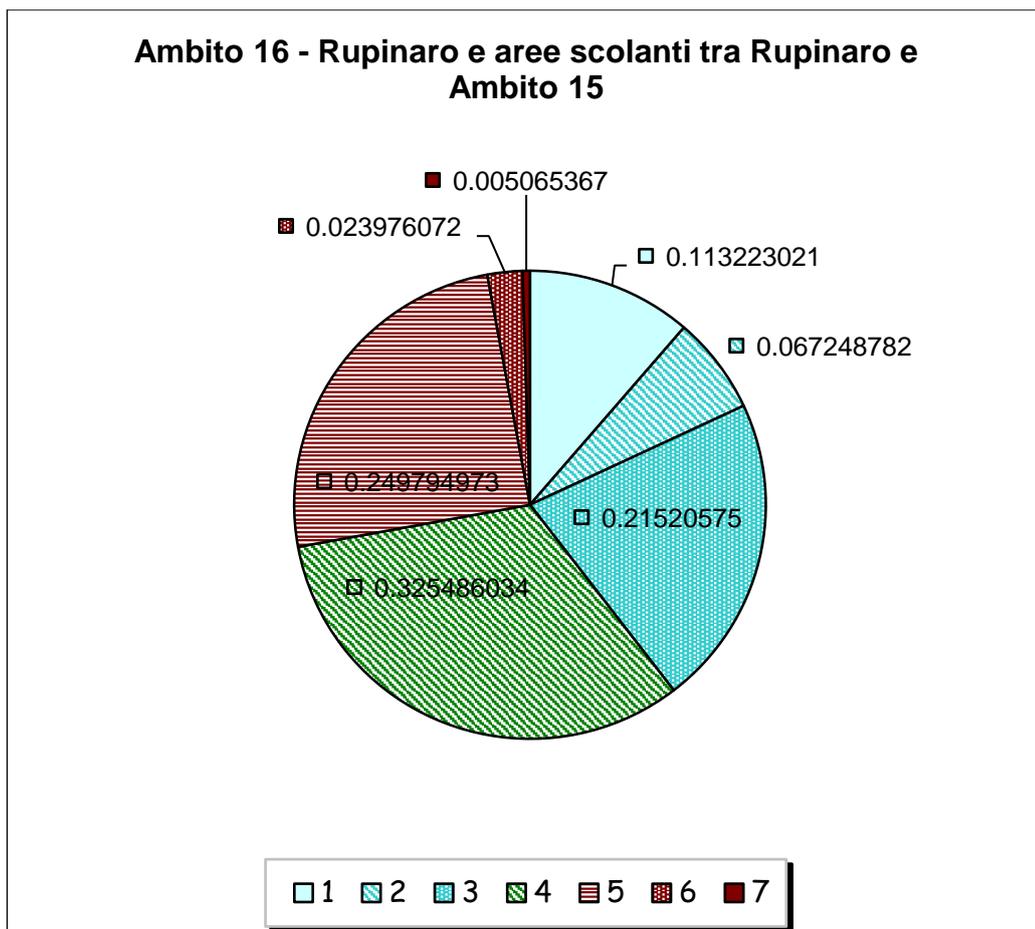


Fig. 2.3.3.10.2 – Frequenze delle diverse classi di acclività

2.3.4 AREE SCOLANTI EST

Nel descrivere la geomorfologia del territorio bisogna tenere presente, prima di ogni possibile considerazione e analisi, come esso sia sostanzialmente mutato a causa dell'intervento dell'uomo. L'azione di sistemazione e rimodellamento dei versanti nonché il progredire dell'urbanizzazione hanno fatto sì che, a scala locale, i principali motivi geomorfologici siano spesso mascherati e difficili da identificare.

Nel bacino in questione si possono comunque evidenziare almeno tre settori che si distinguono per caratteri di omogeneità.

Il primo è la vasta area di pianura fluviale e marino-costiera ormai completamente urbanizzata e caratterizzata da diversi orizzonti granulometrici. Si può notare come l'intervento dell'uomo abbia modificato non solo la morfologia del litorale chiavarese ma abbia influenzato, e non con pochi problemi, l'apparato fociale e deltizio dei fiumi.

Studi storici mostrano come sino al 1820 la linea di riva fosse costantemente in fase di avanzamento. Il materiale fluviale veniva smistato verso E andando a ripascere il litorale di Lavagna. Con la canalizzazione dell'Entella l'apporto solido però diminuì e s'instaurò una fase erosiva, con un approfondimento dei fondali, e una deriva litoranea da W verso E. Fu in questo contesto che ad Est della foce del Rupinaro, nel 1963, venne costruito il porto di Chiavari, ed a Est dell'Entella il porto turistico di Lavagna. Questo interferì non solo sulla deriva litoranea, spostandola al piede della diga

foranea, ma funzionò da trappola sedimentaria sottraendo materiale al bilancio sedimentario. Furono così necessari una serie di interventi e opere (scogliere, dighe e pennelli) per ovviare alle interferenze apportate dalla costruzione del porto.

Il secondo settore è contraddistinto da versanti il cui andamento morfologico risulta condizionato dalla tettonica e specialmente dal reticolo di faglie presenti. Quest'area è interessata da locali movimenti gravitativi di medie e piccole dimensioni. Le cause di questi dissesti sono da ricercarsi principalmente nella natura del substrato che presenta formazioni eteropiche a componente preponderante marnosa con alternanze di strati di ardesie, calcareniti, arenarie e argilloscisti e nella fase di ringiovanimento dei suoi principali corso d'acqua. Processi come l'erosione concentrata di fondo, ruscellamento diffuso, cigli di distacco sono infatti presenti, a testimoniare quindi una certa propensione al dissesto. Questi versanti sono in genere coperti da una coltre compresa tra 1 e tre metri, ed appare evidente il rimodellamento da parte dell'uomo, in quanto si presentano per lo più terrazzati e utilizzati come oliveti.

L'ultimo settore è rappresentato da versanti acclivi con una forte energia di rilievo. Si ritrovano nella parte alta del bacino e nel tratto di costa in cui affiorano le arenarie del Monte Gottero. Quest'ultima area è sede di movimenti gravitativi importanti, legati essenzialmente all'acclività, alla giacitura degli strati e al loro stato di alterazione, nonché dall'azione erosiva del mare.

2.3.4.1 Geomorfologia quantitativa

Nell'area oggetto di studio sono riconoscibili due bacini idrografici definibili come tali, il bacino del T. Fravega ed il bacino del Rio Barassi, e due aree drenanti direttamente a mare attraverso rii secondari. L'analisi di geomorfologia quantitativa è stata svolta per i due bacini. La delimitazione degli stessi è stata riferita allo scorrimento superficiale e quindi definita dall'individuazione sulla carta topografica delle linea spartiacque.

Esistono numerosi parametri morfometrici che possono essere utilizzati per descrivere quantitativamente le caratteristiche morfologiche di un bacino idrografico. Le principali caratteristiche planimetriche sono la misura dell'area proiettata su di un piano orizzontale (S), la lunghezza del perimetro del bacino (P), la lunghezza del bacino intesa come la distanza massima tra la foce e lo spartiacque (L). Per i bacini oggetto di studio tali grandezze sono di seguito riportate:

Rio Fravega:

Superficie: S = 4.53 km²

Perimetro: P = 11.76 km

Lunghezza: L = 5.56 km

Rio Barassi:

Superficie: S = 5.74 km²

Perimetro: P = 9.54 km

Lunghezza: L = 4.57 km

L'indicazione della forma del bacino può essere descritta da alcuni parametri quali ad esempio il rapporto di circolarità R_c dato dal rapporto tra l'area S del bacino e l'area del cerchio di uguale perimetro P, il coefficiente di uniformità R_u definito come rapporto tra il perimetro P del bacino e la circonferenza del cerchio di uguale area S, il

rapporto di allungamento R_a , ottenuto come rapporto tra il diametro del cerchio di uguale area S e la lunghezza L del bacino.

Per i bacini oggetto di studio tali grandezze sono di seguito riportate:

Rio Fravega:

$$R_c = \frac{4\pi S}{P^2} = 0.41$$

$$R_u = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 1.56$$

$$R_a = \frac{2\sqrt{S}}{\sqrt{\pi L}} = 0.43$$

Rio Barassi:

$$R_c = \frac{4\pi S}{P^2} = 0.79$$

$$R_u = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 1.12$$

$$R_a = \frac{2\sqrt{S}}{\sqrt{\pi L}} = 0.59$$

L'analisi ipsometrica è stata realizzata con il supporto del GIS a partire dalla carta delle fasce altimetriche (Fig. 2.3.5.1.1), prodotta a partire da un DTM (Digital Terrain Model) ottenuto digitalizzando i dati altimetrici della CTR (curve di livello ogni 25 m infittite in alcune zone e punti quotati).

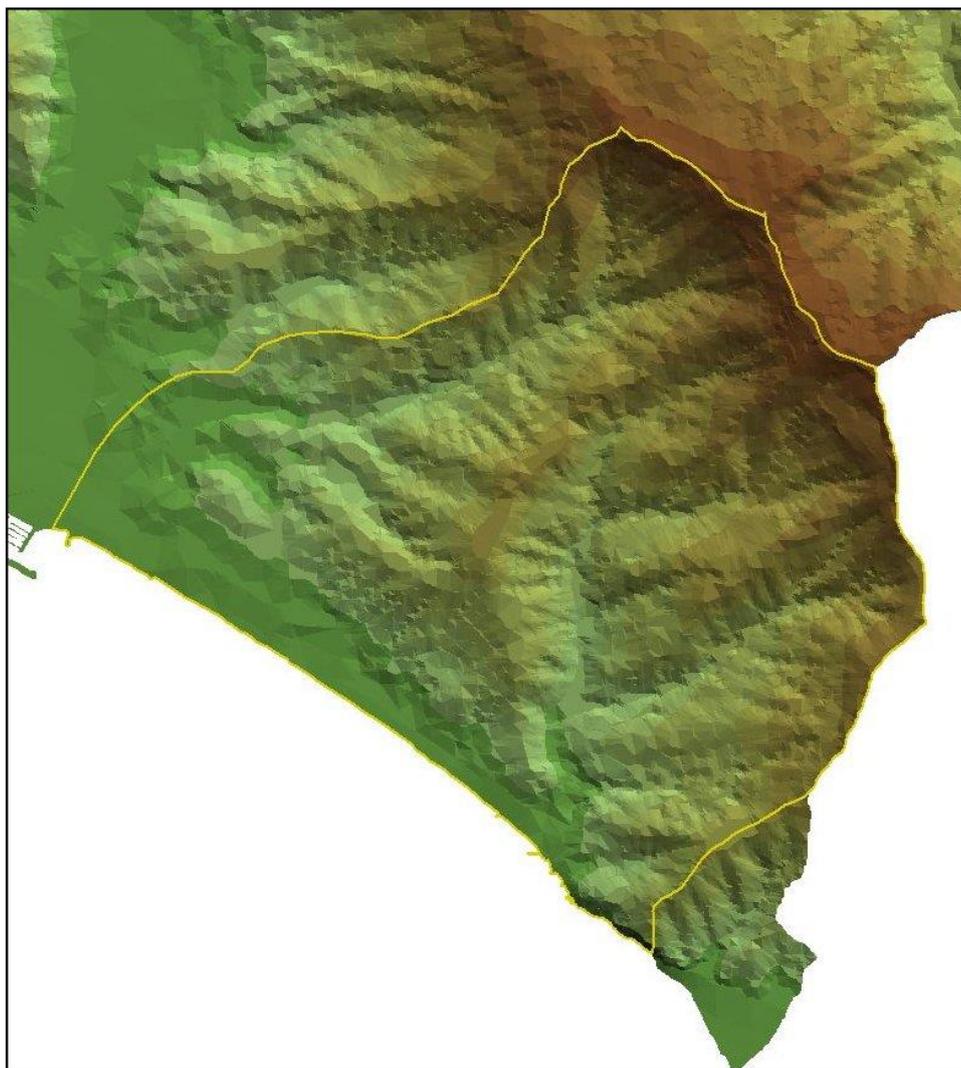


Fig. 2.3.4.1.1 – Carta delle fasce altimetriche dei bacini del Rio Fravega e del Rio Barassi

Le curve ipsografiche dei due bacini sono riportate nelle Fig 2.3.4.1.2 e 2.3.4.1.3.

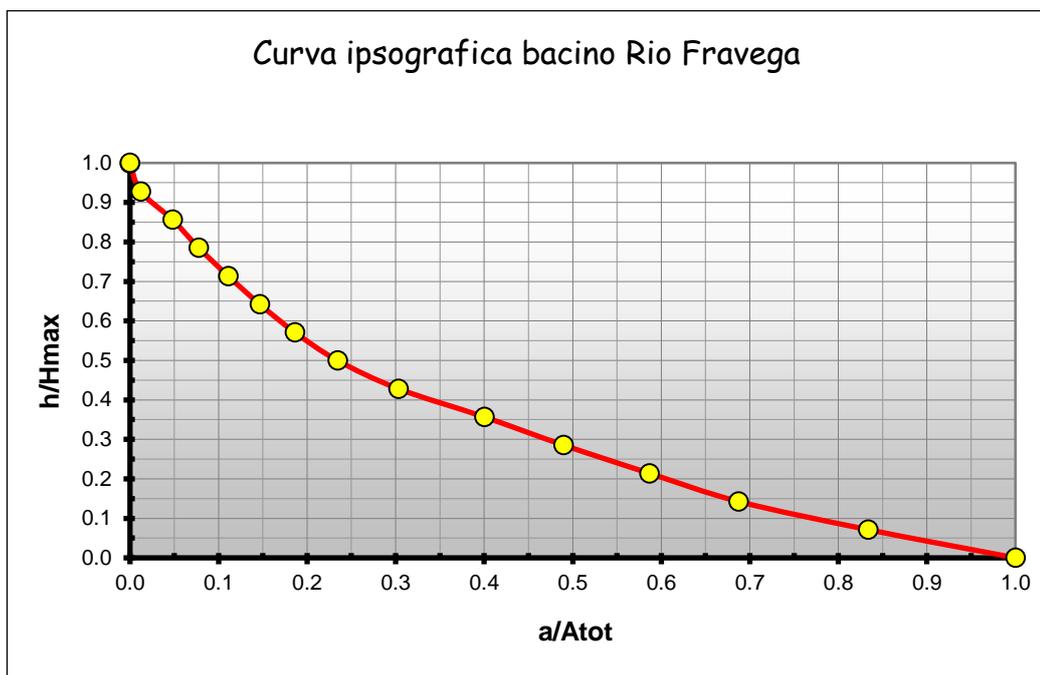


Fig. 2.3.4.1.2 – Curva ipsografica del bacino del Rio Fravega

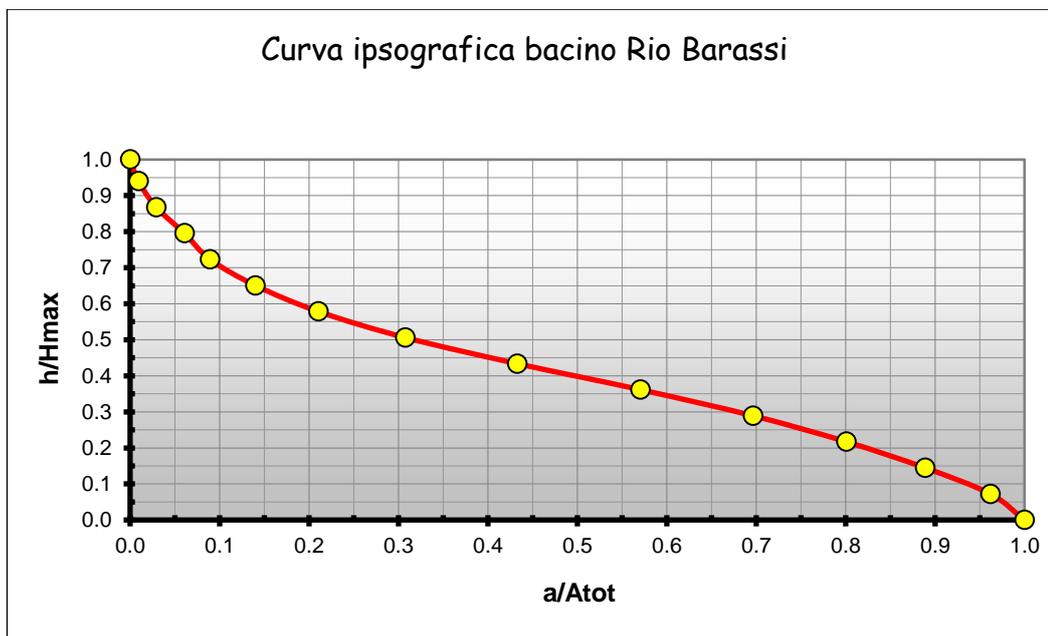


Fig. 2.3.4.1.3 – Curva ipsografica del bacino del Rio Barassi

Dall'analisi di tali curve si ottengono i seguenti valori dell'integrale I , inferiori al valore standard di equilibrio ($I = 0.5$):

Rio Fravega:
 $I = 0.33$

Rio Barassi:

$$I = 0.41$$

La curva ipsografica permette di individuare l'altezza media (h_m) e l'altezza mediana (h_{med}). L'altezza media corrisponde alla quota da cui è possibile tracciare la linea di compenso parallela all'asse delle ascisse, e la mediana corrisponde alla quota relativa alla metà della superficie del bacino.

I valori ottenuti sono i seguenti:

Rio Fravega:

$$\begin{aligned} h_m &= 231 \text{ m slm} \\ h_{med} &= 195 \text{ m slm} \end{aligned}$$

Rio Barassi:

$$\begin{aligned} h_m &= 285 \text{ m slm} \\ h_{med} &= 200 \text{ m slm} \end{aligned}$$

2.3.4.2 Reticolo idrografico

La classificazione del reticolo idrografico è stata condotta secondo la metodologia proposta da Horton Strahler, pertanto l'ordine delle varie aste si determina in base al seguente schema:

- un'asta che non nasce dalla confluenza di altre due è di primo ordine;
- un'asta di ordine n e un'asta di ordine $(n-1)$ congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine n ;
- due aste di ordine n congiungendosi danno origine ad un'asta di ordine $(n+1)$;

Nel caso in esame la gerarchizzazione è stata condotta sulla base del reticolo idrografico prodotto dal SITAR opportunamente revisionato e corretto sulla CTR raster alla scala 1:10.000 (esso viene riportato nella Carta del reticolo idrografico).

Rio Fravega:

Il bacino del Rio Fravega presenta un'asta principale di ordine 4 molto lunga (4.25 Km su una L_{max} pari a 5.22 Km) che viene denominata Rio dei Berissi nella zona orientale dell'alto bacino sino alla confluenza con il rio che drena la Costa dei Raffi (ordine 3), nella porzione nord-occidentale. L'asta principale riceve sia in destra che in sinistra aste secondarie di ordine 1 o 2, sino alla confluenza in sinistra del Rio S. Giulia che drena la Valle Rugone (ordine 3), posta appena a monte del centro abitato di Lavagna.

I principali parametri geomorfici descrittivi del reticolo idrografico sono riassunti nella seguente tabella.

| <i>U</i> <i>N° ordine sottobacino</i> | <i>N_U</i> <i>Numero di aste</i> | <i>R_b</i> <i>Rapporto di biforcazione</i> | <i>N_d</i> <i>n° di aste N_U che si inseriscono su aste N_{U+1}</i> | <i>R_{bd}</i> <i>rapporto di biforcazione diretta</i> | <i>R</i> <i>Indice di biforcazione</i> |
|---|--|--|---|---|--|
| I | 51 | | 40 | | |
| II | 14 | 3.64 | 9 | 3.69 | |
| III | 4 | 3.50 | 4 | 2.20 | |

| | | | | | |
|----|---|-------------|--|-------------|-------------|
| IV | 1 | 4.00 | | 1.39 | |
| | | 3.69 | | 3.16 | 0.52 |

Tab. 2.3.4.2.1 - parametri caratteristici dell'organizzazione del reticolo

L'analisi geomorfica quantitativa evidenzia una distribuzione piuttosto regolare del numero dei bacini in rapporto al loro ordine gerarchico (Fig. 2.3.4.2.1)

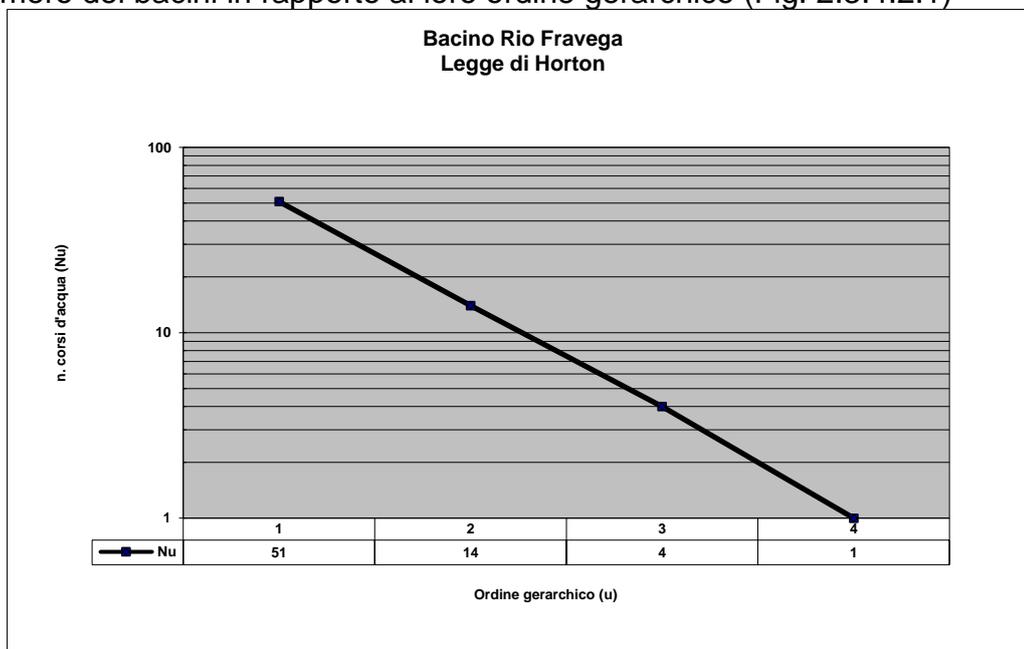


Fig. 2.3.4.2.1 – N° dei corsi d'acqua in rapporto al loro ordine gerarchico

Un parametro caratteristico è il rapporto di biforcazione (R_b) che esprime il rapporto tra il numero di segmenti fluviali di un dato ordine e il numero dei segmenti dell'ordine successivo. Il valore di tale rapporto si può dedurre attraverso la regressione lineare tra $\ln Nu$ ed u , secondo quanto illustrato in Fig. 2.3.4.2.2

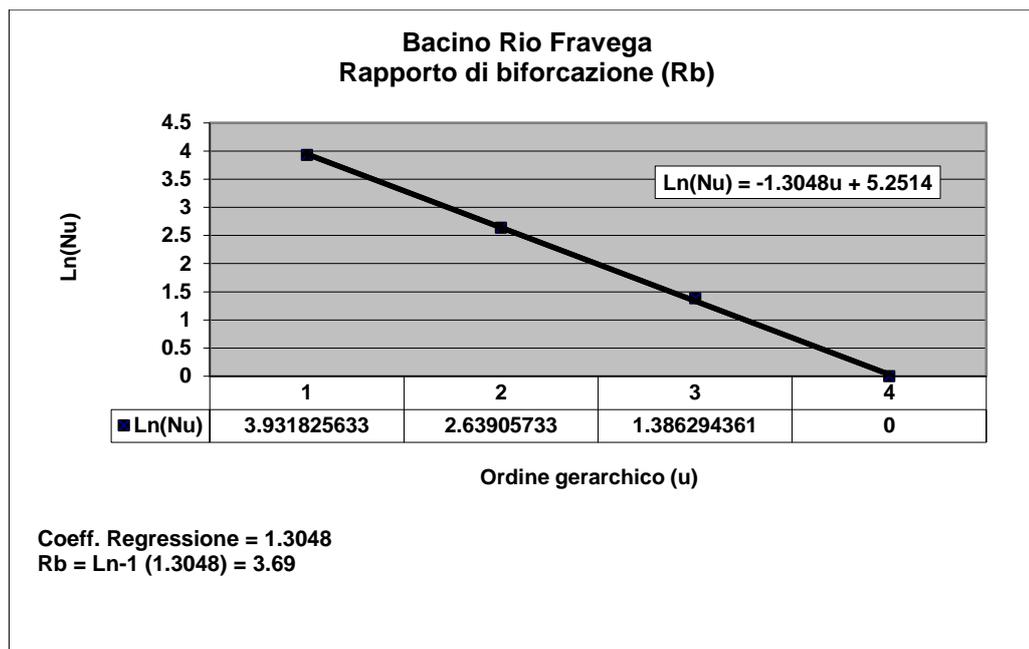


Fig. 2.3.4.2.2 – Regressione tra Ln(Nu) ed u (Strahler)

Il valore così ottenuto per il Rapporto di biforcazione ($R_b=3.69$) risulta compreso nel range (3-5) considerato medio, tipico di bacini a gerarchizzazione piuttosto regolare.

L'organizzazione gerarchica può essere definita anche con il rapporto di biforcazione diretta (R_{bd}) inteso come rapporto tra il numero di segmenti di un dato ordine che affluiscono in segmenti di ordine superiore ed il numero di questi ultimi. Tale valore viene ottenuto attraverso un procedimento analogo a quello applicato per il calcolo di R_b , e si ottiene:

$$R_{bd} = 3.16$$

E' stato quindi calcolato l'indice di biforcazione, inteso come la differenza tra i due parametri precedentemente espressi, poiché fornisce informazioni sulla struttura media della porzione anomala dell'intero reticolo idrografico.

Valori prossimi allo 0 rappresentano bacini che hanno raggiunto un alto grado di organizzazione gerarchica. Nel presente caso l'indice di biforcazione risulta abbastanza alto, a significare un certo grado di anomalia gerarchica.

$$\text{Indice di biforcazione } R = R_b - R_{bd} = 0.51.$$

La densità di drenaggio è calcolata in base alla seguente relazione:

$$D = L_t / S = 4.98/\text{km}$$

dove:

L_t = lunghezza totale di tutti i segmenti fluviali [km]

S = superficie del bacino [km²]

Un tale valore denota secondo la bibliografia classica un'area con reticolo mediamente sviluppato.

Rio Barassi

Il Rio Barassi assume ordine 5 a valle della confluenza con la Valle Cabanne (ordine 4), che drena la porzione mediana orientale del bacino. La rete idrografica è molto più sviluppata in sinistra idrografica, che costituisce gran parte della superficie dell'intero bacino, mentre in destra è costituita da rii secondari di ordine 1 e 2, che drenano la stretta porzione di bacino posta ad occidente dell'asta principale. Oltre alla valle Cabanne, il Rio Barassi riceve in sinistra gli apporti del Rio Sorlana (ordine 3), nella porzione più settentrionale e del Rio Cereto (ordine 3), che drena la parte meridionale.

I principali parametri geomorfici descrittivi del reticolo idrografico sono riassunti nella seguente tabella.

| U N° ordine sottobacino | Nu Numero di aste | R_b Rapporto di biforcazione | N_d n° di aste N _U che si inseriscono su aste N _{U+1} | R_{bd} rapporto di biforcazione diretta | R Indice di biforcazione |
|--------------------------------------|--------------------------------|---|---|---|---------------------------------------|
| I | 87 | | 59 | | |
| II | 21 | 4.14 | 16 | 2.81 | 2.81 |
| III | 5 | 4.20 | 4 | 3.20 | 3.20 |
| IV | 2 | 2.50 | 2 | 2.00 | 2.00 |
| V | 1 | 2.00 | | 2.00 | 2.00 |
| | | 3.09 | | 3.17 | -0.08 |

Tab. 2.3.4.2.1 - parametri caratteristici dell'organizzazione del reticolo

Anche per il bacino del Rio Barassi l'analisi geomorfica evidenzia una distribuzione regolare del numero dei bacini in rapporto al loro ordine gerarchico, come rappresentato in Fig. 2.3.4.2.3.

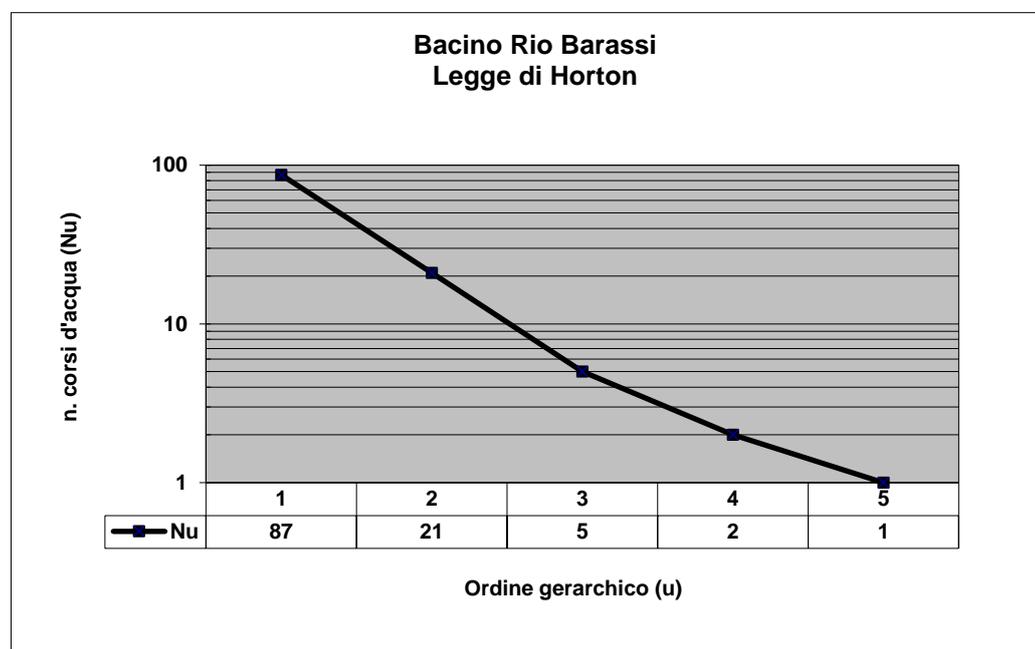


Fig. 2.3.4.2.3– N° dei corsi d'acqua in rapporto al loro ordine gerarchico

Con il procedimento descritto per il Rio Fravega è stato ricavato il valore del Rapporto di biforcazione R_b (Fig. 2.3.4.2.4).

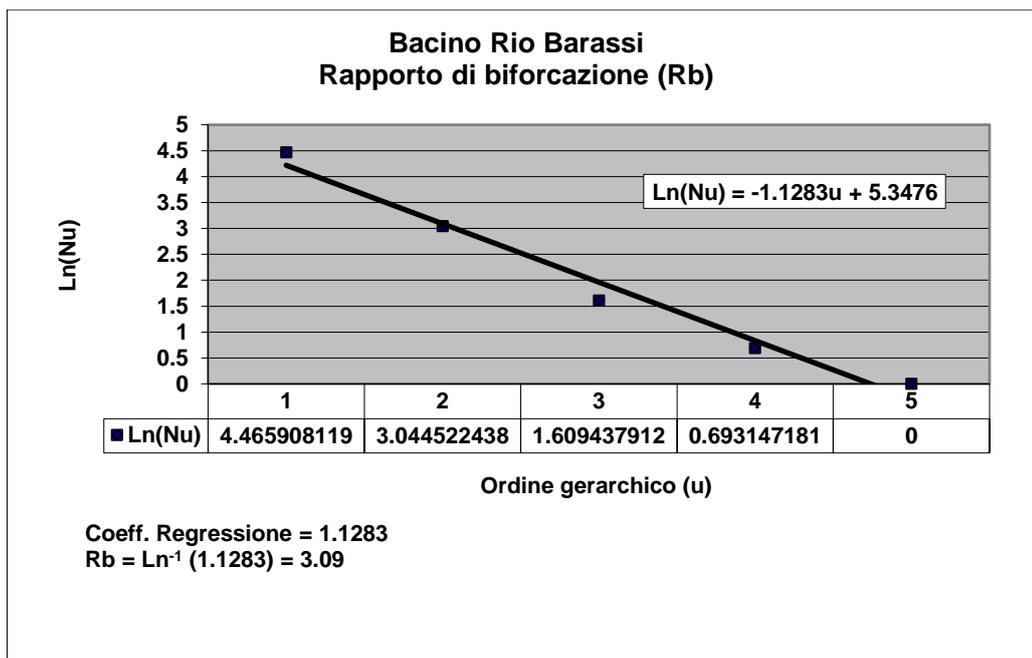


Fig. 2.3.4.2.4 – Regressione tra Ln(Nu) ed u (Strahler)

In questo caso il valore di R_b (3.09) risulta compreso nel range (3-5) considerato caratteristico dei bacini nei quali la struttura geologica non esercita forti distorsioni del reticolo idrografico.

Sono stati quindi ricavati il rapporto di biforcazione diretta R_{bd} e l'indice di biforcazione R:

$$R_{bd} = 3.17$$

$$R = -0.08.$$

La densità di drenaggio è calcolata in base alla seguente relazione:

$$D = L_t / S = 5.35/\text{km}$$

dove:

L_t = lunghezza totale di tutti i segmenti fluviali [km]
S = superficie del bacino [km²]

Un tale valore denota secondo la bibliografia classica un'area con reticolo mediamente sviluppato.

2.3.4.3 Caratterizzazione delle coperture

Le coperture detritiche presenti, si possono raggruppare in tre distinte tipologie:

- accumuli a carattere alluvionale
- accumuli di origine eluvio – colluviale
- accumuli di origine franosa.

Gli *accumuli a carattere alluvionale*, a loro volta si distinguono in spiagge, alluvioni mobili, alluvioni terrazzate recenti e terrazzi alluvionali di età antica.

Le alluvioni mobili (am) corrispondono all'alveo attuale e attivo in materiale sciolto, rimaneggiato e ampliato dalle piene e dalle divagazioni stagionali dei corsi d'acqua. Le alluvioni mobili attuali sono formate da materiale generalmente

grossolano. Lungo l'alveo le alluvioni si ritrovano con continuità a partire dal ponte dell'autostrada per il rio Fravega e da case Baranina per il rio Barassi.

Le alluvioni terrazzate recenti (ar) rappresentano le aree pianeggianti lungo il corso dei Torrenti, con ampio sviluppo nel tratto terminale ed, in misura minore, lungo il principale affluente del rio Fravega. Spostandosi dalla linea di costa verso l'interno, i depositi alluvionali si differenziano per granulometria, e passano da un materasso prevalentemente marino ad uno misto deltizio per finire ad uno di tipo fluviale. Queste aree, comunque, sono costituite in prevalenza da materiale argillo-sabbioso e sabbioso-ghiaioso con prevalente frazione fine.

I terrazzi fluviali di età antica (aa), sono rappresentati da piccoli lembi residuali situati a quote decisamente elevate rispetto al fondovalle attuale. Essi presentano materiale molto elaborato; si tratta di elementi a granulometria variabile con prevalenza delle parti fini, argillo sabbiose ben classate e talora con lenti ghiaiose. Depositi alluvionali antichi si ritrovano presso case Berisso e sotto la Murgia.

I depositi di spiaggia che ricadono nel bacino in esame sono di tipo "spiaggia aperta" e caratterizzano la linea di costa dalla foce dell'Entella sino a Scoglio del Cigno. Per spiaggia s'intende un accumulo lungo il litorale di materiali detritici di dimensioni maggiori a quelle dei costituenti i sedimenti lutitici.

Le *coltri eluvio-colluviali* sono dovute essenzialmente all'alterazione, fisica e chimica, della roccia in posto (eluvio) o rimossa e asportata dall'azione delle acque lungo zone depresse (colluvio). Lo spessore delle coltri varia a seconda dell'assetto geomorfologico: in genere è compreso tra uno e tre metri, ma si possono trovare accumuli anche superiori (in zone fortemente tettonizzate, ai piedi di versanti o in aree caratterizzate da alta alterazione del substrato). Questo tipo di coltre è espressamente diffusa sugli argilloscisti della formazione della Val Lavagna e sulle argille a palombini del lago di Giacobiane. Nella carta geomorfologica, a seguito del forte stato di alterazione di tali formazioni, si è deciso di associare ad esse una coltre a granulometria fine "cf", a matrice argillosa, di spessore compreso tra 1 e 3 metri, in quanto per tali formazioni risulta molto difficile distinguere il passaggio fra una copertura e la roccia alterata.

Nel caso di eluvi e colluvi originati a partire da substrati contenenti litologie poco alterabili (per esempio intercalazioni calcaree o arenacee), la composizione delle coltri presenta sempre forti componenti medio-grossolane e scheletro detritico poco elaborato.

Le coltri appaiono, oggi, sistemate in fasce contenute da muri in pietra lavorata a secco, di altezza variabile da uno a due metri, costruite dall'uomo nei secoli scorsi. Tali terrazzamenti sono destinati a colture d'essenze locali, soprattutto oliveto.

Le coltri di questo tipo, a seguito di eventi meteorologici intensi, possono presentare fenomeni di attivazione e movimenti gravitativi superficiali. Ciò è dovuto alla saturazione e imbibizione del materiale e al contrasto di permeabilità con le argilliti sottostanti. Frequenti sono poi i crolli dei muri di pietra laddove le fasce sono in stato di abbandono.

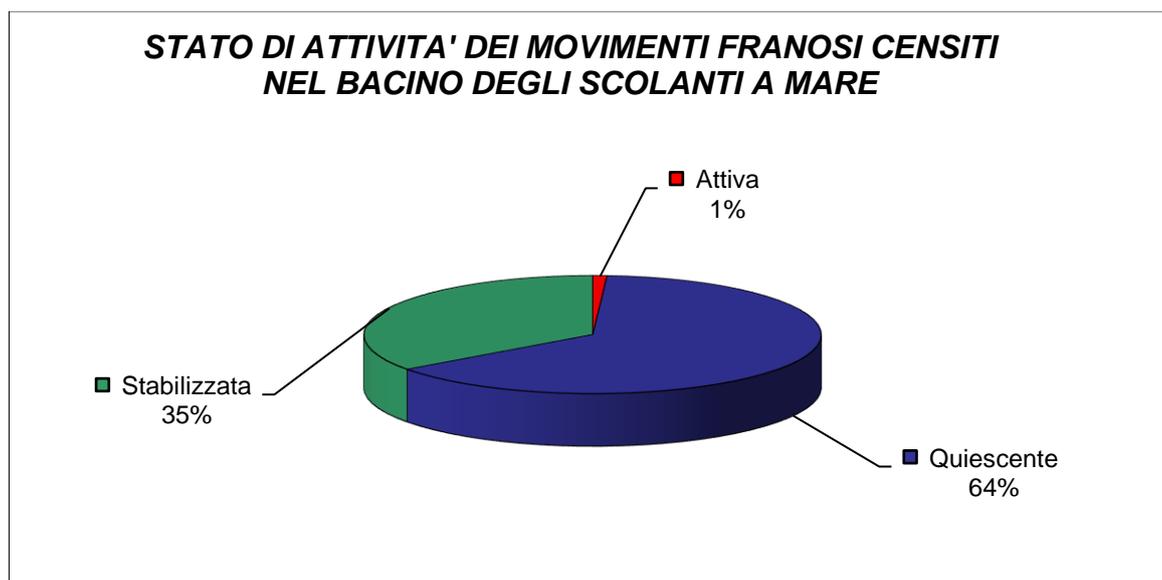
Le *coperture detritiche di origine franosa* rappresentano gli accumuli prodotti da locali fenomeni di dissesto antichi (*soliflusso*, *creeping*, scivolamenti planari e/o rotazionali ecc.), stabilizzati o quantomeno quiescenti, rimodellati e ricicatrizzati dagli agenti naturali esogeni, oppure da interventi antropici quali terrazzamenti agricoli. Si caratterizzano principalmente per una potenza in genere superiore ai tre metri e hanno una granulometria eterogenea e grossolana. Nella carta geologica con la sigla "dt" sono state riportate tutte quelle coperture di spessore > 3 metri di origine franosa e

eluvio colluviale, compresi i riporti, i quali sono stati poi raggruppati a parte nella carta geomorfologica.

2.3.4.4 Movimenti franosi

I fenomeni di instabilità di versante sono processi di modificazione del territorio che si realizzano in rapporto a diversi fattori di ordine geologico, morfologico, climatico ed antropico. L'identificazione ed il raggiungimento di un adeguato livello di conoscenza della franosità reale è avvenuto attraverso una serie di passi operativi che hanno comportato l'analisi di fattori geologici, geomorfologici e vegetazionali, e l'analisi dei principali parametri morfometrici. In particolare, ad una prima fase di ricerca bibliografica, ha fatto seguito un'analisi diretta del territorio effettuata sia utilizzando tecniche di telerilevamento sia con rilievi di campagna.

Nella carta geomorfologica sono stati quindi riportati tutti i principali movimenti gravitativi evidenziando, laddove era possibile, i corpi attivi, quiescenti o stabilizzati e le nicchie di distacco. Per corpo di frana s'intende quella porzione di territorio interessata da movimenti di versante in atto o quiescenti, che ha subito alterazione nell'assetto morfologico. Sono state inoltre cartografate come aree in frana quelle zone in cui si rilevano concentrazioni di movimenti diffusi superficiali, non cartografabili singolarmente, ma che assumono rilevanza nell'ambito dell'evoluzione complessiva del versante.



Le frane a volumetria ridotta e non cartografabili alla scala di bacino sono state ubicate e identificate con un apposito simbolo. Per quanto attiene i movimenti franosi, gli stessi sono stati estrapolati dalla carta geomorfologica su una apposita carta della franosità, in cui s'illustra la tipologia e lo stato della frana.

Per ognuno di questi dissesti, tra l'altro, è stata compilata una apposita scheda nella quale sono descritte dimensioni, cause, dinamica, ed interferenze tra la frana stessa e l'ambito circostante (allegato B).

In alcune zone si sono indicati solamente i cigli di frana attivi o quiescenti, in quanto l'accumulo non era presente o perché asportato dall'azione erosiva delle acque o perché impossibilitato a depositarsi a seguito della forte acclività del terreno o della sfavorevole giacitura della formazione rocciosa.

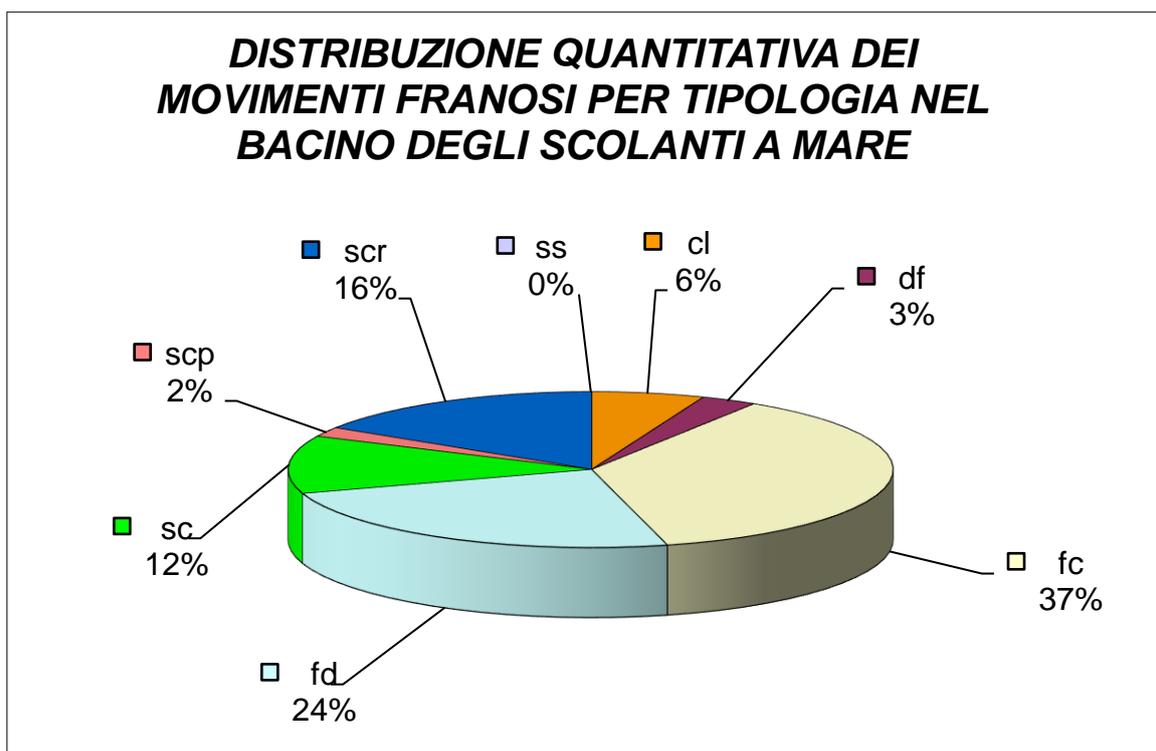
Sono state segnalate infine le principali direzioni di mobilitazione dei materiali sui versanti. L'apposita simbologia denuncia la presenza di detritazioni lungo canali di trasporto ed erosione nei quali i detriti appaiono temporanei e discontinui, proprio perché disposti su pendii acclivi e localmente incisi, dotati di continua dinamicità e quindi non perimetrabili.

Dall'analisi incrociata della carta geomorfologica con la carta geologica si riscontra come la maggior percentuale di aree in frana ricadono sulle ma LVG.

Questo è dovuto in parte alla alta percentuale di affioramento di tale formazione su tutto il bacino, ma soprattutto alla sua predisposizione al dissesto a seguito della sua natura eteropica. Infatti all'interno si possono trovare soglie di permeabilità, differenti comportamenti meccanici, diversi gradi di alterazione ecc.

Una dimostrazione di quanto annunciato, la si può trovare nell'analisi statistica dell'influenza della litologia sulla franosità. Il membro delle ardesie di Monte Verzi ha una maggiore tendenza a franare rispetto alle altre litologie presenti nel bacino.

Dall'analisi della carta della franosità reale si può determinare invece la distribuzione delle tipologie di frane.



La simbologia usata in legenda è quella utilizzata nella carta della franosità reale.

FC= frana complessa

CL= frana per crollo

SC= frana per scivolamento

FP= deformazione gravitativa profonda di versante

DF= colamento o debris flow

Dal diagramma si deduce che la tipologia più diffusa risulta essere quella denominata "frana complessa" seguita poi dagli scivolamenti sia planari che rotazionali. Per frana complessa s'intende una combinazione di una o più tipologie di movimento sia in

settori diversi della massa in movimento sia in fasi diverse di sviluppo del movimento (Varnes). Gli scivolamenti invece comprendono la maggior parte delle frane di medie e piccole dimensioni, e sono presenti su tutto il territorio, mentre le frane di crollo caratterizzano la linea di costa da Scoglio del Cigno in direzione Sestri Levante. La causa innescante di quest'ultima tipologia è da ricercarsi principalmente nell'azione erosiva del moto ondoso. Si è segnalata inoltre una D.G.P.V. tra rio Sorlana e Costa Lavagnini. La presenza di indicatori geomorfologici (trincee, forme di versante concavo-convessa) è correlabile ad una evoluzione gravitativa di versante anomala rispetto al morfotipo standard individuato.

2.3.4.5 Erosione superficiale ed elementi morfologici

I fenomeni erosivi sui versanti all'interno del bacino risultano estremamente diffusi nella zona a più alta energia di rilievo.

I fenomeni di ruscellamento diffuso e di erosione concentrata di fondo lungo gli impluvi si manifestano spesso associati e portano ad un dilavamento dei versanti con l'asportazione della coltre di suolo superficiale.

Questi fenomeni vengono in parte ridimensionati laddove il substrato è coperto da una vegetazione boschiva con un buon indice di efficienza idrogeologica. Il bosco infatti apporta una serie di azioni favorevoli nei confronti della stabilità. Esercita un'azione antierosiva dovuta soprattutto alla stabilità di struttura del suolo, ma anche alla funzione protettiva delle radici, ed esercita un'azione regimante in quanto intercetta dal 15% al 40 % delle acque meteoriche.

Una zona del bacino dove questi fenomeni si evidenziano in maniera particolare è la testata di Costa San Giacomo e Cresta Capenardo; in tale zona le forti pendenze, favorite dalla formazione marnosa, innescano fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato capaci di creare incisioni nei versanti.

Anche le pendici di Costa Zerba risultano interessate da fenomeni di ruscellamento diffuso ed erosione concentrata, in particolar modo nelle zone coperte da una coltre potente, più facilmente erodibile.

Episodi di erosione spondale si sono manifestati lungo i principali corsi d'acqua del reticolo idrografico, in particolar modo laddove il letto dell'alveo si è impostato lungo lineazioni tettoniche che hanno costretto il corso del fiume a brusche anse. Fenomeni di questo tipo possono ingenerare talvolta scalzamento al piede di versanti o di opere idrauliche con i conseguenti dissesti indotti.

Al fine di determinare la suscettività al dissesto si è ritenuto opportuno segnalare le principali rotture di pendio, con le quali si è inteso rappresentare il ciglio di scarpate rocciose particolarmente acclivi, la presenza di pareti rocciose subverticali e lineamenti tettonici generanti specchi di faglia non configurabili in veri e propri cigli di distacco. In molti di questi casi si è osservato come l'elemento geomorfologico possa determinare detrizioni, locali e temporanee, non classificabili come frane; da qui la necessità di distinguere forme attive da forme quiescenti.

Tutti i fenomeni di erosione di una certa entità sopra descritti, diffusi o concentrati, sono riportati nella Carta Geomorfologica.

2.3.4.6 Riporti artificiali

Nel corso dei rilevamenti effettuati all'interno del bacino sono stati individuati diversi siti caratterizzati da una forte modificazione delle originarie caratteristiche morfologico-naturalistico-ambientali: alcune di queste aree sono state indicate sulla carta geomorfologica come grossi riporti (la simbologia utilizzata per indicare tali aree sono dei triangoli pieni). I principali riporti sono i rilevati dell'autostrada nei pressi della Galleria Santa Giulia e della valle Rugone, e il parcheggio realizzato con le tecniche delle terre armate sotto il viadotto Rio Barassi.

2.3.4.7 Cave e Discariche

Numerose sono le cave di ardesia riconosciute su territorio in esame e tutte abbandonate spesso in epoche recenti. Sul perché del loro abbandono è inutile soffermarsi; fatto sta che ciò ha comportato crolli e cedimenti dei cunicoli e delle volte delle gallerie. Chi si è potuto addentrare ha constatato la complessità del loro sviluppo piano altimetrico con più diramazioni in direzioni e quote differenti. Raramente, comunque, si sono manifestati in superficie frane e cedimenti del terreno, a testimonianza di come i dissesti abbiano coinvolto porzioni di strati limitati.

Le discariche si sono localizzate nelle vicinanze delle cave di ardesia. Si tratta di discariche di materiali inerti costituiti da residui lapidei derivati dalla attività estrattiva ed accumulati in maniera caotica lungo i versanti. Possono essere sede di processi gravitativi.

L'esatta ubicazione delle cave e delle discariche è riportata nella carta geomorfologica.

2.3.4.8 Terrazzi fluviali

Sono stati distinti sia terrazzi marini che fluviali distribuiti a varie quote lungo i versanti e ben conservati solo sui crinali. Dove è stato possibile si sono indicati le radici di terrazzo che rappresentano il punto massimo di arretramento dell'erosione contro il rilievo in generale. Essendo i terrazzi fra le poche aree pianeggianti in un ambiente generalmente acclive, sono stati interamente occupati dall'espansione urbanistica e, nel tratto collinare, per scopi agricoli; conseguenza dello sfruttamento è stata la modificazione ed il mascheramento delle originarie caratteristiche morfologiche. Inoltre, la diffusa franosità che coinvolge la costa Ligure in generale ha qui certamente coinvolto e distrutto numerosi terrazzi.

Alcuni ordini di terrazzi di origine marina si possono osservare a ridosso della piana di Lavagna su substrato argillitico in località Serbio e San Benedetto.

2.3.4.9 Acclività

Per la realizzazione del tematismo dell'acclività è stata utilizzata la cartografia redatta da Regione Liguria nel 2001, al fine di uniformare la metodologia di studio in tutti gli ambiti territoriali della Provincia di Genova.

La carta dell'acclività mostra il territorio diviso in aree con pendenze percentuali medie di ugual valore.

Sono state distinte sette classi di acclività evidenziate con colori percentuali in tono crescente secondo l'intervallo della pendenza del terreno.

I valori sono espressi in percentuale, da un minimo di 0%, che corrisponde alla pendenza nulla (pianura), ad un massimo di 100%, che corrisponde a 45° di pendenza.

La carta dell'acclività è stata realizzata a partire dal modello digitale del terreno (DTM) ottenuto dall'interpolazione di punti appartenenti ad una griglia a passo regolare di 40 metri.

Nella tabella 2.3.4.9.1 vengono riassunte le caratteristiche di acclività dell'area di studio, elencando la superficie totale e percentuale delle zone caratterizzate dalle diverse classi di acclività.

| Classi di acclività | | Σ aree m² | Percentuale |
|----------------------------|----------|---|--------------------|
| 1 | 0%-10% | 1310000 | 10.36% |
| 2 | 10%-20% | 1238125 | 9.80% |
| 3 | 20%-35% | 3157500 | 24.98% |
| 4 | 35%-50% | 3921875 | 31.03% |
| 5 | 50%-75% | 2942500 | 23.28% |
| 6 | 75%-100% | 56250 | 0.45% |
| 7 | >100% | 13750 | 0.11% |

Tab. 2.3.5.9.1 - Classi di acclività

Le classi 1 e 2 risultano presenti nella zona costiera ed in prossimità delle foci dei Rii Fravega e Barassi, in corrispondenza delle aree urbanizzate di Lavagna sul lungomare, nonché slatuariamente sui crinali. Circa l'80% dell'intera zona presenta pendenze comprese tra il 20% ed il 75%, mentre le classi a pendenza maggiore (6 e 7) coprono soltanto lo 0.5 % dell'intera superficie.

La classe più frequente sul bacino è la 4 (35% – 50 %).

In Fig 2.3.4.9.2 viene riportato il grafico delle frequenze delle varie classi di acclività.

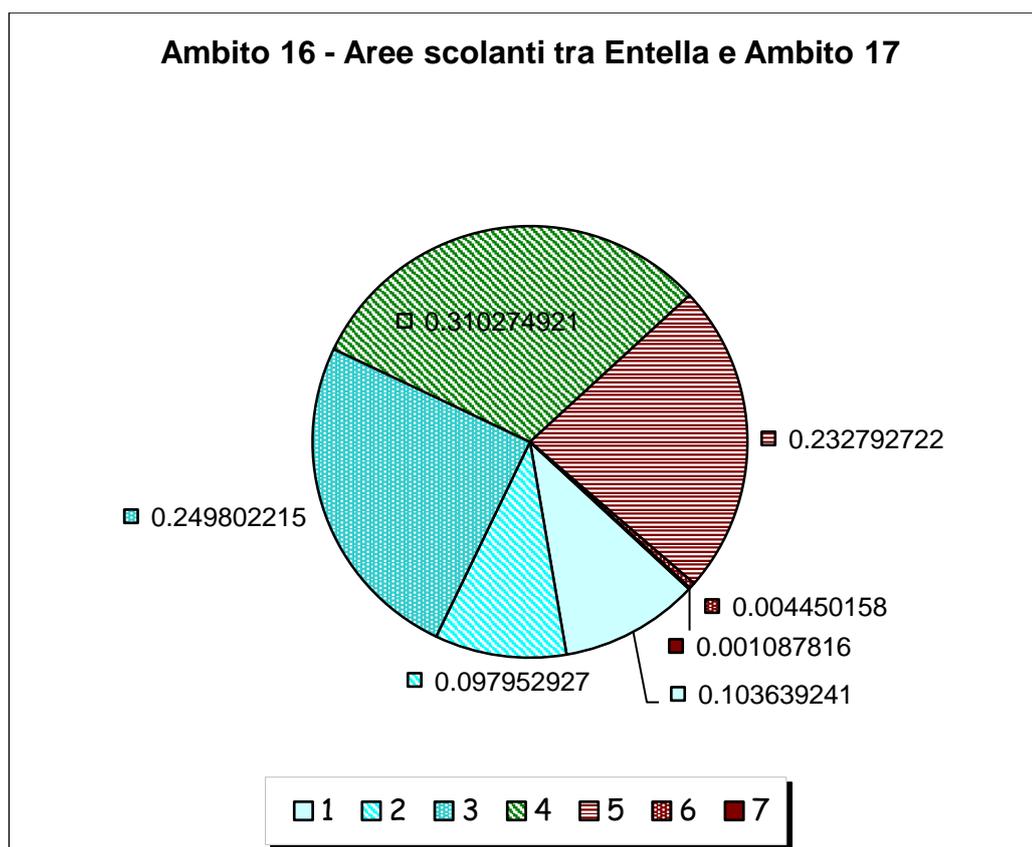


Fig. 2.3.4.9.2 – Frequenze delle diverse classi di acclività

2.4 IDROGEOLOGIA

2.4.1. ENTELLA - STURLA

Le risultanze dello studio della bibliografia esistente, della documentazione consultata (relazioni geologiche, studi a carattere comunale, ecc.) e le indagini in campagna hanno dato modo di redigere la Carta Idrogeologica in scala 1:10000 del bacino.

Nella Carta Idrogeologica, i terreni sono differenziati secondo la loro permeabilità in: permeabili per porosità, permeabili per fessurazione, fratturazione e carsismo, semipermeabili e impermeabili. Questa suddivisione si ispira alle caratteristiche idrogeologiche generali dei litotipi e non esclude quindi che localmente alcuni fattori, quali una intensa fratturazione, determinate condizioni giaciture o tettoniche, ecc., possano determinare variazioni di permeabilità.

Sulla cartografia sono state inoltre segnalate le principali sorgenti, i pozzi e le derivazioni d'acqua, distinguendoli a seconda della loro principale utilizzazione in uso potabile (A), uso industriale (B), uso irriguo (C) ed uso misto (D). La Carta Idrogeologica riporta anche la gerarchizzazione del reticolo idrografico, secondo il metodo proposto da Strahler (1957). Con tale sistema vengono classificati con il primo ordine le aste senza affluenti, col secondo ordine quelle derivanti dalla confluenza di due aste del primo ordine, col terzo ordine quelle derivanti dalla confluenza di due aste del secondo ordine e così via.

2.4.1.1 Permeabilità

Per quanto riguarda la permeabilità, i terreni all'interno del bacino sono stati suddivisi in quattro classi sulla base dei dati desunti dalla Carta Geolitologica, dalla bibliografia e dai rilievi eseguiti nel bacino:

- permeabili per porosità;
- permeabili per fessurazione, fratturazione;
- impermeabili.

I limiti delle aree appartenenti a ciascuna classe sono stati riportati sulla Carta Idrogeologica, con l'ausilio delle rilevazioni condotte in sito.

Zone Permeabili per Porosità

Sono state considerate tali tutte le zone interessate da depositi alluvionali, attuali, recenti o antichi, di terrazzo alluvionale, le coltri detritiche alluvionali e colluviali di una certa importanza ed infine i depositi morenici e crionivali presenti alle quote più elevate del bacino.

Per quanto riguarda i grandi accumuli di frana, il materiale detritico presenta in genere buone caratteristiche di permeabilità soprattutto per porosità, grazie alla elevata eterogeneità dei clasti (spesso queste zone costituiscono dei serbatoi idrici significativi). Le sorgenti generalmente si manifestano in questo caso al contatto tra materiale detritico e roccia in posto, spesso la loro presenza indica l'ubicazione del piano di scivolamento. In taluni casi si ha invece una circolazione idrica limitata alle porzioni superficiali del materiale franato, con la falda idrica che interseca il piano topografico nella parte alta del corpo di frana.

Zone Permeabili per Fratturazione, Fessurazione

Vengono inserite in questa classe le arenarie appartenenti alla formazione di Monte Gottero, i litotipi prevalentemente arenacei della formazione di Casanova, le brecce, le serpentiniti ed i diabasi appartenenti anch'essi alla formazione di Casanova. Infine vi ricadono i ridotti affioramenti di diaspri e di basalti appartenenti all'Unità Bracco-Val Graveglia.

Zone Impermeabili

Sono qui compresi: le argille a palombini del Lago di Giacopiane, il membro delle ardesie di Monte Verzi (formazione della Val Lavagna), le marne di Sopralacroce, gli argilloscisti della formazione della Val Lavagna e le argilliti di Giaiette. Questi litotipi, a causa della elevata percentuale di minerali argillosi presenti, sono sostanzialmente impermeabili. Tali rocce, che si comportano e si sono comportate in modo sostanzialmente plastico nei confronti delle deformazioni meccaniche innescate dai meccanismi orogenetici che le hanno interessate, possono tuttavia presentare localmente una certa permeabilità a causa delle frequenti intercalazioni di altri litotipi sotto forma di lenti, che possono assumere la funzione di serbatoi ed anche, seppur in misura più modesta, dell'intensa fratturazione di origine tettonica; inoltre le variazioni nella granulometria dei depositi sedimentari possono determinare l'instaurarsi di una falda idrica circoscritta, di modesta entità. Per questo motivo le sorgenti rinvenute in

questo litotipo sono generalmente localizzate o lungo le linee degli impluvi presenti, od alla base di coltri detritiche giacenti su tali rocce o lungo le fratture notevoli.

2.4.1.2 Pozzi, Sorgenti e Derivazioni

Sulla Carta Idrogeologica sono inoltre posizionati i principali pozzi, sorgenti e derivazioni, specificando, quando possibile, il loro utilizzo: potabile, irriguo o industriale; per le sorgenti è stata introdotta anche la suddivisione tra quelle captate e non captate.

Questi dati sono stati ottenuti da cartografie disponibili presso le sedi comunali interessate, dall'“Aggiornamento del Censimento Quali-Quantitativo dei Corpi Idrici della Regione Liguria”, da varia bibliografia e dal rilevamento diretto sul territorio.

Dall'analisi della distribuzione delle sorgenti, captate e non, sul territorio, emerge che numerose sorgenti si trovano all'interno della formazione delle Arenarie di Monte Gottero (permeabile per fratturazione, fessurazione); si tratta prevalentemente di sorgenti impostatesi per soglia locale di permeabilità all'interno della formazione stessa o per limite di permeabilità fra diverse formazioni, come accade spesso quando le arenarie si trovano topograficamente sovrapposte alle argilliti (un caso significativo è rappresentato dalla zona superiore del versante destro del Torrente Cicana dove, al contatto fra le arenarie del Monte Gottero e le sottostanti argilliti di Giaiette, esistono numerose sorgenti).

Con minore frequenza si ritrovano sorgenti anche nei litotipi argillitici (soprattutto in aree caratterizzate da alta frequenza di lineazioni tettoniche intersecantisi fra loro) e nei pressi di alcuni impluvi.

In alcuni casi gli accumuli detritici di maggiori dimensioni, e quindi presumibilmente anche più potenti, sono sede di gruppi di sorgenti localizzate, in modo particolare al contatto con il substrato meno permeabile.

La maggiore concentrazione dei pozzi presenti nel bacino si riscontra lungo i corsi d'acqua principali dei quali vengono sfruttate le falde di subalveo; in particolare le falde del Torrente Sturla e del Fiume Entella. Sono presenti anche alcuni pozzi all'interno di grossi e potenti accumuli detritici, in corrispondenza di contatti fra rocce a diverso grado di permeabilità ed in corrispondenza di lineazioni tettoniche di interesse notevole.

2.4.2. GRAVEGLIA

L'idrogeologia del bacino, tradotta sulla relativa cartografia tematica, evidenzia prioritariamente la scala della permeabilità delle formazioni presenti, secondo la seguente distinzione:

- formazioni permeabili per porosità
- formazioni permeabili per fessurazione, fratturazione e carsismo
- formazioni impermeabili

La carta idrogeologica, tra l'altro propone la gerarchizzazione del reticolo idrografico secondo Strahler, l'ubicazione dei principali pozzi e delle principali derivazioni d'acqua (distinguendo ove possibile l'uso potabile, l'uso industriale e l'uso irriguo), le emergenze captate e quelle non captate, i canali di irrigazione e le deviazioni d'acqua ed infine le zone di impregnazione.

Zone Permeabili per Porosità

Relativamente alle formazioni permeabili per porosità sono state inserite in questa classe di permeabilità tutti gli accumuli di materiali sciolti scarsamente cementati, quali le coperture detritiche di potenza da 1 a 3 m e quelle con potenza maggiore di 3 m, i depositi alluvionali mobili attuali, quelli recenti terrazzati e i terrazzi antichi; sono state inoltre riunite in questa classe gli accumuli delle frane attive o quiescenti, nonché quei riporti di origine antropica indicati nella carta geomorfologica come discariche e grossi riporti.

Zone Permeabili per Fratturazione, Fessurazione

Nella classe delle formazioni permeabili per fratturazione, fessurazione e carsismo sono state invece riunite tutte quelle formazioni massive o stratificate (che posseggono già a partire dal momento della loro formazione - *permeabilità per fessurazione*), oppure che vengono ad assumere a causa delle deformazioni tettoniche subite nel corso della loro storia geologica (*permeabilità per fratturazione - secondaria*); rientrano inoltre in questa categoria anche quelle litologie prevalentemente calcaree che sottoposte alla azione chimica delle acque meteoriche diventano sede di importanti processi carsici (*permeabili per carsismo*).

Ricadono nelle formazioni permeabili per fessurazione, fratturazione o carsismo i Calcari a Calpionella, le Arenarie del M. Gottero, i Diaspri di M. Alpe, i differenti tipi di breccie ofiolitiche (Brecce di M. Capra, Brecce Indifferenziate), le Oficalciti, i Gabbri, le Serpentiniti, i Diabasi e i Basalti (massivi o a pillows).

Zone Impermeabili

L'ultima classe di permeabilità considerata riguarda quelle formazioni che per loro natura litologica non permettono, nella generalità dei casi, un drenaggio profondo delle acque superficiali né l'instaurarsi di significativi meccanismi geologici nel sottosuolo.

Nell'ambito del bacino sono state individuate, come formazioni impermeabili, gli Argilloscisti di Val Lavagna, le Argilliti di Giaiette e le ardesie del Membro di Monte verzi.

Questi ultimi litotipi non risultano comunque del tutto impermeabili.

Con riferimento alla carta idrogeologica si può rilevare come il torrente Graveglia mantenga il sesto ordine del rio Orti, suo affluente, raccogliendo poi i deflussi del torrente Reppia e del torrente Chiesanuova, entrambi del 5° ordine.

Arealmente il bacino è costituito in maniera prevalente da formazioni permeabili o semipermeabili, a dimostrazione di meccanismi idrogeologici profondi di grande importanza.

L'ubicazione delle sorgenti, tuttavia, generalmente non risulta al confine tra formazioni a diversa permeabilità, bensì in corrispondenza di lineazioni tettoniche e/o al passaggio tra roccia subaffiorante e coltri potenti.

Ciò induce ad ipotizzare una forte influenza delle complicazioni tettoniche già riferite sul reticolo sottosuperficiale di drenaggio.

I percorsi idrici profondi determinano una buona salvaguardia della qualità delle acque e ciò è testimoniato dalla frequenza di sorgenti captate ad uso potabile.

Sul fondovalle la configurazione del modesto materasso alluvionale non ha costituito storicamente un acquifero significativo, tanto da non permettere la messa in opera di pozzi (a meno di modesti attingimenti a scopo irriguo).

Le caratteristiche idrogeologiche del bacino supportano il dato riguardante la mancanza di significative zone di impregnazione e di ristagno, ad esclusione di situazioni tanto localizzate da non poter essere cartografate.

Questo dato non contrasta tuttavia con quanto affermato circa il ruscellamento superficiale, che si attiva frequentemente su pendii con roccia affiorante ad alta acclività.

Molte problematiche, infatti, sono state rilevate proprio laddove concentrazioni di acque superficiali interferiscono con situazioni già predisposte al dissesto, senza che peraltro si configurino ristagni idrici.

Per quanto attiene infine gli scorrimenti di fondovalle, si rimanda alla trattazione illustrata nei capitoli di idraulica.

2.4.3. RUPINARO ed aree scolanti Ovest

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

Si sono differenziati i terreni secondo la loro permeabilità in: permeabili per porosità, permeabili per fessurazione, fratturazione e carsismo ed impermeabili. Questa suddivisione si ispira alle caratteristiche idrogeologiche generali dei litotipi e non esclude quindi che, localmente, alcuni fattori, quali una intensa fratturazione, determinate condizioni giaciture o tettoniche, ecc., possano determinare variazioni di permeabilità.

Zone Permeabili per Porosità

Sono state considerate tali tutte le zone interessate da depositi alluvionali, attuali, recenti o antichi, di terrazzo alluvionale, spiagge e infine le coltri detritiche alluvionali e colluviali di una certa importanza.

Per quanto riguarda i grandi accumuli di frana, il materiale detritico presenta in genere buone caratteristiche di permeabilità soprattutto per porosità, grazie alla elevata eterogeneità dei clasti (spesso queste zone costituiscono dei serbatoi idrici significativi). Le sorgenti generalmente si manifestano in questo caso al contatto tra materiale detritico e roccia in posto; spesso la loro presenza indica l'ubicazione del piano di scivolamento. In taluni casi si ha invece una circolazione idrica limitata alle porzioni superficiali del materiale franato, con la falda idrica che interseca il piano topografico nella parte alta del corpo di frana.

Zone Permeabili per Fratturazione, Fessurazione

Vengono inserite in questa classe i calcari marnosi del Monte Antola.

Zone Impermeabili

Sono qui compresi le argille a palombini del Lago di Giacobiane, il membro delle ardesie di Monte Verzi e gli argilloscisti della Formazione della Val Lavagna. Questi litotipi, a causa della elevata percentuale di minerali argillosi presenti, sono sostanzialmente impermeabili. Tali rocce, che si comportano e si sono comportate in modo sostanzialmente plastico nei confronti delle deformazioni meccaniche innescate dai meccanismi orogenetici che le hanno interessate, possono tuttavia manifestare localmente una certa permeabilità a causa della presenza sia di frequenti intercalazioni

di altri litotipi, sotto forma di lenti, che possono assumere la funzione di serbatoi e sia, seppur in misura più modesta, dell'intensa fratturazione di origine tettonica; inoltre le variazioni nella granulometria dei depositi sedimentari possono determinare l'instaurarsi di una falda idrica circoscritta, di modesta entità. Per questo motivo le sorgenti rinvenute in questo litotipo sono generalmente localizzate o lungo le linee degli impluvi presenti, od alla base di coltri detritiche giacenti su tali rocce o lungo le fratture notevoli.

Sulla cartografia sono state inoltre segnalate le principali sorgenti, i pozzi e le derivazioni d'acqua, distinguendoli a seconda della loro principale utilizzazione, in quelli ad uso potabile (A), uso industriale (B), uso irriguo (C) ed uso misto (D). Le principali sorgenti (Monte Castello e vallata rio Campdodonico) si trovano all'interno del membro delle ardesie di Monte Verzi, impostatesi per soglia locale di permeabilità all'interno della formazione stessa; altre sono ubicate al contatto tra i depositi alluvionali e gli argilloscisti (Bacezza e a sud di Rostio). Diverse sono inoltre le derivazioni d'acqua richieste, quasi tutte per uso irriguo. Le portate comunque emunte non sono significative. I dati sono stati raccolti presso le sedi dei Comuni e della Provincia di Genova Area 08.

2.4.4. Aree scolanti Est

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

Si sono differenziati i terreni secondo la loro permeabilità in: permeabili per porosità, permeabili per fessurazione, fratturazione e carsismo ed impermeabili. Questa suddivisione si ispira alle caratteristiche idrogeologiche generali dei litotipi e non esclude quindi che, localmente, alcuni fattori, quali una intensa fratturazione, determinate condizioni giaciture o tettoniche, ecc., possano determinare variazioni di permeabilità.

Zone Permeabili per Porosità

Sono state considerate tali tutte le zone interessate da depositi alluvionali, attuali, recenti o antichi, di terrazzo alluvionale, spiagge e infine le coltri detritiche alluvionali e colluviali di una certa importanza.

Per quanto riguarda i grandi accumuli di frana, il materiale detritico presenta in genere buone caratteristiche di permeabilità soprattutto per porosità, grazie alla elevata eterogeneità dei clasti (spesso queste zone costituiscono dei serbatoi idrici significativi). Le sorgenti generalmente si manifestano in questo caso al contatto tra materiale detritico e roccia in posto; spesso la loro presenza indica l'ubicazione del piano di scivolamento. In taluni casi si ha invece una circolazione idrica limitata alle porzioni superficiali del materiale franato, con la falda idrica che interseca il piano topografico nella parte alta del corpo di frana.

Zone Permeabili per Fratturazione, Fessurazione

Vengono inserite in questa classe le arenarie appartenenti alla Formazione di Monte Gottero.

Zone Impermeabili

Sono qui compresi le argille a palombini del Lago di Giacopiane, il membro delle ardesie di Monte Verzi e gli argilloscisti della Formazione della Val Lavagna. Questi

litotipi, a causa della elevata percentuale di minerali argillosi presenti, sono sostanzialmente impermeabili. Tali rocce, che si comportano e si sono comportate in modo sostanzialmente plastico nei confronti delle deformazioni meccaniche innescate dai meccanismi orogenetici che le hanno interessate, possono tuttavia manifestare localmente una certa permeabilità a causa della presenza sia di frequenti intercalazioni di altri litotipi, sotto forma di lenti, che possono assumere la funzione di serbatoi e sia, seppur in misura più modesta, dell'intensa fratturazione di origine tettonica; inoltre le variazioni nella granulometria dei depositi sedimentari possono determinare l'instaurarsi di una falda idrica circoscritta, di modesta entità. Per questo motivo le sorgenti rinvenute in questo litotipo sono generalmente localizzate o lungo le linee degli impluvi presenti, od alla base di coltri detritiche giacenti su tali rocce o lungo le fratture notevoli.

Sulla cartografia sono stati inoltri segnalati le principali sorgenti, i pozzi e le derivazioni d'acqua, distinguendoli, a seconda della loro principale utilizzazione, in quelli ad uso potabile (A), ad uso industriale (B), ad uso irriguo (C) e ad uso misto (D). Diverse sono le derivazioni d'acqua richieste, quasi tutte per uso irriguo, sia sui principali impluvi che sulle sorgenti. Le portate comunque emunte non sono significative. I dati sono stati raccolti presso le sedi del Comune e della Provincia di Genova Area 08.

2.5 USO DEL SUOLO

2.5.1 Caratteri generali

Nell'ambito degli studi relativi al Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi della Legge 267/98, la descrizione degli usi del suolo deve essere più che mai funzionale alla definizione delle classi di rischio attraverso l'incrocio con le altre carte tematiche.

L'analisi dell'uso del suolo nel presente Piano è stata effettuata in parte a partire dai risultati degli studi precedenti.

Lo studio, pur essendo specificatamente indirizzato all'individuazione delle problematiche di carattere idraulico ed idrogeologico, non deve infatti tuttavia trascurare gli aspetti naturalistici e produttivi (agricoli e/o forestali) dei bacini oggetto di indagine.

In questa ottica, la carta di uso del suolo, rilevando le utilizzazioni del territorio, si pone come uno dei principali strumenti per l'analisi dello stato attuale, nonché per l'individuazione delle più opportune soluzioni progettuali. Le attività umane interagiscono, direttamente o indirettamente, con l'ambiente e questo agire comporta, nella maggioranza dei casi una modificazione dell'assetto naturale.

La superficie delle aree comprese nel piano di bacino è rappresentata in gran parte da oliveti e zone forestali e l'estensione delle zone coltivate, in particolare ad oliveto, indica una considerevole utilizzazione antropica del territorio, passata e/o ancora in atto, che ha senza dubbio modificato la morfologia ed il soprassuolo naturale a vantaggio di uno sfruttamento agricolo dei versanti.

Tuttavia, se il presidio del territorio è riconosciuto quale elemento indispensabile al mantenimento delle condizioni di funzionalità idrogeologica di un bacino, è altrettanto vero che l'utilizzo delle risorse naturali (suolo, acqua, vegetazione ecc.) debba avvenire secondo criteri idonei ad una situazione di equilibrio con l'ambiente. In

caso contrario, le conseguenze potrebbero rivelarsi non meno dannose di quelle provocate dall'abbandono delle attività produttive medesime, aspetto che verrà in seguito approfondito. Le difficili condizioni morfologiche delle aree in esame, soprattutto le forti pendenze dei versanti per altro mitigate dai terrazzamenti, accentuano ancor più la necessità di operare correttamente, curando in particolare, lo smaltimento delle acque con sistemazioni idraulico agrarie adeguate, limitando fenomeni erosivi e dissesti provocati dal deflusso incontrollato.

L'immane opera di sistemazione dei versanti, eseguita con i terrazzamenti, oltre a rappresentare pressoché l'unica opportunità di sfruttamento delle vallate più acclivi, costituisce un efficace sistema di controllo delle acque e interessa quindi gli aspetti idrogeologici, agronomici ma anche quelli culturali e paesaggistici.

Per garantire ai terrazzamenti la funzione idraulica auspicata è però necessaria la presenza delle opere di regimazione (canalette di raccolta, acquidotti, ecc.) che debbono essere costantemente oggetto di manutenzione insieme agli stessi muri di sostegno. In assenza di tali opere o delle cure periodiche, lo smaltimento delle acque avviene in maniera via via più difficoltosa sino a dare luogo ad un veloce scorrimento superficiale. In caso di precipitazioni prolungate il drenaggio, assicurato dalla perfetta efficienza dei manufatti, viene a mancare e lo smaltimento dell'acqua risulta così difficoltoso; il terreno saturo di acqua accresce il proprio peso fino a che la forza di gravità produce una spinta che supera i valori di resistenza dei muri stessi. In corrispondenza dei punti di maggiore debolezza, si determina il crollo delle opere di sostegno, innescando forme di dissesto sempre più gravi. È evidente quindi che la presenza diffusa su tutto il territorio di versanti terrazzati imponga perciò una particolare attenzione a questo fondamentale aspetto.

2.5.2. ENTELLA – STURLA

La Carta di Uso del Suolo è stata redatta con il controllo e la revisione degli elaborati relativi alla vegetazione reale ed all'uso del suolo degli Studi Propedeutici. Non essendo realizzabile il controllo di ogni singola classe sull'intera superficie interessata dal Piano, si è proceduto per campioni individuando aree ritenute particolarmente sensibili, percorsi e punti panoramici dai quali è stato possibile avere una visione sufficientemente ampia da garantire la massima copertura dell'area.

Le diversità maggiori tra gli elaborati degli Studi Propedeutici e quelli previsti per i Piani Stralcio di nuova elaborazione si notano nella legenda di uso del suolo. Si riportano nella tabella che segue le due legende, in modo da consentire la leggibilità delle differenze esistenti.

| Studio Propedeutico | | Legenda Piani Stralcio | |
|---------------------|--|------------------------|--|
| 1 | TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE | 1 | TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE |
| 1.1 | zone urbanizzate | 1.1 | zone urbanizzate |
| 1.1.1 | tessuto urbano continuo | 1.1.1 | tessuto urbano continuo |
| 1.1.2 | tessuto urbano discontinuo | 1.1.2 | tessuto urbano discontinuo |
| 1.2 | zone industriali commerciali e reti di comunicazione | 1.2 | zone industriali commerciali e reti di comunicazione |
| 1.2.1 | aree industriali e commerciali | 1.2.1 | aree industriali o commerciali |
| 1.2.2 | reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori | 1.2.2 | reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori |
| 1.2.3 | aree portuali | 1.2.3 | aree portuali |
| 1.2.4 | aeroporti | 1.2.4 | aeroporti |
| 1.3 | aree estrattive e discariche | 1.3 | aree estrattive e discariche |
| 1.3.1 | aree estrattive | 1.3.1 | aree estrattive |
| 1.3.2 | discariche | 1.3.2 | discariche |
| 1.4 | zone verdi artificiali non agricole | 1.4 | zone verdi artificiali non agricole |

| | | | |
|---------|--|-------|--|
| 1.4.1 | aree verdi urbane | 1.4.1 | aree verdi urbane |
| 1.4.2 | aree verdi sportive | 1.4.2 | aree sportive e ricreative |
| 2 | TERRITORI AGRICOLI | 2 | TERRITORI AGRICOLI |
| 2.1 | seminativi | 2.1 | seminativi |
| 2.1.1 | seminativi in aree non irrigue t terrazzati | 2.1.1 | seminativi in aree non irrigue |
| 2.1.2 | seminativi in aree irrigue t terrazzati | 2.1.2 | seminativi in aree irrigue |
| | | 2.1.3 | seminativi, vivai, colture ortofloricole in piena ariat = terrazzati |
| | | 2.1.4 | seminativi, vivai, colture ortofloricole in serrat = terrazzati |
| 2.1.2.1 | seminativi, vivai,colture ortofloricole in piena aria t terrazzati | | |
| 2.2 | colture permanenti arboree | 2.2 | colture permanenti arboree |
| 2.2.1 | vigneti t terrazzati | 2.2.1 | vignetit= terrazzati |
| 2.2.2 | frutteti t terrazzati | 2.2.2 | fruttetit = terrazzati |
| 2.2.3 | oliveti t terrazzati | 2.2.3 | olivetit = terrazzati |
| 2.3 | aree prative | 2.3 | prati e pascoli |
| 2.4 | zone agricole eterogenee | 2.4 | zone agricole eterogenee |
| | | 2.5 | ex coltivi |
| 3 | TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI | 3 | TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI |
| 3.1 | zone boscate | 3.1 | praterie |
| 3.2 | zone a vegetazione arbustiva | 3.2 | zone boscate |
| 3.3 | zone con vegetazione rada o assente | 3.3 | zone caratterizzate da vegetazione arbustiva |
| 3.3.1 | spiagge, dune | | |
| 3.3.2 | rocce nude | | |
| 3.3.3 | aree con vegetazione rada (calanchi conoidi) | | |
| 3.3.4 | aree percorse da incendi recenti inf. a 2 anni | | |
| | | 3.4 | zone con vegetazione rada o assente |
| | | 3.4.1 | spiagge, dune |
| | | 3.4.2 | rocce nude |
| | | 3.4.3 | aree con vegetazione rada (calanchi, conoidi detritici) |
| | | 3.4.4 | aree percorse da incendi recenti inf.a 2 anni |
| 4 | ZONE UMIDE | 4 | ZONE UMIDE |
| 4.1 | zone umide interne | 4.1 | zone umide interne |
| 5 | CORPI IDRICI | 5 | CORPI IDRICI |
| 5.1 | acque continentali | 5.1 | acque continentali |
| 5.1.1 | corsi d'acqua, canali larghezza minima alveo m 10 | 5.1.1 | corsi d'acqua, canali largh.minima alveo m 10 |
| 5.1.2 | bacini d'acqua | 5.1.2 | bacini d'acqua |
| 5.2 | acque marittime | 5.2 | acque marittime |

Si osserva inoltre che la sigla 2.5 presente in cartografia non corrisponde ad alcuna categoria di uso del suolo in legenda, sebbene in effetti con questo numero venga indicata la classe degli ex coltivi.

Le differenze riscontrate invece tra la carta di uso del suolo e quanto rilevato direttamente sul terreno, rapportate all'estensione del bacino sono di entità trascurabile perché non alterano in maniera sostanziale la fisionomia del territorio e non incidono sulla suscettività al dissesto.

Le modifiche eseguite si riferiscono a:
 ampliamento di un'area con vegetazione rada (3.3.3) presso Monte Cucco in superficie precedentemente definita zona boschiva (3.1)
 inserimento di una zona agricola a vigneto (2.2.1 T) sul versante terrazzato sopra l'abitato di Borzonasca;
 inserimento del campo sportivo di Ponticello (1.4.2) lungo la strada Provinciale di Sopralacroce;
 differenziazione di zone agricole eterogenee (2.4) sopra il campo sportivo di Ponticello in zona precedentemente classificata come bosco (3.1);

attribuzione della categoria tessuto urbano discontinuo (1.1.2) al raggruppamento di Case Cerreto presso Mezzanego;
modifica della zona, sempre nei pressi di Mezzanego, indicata come oliveto (2.2.3) in realtà classificabile come ex-coltivi (2.5);
estensione dell'abitato di Zanoni;
inserimento di un'area prativa terrazzata (2.3) in località Molina presso l'abitato di Zanoni;
differenziazione di una vasta zona con rocciosità affiorante (3.3.2) Rocca marcia, sopra Pratosopralacroce;
eliminazione di un'area considerata prativa (2.3), e inclusione della superficie nella circostante area boschiva presso Case Poragin;
aggiunta del tessuto urbano discontinuo (1.1.2) corrispondente all'abitato di Cogorno e di La Costa;
inserimento del campo sportivo (1.4.2) in corrispondenza di "Ponte Birago" sul torrente Lavagna. L'area era precedentemente classificata in parte come Area industriale (1.2.1) ed in parte come Ex coltivi (2.5);
inserimento di zone agricole eterogenee (2.4) in zona (3.1);

Per ciò che riguarda la relazione descrittiva, che viene riportata integralmente, si nota una maggiore attenzione per i dati statistici e tabellari sulla distribuzione delle superfici, rispetto ad una illustrazione vera e propria delle classi di uso del suolo.

Prima di procedere alla disamina sistematica della distribuzione delle diverse classi d'uso, viene sinteticamente presentata la ripartizione, in termini assoluti e percentuali, delle superfici del bacino in riferimento ai diversi usi del suolo.

Si riportano di seguito le tabelle relative alla superficie agricola, alle coltivazioni ed agli allevamenti dei Comuni inclusi nel territorio del Bacino (Censimento Istat 1990), anche se come già evidenziato, nel bacino ricade complessivamente solo il 73% del totale del territorio dei Comuni di Borzonasca, Mezzanego, Carasco, Cogorno, Chiavari, Leivi e S. Colombano Certenoli.

| COMUNE | SEMINATIVI (A) | COLTIVAZ. PERMAN. (B) | PRATI PERMAN. E PASCOLI (C) | SUB TOTALE (A+B+C) | BOSCHI | ALTRO | TOTALE SAU | SUP. TOT. | % SAU |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|---|--------------------------|---------|---------|---------------|--------------|--------|
| S. Colombano C. | 99,53 | 210,1 | 227,04 | 536,67 | 1225,88 | 892,69 | 2655,24 | 4130 | 64,29% |
| Borzonasca | 52,71 | 762,94 | 1608,24 | 2423,89 | 2090,23 | 306,93 | 4821,05 | 8004 | 60,23% |
| Carasco | 59,49 | 116,71 | 3,07 | 179,27 | 202,49 | 167,4 | 549,16 | 860 | 63,86% |
| Leivi | 29,92 | 359,77 | 47,64 | 437,33 | 317,21 | 12,13 | 766,67 | 990 | 77,44% |
| Lavagna | 41,93 | 339,09 | 39,45 | 420,47 | 301,18 | 79,6 | 801,25 | 1370 | 58,49% |
| Mezzanego | 19,14 | 391,29 | 119,99 | 530,42 | 1572,23 | 134,9 | 2237,55 | 2886 | 77,53% |
| Chiavari | 42,75 | 404,82 | 21,17 | 468,74 | 179,16 | 53,34 | 701,24 | 1210 | 57,95% |
| Cogorno | 34,75 | 346,03 | 37,09 | 417,87 | 372,19 | 13,55 | 803,61 | 910 | 88,31% |
| | 380,22 | 2930,75 | 2103,69 | 5414,66 | 6260,57 | 1660,54 | 13335,8 | | |

Nota: Le superfici sono espresse in ettari
SAU = Superficie Agricola Utilizzata

Superfici colturali in ha (Fonte Censimento Istat 1990).

| COMUNE | CEREALI | ORTAGGI | FORAGGERE AVVICEND. | UVA DA VINO | OLIVO | FRUTTIFERI |
|-----------------|---------|---------|------------------------|-------------|--------|------------|
| S. Colombano C. | 17,05 | 22,13 | 8,64 | 15,21 | 73,25 | 90,35 |
| Borzonasca | 8,5 | 17,24 | 0 | 20,18 | 35,88 | 35,8 |
| Carasco | 3,16 | 26,35 | 0 | 8,62 | 75,29 | 21,93 |
| Leivi | 10,06 | 8,69 | 0 | 37,34 | 264,97 | 53,11 |
| Lavagna | 1,29 | 23,92 | 0 | 49,96 | 277,44 | 2,64 |
| Mezzanego | 2,56 | 7,95 | 3,63 | 58,33 | 49,52 | 144,46 |
| Chiavari | 0,85 | 19,34 | 1,04 | 34,45 | 344,81 | 6,15 |
| Cogorno | 0,88 | 18,93 | 0 | 139,79 | 180,15 | 19,64 |

Tabelle relative agli allevamenti Fonte Censimento Istat 1990.

| 1990 | ALLEVAMENTI | | ZOOTECNIA | | | |
|-----------------|------------------------------|-------|-----------|---------|--------|-------------|
| | Bovini e bufalini n° capi | Ovini | Suini | Caprini | Equini | Avicunicoli |
| S. Colombano C. | 353 | 190 | 45 | 117 | 9 | 3093 |
| Borzonasca | 410 | 462 | 120 | 209 | 35 | 2800 |
| Carasco | 16 | 0 | 0 | 17 | 0 | 1507 |
| Leivi | 44 | 31 | 52 | 91 | 2 | 1045 |
| Lavagna | 14 | 88 | 0 | 133 | 0 | 9014 |
| Mezzanego | 249 | 126 | 166 | 51 | 0 | 986 |
| Chiavari | 28 | 105 | 40 | 116 | 7 | 1587 |
| Cogorno | 84 | 100 | 6 | 85 | 0 | 3881 |

| 1996 - 1997 | Vitelli età inferiore a 6 mesi | Vitelloni età tra 6-24 mesi | Tori età superiore a due anni | Manze età superiore a 24 mesi | Vacche da latte |
|-------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Mezzanego | 27 | 10 | 0 | 2 | 12 |
| Borzonasca | 13 | 6 | 1 | 49 | 177 |
| In zona | Parco | Aveto | | | |
| | Bovini | Ovini | Caprini | Suini | Aziende |
| Borzonasca | 208 | 103 | 145 | 58 | 69 |
| Mezzanego | 3 | 28 | 29 | 0 | 9 |

Anche se non è semplice raffrontare questi dati, in quanto riferiti a superfici diverse e a situazioni assai differenti, si può tuttavia rilevare quanto segue:

- l'elevata diminuzione del patrimonio zootecnico, tra il 1990 ed il 1997, nei Comuni di Borzonasca e Mezzanego, storicamente più vocati alle produzioni zootecniche;
- la vistosa contrazione della superficie vitata a causa della virosi della flavescenza dorata, veicolata dalla cicalina *Scaphoides titanus* in quasi tutti i Comuni;
- sostituzione delle viti con fruttiferi;
- prevalenza della coltura promiscua rispetto alla coltura specializzata, specialmente nell'entroterra;
- sostanziale "tenuta" delle coltura dell'olivo e del nocciolo.

I raffronti che risultano più corretti sono quelli che riguardano i Comuni di Borzonasca e Mezzanego, che costituiscono la parte più ampia e settentrionale del territorio del Bacino.

Si riporta nel seguito una tabella riassuntiva con le diverse tipologie di utilizzo del suolo e le rispettive superfici e percentuali sul totale del bacino.

| SUPERFICIE TOTALE BACINO | | 14.626 | |
|--------------------------|--|-------------------|------|
| TABELLA USO DEL SUOLO | | SUPERFICI (ha) | % |
| 1 | TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE | | |
| 1.1 | ZONE URBANIZZATE | 922,78 | 6,13 |
| 1.1.1 | Tessuto Urbano Discontinuo | 60,26 | 0,4 |
| 1.1.2 | Tessuto Urbano Continuo | 341,45 | 2,3 |
| 1.2 | ZONE INDUSTRIALI COMMERCIALI E RETI DI COMUNICAZIONE | 51,79 | 0,3 |
| 1.2.1 | Aree Industriali e Commerciali | 45,26 | 0,3 |
| 1.2.2 | Reti Autostradali, Ferroviarie e Spazi Accessori | 6,53 | 0,04 |
| 1.3 | AREE ESTRATTIVE E DISCARICHE | | |
| 1.3.1 | Aree estrattive | 4,50 | 0,03 |
| 1.4 | ZONE VERDI ARTIFICIALI NON AGRICOLE | | |
| 1.4.1 | Aree verdi urbane | 5,59 | 0,03 |
| 1.4.2 | Aree verdi sportive | 5,70 | 0,03 |
| 2 | TERRITORI AGRICOLI | 1.745,64 | 11,9 |
| 2.1 | SEMINATIVI | 131,57 | 0,9 |
| 2.1.1 | Seminativi in aree non irrigue | 50,00 | 0,3 |
| 2.1.2 | Seminativi in aree irrigue | 81,57 | 0,5 |
| 2.1.2.1 | Seminativi, vivai, colture ortofloricole in piena aria e serre | 13,98 | 0,09 |
| 2.2 | COLTURE PERMANENTI ARBOREE | | |
| 2.2.1 | Vigneti e 2.2.2 frutteti | 135,43 | 0,9 |
| 2.2.3 | Oliveti | 643,30 | 4,3 |
| 2.3 | AREE PRATIVE | 313,37 | 2,1 |
| 2.4 | ZONE AGRICOLE ETEROGENEE | 378,25 | 2,5 |
| 2.5 | AREE INCOLTE O EX COLTIVI | 129,74 | 0,8 |
| 3 | TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI | | |
| 3.1 | ZONE BOSCADE | 10.664,57 | 72,9 |
| 3.2 | ZONE A VEGETAZIONE ARBUSTIVA | 699,48 | 4,7 |
| 3.3 | ZONE CON VEGETAZIONE RADA O ASSENTE | | |
| 3.3.2 | Rocce nude | 313,38 | 2,1 |
| 3.3.3 | Aree con vegetazione rada (calanchi conoidi) | | |
| 3.3.4 | Aree percorse da incendi recenti inf a 2 anni | 8,00 | 0,05 |
| 4 | ZONE UMIDE | | |
| 4.1 | ZONE UMIDE INTERNE | 3,93 | 0,02 |
| 5 | CORPI IDRICI | | |
| 5.1 | ACQUE CONTINENTALI | | |
| 5.1.1 | Corsi d'acqua, canali larghezza minima alveo 10 metri) | 92,52 | 0,6 |
| 5.1.2 | Bacini d'acqua | 38,81 | 0,2 |

Il territorio del bacino del Torrente Sturla e del Fiume Entella, che ammonta a circa 14.626 ha, risulta prevalentemente boscato (72,9%); al secondo posto abbiamo la destinazione agricola (11,9%), segue la copertura arbustiva (4,7%), al quarto posto (2,7%) la destinazione urbana ed al quinto le aree a vegetazione rada e le rocce.

Per quanto riguarda agli insediamenti industriali e commerciali (0,3%), sono concentrati in prevalenza nel Comune di Carasco.

La destinazione urbana che comprende il tessuto urbano continuo e quello discontinuo, vede la maggiore concentrazione nella piana alluvionale del fiume Entella, da località Rivarola di Carasco fino alla foce ed interessa tre Comuni: Lavagna, Cogorno e Chiavari.

Per quanto riguarda la destinazione agricola, la coltura prevalente è rappresentata dall'olivo (4,3%) con 643 ha, ubicati nelle colline di Carasco, Cogorno, Lavagna e Chiavari.

La coltura dell'olivo si trova anche nelle zone più interne come Borzonasca, Mezzanego e S. Colombano Certenoli, sui versanti collinari con esposizione favorevole (Sud o Sud-Est) ed al riparo dai venti settentrionali.

Tra le destinazioni agricole troviamo al secondo posto le colture agricole eterogenee (2,5%) con 378 ha, specialmente nelle zone interne. Questo tipo di destinazione si può spiegare col fatto che l'agricoltura delle zone più interne è legata all'autoconsumo ed al part-time, e svolge la funzione di presidio del territorio. Molte località si popolano infatti nei fine settimana e nei giorni festivi e molte operazioni colturali sono espletate in queste occasioni.

In ordine vengono poi le zone a prato ed a colture foraggere ubicate prevalentemente nei Comuni di Borzonasca, Mezzanego e S. Colombano Certenoli (Val Cichero), indicatrici di allevamenti e di produzioni zootecniche.

Il patrimonio zootecnico, relativo ai capi bovini (razze bruna alpina, pezzata nera, e altre) vede la presenza di 246 capi a Borzonasca e 57 capi a Mezzanego negli anni 1996 - 1997, contro i rispettivamente 410 e 249 del 1990. La diminuzione consistente del numero di capi può essere spiegata in parte con la nota vicenda amministrativa delle cosiddette "quote latte" ed in parte con l'invecchiamento della categoria degli allevatori. Attualmente il latte prodotto è ritirato dalle Cooperative dei Produttori della zona.

Le colture legnose (vigneti e frutteti), sono riuniti in una sola tipologia in quanto la specializzazione del vigneto è molto bassa, spesso consociato ad altri fruttiferi (peschi, albicocchi, susini, ecc).

Parte dei terreni vitati sono stati inclusi nelle colture promiscue a causa della consociazione tra colture arboree (vite, fruttiferi) e colture erbacee (orticole in maggior parte).

Il vigneto inteso come coltura arborea specializzata a ciclo poliennale non è più presente sul territorio (a parte superfici minime sotto gli standard cartografici richiesti).

Tra le colture legnose è prevalente la coltura del nocciolo, specialmente nel Comune di Mezzanego, con una superficie complessiva valutabile in 80 ha circa.

Abbastanza rilevante, anche se non sotto l'aspetto quantitativo (0,01% del territorio) per 13,98 ha circa, è la destinazione a vivai, serre e tunnel, ubicata nei comuni di Carasco, Cogorno, Chiavari e Lavagna dove si producono ortaggi, basilico, ma anche vasi fioriti (gerani, margherite, ciclamini), orchidee, e piante ornamentali, da esterno e da giardino.

Tali produzioni, conosciute in tutta la Liguria ma anche all'estero, costituiscono l'aspetto più qualificante e tecnicamente più avanzato del comparto agricolo del bacino.

Per quanto riguarda i seminativi, prevalentemente irrigui (81,6 ha), ubicati nella piana alluvionale dell'Entella, ma anche nei fondovalle di Mezzanego e Borzonasca, sono coltivati prevalentemente a colture orticole (pomodori, patate, mais, ed altro). Nella tipologia a seminativo da segnalare la quasi scomparsa delle colture cerealicole, relegate ad integratori della razione zootecnica.

La superficie sistemata a terrazze ammonta a circa 1207 ha, pari al 69% dell'intera superficie a destinazione agricola, anche se non sempre i muri a secco sono in buone condizioni. I terreni incolti, totalmente o in parte, ammontano a 129,74 ha (0,87%) e sono ubicati prevalentemente nelle frazioni dei paesi dell'entroterra. Queste situazioni rispecchiano la tendenza all'invecchiamento della classe degli imprenditori agricoli e alla cessazione dell'attività agricola.

In qualche caso le aree incolte interessano anche oliveti che tendono a diventare arbusteti o macchie e anche i nocioleti che evolvono verso il bosco di latifoglie misto o a prevalenza di castagno.

Si può osservare che anche nelle aree incolte permane, a volte, un livello minimo di operazioni colturali come lo sfalcio estivo ed il debbio invernale.

Tra le destinazioni d'uso del suolo è pure da segnalare l'area a vegetazione rada e a rocce nude (2,1%) con 313,38 ha situati in corrispondenza dei rilievi più alti ed impervi (Monte Ramaceto, Monte Aiona, Monte la Scaletta, Monte La Rocchetta ed altri) o nei pressi di zone particolari (zona del Passo della Forcella).

Da menzionare la superficie occupata da bacini d'acqua, per 81 ha circa, riguardanti i bacini dei laghi di Giacobiane, di Pian Sapeio, di Malanotte e Zolezzi.

2.5.3. GRAVEGLIA

La Carta di Uso del Suolo è stata redatta con il controllo e la revisione degli elaborati relativi alla vegetazione reale ed all'uso del suolo degli Studi Propedeutici. Non essendo realizzabile il controllo di ogni singola classe sull'intera superficie interessata dal Piano, si è proceduto per campioni individuando aree ritenute particolarmente sensibili, percorsi e punti panoramici dai quali è stato possibile avere una visione sufficientemente ampia da garantire la massima copertura dell'area.

La cartografia presente negli studi propedeutici presenta una legenda di uso del suolo corrispondente a quella fornita dalla Provincia di Genova per i più recenti Piani Stralcio, che viene riportata di seguito.

| | |
|-------|---|
| 1 | TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE |
| 1.1 | zone urbanizzate |
| 1.1.1 | tessuto urbano continuo |
| 1.1.2 | tessuto urbano discontinuo |
| 1.2 | zone industriali commerciali e reti di comunicazione |
| 1.2.1 | aree industriali o commerciali |
| 1.2.2 | reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori |
| 1.2.3 | aree portuali |
| 1.2.4 | aeroporti |
| 1.3 | aree estrattive e discariche |
| 1.3.1 | aree estrattive |
| 1.3.2 | discariche |
| 1.4 | zone verdi artificiali non agricole |
| 1.4.1 | aree verdi urbane |
| 1.4.2 | aree sportive e ricreative |
| 2 | TERRITORI AGRICOLI |
| 2.1 | seminativi |
| 2.1.1 | seminativi in aree non irrigue |
| 2.1.2 | seminativi in aree irrigue |
| 2.1.3 | seminativi, vivai, colture ortofloricole in piena aria t = terrazzati |
| 2.1.4 | seminativi, vivai, colture ortofloricole in serra t = terrazzati |
| 2.2 | colture permanenti arboree |
| 2.2.1 | vigneti t = terrazzati |
| 2.2.2 | frutteti t = terrazzati |
| 2.2.3 | oliveti t = terrazzati |
| 2.3 | prati e pascoli |
| 2.4 | zone agricole eterogenee |
| 2.5 | ex coltivi |
| 3 | TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI |
| 3.1 | praterie |
| 3.2 | zone boscate |
| 3.3 | zone caratterizzate da vegetazione arbustiva |

| | |
|-------|---|
| 3.4 | zone con vegetazione rada o assente |
| 3.4.1 | spiagge, dune |
| 3.4.2 | rocce nude |
| 3.4.3 | aree con vegetazione rada (calanchi, conoidi detritici) |
| 3.4.4 | aree percorse da incendi recenti inf.a 2 anni |
| 4 | ZONE UMIDE |
| 4.1 | zone umide interne |
| 5 | CORPI IDRICI |
| 5.1 | acque continentali |
| 5.1.1 | corsi d'acqua, canali largh. minima alveo m 10 |
| 5.1.2 | bacini d'acqua |
| 5.2 | acque marittime |

Le differenze riscontrate tra la carta di uso del suolo dello Studio Propedeutico e quanto rilevato direttamente sul terreno si riferiscono unicamente all'aggiunta del tessuto urbano discontinuo (1.1.2) che, nella stesura precedente non era stato considerato.

Sebbene, rapportata all'estensione del bacino, questa modifica sia di entità trascurabile perché non altera in alcun modo la fisionomia del territorio, è in ogni caso di estrema importanza poiché incide sulla determinazione delle zone a rischio.

2.5.4. RUPINARO ed aree scolanti Ovest

La Carta di Uso del Suolo in scala 1:10.000 su base fisionomica, è stata realizzata mediante il rilevamento diretto sul terreno ed il successivo confronto dei dati ottenuti con la Carta di Uso del Suolo della Regione Liguria in scala 1:25.000.

Le classi di uso del suolo rilevate vengono di seguito descritte, mettendo in evidenza gli aspetti che possono risultare di interesse specifico per il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico.

Le classi rilevate nel bacino di studio sono le seguenti:

- 1.1.1 Tessuto urbano continuo
- 1.1.2 Tessuto urbano discontinuo
- 1.2.1 Aree industriali e commerciali
- 1.2.2 Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori
- 1.3.1 Aree estrattive
- 2.2.1 Vigneti
- 2.2.3 Oliveti
- 2.4 Zone agricole eterogenee
- 2.5 Ex coltivi
- 3.2 Zone boscate
- 3.4.1 Spiagge, Dune
- 3.4.2 Rocce nude
- 5.1 acque continentali

1.1.1 Tessuto urbano continuo:

viene classificato come tessuto urbano continuo, avente una copertura dell'area perimetrata superiore all'80%, il centro abitato di Chiavari ed ha come limite settentrionale il viadotto dell'autostrada A12 Genova - Livorno.

La linea che delimita i bacini del Rupinaro e dell'Entella attraversa il centro di Chiavari, in corrispondenza della piazza N.S. dell'Orto.

Dal punto di vista storico è interessante rilevare come, durante il periodo medievale, si sia verificato uno spostamento delle popolazioni dai versanti collinari verso il litorale, e in questo periodo i nuclei storici già presenti, subiscono una espansione. In epoca più recente, nel secondo dopoguerra, parallelamente allo spostamento delle popolazioni rurali verso i centri industriali, vi è stata una significativa emigrazione anche verso le località costiere. A partire dagli anni '60, infine, si è instaurato un massiccio fenomeno di turismo balneare ed estivo che ha condotto alle trasformazioni urbanistiche più pesanti anche sotto il profilo ambientale.

L'espansione, legata principalmente al diffuso fenomeno della seconda casa, ha infatti modificato l'aspetto originario degli abitati, soprattutto nei tratti prospicienti i litorali.

Le aree classificabili come verde ornamentale pubblico e privato alle quali appartengono i giardini pubblici o privati ed i viali alberati, che sarebbe estremamente difficoltoso distinguere dal tessuto urbano e cartografare separatamente, vengono considerate all'interno di questa classe.

La presenza di aree verdi, ai pregi di carattere estetico ed ecologico, somma il vantaggio di concorrere alla riduzione della superficie impermeabilizzata. Ai fini del bilancio idrologico le precipitazioni, anziché confluire interamente nella rete fognaria vengono così in buona parte assorbite dal terreno; di queste, una percentuale è utilizzata dalle piante ed una porzione ritorna nell'atmosfera sotto forma di evaporazione e traspirazione. L'acqua, che attraverso il drenaggio viene lentamente raccolta nelle fognature è in effetti inferiore a quella che vi defluirebbe da una superficie completamente impermeabile, ed in un periodo di tempo più prolungato.

In caso di piena, nelle aree urbanizzate - che generalmente rappresentano la sezione di chiusura del bacino - le portate dei corsi d'acqua si sommano a quelle provenienti dagli scarichi fognari e, quanto più essi saranno alleggeriti da superfici assorbenti, tanto meno il sistema complessivo verrà messo in crisi, riducendo il rischio di inondazione.

1.1.2 Tessuto urbano discontinuo:

tutti gli altri insediamenti che all'interno dell'agglomerato urbano perimetrato non raggiungono la copertura minima pari al 50% vengono classificati come tessuto urbano discontinuo. Di grande importanza per la definizione delle zone a rischio, tra questi nuclei si possono elencare S. Pier di Canne e Restio lungo l'asta del t. Rupinaro a Nord dell'abitato di Chiavari, le frazioni di S. Bartolomeo, Maxena, Sanguinetto, Campodonico, S. Lorenzo, Bocco, S. Rufino, gli agglomerati situati nella zona denominata Liggia che si estendono fino a S. Andrea di Rovereto.

1.2.1 Aree industriali e commerciali:

l'area della fabbrica "Lames" a S. Pier di Canne lungo il corso del t. Rupinaro è l'unico insediamento industriale presente sul territorio. È interessante rilevare come la fabbrica, che si occupa della progettazione e della produzione di alzacristalli elettrici e manuali per il settore autoveicolistico, abbia ottenuto la certificazione ISO 9001 e AVSQ'94 a partire dal 1998 e dal 1999 anche la certificazione QS 9000. Da queste considerazioni si può desumere un certo grado di sensibilità sia sotto il profilo ambientale e sia della protezione civile nonostante la fabbrica sia localizzata in zona inondabile.

1.2.2 Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori:

la linea ferroviaria Genova - La Spezia che interessa l'abitato di Chiavari, mentre l'autostrada A12 Genova - Livorno attraversa il territorio del bacino con direttrice Est - Ovest dalla galleria dell'Anchetta all'imbocco della successiva galleria del Forno in corrispondenza dello svincolo di Chiavari e prosegue in superficie fino alla galleria di Rì Alto.

1.3.1 Aree estrattive:

a tale classe appartiene la ex cava è situata sul versante meridionale del M. Bacezza sul cui piazzale vengono depositati temporaneamente rifiuti solidi urbani.

2.2.1 Vigneti:

la superficie complessiva dedicata alla coltivazione della vite è estremamente modesta e la presenza di vigneti è solo sporadica.

L'unico vigneto cartografato si trova nell'alto corso del t. Rupinaro. Estensioni consistenti, ma non sufficienti ad risultare cartografabili si trovano nella valle del Rio Sanguinetto sui versanti esposti in maniera più favorevole; a S.Andrea di Rovereto; lungo il T. Rupinaro, a monte della fabbrica "Lames"; nella valle di Rì. La vite (*Vitis vinifera L.*) in questi casi si trova spesso consociata a colture ortive ed al frutteto trattandosi prevalentemente di filari sparsi nei pressi delle abitazioni rurali.

2.2.3 Oliveti:

contraddistinti in legenda con il n. 2.2.3, gli oliveti, si localizzano in massima parte su versanti terrazzati a quote comprese tra i 200 ed i 500 m s.l.m. nel bacino del Rupinaro e tra i 100 e 200 m s.l.m. nell'area scolante. Essi sono in molti casi alternati ad aree olivicole abbandonate a zone agricole eterogenee e a zone boschive. In questa classe sono comprese le aree in cui l'olivo è ancora oggetto delle cure colturali, anche minime, atte a mantenere la sua funzione produttiva; tali aree, nel bacino, sono diffuse lungo le pendici in sponda destra del t. Rupinaro presso Campodonico e a monte dell'A12. In sponda sinistra, un'estesa area ad oliveto, occupa invece gran parte del versante. Zone a oliveto sono presenti anche nella zona delle Grazie e a S. Andrea di Roverete, nella porzione scolante a mare.

L'oliveto, rappresenta la scelta di prevalenza nelle aree montane oltre i 200 m di quota.

Sebbene la coltivazione dell'olivo, in questa porzione di territorio, abbia subito e continui a subire un forte calo di importanza, dovuto principalmente alle necessità di manodopera e alle condizioni di lavoro non compensate da redditi adeguati, la superficie agricola è quasi interamente costituita da oliveto.

Il quadro dell'olivicoltura del Levante della Provincia di Genova appare tutt'altro che confortante. Impianti troppo fitti, piante filate, operazioni colturali inadeguate, mancanza di irrigazione, muri di fascia in precarie condizioni di manutenzione, denotano la necessità di un piano organico per la ristrutturazione delle superfici ad oliveto.

È comunque in atto una tendenza positiva, e da alcuni anni si assiste al recupero di parte degli oliveti invecchiati, ma ancora in buone condizioni vegetative e di produzione, ricostituendone quindi lo stato di efficienza anche sotto l'aspetto idrogeologico.

Uno studio per la pianificazione del territorio, che riguardi gli usi del suolo, non può ignorare le modificazioni intervenute nel corso degli anni.

Risultano sicuramente utili alla comprensione dei fattori che hanno determinato l'attuale situazione, le analisi di carattere socio-economico e, a tale scopo viene presa

in esame la interessante relazione dal titolo "L'olivicoltura nel Comune di Lavagna: l'oliveto polifunzionale" presentata dai Dr. A. *Consiglieri* e L. *Drosera* in occasione dell'incontro-dibattito "Olivicoltura: aspetti produttivi e ambientali" svolto a Lavagna il 4 Marzo 1990.

Dalle note introduttive si apprende che: *"è stato calcolato che il tempo di lavoro occorrente per la realizzazione del terrazzamento e l'impianto dell'oliveto ammonterebbe a 13 giornate per pianta corrispondenti, data una densità media di 500 piante/ha a 6.500 giornate per ettaro a cui bisogna aggiungere un elevatissimo numero di giornate lavorative occorrenti per le cure colturali e la raccolta; (...) il numero di giornate lavorative necessarie per un oliveto è variato di poco nel tempo, almeno in Liguria, trattandosi di una coltura difficilmente meccanizzabile. Principalmente per questo motivo la coltura dell'olivo negli ultimi due secoli è gradatamente entrata in crisi, mano a mano che ne diminuiva la redditività ed aumentavano le occasioni di lavoro alternative all'agricoltura. Una coltura ad alta necessità di mano d'opera qual è quella dell'olivo ha subito risentito dell'aumento del costo del lavoro portato dall'industrializzazione, non compensato da un pari aumento del prodotto olio. Come conseguenza si è assistito ad un progressivo abbandono della coltura collegato alle seguenti cause-effetti:*

- *età avanzata degli operatori;*
- *elevato grado di frammentazione fondiaria;*
- *prevalenza di oliveti dislocati su terreni in forte pendenza, difficilmente meccanizzabili;*
- *densità eccessive della coltura (fino a 700÷800 piante/ha);*
- *altezza eccessiva delle piante, spesso come conseguenza della densità troppo elevata;*
- *potature sporadiche ed errate, tali da indurre una marcata alternanza di produzione;*
- *degrado progressivo delle sistemazioni idraulico agrarie, con conseguente compromissione della stabilità dei versanti;*
- *invasione progressiva delle infestanti con successiva ingressione del bosco vero e proprio."*

E' interessante notare l'estrema scarsità di nuovi impianti; le piante hanno un'età media intorno ai 50 anni e, fatta eccezione per qualche sporadico intervento di ristrutturazione, consistente nella potatura di ringiovanimento e in un drastico diradamento degli individui si assiste alla situazione descritta in precedenza di una eccessiva densità di impianto ed il conseguente sviluppo in altezza della chioma.

Entrambe queste condizioni sono sfavorevoli alle pratiche colturali ed in particolar modo a potatura e raccolta, oltre a rappresentare un ostacolo alla circolazione dell'aria causando ristagni di umidità, ambiente ideale per l'insorgenza di malattie.

E' già stato sottolineato come l'oliveto sia diffuso in tutto il territorio indagato, tuttavia le zone in cui si sono rilevate le condizioni migliori sotto l'aspetto agronomico-colturale sono Maxena e Rì / S.Michele.

La produzione media, tenuto conto delle annate di carica e di scarica, è di 9÷12 Kg di olive/pianta, con una resa in olio tra il 20 ed il 22% con punte massime che sfiorano il 30%.

2.4 Zone agricole eterogenee:

la proprietà generalmente molto frazionata - nelle zone limitrofe ai centri abitati non sono rare particelle di poche centinaia di metri quadri - l'esigenza di sfruttare queste superfici per le produzioni destinate all'autoconsumo e la pratica sempre più diffusa del part-time, spiega la necessità di raggruppare in un'unica classe le zone agricole eterogenee presenti lungo l'asta del t. Rupinaro e nella parte settentrionale del bacino. Vengono riportate le tipologie che più frequentemente danno origine a questa classe. Si tratta soprattutto di vigneto, orto, frutteto, e oliveto, e non sono rare le situazioni in cui viene praticata la consociazione di tre o più colture differenti.

Nella piana del T. Rupinaro si registra la maggiore frequenza di questa tipologia, mentre si trovano casi isolati nella valle del Rio Sanguinetto.

Le specie più comuni nei frutteti sono il ciliegio (*Prunus avium* L.); il susino (*Prunus domestica*); il pesco (*Prunus persica*); il mandorlo (*Prunus dulcis*); l'albicocco (*Prunus armeniaca*); il fico (*Ficus carica* L.); i caki (*Diospyros kaki*); il nespolo del Giappone (*Eryobotria japonica*) il melo (*Malus domestica*); il pero selvatico (*Pyrus communis* L.); ed infine tra gli agrumi, il limone (*Citrus limonum*) e l'arancio (*Citrus sinensis*).

Per gli ortaggi, valgono le medesime considerazioni, essendo assai raro trovare coltivazioni orticole specializzate di estensione tale da poter risultare cartografabili.

2.5 Ex coltivi:

questa classe comprende gli oliveti abbandonati, diffusi a margine o all'interno di zone ancora coltivate e contraddistingue le superfici in cui è stato verificato, in seguito ai mutamenti delle condizioni socio-economiche, il completo abbandono delle attività agricole a vantaggio di altre occupazioni più redditizie.

Questa tendenza è in atto da alcuni decenni e si possono osservare aree nelle quali la coltura originaria non è più connotabile come tale, in cui tuttavia sono ancora distinguibili vecchi olivi.

La superficie interessata da questo fenomeno è ubicata nei pressi di Campodonico, nella zona urbana del Castello ed in altre parti del bacino e ricadendo altresì all'interno di zone agricole ove sono presenti oliveti ancora in esercizio. Zone a ex coltivi sono presenti anche a monte dell'abitato di Rovereto.

La formazione dei deflussi e l'assetto idrogeologico generale potrebbero essere influenzati dalle nuove condizioni instauratesi e ciò impone nei loro confronti un'attenzione particolare.

Nel calcolo delle portate ad esempio va tenuto conto che la situazione, rispetto al passato, risulta alterata e non è possibile quindi fare riferimento a considerazioni valide ai tempi in cui tali superfici, oggi trascurate, erano mantenute in perfetta efficienza anche nei loro aspetti idraulici.

Ciò che ha spinto il progressivo abbandono dell'oliveto si inserisce nel quadro socio-economico già descritto e trova comprensibili motivazioni nella forte richiesta di manodopera soprattutto nei periodi dell'anno legati ad operazioni colturali come la potatura e in particolar modo la raccolta, che fanno lievitare i costi di produzione raramente compensati da un'adeguata redditività della coltura; nella piccola dimensione delle aziende e nella struttura agronomica non sempre adeguata.

I casi più frequenti di oliveti in abbandono, sono quindi classificabili come ex coltivi e comprendono oliveti ancora ben individuabili come tali, a distanza apparentemente ancora in efficienza, ma che ad un esame più attento manifestano il loro stato di abbandono più o meno prolungato, con la presenza di specie infestanti sarmentose quali rovi (*Rubus spp.*), vitalbe (*Clematis vitalba* e *C. flammula*) o rizomatose: canne (*Arundo donax*), felci (*Pteridium aquilinum*) ecc. Lo sviluppo di

infestanti è frequentemente indotto dall'utilizzo del fuoco controllato come tecnica di diserbo. Questa pratica è scorretta sul piano ecologico ma, in effetti, se adottata costantemente limita la crescita delle infestanti. Non appena però sopraggiunge l'abbandono totale delle coltivazioni e quindi cessa anche l'utilizzo del fuoco, le infestanti trovano condizioni favorevoli al loro sviluppo, ostacolando la diffusione di altre specie arbustive e l'evoluzione verso formazioni più stabili richiederà perciò tempi molto più lunghi.

Osservando un oliveto alcuni anni dopo il suo abbandono, si può notare come spesso l'invasione delle infestanti abbia condotto al disseccamento e alla morte di molte piante; anche ad un esame superficiale le chiome disseccate svettano al disopra del manto di infestanti. La morte degli olivi ne riduce la stabilità fisica e li rende più soggetti a rischio di incendio, aggravando i problemi di stabilità generale del versante.

Se l'abbandono di pratiche colturali come il fuoco controllato favorisce lo sviluppo di infestanti, la suscettività ai fenomeni di dissesto risulta accentuata quando vengono a cessare la manutenzione ed il controllo delle opere di sostegno e di regimazione delle acque precedentemente attuati.

Contrariamente all'accezione comune, con l'abbandono delle coltivazioni non si ritorna, in tempi brevi ad una situazione naturale, bensì ad uno stadio regressivo e di degrado che può durare anche molti anni.

In alcuni casi il degrado, non solo di natura agronomica, ha raggiunto livelli tali da rendere estremamente difficoltoso un recupero funzionale come nelle valli del Rio Campodonico e del Rio Sanguinetto in cui per altro vi è la maggior concentrazione di oliveti abbandonati.

Altre situazioni, invece, possono essere riprese, se non per fini produttivi, sicuramente per mantenere le funzioni protettiva e paesaggistica. Il riferimento in questo caso è ad alcune zone presso Rovereto, ad aree urbane (Ospedale civ./Castello) o alla valle di Rì.

3.2 Zone boscate:

se si considera la vegetazione dal punto di vista delle caratteristiche funzionali di efficienza nei confronti della difesa del suolo e della regimazione delle acque, è opportuno rilevare come le formazioni boschive, in particolare quelle con struttura stratificata, costituite cioè da un piano erbaceo, dai piani arbustivi basso e alto e dai piani arborei basso e alto, raggiungano i valori più elevati sia per quanto concerne l'attenuazione degli impatti sul suolo delle precipitazioni, sia nei confronti dello scorrimento superficiale delle acque e quindi in definitiva nella riduzione delle portate solide e dei tempi di corrivazione. (La copertura boschiva risulta invece poco efficace nella riduzione degli impatti al suolo delle precipitazioni qualora il terreno sottostante sia privo di vegetazione erbacea o arbustiva e le piante superino in altezza i 15 - 20 m).

È necessario altresì premettere che i sistemi forestali debbono essere comunque posti in relazione con tutti gli elementi che concorrono alla formazione degli eventi di piena e la sua efficacia dipende dal peso che assume nel contesto degli altri fattori.

Nel bacino esaminato, le cenosi forestali sono costituite principalmente da boschi misti di latifoglie e resinose a struttura irregolare e con copertura variabile, in cui le resinose sono in massima parte di impianto artificiale. Indicate in legenda con il n. 3.2, le zone boscate sono diffuse prevalentemente in un'area estesa a monte dell'autostrada A12 e sul versante opposto con esposizione rivolta a Nord.

Tra le funzioni del bosco quella produttiva, è divenuta marginale; tuttavia la buona percorribilità delle aree forestali, grazie alla presenza di numerose strade e sentieri, potrebbe invece incoraggiare le prospettive di un utilizzo del bosco con scopi escursionistici e ricreativi, oltre che, naturalmente, protettivi di difesa del suolo.

Nei riguardi dell'efficienza idrogeologica, si può affermare che le superfici boschive esaminate non raggiungono, se non in casi estremamente limitati, un valore ottimale e si attestano su valori medi.

Bosco di latifoglie:

il bosco di latifoglie si trova in forma pura solo in pochi nuclei, mentre in tutte le altre superfici questa classe è mista a resinose, costituite essenzialmente dal pino marittimo (*Pinus pinaster Aiton*) e dal pino domestico (*Pinus pinea L.*) .

Nella composizione specifica prevale la roverella (*Quercus pubescens Willd.*) anche in quei boschi originariamente destinati alla coltivazione del castagno da frutto (*Castanea sativa Mill.*), nei quali sono ancora presenti esemplari in buone condizioni sia sotto l'aspetto fitosanitario sia come valore paesaggistico. Sono presenti inoltre il carpino nero (*Ostrya carpinifolia Scop.*) e l'orniello (*Fraxinus ornus L.*).

Purtroppo lo stato di degrado di questi popolamenti è piuttosto elevato, con densità eccessive, piante filate con forte sviluppo longitudinale, caratteristica, come si vedrà in seguito, comune alla maggior parte delle superfici forestali.

Bosco di latifoglie con presenza di conifere:

questa classe, interessa la parte più consistente del territorio boschivo ed è costituita da popolamenti giovani denominati anche boschi di "neo formazione", nei quali non è più riconoscibile una forma di governo non essendo propriamente né ceduo né fustaia.

Ne fanno parte il versante a Nord della valle del Rio Campodonico e l'"anfiteatro" alle pendici del M. Anchetta che si estende fino all'abitato di Campodonico, affacciandosi sul versante di Sanguinetto. Un altro nucleo si incontra percorrendo la strada di mezza costa che in Comune di Chiavari da S. Lazzaro raggiunge Rì Alto sul versante a Nord della valle del Fosso delle Castagne.

Il primo tratto, salendo lungo la strada da S. Lazzaro, è composto da robinia (*Robinia pseudoacacia L.*), con presenza di pino marittimo (*Pinus pinaster Aiton*). Proseguendo, la robinia viene sostituita da carpino nero e orniello e, nel sottobosco insieme all' erica arborea (*Erica arborea*) spuntano sporadiche plantule di leccio (*Quercus ilex L.*).

Il bosco manifesta condizioni di degrado sia per la presenza di robinia che per la elevata densità, soprattutto per i diametri minori, evidenziando l'assenza di interventi manutentivi.

Per quanto riguarda la valle del R. Campodonico, la composizione specifica è determinata, per le latifoglie in prevalenza da orniello, carpino nero e roverella e per le conifere da pino domestico (*Pinus pinea L.*) con individui sparsi o addensati in piccoli nuclei, pino d'Aleppo (*Pinus halepensis Miller*), "sconfinato" dall'altro versante e gruppi di cipresso comune (*Cupressus sempervirens L.*).

Sulle pendici del M. Bacezza si notano ancora le tracce di vecchi terrazzamenti che ospitavano la coltivazione dell'olivo ormai abbandonata da decenni, tanto che gli olivi sono ormai divenuti parte integrante del bosco. Lo stesso si verifica in altre località in cui l'olivicoltura è divenuta un ricordo di tempi lontani ed il bosco ha preso il sopravvento facendo scorgere a malapena le piante di olivo. Sul versante a Est di M. Castello e nella valle del R. Campodonico vi sono gli esempi più significativi.

Bosco di conifere:

a Campodonico e Maxena prevale il pino domestico (*Pinus pinea L.*) con la sporadica presenza di cipresso comune (*Cupressus sempervirens L.*), pino marittimo (*Pinus pinaster Aiton*) e pino d'Aleppo (*Pinus halepensis Miller*).

Bosco di conifere con presenza di latifoglie:

boschi di conifere quasi sempre di impianto artificiale nei quali le latifoglie tra cui l'orniello, il carpino nero, la roverella e talvolta l'olivo o il castagno, proveniente da ex castagneti da frutto o da cedui, si sono sviluppati in maniera più o meno evidente. La loro ubicazione è nella frazione di Maxena e a S. Bernardo tra Campodonico e Sanguinetto.

3.4.1 Spiagge e dune

il tratto del litorale di Chiavari è caratterizzato da una spiaggia che si estende dalla Colonia Fara sino al limite orientale del bacino ed è frequentata nel periodo estivo prevalentemente dagli abitanti di Chiavari e del vicino entroterra.

3.4.2 Rocce nude:

Questa classe, comprende gli affioramenti rocciosi e le scogliere che si snodano lungo tutta la fascia litoranea da Rovereto al limite dell'area urbanizzata.

5.1 acque continentali:

è classificabile in questa tipologia solamente il tratto terminale del t. Rupinaro che per gran parte di questa porzione, scorre in un alveo artificiale, completamente canalizzato.

2.5.5. Aree scolanti Est

Anche in questo caso, come per il bacino del T. Rupinaro, la Carta di Uso del Suolo in scala 1:10.000 su base fisionomica è stata realizzata mediante il rilevamento diretto sul terreno ed il successivo confronto dei dati ottenuti con la Carta di Uso del Suolo della Regione Liguria in scala 1:25.000.

1.1.1 Tessuto urbano continuo:

il tessuto urbano si estende lungo tutto il litorale dalle ultime propaggini a Levante dell'abitato di Lavagna, senza soluzione di continuità, fino a Cavi di Lavagna. Di questa lunga fascia, sono classificabili come tessuto urbano continuo, la porzione appartenente all'abitato di Lavagna e, passata la località Ripamare, il tratto fino a Cavi.

Dal punto di vista storico è interessante rilevare come, durante il periodo medievale, si sia verificato uno spostamento delle popolazioni dai versanti collinari verso il litorale, e in questo periodo i nuclei storici già presenti, subiscono una espansione. In epoca più recente, nel secondo dopoguerra, parallelamente allo spostamento delle popolazioni rurali verso i centri industriali, vi è stata una significativa emigrazione anche verso le località costiere. A partire dagli anni '60, infine, si è instaurato un massiccio fenomeno di turismo balneare ed estivo che ha condotto alle trasformazioni urbanistiche più pesanti anche sotto il profilo ambientale.

L'espansione, legata principalmente al diffuso fenomeno della seconda casa, ha infatti modificato l'aspetto originario degli abitati, soprattutto nei tratti prospicienti i litorali.

Le aree classificabili come verde ornamentale pubblico e privato alle quali appartengono i giardini pubblici o privati ed i viali alberati, che sarebbe estremamente difficoltoso distinguere dal tessuto urbano e cartografare separatamente, vengono considerate all'interno di questa classe.

La presenza di aree verdi, ai pregi di carattere estetico ed ecologico, somma il vantaggio di concorrere alla riduzione della superficie impermeabilizzata. Ai fini del bilancio idrologico le precipitazioni, anziché confluire interamente nella rete fognaria vengono così in buona parte assorbite dal terreno; di queste, una percentuale è utilizzata dalle piante ed una porzione ritorna nell'atmosfera sotto forma di evaporazione e traspirazione. L'acqua, che attraverso il drenaggio viene lentamente raccolta nelle fognature è in effetti inferiore a quella che vi defluirebbe da una superficie completamente impermeabile, ed in un periodo di tempo più prolungato.

In caso di piena, nelle aree urbanizzate - che generalmente rappresentano la sezione di chiusura del bacino - le portate dei corsi d'acqua si sommano a quelle provenienti dagli scarichi fognari e, quanto più essi saranno alleggeriti da superfici assorbenti, tanto meno il sistema complessivo verrà messo in crisi, riducendo il rischio di inondazione.

1.1.2 Tessuto urbano discontinuo

tutti gli altri insediamenti che all'interno dell'agglomerato urbano perimetrato non raggiungono la copertura minima pari al 50% vengono classificati come tessuto urbano discontinuo. La presenza di insediamenti abitativi lungo i versanti, legati principalmente alla coltivazione dell'olivo, è diffusa, ma si tratta in prevalenza di case sparse che non danno luogo ad un vero e proprio tessuto. Sono classificabili invece come tessuto urbano discontinuo oltre ai tratti costieri all'interno della lunga fascia in località Ripamare tra Lavagna e Cavi, i piccoli nuclei di S. Giulia, Barassi, Peschino, Sorlana e Crocetta.

1.2.2 Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori

la linea ferroviaria Genova - La Spezia attraversa tutta l'area lungo il litorale fino a Cavi dove si immette in galleria; l'autostrada A12 Genova - Livorno interessa l'area con due segmenti più a monte, a quote comprese tra i 30 ed i 100 m s.l.m.

2.2.1 Vigneti

la superficie complessiva dedicata alla coltivazione della vite è estremamente ridotta e la presenza di vigneti specializzati è solo occasionale.

L'unico vigneto cartografato ancorché di modesta estensione, si trova a monte dell'autostrada A12. La vite (*Vitis vinifera L.*) si trova più spesso consociata a colture ortive ed al frutteto o ancora in filari sparsi nei pressi delle abitazioni rurali ed è per questo inserita nella categoria zone agricole eterogenee.

2.2.3 Oliveti

contraddistinti in legenda con il n. 2.2.3, gli oliveti, si localizzano in massima parte su versanti terrazzati a quote comprese tra il livello del mare ed i 500 m circa s.l.m. e sono in molti casi alternati ad aree olivicole abbandonate e a zone boschive. In questa classe sono comprese le aree in cui l'olivo è ancora oggetto delle cure colturali, anche minime, atte a mantenere la sua funzione produttiva.

Gli oliveti si sviluppano sul versante meridionale lungo il confine dell'area con il bacino dell'Entella e per un'ampia fascia, sulla costa in tutto il tratto compreso tra Lavagna e Cavi. Altre zone ad oliveto meno estese, ma non meno importanti, sono distribuite in corrispondenza degli insediamenti rurali all'interno di zone boschive.

Sebbene la coltivazione dell'olivo, in questa porzione di territorio, abbia subito e continui a subire un forte calo di importanza, dovuto principalmente alle necessità di manodopera e alle condizioni di lavoro non compensate da redditi adeguati, la superficie agricola è quasi interamente costituita da oliveto.

Il quadro dell'olivicoltura del Levante della Provincia di Genova appare tutt'altro che confortante. Impianti troppo fitti definibili in molti casi boschi d'ulivo, piante filate, operazioni colturali inadeguate, mancanza di irrigazione, muri di fascia in cattive condizioni di manutenzione, richiedono a gran voce la necessità di un piano olivicolo organico per la ristrutturazione delle superfici ad oliveto.

È comunque in atto una tendenza positiva, e da alcuni anni si assiste al recupero di parte degli oliveti invecchiati, ma ancora in buone condizioni vegetative e di produzione, ricostituendone quindi lo stato di efficienza anche sotto l'aspetto idrogeologico.

Uno studio volto alla pianificazione del territorio, che interessi gli usi del suolo, non può prescindere dalle modificazioni intervenute nel corso degli anni.

Risulta sicuramente utile alla comprensione dei fattori che hanno determinato l'attuale situazione, un'analisi di carattere socio-economico e, a tale scopo si ritiene utile prendere in esame la interessante relazione dal titolo "L'olivicoltura nel Comune di Lavagna: l'oliveto polifunzionale" presentata dai Dr. A. Consiglieri e L. Drosera in occasione dell'incontro-dibattito "Olivicoltura: aspetti produttivi e ambientali" svolto a Lavagna il 4 Marzo 1990.

Dalle note introduttive si apprende che: *"è stato calcolato che il tempo di lavoro occorrente per la realizzazione del terrazzamento e l'impianto dell'oliveto ammonterebbe a 13 giornate per pianta corrispondenti, data una densità media di 500 piante/ha a 6.500 giornate per ettaro a cui bisogna aggiungere un elevatissimo numero di giornate lavorative occorrenti per le cure colturali e la raccolta; (...) il numero di giornate lavorative necessarie per un oliveto è variato di poco nel tempo, almeno in Liguria, trattandosi di una coltura difficilmente meccanizzabile. Principalmente per questo motivo la coltura dell'olivo negli ultimi due secoli è gradatamente entrata in crisi, mano a mano che ne diminuiva la redditività ed aumentavano le occasioni di lavoro alternative all'agricoltura. Una coltura ad alta necessità di mano d'opera qual è quella dell'olivo ha subito risentito dell'aumento del costo del lavoro portato dall'industrializzazione, non compensato da un pari aumento del prodotto olio. Come conseguenza si è assistito ad un progressivo abbandono della coltura collegato alle seguenti cause-effetti:*

- *età avanzata degli operatori;*
- *elevato grado di frammentazione fondiaria;*
- *prevalenza di oliveti dislocati su terreni in forte pendenza, difficilmente meccanizzabili;*
- *densità eccessive della coltura (fino a 700÷800 piante/ha);*
- *altezza eccessiva delle piante, spesso come conseguenza della densità troppo elevata;*
- *potature sporadiche ed errate, tali da indurre una marcata alternanza di produzione;*
- *degrado progressivo delle sistemazioni idraulico agrarie, con conseguente compromissione della stabilità dei versanti;*

- *invasione progressiva delle infestanti con successiva ingressione del bosco vero e proprio.*"

E' interessante notare l'assenza pressoché totale di nuovi impianti; le piante hanno un età media intorno ai 50 anni e, fatta eccezione per qualche sporadico intervento di ristrutturazione, consistente nella potatura di ringiovanimento e in un drastico diradamento degli individui si assiste alla situazione descritta in precedenza di una eccessiva densità di impianto ed il conseguente sviluppo in altezza della chioma.

Entrambe queste condizioni sono sfavorevoli alle pratiche colturali ed in particolar modo a potatura e raccolta, oltre a rappresentare un ostacolo alla circolazione dell'aria causando ristagni di umidità, ambiente ideale per l'insorgenza di malattie.

La produzione media, tenuto conto delle annate di carica e di scarica, è di 9÷12 Kg di olive/pianta, con una resa in olio tra il 20 ed il 22% con punte massime che sfiorano il 30%.

2.3 Prati e pascoli

le superfici occupate da prati e pascoli sono un fatto del tutto marginale perché la perdita di interesse per la zootecnia e l'abbandono delle cure colturali delle aree prative ha nel tempo modificato il soprassuolo di queste zone che sono state colonizzate da specie arbustive ed arboree e sono oggetto di una trasformazione verso l'arbusteto o il bosco.

Nel bacino si trovano solo due piccole aree ascrivibili a questa tipologia, presso la località S. Domenico a valle dell'autostrada.

2.4 Zone agricole eterogenee:

nelle zone agricole eterogenee presenti lungo l'asta dei corsi d'acqua principali Rio Fravega e del Rio Barassi ed in prossimità degli abitati di S. Domenico, S. Giulia e Sorlana, la proprietà è generalmente molto frazionata e non sono rare particelle di poche centinaia di metri quadri, per questo motivo raggruppate in un'unica classe.

È un dato di fatto piuttosto evidente che gran parte della superficie agricola sia frammentata e si possano trovare, concentrati in poco spazio, indirizzi colturali molteplici.

Si tratta nella maggior parte dei casi di vigneti non cartografabili come tali perché non raggiungono estensioni superficiali sufficienti e risultano difficilmente discriminabili da frutteto, orto ed oliveto.

Le specie più comuni nel frutteto sono il ciliegio (*Prunus avium L.*); il susino (*Prunus domestica*); il pesco (*Prunus persica*); il mandorlo (*Prunus dulcis*); l'albicocco (*Prunus armeniaca*); il fico (*Ficus carica L.*); il caki (*Diospyros kaki*); il nespolo del Giappone (*Eryobotria japonica*) il melo (*Malus domestica*); il pero selvatico (*Pyrus communis L.*); ed infine per gli agrumi il limone (*Citrus limonum*) e l'arancio (*Citrus sinensis*).

Per gli ortaggi, valgono le stesse considerazioni, essendo assai raro trovare coltivazioni orticole specializzate di estensione tale da poter essere cartografate.

2.5 Ex coltivi:

nell'area descritta, la superficie interessata da oliveti abbandonati è fortunatamente poco estesa e si limita a superfici di modesta entità a margine degli oliveti in attività.

questa classe comprende soprattutto ex oliveti diffusi intorno alle zone ancora coltivate e contraddistingue le zone in cui è si è verificato, in seguito ai mutamenti delle condizioni socio-economiche, il completo abbandono delle attività agricole a vantaggio di altre occupazioni più redditizie.

La formazione dei deflussi e l'assetto idrogeologico generale potrebbero esserne influenzati e ciò impone nei loro confronti un'attenzione particolare.

Nel calcolo delle portate ad esempio va tenuto conto che la situazione, rispetto al passato, risulta alterata e non è possibile quindi fare riferimento a considerazioni valide ai tempi in cui tali superfici, oggi trascurate, erano mantenute in perfetta efficienza anche nei loro aspetti idraulici.

Ciò che ha spinto il progressivo abbandono dell'oliveto si inserisce nel quadro socio-economico già descritto e trova comprensibili motivazioni nella forte richiesta di manodopera soprattutto nei periodi dell'anno legati ad operazioni colturali come la potatura e in particolar modo la raccolta, che fanno lievitare i costi di produzione raramente compensati da un'adeguata redditività della coltura; nella piccola dimensione delle aziende e nella struttura agronomica non sempre adeguata.

I casi più frequenti ex coltivi comprendono oliveti ancora ben individuabili come tali, a distanza apparentemente ancora in efficienza, ma che ad un esame più attento manifestano il loro stato di abbandono più o meno prolungato, con la presenza di specie infestanti sarmentose quali rovi (*Rubus spp.*), vitalbe (*Clematis vitalba* e *C. flammula*) o rizomatose: canne (*Arundo donax*), felci (*Pteridium aquilinum*) ecc. Lo sviluppo di infestanti è frequentemente indotto dall'utilizzo del fuoco controllato come tecnica di diserbo. Questa pratica è scorretta sul piano ecologico ma, in effetti, se adottata costantemente limita la crescita delle infestanti. Non appena però sopraggiunge l'abbandono delle coltivazioni e quindi cessa anche l'utilizzo del fuoco, le infestanti trovano condizioni favorevoli al loro sviluppo, ostacolando la diffusione di altre specie arbustive e l'evoluzione verso formazioni più stabili richiederà perciò tempi molto più lunghi.

Osservando un oliveto alcuni anni dopo il suo abbandono, si può notare come spesso l'invasione delle infestanti abbia condotto al disseccamento e alla morte di molte piante; anche ad un esame superficiale le chiome disseccate svettano al disopra del manto di infestanti. La morte degli olivi ne riduce la stabilità fisica e li rende più soggetti a rischio di incendio, aggravando i problemi di stabilità generale del versante.

Se l'abbandono di pratiche colturali come il fuoco controllato favorisce lo sviluppo di infestanti, la suscettività ai fenomeni di dissesto risulta accentuata quando vengono a cessare la manutenzione ed il controllo delle opere di sostegno e di regimazione delle acque precedentemente attuati.

Contrariamente all'accezione comune, con l'abbandono delle coltivazioni non si ritorna, in tempi brevi ad una situazione naturale, bensì ad uno stadio regressivo e di degrado che può durare molti anni.

3.2 Zone boscate:

Le zone boschive, indicate in legenda con il n. 3.2, rappresentano l'uso del suolo prevalente della parte orientale del bacino ed estendono propaggini anche verso il centro dell'area esaminata. Dal punto di vista della composizione specifica le formazioni prevalenti sono il castagneto ed il bosco misto di castagno con pino marittimo localmente colpito da forti attacchi di cocciniglia (*Matsucoccus feytaudi duc.*)

Se si considera la vegetazione dal punto di vista delle caratteristiche funzionali di efficienza nei confronti della difesa del suolo e della regimazione delle acque, è opportuno ribadire come le formazioni boschive, in particolare quelle con struttura

stratificata, costituite cioè da un piano erbaceo, dai piani arbustivi basso e alto e dai piani arborei basso e alto, raggiungano i valori più elevati sia per quanto concerne l'attenuazione degli impatti sul suolo delle precipitazioni, sia nei confronti dello scorrimento superficiale delle acque e quindi in definitiva nella riduzione delle portate solide e dei tempi di corrivazione. (La copertura boschiva risulta invece poco efficace nella riduzione degli impatti al suolo delle precipitazioni qualora il terreno sottostante sia privo di vegetazione erbacea o arbustiva e le piante superino in altezza i 15 - 20 m).

È necessario altresì premettere che i sistemi forestali debbono essere comunque posti in relazione con tutti gli elementi che concorrono alla formazione degli eventi di piena e la sua efficacia dipende dal peso che assume nel contesto degli altri fattori.

Nei bacini esaminati, le cenosi boschive sono costituite principalmente da ceduo di castagno (*Castanea sativa Mill.*) all'interno del quale vi è la presenza del pino marittimo (*Pinus pinaster Aiton*) di origine artificiale, misto per pedali o a gruppi. Si tratta quindi di boschi misti a struttura irregolare e con copertura assai variabile a partire dai nuclei di resinose molto radi in cui si contano pochi individui per ettaro fino a raggiungere una densità colma, dal 100% al 150%, dove prevalgono il castagneto e il bosco misto di latifoglie.

Tra le funzioni del bosco quella produttiva, dato anche il modestissimo valore merceologico soprattutto delle fustaie di resinose, è assolutamente marginale; tuttavia la buona percorribilità delle aree forestali, grazie alla presenza di numerose strade e sentieri, potrebbe invece incoraggiare le prospettive di un utilizzo del bosco con scopi escursionistici e ricreativi, oltre che, naturalmente, protettivi di difesa del suolo.

I danni provocati dalla cocciniglia hanno tuttavia indotto un progressivo diradamento delle pinete lasciando spazio allo sviluppo di uno strato di arbusti preparatori e di latifoglie la cui composizione specifica è caratterizzata da leccio, roverella, carpino nero, acero ed altre.

Si può quindi affermare che l'azione del matsucoccus, opportunamente seguita con una periodica manutenzione delle aree interessate, risulti meno dannosa di quanto possa apparire, per le opportunità di evoluzione verso forme più stabili offerte al bosco.

Sotto il profilo dell'efficienza biologica, la diffusione delle latifoglie testimonia una lenta, ma progressiva tendenza evolutiva dei soprassuoli verso formazioni più prossime alla vegetazione potenziale, in equilibrio con le condizioni ambientali.

Nei riguardi dell'efficienza idrogeologica, si può invece affermare che alle superfici boschive esaminate, nella parte più alta del bacino in cui prevale il castagneto è possibile attribuire un valore ottimale, mentre nella parte bassa - a partire da Costa Lavagnini - viene assegnato un indice medio. Questo è possibile perché, a dispetto della situazione localmente pessima della pineta, si nota la presenza al suolo di una copertura di arbusti e di plantule di latifoglie che migliorano sensibilmente le condizioni, sia nei confronti dell'erosione superficiale e sia nella regolazione dei deflussi.

3.3 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva:

le zone arbustive, rappresentate in cartografia con la sigla 3.3 si trovano alle quote più elevate lungo il crinale che segna il confine orientale dell'area scolante. Le località interessate sono S. Giacomo, Monte le Rocchette e Cresta del Capenardo. Nella composizione specifica di queste aree arbustive prevalgono le latifoglie mesofile tra cui il nocciolo (*Corylus avellana L.*), il corniolo (*Cornus mas L.*), il sanguinello

(*Cornus sanguinea L.*), , il biancospino (*Crataegus monogyna*), la rinnovazione di castagno, sebbene non siano assenti zone in cui si nota una fitta copertura di rovi (*Rubus ulmifolius Schott e Rubus sp.*)

Per quanto riguarda l'efficienza idrogeologica, la presenza dell'arbusteto costituisce una copertura del suolo spesso densa e continua che, pur non raggiungendo valori ottimali, l'azione di intercettazione delle acque meteoriche ne limita l'impatto sul terreno. In questo modo contribuisce a ridurre i fattori dell'erosione configurandosi come elemento a favore della conservazione del suolo. Pertanto, fatto salvo il rischio di incendio cui sono sottoposti questi popolamenti, si può loro attribuire un valore di efficienza idrogeologica medio.

3.4.1 Spiagge, dune:

tra Lavagna e Cavi il litorale senza soluzione di continuità è caratterizzato da una spiaggia di ciottoli che solo nell'ultimo tratto verso Sestri Levante, precisamente in corrispondenza della località S. Anna diviene roccioso.

3.4.2 Rocce nude:

gli affioramenti rocciosi localmente anche molto scoscesi, sono da riferire proprio a questa parte di litorale che si estende da S. Anna al limite dell'area scolante.

3.4.4 Aree percorse da incendi recenti inferiori a 2 anni:

secondo i dati raccolti presso il Comando Stazione di Lavagna del Corpo Forestale dello Stato, in questo ambito, le aree percorse da incendio sono due.

La prima si riferisce all'incendio avvenuto in data 16/17.03.2000 che ha interessato il bosco di castagno e roverella in località Crocetta - Violi individuabile a catasto sul Foglio n. 7 del N.C.T. del Comune di Lavagna.

La seconda di proporzioni assai più vaste, riguarda l'incendio del giorno 09.09.2000 avvenuto in località S. Anna - Costa di Lavagna - Villaggio Cledai (i cui riferimenti catastali sono il Foglio n. 15 del N.C.T. del Comune di Lavagna) che ha letteralmente distrutto il soprassuolo boschivo costituito da fustaia di pino marittimo. I boschi di resinose, con orizzonte arbustivo rappresentato da specie appartenenti alla macchia mediterranea sono sottoposti a fortissimo rischio di incendio e, contrariamente a quanto si pensi normalmente costituiscono un grave impoverimento del patrimonio floristico anche qualora avvengano in soprassuoli caratterizzati da specie erbacee ed arbusteti.

2.6 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA

Nel presente paragrafo si descrivono le caratteristiche dei tratti principali della rete idrografica.

2.6.1 ENTELLA - STURLA

Fiume Entella da confluenza con torrente Graveglia a foce

Il tratto d'alveo in oggetto è compreso tra la confluenza con il torrente Graveglia e lo sbocco a mare, per una lunghezza complessiva di circa 4600 metri.

In tale tratto l'alveo risulta inciso nelle alluvioni di fondo valle con un andamento sostanzialmente rettilineo in direzione NE-SO; esso presenta una sezione caratterizzata da una parte centrale più profonda (alveo di magra e di morbida) e da due ampie aree golenali caratterizzate da un elevato grado di urbanizzazione.

La piana alluvionale ha una larghezza complessiva variabile tra 150 e 400 metri, delimitata su entrambe le sponde dalla presenza della viabilità principale di collegamento con l'entroterra ai piedi del versante naturale.

L'alveo inciso ha una forma sostanzialmente trapezia con larghezze al fondo variabili tra 50 e 80 m circa, con allargamento a poco più di 100 m circa in prossimità dello sbocco a mare, ed altezza delle sponde variabile tra 4 e 6 metri circa; le sponde risultano perlopiù arginate con scogliere in massi naturali, il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni con presenza ai lati di depositi, in alcuni tratti anche di consistente entità, e di vegetazione arbustiva.

La pendenza media del fondo è variabile tra lo 0.13 per cento circa nel tratto compreso tra il viadotto autostradale e lo sbocco a mare e lo 0.28 per cento nel tratto di monte, con un valore medio pari allo 0.2 per cento circa.

Le aree golenali sia in sponda destra che in sponda sinistra risultano per la maggior parte invase da una serie di edifici, anche ad uso abitativo, che ne hanno compromesso in parte la funzionalità idraulica.

Lungo il tratto sono presenti, da valle verso monte, i seguenti manufatti di attraversamento: ponte della linea ferroviaria Genova - La Spezia, in c.a. a tre campate in prossimità dello sbocco a mare, ponte stradale della SS. No. 1 Aurelia, in c.a. a tre campate, circa 30 m a monte del precedente, ponte stradale di corso Dante, ad arco con 6 campate, ponte stradale della Maddalena, circa 1 Km a monte dello sbocco a mare, del tipo in pietra ad arco con 6 campate, passerella portatubi a due campate in località S. Martino, ponte stradale di Caperana in c.a. a tre campate, passerella pedonale in località Rivarola, a tre campate.

Affluenti minori in sponda sinistra

Rio Rondanea

Il rio Rondanea è piccolo un corso d'acqua che confluisce in sponda sinistra dell'Entella in prossimità di Panesi. L'asta principale ha una lunghezza di circa 1300 m; nella sua parte montana presenta pendenze elevate e attraversa zone non abitate; una volta raggiunta la piana alluvionale dell'Entella la sua pendenza si riduce notevolmente attestandosi intorno al 2%. Questa risulta anche la parte maggiormente urbanizzata e l'alveo è obbligato in sezioni rettangolari di larghezza media intorno a 2 m. Il corso d'acqua, dopo aver attraversato la strada comunale e quella provinciale defluisce attraverso sezioni pressochè rettangolari fino a raggiungere l'Entella. L'area del bacino chiuso alla foce è pari a 0,56 km².

Fossato San Salvatore

Il fossato San Salvatore, insieme al suo affluente principale rio della Pessa, confluisce in sponda sinistra dell'Entella in prossimità dell'abitato di San Salvatore di Cogorno. L'asta principale ha una lunghezza di circa 3000 m; la parte montana delle aste scorre in zone poco abitate e con pendenze elevate. Nel tratto vallivo entrambe i

corsi d'acqua risultano tombinati; al contrario, nell'ultimo tratto prima della foce, scorrono a cielo aperto.

Rio Rezza

Il Rio Rezza è un affluente di sinistra del Fiume Entella; il suo bacino si estende per 1,61 km² alle spalle dell'abitato di Lavagna, da una quota massima di 534,60 m. alla quota di 1,70 m. L'asta principale ha complessivamente lunghezza pari a 2,83 km.

Il bacino del rio Rezza è caratterizzato da una fascia iniziale collinare debolmente digradante e una fascia terminale pressoché pianeggiante che si sviluppa a margine della piana alluvionale dell'Entella. Nel suo complesso il bacino è scarsamente urbanizzato e presenta una copertura arborea nella parte alta mentre il tratto terminale è caratterizzato da un uso dei suoli a coltura o seminativo. In quest'ultimo tratto si concentrano gli edifici e le principali infrastrutture che interessano il bacino fatta eccezione del viadotto autostradale che attraversa la parte medio-alta del bacino. Nel suo complesso il bacino ha pertanto notevoli caratteristiche di permeabilità.

Il rivo nel suo tratto iniziale presenta un alveo naturale debolmente inciso che scorre in un bacino a medio-bassa acclività. Il tratto terminale ha andamento pressoché pianeggiante per una porzione relativamente estesa.

Appena a monte dell'area che – sulla sponda sinistra - è occupata dal Polo Ospedaliero di Lavagna, il rio Rezza accoglie in destra le acque dell'unico affluente significativo, il rio Beichetta. Dalla confluenza con il rio Beichetta fino al ponte di via Fieschi, l'alveo è stato fortemente antropizzato e ha fondo completamente plateato. In corrispondenza dell'Ospedale, l'alveo scorre tra argini in c.a. rialzati rispetto al piano di campagna mediamente di 2 m. A valle dell'Ospedale il rivo effettua una brusca curva a destra, transitando in mezzo ad alcuni edifici che di fatto hanno funzione di argine. Superato il tratto di via Rezza dove il rivo scorre in fregio alla strada, il corso d'acqua riacquista il fondo naturale, fino allo sbocco nell'Entella.

Torrente Lavagna da confluenza con torrente Sturla a confluenza con torrente Graveglia

Il tronco d'alveo interessa il tratto terminale del torrente Lavagna compreso tra la confluenza con il torrente Sturla e la confluenza con il torrente Graveglia, per una lunghezza complessiva di circa 3500 metri.

In tale tratto l'alveo risulta inciso nelle alluvioni di fondo valle e presenta una sezione caratterizzata da una parte centrale più profonda (alveo di magra e di morbida) e da due ampie aree golenali caratterizzate da un elevato grado di urbanizzazione.

Esso presenta un andamento meandriforme con andamento prevalente in direzione O-E. La piana alluvionale ha una larghezza complessiva variabile tra 150 e 400 metri, delimitata in sponda sinistra dalla viabilità principale di collegamento con l'entroterra e in sponda destra dal versante naturale e da alcuni tratti di viabilità locale.

L'alveo inciso ha una forma sostanzialmente trapezia con larghezze al fondo variabili tra 30 e 60 m circa e altezza delle sponde variabile tra 4 e 6 metri circa; le sponde risultano per diversi tratti arginate con scogliere in massi naturali, il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni con presenza ai lati di depositi, in alcuni tratti anche di consistente entità, e di vegetazione arbustiva.

La pendenza media del fondo è pari allo 0.27 per cento circa.

Le aree golenali sia in sponda destra che in sponda sinistra risultano per la maggior parte invase da una serie di edifici, perlopiù ad uso industriale e produttivo, che ne hanno compromesso in parte la funzionalità idraulica.

Lungo il tratto sono presenti, da valle verso monte, i seguenti manufatti di attraversamento: ponte carrabile in c.a. a tre campate in località Birago, ponte stradale della SS. No. 225, ad arco a tre campate, ponte Vecchio, ad arco con 8 campate in località Carasco.

Tratto terminale torrente Sturla da loc. Terrarossa a confluenza nel torrente Lavagna

Questo tratto d'alveo è costituito dalla porzione terminale del torrente Sturla compreso tra la località Terrarossa e la confluenza con il torrente Lavagna per una lunghezza complessiva di circa 2500 metri.

In tale tratto l'alveo risulta inciso nelle alluvioni di fondo valle e presenta anche in questo caso una sezione caratterizzata da una parte centrale più profonda (alveo di magra e di morbida) e da due aree golenali caratterizzate da un minore elevato grado di urbanizzazione rispetto a quelle del Fiume Entella e del tratto terminale del torrente Lavagna. costituito prevalentemente da aree e capannoni destinati ad attività produttive.

Esso presenta un andamento curvilineo caratterizzato dalla presenza di ampie curve con andamento prevalente in direzione NE-SO.

La piana alluvionale ha una larghezza complessiva mediamente pari a 200 metri circa, delimitata in sponda sinistra dalla viabilità principale di collegamento con l'entroterra e in sponda destra dal versante naturale e da alcuni tratti di viabilità locale.

L'alveo inciso ha una forma sostanzialmente trapezia con larghezze al fondo variabili tra 30 e 50 m circa e altezza delle sponde variabile tra 2 e 5 metri circa; le sponde risultano perlopiù naturali e per alcuni brevi tratti arginate con scogliere in massi naturali, il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni con presenza ai lati di depositi, in alcuni tratti anche di consistente entità, e di vegetazione arbustiva.

Il tratto è caratterizzato dalla presenza di una briglia in pietrame e malta dell'altezza di 5 m circa, ubicata circa 550 m a monte della confluenza con il torrente Lavagna, che presenta una marcata erosione al piede.

La pendenza media del fondo è pari allo 0.4 per cento nel tratto a valle della briglia e allo 0.58 per cento circa nel tratto a monte.

Lungo il tratto sono presenti, da valle verso monte, i seguenti manufatti di attraversamento: ponte della carrabile della SS. 225 in c.a. a tre campate, in prossimità della confluenza con il torrente Lavagna, passerella pedonale a quattro campate in località Terrarossa, circa 2 chilometri a monte della confluenza.

Tratto torrente Sturla da Borzonasca a loc. Terrarossa

Questo tratto è costituito dalla porzione del torrente Sturla compreso tra Borzonasca e la località Terrarossa per una lunghezza complessiva di circa 8000 metri.

Immediatamente a valle di Borzonasca l'alveo risulta incassato sul fondovalle, con larghezze che non superano i 20 - 30 m fino a Borgonovo, e presenta caratteristiche morfologiche tipiche di torrenti montani. A valle di Borgonovo il

fondovalle inizia gradualmente ad allargarsi, e l'alveo di magra risulta inciso in alluvioni di fondo valle.

Il grado di urbanizzazione nelle aree alluvionali è molto minore rispetto ai tratti prima esaminati: sono presenti esclusivamente alcuni capannoni destinati ad attività produttive nei pressi della confluenza del T. Cicana.

Lungo il tratto sono presenti, da valle verso monte, alcuni manufatti di attraversamento.

2.6.2 GRAVEGLIA

2.6.2.1 Affluenti di sinistra orografica.

Vallone del Confine

E' il primo rivo di una certa entità che si incontra sul versante sinistro della val Graveglia: nasce dalle pendici della costa di San Giacomo che, partendo dal m.te Capenardo, separa il territorio del comune di Nè da quello di Cogorno. Il suo bacino è fortemente boscato, pressoché privo di opere di antropizzazione. Ha sbocco nel corso principale tra Santa Lucia e Ponte di Gaggia.

Valle del Merlo e Rio Tolceto

Sono entrambi piccoli rivi (superficie intorno a 1 Km²) con caratteristiche molto simili: la parte alta presenta copertura vegetale molto ricca (Boschi del Merlo) e pendenze medie ridotte, mentre procedendo in basso le valli si stringono e acquistano maggiore pendenza. L'abitato di Tolceto (tra 250 e 350 m s.l.m.) sorge in una zona più pianeggiante; le sezioni di chiusura dei rivi si trovano a poche centinaia di metri l'uno dall'altro, tra Conscenti e Caminata.

Rio Sambuceto

E' il maggiore degli affluenti di sponda sinistra (2,22 Km²), presenta una forma tipica a triangolo, con parte alta più estesa e parte valliva più ristretta. Lo spartiacque culmina sul monte Capenardo, che separa la valle del Graveglia da quella del Gromolo. Il bacino possiede una buona copertura vegetale (castagneti).

Rio Frisolino

Nasce dal monte Domenico, che rappresenta la sella meno elevata per transitare tra le due valli limitrofe. Il bacino, in conseguenza del parziale dislivello, ha pendenze medie dei versanti e dell'asta piuttosto ridotte. Il 95% della sua superficie è coperta da boschi di angiosperme in mediocri condizioni. Il tratto terminale sbocca all'interno del nucleo abitato di Frisolino.

Rio Sagra

Ha un percorso molto breve (circa 1 Km) e raccoglie le acque scolanti sulle pendici occidentali del monte Bianco, che si eleva sopra Nascio con versanti molto ripidi e spogli: la copertura boschiva del bacino è infatti molto ridotta e di scarso valore.

Rio Bianco

E' un piccolo rivo a ridosso del monte Bianco, sul suo versante settentrionale. Ha termine all'altezza della località Pian di Fieno.

2.6.2.2 Affluenti di testata

Rio Novelli

Raccoglie i deflussi che discendono dalla dorsale che unisce il monte Bianco al monte Capra, quasi interamente superiore a 1000 m s.l.m.. All'interno del suo bacino si trovano i centri di Nascio e Cassagna. La parte alta del bacino, sino alla quota 650-700 m circa, è occupata soprattutto da prati e arbusteti, mentre verso valle sono presenti anche boschi di castagni. Ha sezione finale in località Ponte Lagoscuro, dove ha inizio il torrente Graveglia propriamente detto.

Rio di Statale

La massima quota dello spartiacque è rappresentata dal monte Porcile (1249,5 m s.l.m.): il bacino è compreso tra quello del rio Novelli a sud, il torrente Reppia a nord-ovest e la val di Vara a nord-est. In esso confluisce anche il rio degli Orti, che ha origine dal passo del Biscia. La presenza del paese di Statale, di numerose miniere e l'ubicazione del passo suddetto, che comunica agevolmente con la val di Vara, sono alla base di un reticolo stradale e di una presenza antropica mediamente più alta degli altri bacini. Fino agli 800 m circa si riscontrano fitti boschi, seppure non in ottimali condizioni.

Torrente Reppia

E' il maggiore dei bacini affluenti al corso d'acqua principale: con un'estensione di 22,2 Km², occupa circa un terzo della superficie complessiva. Ospita numerosi centri urbani, quali Reppia, Botasi, Arzeno, Prato. La sommità del bacino è il monte Zatta, che rappresenta anche la massima elevazione di tutta la val Graveglia. La parte più alta del bacino, a ridosso dello Zatta, presenta versanti molto scoscesi, pressoché spogli di vegetazione arborea, e corsi d'acqua fortemente incisi e ripidi ($i_a = 30\%$ circa). La parte pedemontana, a valle dell'abitato di Reppia, ha un'asta principale molto profonda, con tracciato tortuoso e versanti molto ripidi.

2.6.2.3 Affluenti di destra orografica.

Valle della Colla

Piccolo rivo affluente di destra, alle spalle del quale sorge l'abitato di Zerli. Nasce dalle pendici del monte Bossea. La valle è ricchissima di acque.

Torrente Chiesanuova

Nasce dall'unione dei due rivi Nossiglia e Terrisso. Anche questa valle è percorsa da strade e disseminata di piccoli nuclei urbani (Pontori, Nossiglia, Terrisso, Chiesanuova). Il rio Terrisso risulta molto più ricco di boschi rispetto al rio Nossiglia, il cui versante sinistro (Costa Comarella) appare molto "spellato". Il torrente Chiesanuova è detto anche Garibaldo e ha foce all'interno del paese di Conscenti, che attraversa in un tratto tombinato.

Torrente di Nè

Il suo bacino confina a nord con il rio di Mezzanego, affluente di sinistra dello Sturla. La superficie si presenta distribuita in maniera equa tra boschi e prati e pascoli. Nonostante la ridotta estensione presenta pendenze medie non rilevanti. (15-20%). Ha termine nel Graveglia in località Ponte di Gaggia.

Valle dei Paggi

Ultimo degli affluenti di destra del Graveglia, prima della sua immissione nell'Entella, sbocca all'altezza di S. Lucia.

2.6.2.4 Asta principale del t. Graveglia

A partire dalla confluenza tra i torrenti Reppia, Statale e Novelli in località Ponte di Lagoscuro, ha origine il Graveglia propriamente detto.

Il primo tratto, sino alla cava di Foppo, si presenta fortemente inciso: la sponda destra è percorsa dalla strada provinciale a monte della quale sono ubicate diverse cave a cielo aperto. In corrispondenza della cava di Foppo il torrente attraversa, in corrispondenza del ponte di accesso al piazzale, una gola molto stretta e profonda.

Dopo tale forra la valle si apre sulla piana di Frisolino, dove il torrente diminuisce sensibilmente la sua pendenza e manifesta diversi tratti con evidenti fenomeni di sovralluvionamento, soprattutto a monte dei restringimenti offerti dai ponti e in corrispondenza delle curve.

A valle il torrente prosegue serpeggiando con andamento sinuoso sino a Caminata, con pendenze medie, attraversando terrazzi di origine alluvionale che occupano il fondo valle. In alcuni tratti si sono riscontrate presenze di vegetazione in alveo, che ostruisce parzialmente la sezione di deflusso e che necessiterebbe di taglio e rimozione.

Immediatamente dopo l'abitato di Caminata l'alveo è occupato, per un tratto di circa 300 m, da blocchi lapidei di grosse dimensioni (qualche metro cubo) di presumibile origine estranea all'alveo: la pezzatura notevole dei massi fa escludere infatti la possibilità che essi siano stati qui trascinati dalla corrente e supporre invece una loro provenienza da un movimento franoso più o meno remoto.

Il nodo di Conscenti in cui confluisce il T. Chiesanova nel Graveglia esibisce notevoli depositi di materiale sia a monte che a valle.

Il tratto a valle di Conscenti, sino alla foce nel fiume Entella, ha caratteristiche pressochè costanti sull'intero sviluppo (circa 4,5 km): la pendenza è mediamente pari all'1%, le sezioni hanno forma trapezia o rettangolare di larghezza variabile tra 15 e 20 m (sino a 40-50 m nell'ultimo tratto, loc. Prioria) e altezza di 4÷5 m rispetto alle aree rialzate laterali, che quasi sempre sono occupate da coltivazioni o prati.

2.6.3 RUPINARO ed aree scolanti Ovest

2.6.3.1 Asta principale

I sopralluoghi effettuati sul torrente Rupinaro sono stati condotti nei mesi di giugno-novembre 2000, con l'obiettivo di individuare le principali caratteristiche del corso d'acqua che, abbinate ai rilievi topografici delle sezioni, formano un quadro completo per la successiva modellazione idraulica.

In particolare detti sopralluoghi sono consistiti nell'osservazione dell'asta fluviale per individuarne le caratteristiche morfologiche, le condizioni, la presenza di manufatti, al fine di individuare condizioni di criticità che possano comportare situazioni di rischio. Si sottolinea che, in particolare nella definizione delle caratteristiche

morfologiche, sovente sono state incontrate limitazioni alla visuale a causa della fitta vegetazione, più spesso nei tratti montuosi del bacino.

Per quanto concerne la descrizione che segue, l'asta principale del torrente è stata suddivisa in tre tratti ritenuti omogenei dal punto di vista delle caratteristiche morfologiche dell'alveo, individuati da monte verso valle:

Tratto I

Il tratto comprende circa un chilometro di corso d'acqua, ubicato nella porzione più montana nell'area considerata, praticamente priva di insediamenti urbani. L'alveo presenta andamento sinuoso, con sezione regolare ed ampiezza prevalentemente sui 2-3 metri, debolmente inciso nel substrato roccioso a tratti affiorante o comunque subaffiorante per presenza di modesti depositi ghiaiosi. Tali depositi presentano pezzatura granulometrica grossolana con ciottoli e talora blocchi. Raggiungono il massimo spessore (4-5 metri) per brevi tratti immediatamente a monte delle opere che, ostacolando il flusso della corrente, favoriscono la tendenza al deposito. Lo spessore tende gradualmente a diminuire risalendo verso monte fino alla comparsa in affioramento del substrato roccioso, presente regolarmente appena a valle delle stesse opere.

Le sponde del corso d'acqua sono generalmente naturali, in roccia subaffiorante, prive quindi di arginature, se non in corrispondenza di manufatti. Sono per la quasi totalità del tratto in questione completamente mascherate da una fitta vegetazione arbustiva, che talora nasconde alla vista lo stesso alveo.

Per quanto riguarda eventuali condizioni di criticità si cita la segnalazione relativa al ponte/tombotto in Via Garbuggi Comune di Leivi, la quale, con una certa frequenza annuale (2-3 volte all'anno) viene sormontata, con relativa invasione della sede stradale. Il ponte in corrispondenza della sezione RUP_S55 consente l'accesso ad una abitazione in fregio alla sponda destra rilevata di circa 4-5 m sul fondo alveo, con muro d'argine di protezione in pietrame a secco, ed in calcestruzzo a ridosso dell'opera stessa.

Dal punto di vista morfologico, l'alveo non evidenzia problemi particolari. Laddove visibili, le sponde non presentano segni di processi erosionali accelerati. Si segnala che appena a monte della sezione RUP_S44, la sponda destra è costituita da una parete sub-verticale di circa 15 m, il ciglio della quale lambisce la strada che risale dal fondovalle. Qualora si attivassero fenomeni di erosione spondale, peraltro non evidenti, interesserebbero per erosione regressiva la stessa sede stradale.

Tratto II

Considera l'alveo per circa 1500 metri, dalla sezione sezione RUP_S50 alla RUP_S4. L'asta presenta andamento rettilineo o debolmente sinuoso in generale, meandriforme a cavallo della sezione RUP_S30, dove è caratterizzato da due decise anse. L'alveo ha sezione trapezoidale, regolare, con fondo inciso dai 2 ai 4-5 metri e ricoperto da deboli depositi ghiaiosi grossolani con ciottoli e rari blocchi ed aventi assortimento maggiore rispetto al tratto precedente. Tali depositi sono comunque di spessore modesto come testimonia il saltuario affiorare del substrato roccioso, quale in corrispondenza delle sezioni RUP_S46.5 e RUP_S21.

Anche in questo tratto le sponde spesso scompaiono alla vista per presenza di fitta vegetazione arbustiva e canneti. Nella porzione medio alta del tratto, esse sono naturali, impostate in roccia subaffiorante o nel terreno alluvionale talvolta presente. Arginature sono presenti a ridosso delle opere, oppure a protezione di costruzioni, abitazioni o coltivazioni in fregio all'alveo. Si tratta nella maggior parte dei casi di muri

in calcestruzzo od in pietrame e malta generalmente in buone condizioni. Presso la sezione RUP_S30 l'argine destro in calcestruzzo presenta accenni di sottoescavazione.

Le opere rilevate in questo tratto costituiscono quasi sempre punti di accesso ad abitazioni site in fregio all'aveo od a breve distanza da esso, comunque in situazioni di esposizione a potenziale rischio di inondazione. Le testimonianze raccolte, riferibili al recente passato storico, non denunciano avvenute esondazioni, e riferiscono di innalzamenti di livello di 1 m, massimo 1.5 m, rispetto al livello di magra.

Tratto III

E' il tratto di maggior lunghezza (circa 2 km) tra quelli considerati e si distingue per l'intensa antropizzazione, dovendo attraversare l'abitato di Chiavari per raggiungere lo sbocco a mare.

L'aveo è canalizzato per l'intero tratto e presenta un andamento planimetrico sinuoso nella sua parte medio-alta. In particolare si nota una decisa ansa appena a valle della confluenza del Rio Campodonico. Il corso d'acqua assume quindi andamento decisamente rettilineo nel tratto terminale fino alla foce.

La sezione d'aveo è di forma rettangolare, regolare, di circa 8 m d'ampiezza nel tratto più montano, e si allarga progressivamente fino a raddoppiare presso la foce. Gli argini sono continui su entrambi i lati, generalmente in pietrame e malta ed in buon stato di conservazione.

Relativamente al periodo del sopralluogo, l'aveo si presenta pulito, praticamente privo di depositi. Sono stati notati unicamente assai modesti spessori (max. 1 m circa) di prevalente ghiaia con pezzatura da grossolana a fine, deposta preferenzialmente lungo il lato interno delle anse del torrente. In particolare detti depositi sono stati osservati nel tratto a monte di San Pier di Canne, dove sono stati riscontrati gli spessori maggiori. In questo caso la sedimentazione del materiale risulta incentivata sia dal rallentamento della corrente, indotto dalla curvatura del corso d'acqua, sia dalla maggior disponibilità di materiale, dato l'apporto del confluyente Rio Campodonico. In ogni caso, come già detto, si tratta di quantità modeste, non in grado di modificare sensibilmente la capacità di deflusso del corso d'acqua, confermando, alla scala dell'intero bacino, uno scarso trasporto solido.

In questo tratto sono concentrate le principali situazioni di potenziale esposizione al rischio idraulico, a causa della presenza di abitazioni in fregio alle due sponde presenti, senza soluzioni di continuità, sino alla foce. Delle opere incontrate, alcune determinano riduzioni di sezione che potrebbero innescare fenomeni di rigurgito con superamento degli argini. Il ponte subito a valle della confluenza con il Cantalupo presenta una pila in alveo, così come quello in corrispondenza del viadotto dell'autostrada. In questo caso, una delle due luci appare sensibilmente ridotta ad opera di un intervento di rinforzo che ne abbassa l'intradosso. Anche il ponte di via Castagnola presenta, unitamente alla pila in alveo, un intradosso marcatamente basso rispetto al piano stradale con netta riduzione della sezione disponibile.

2.6.3.2 Affluenti principali

Il bacino oggetto del presente studio è caratterizzato da una superficie non estesa, di conseguenza anche gli affluenti sottendono bacini di ridotte dimensioni, spesso privi di nuclei abitati in zone limitrofe all'aveo e comunque non mappati in aree

storicamente inondate. In relazione a ciò, le analisi condotte su di essi non sono approfondite, ad eccezione del Rio Campodonico e del Rio Bacezza.

Il Rio Campodonico è un affluente di destra idrografica del Torrente Rupinaro ed affluisce dopo circa 3.7 km di percorso nel tratto medio basso dello stesso Rupinaro, in corrispondenza di una marcata ansa del torrente.

Il corso del Rio Campodonico è costeggiato, in sponda destra, dall'asse autostradale che viene lambito dal rio nel suo tratto montuoso, in corrispondenza dell'imbocco della Galleria dell'Anchetta. Qui il rio è regimato da canalizzazione in calcestruzzo per l'intero tratto che costeggia l'area di parcheggio Campodonico (550 m circa). Procedendo verso valle, l'alveo mantiene una direzione rettilinea con andamento sinuoso caratterizzato da diverse anse, con sezione da triangolare a trapezia, regolare, debolmente inciso, con sponde naturali mascherate da fitta vegetazione arbustiva, talora con piante d'altofusto a ridosso dell'alveo.

Nell'intero tratto considerato non sono presenti nuclei abitati nelle immediate vicinanze delle sponde e non sono segnalate aree storicamente inondate. Alcuni edifici compaiono in corrispondenza della confluenza con il Rupinaro laddove il Rio Campodonico è tombinato per circa un centinaio di metri.

Unico affluente degno di nota del sottobacino considerato è il Rio Sanguinetto, che confluisce in sinistra idrografica del Campodonico dopo un tragitto di circa 1.4 km. Presenta l'alveo fittamente vegetato, a tratti completamente mascherato, inciso in roccia, con marcata pendenza. Anch'esso risulta privo di centri abitati ma intercetta due tratti stradali le cui opere di attraversamento sono state rilevate.

Il Rio Bacezza, il cui bacino ha un'area pari a 0.4 Km², è un affluente di sinistra idrografica del Torrente Rupinaro. Il Rio Bacezza scorre a cielo libero per tutto il suo corso ad eccezione di un breve tratto a valle della galleria autostradale dei "Rii Alti" in cui scorre tombinato. L'alveo, nel tratto vallivo, mantiene una direzione rettilinea con sezioni regolari, sponde in calcestruzzo e scarsa vegetazione in alveo.

Nell'intero tratto considerato sono presenti alcuni edifici sulla tombinatura ed alcune villette nelle immediate vicinanze delle sponde e non sono segnalate aree storicamente inondate.

2.6.3.3 Aree Scolanti

Sono costituite nel caso specifico da una stretta fascia che, dalle propaggini occidentali dell'abitato di Chiavari, si estende per circa 3.2 km verso ponente, limitata a nord dallo spartiacque del Rio Campodonico. Tale fascia drena a mare le acque meteoriche ed è caratterizzata da rii minori talora di dimensioni talmente ridotte da renderne difficile l'individuazione sul terreno.

Gli unici due rii di un certo rilievo sono ubicati al margine occidentale dell'area, presso l'abitato di San Pietro di Rovereto. Entrambi sono caratterizzati da marcata pendenza, andamento pressochè rettilineo, alveo a sezione triangolare inciso in roccia spesso affiorante, completamente mascherati da fitta vegetazione. Il primo, nel suo percorso attraversa la strada che conduce all'abitato di San Pietro di Rovereto, con una breve tombinatura; successivamente intercetta la SS1 Aurelia. La stessa Aurelia viene intercettata dal secondo rio considerato in corrispondenza di un ponte.

2.6.4 Aree scolanti Est

Il principali corpi idrici che caratterizzano il bacino denominato “Aree scolanti tra Entella ed Ambito 17” sono il Rio Fravega ed il Rio Barassi. I due rii scorrono in bacini separati da un rilievo morfologico allungato in direzione NE-SO, perpendicolare alla linea di costa. Nell’area è presente altresì una fitta serie di rii minori (aree scolanti) che dalla costa di San Nicolò e dalla costa di Lavagna, sfociano direttamente a mare, dopo un tragitto rettilineo di qualche centinaio di metri. Si tratta di segmenti idrici di limitata rilevanza avendo dimensioni talmente ridotte, al punto da risultarne difficile l’individuazione in sito.

I sopralluoghi eseguiti nell’area sono stati condotti nei mesi di giugno-novembre 2000, con l’obiettivo di individuare le principali caratteristiche dei corsi d’acqua che, abbinati ai rilievi topografici delle sezioni, formano un quadro completo per la successiva modellazione idraulica. In particolare detti sopralluoghi sono consistiti nell’osservazione delle aste fluviali per individuarne le caratteristiche morfologiche, le condizioni, la presenza di manufatti, al fine di evidenziare condizioni di criticità che possano comportare situazioni di rischio. Si sottolinea che, in particolare nella definizione delle caratteristiche morfologiche, sovente sono state incontrate limitazioni alla visuale a causa della fitta vegetazione, più spesso nei tratti montuosi del bacino.

2.6.4.1 Bacino del Rio Fravega

2.6.4.1.1 Asta Principale

Per quanto concerne la descrizione che segue, l’asta principale del torrente è stata suddivisa in tre tratti ritenuti omogenei dal punto di vista delle caratteristiche morfologiche dell’alveo, così definiti da monte verso valle:

- Tratto I: dalla località Molino Pinesco al Viadotto Fravega*
Tratto II: dal Viadotto Fravega alla sezione FRA_S3
Tratto III dalla sezione FRA_S3 alla foce.

La descrizione non considera il tratto iniziale del corso d’acqua, a monte di Molino Pinesco, in quanto privo di elementi di interesse ai fini dello studio.

Tratto I

Il tratto comprende circa 1300 m di corso d’acqua, ubicato nella porzione più montana nell’area considerata. Non sono presenti nuclei urbani ad eccezione di alcune abitazioni sui versanti a ridosso del corso d’acqua..

L’alveo scorre inciso nel fondovalle, presenta andamento debolmente sinuoso in direzione NE-SO, ampiezza costante di circa 3-4 m, con sezione generalmente regolare e forma trapezia. Fatta eccezione per alcuni brevi tratti a ridosso delle opere rilevate, le sponde sono generalmente naturali, in buon stato di conservazione, impostate in roccia affiorante e subaffiorante, o in deboli depositi alluvionali, generalmente fittamente vegetate. Anche l’alveo sovente è impostato in roccia affiorante o subaffiorante tra modesti depositi ghiaiosi di pezzatura grossolana.

Le opere rilevate sono costituite da due ponti, il secondo dei quali è ubicato presso alcune abitazioni in sponda destra (Molino Berissi) a distanza di sicurezza dal corso d'acqua, che in questo tratto scorre incassato nel fondovalle.

Tratto II

Si estende per circa un chilometro dal Viadotto Fravega fino ad un centinaio di metri circa a monte dell'opera RF06. In questo tratto il rio attraversando un'area di coltivi, raggiungendo il limite dell'area urbanizzata di Lavagna. L'alveo diviene meno sinuoso, con sezione di larghezza sempre abbastanza costante (3-5 metri) e forma rettangolare. Le sponde sono naturali ad eccezione di alcuni tratti in cui sono costituite da muri in pietrame e malta.

In questo tratto sono state rilevate tre opere. La prima è un ponte di accesso ad una abitazione in sponda sinistra, protetta da un argine in muratura di circa 3 m di altezza. Le due successive sono passerelle di accesso ai coltivi.

Tratto III

Si distingue dai precedenti per l'intensa antropizzazione, dovendo attraversare l'abitato di Lavagna (circa 700 metri) per raggiungere lo sbocco a mare. Dell'intero tratto, i 400 metri finali sono tombinati, mentre la parte che scorre a cielo aperto è canalizzata con alveo presumibilmente naturale. Il corso d'acqua presenta andamento praticamente rettilineo, con sezione rettangolare, regolare, di ampiezza generalmente costante intorno ai 4-5 metri. Unica variazione di sezione si riscontra appena a valle della confluenza tra il rio Fravega ed il suo affluente di sinistra proveniente dalla località La Murgia. Qui l'alveo si allarga fino a circa 10 m, per poi restringersi sensibilmente (circa 4 m). Da qui in poi continua con sezione regolare sino all'imbocco della tombinatura, incrociando un ponte stradale. L'alveo si presenta nel complesso pulito, privo di vegetazione o di materiali di altro genere; sono visibili depositi ghiaiosi grossolani, eterometrici, presumibilmente di limitato spessore. Lungo l'intero tratto scoperto le sponde sono artificiali, rilevate circa 2-3 metri sul fondo alveo, costituite da muratura in pietrame e malta e calcestruzzo.

2.6.4.1.2 Affluenti principali

Date le contenute dimensioni del bacino del rio Fravega, gli stessi affluenti sottendono bacini di dimensioni assai modeste, caratterizzate da corpi idrici di lunghezza nell'ordine di qualche centinaio di metri, che interessano aree disabitate.

L'unico affluente che viene descritto è un fosso di 2.2 km circa di lunghezza, proveniente dalla Valle Rugone - Rio S. Giulia, che confluisce in sinistra idrografica del rio Fravega, dopo aver attraversato, negli ultimi 400 m, un complesso di abitazioni (in località La Murgia) alla periferia N-E di Lavagna. In questa porzione finale, l'alveo è tombinato per circa 270 m a partire dalla confluenza con il Fravega. A monte della tombinatura, l'alveo prosegue con sezione regolare, rettangolare o trapezia, larghezza costante (circa 1 metro) inciso di due – tre metri rispetto al piano campagna. Le sponde sono in genere naturali, verticali, con fitta vegetazione arbustiva che spesso invade lo stesso alveo. A tratti le stesse sponde sono rivestite in calcestruzzo o costituite da muri in pietrame e malta, a protezione dell'adiacente rilevato stradale, che

costeggia la sponda sinistra per un cospicuo tratto. In questo tratto il corso d'acqua attraversa aree adibite a coltivi, con sporadica presenza di abitazioni.

2.6.4.2 Bacino del Rio Barassi

2.6.4.2.1 Asta Principale

Il Rio Barassi scorre per complessivi 4 km circa assumendo, dalla sorgente alla foce, direzione variabile ed andamento debolmente sinuoso. Analogamente al metodo descrittivo utilizzato per il Rio Fravega, anche il bacino in questione viene suddiviso in tratti ritenuti morfologicamente omogenei. In particolare sono stati individuati due tratti, rispettivamente da monte verso valle, così definiti:

Tratto I: fino alla confluenza con Valle Cabanne

Tratto II: dalla confluenza con Valle Cabanne alla foce.

Nella descrizione viene trascurata la parte più elevata del corso d'acqua, in corrispondenza della testata, in quanto priva di interesse ai fini del presente studio

Tratto I

Si estende per circa 1.9 km a partire dall'opera più a monte, fino alla confluenza con l'affluente in sinistra proveniente dalla Valle Cabanne. Per l'intero tratto mantiene le caratteristiche morfologiche di un rio montano, con marcata pendenza, andamento irregolare, debolmente sinuoso, alveo con salti in roccia, inciso nel fondovalle, sponde naturali in roccia subaffiorante od affiorante. La vegetazione è di solito fitta, limitata alle sponde, costituita generalmente da arbusti e, sovente, da piante d'altofusto. I depositi in alveo sono assai modesti e, dove presenti, sono costituiti da pezzature molto grossolane (blocchi e ciottoli).

L'intera area attraversata è praticamente priva di abitazioni così come limitate nel numero sono le opere individuate. Particolare importanza riveste la tombinatura che attraversa il rilevato del soprastante tracciato autostradale. Essa è costituita da una tubazione metallica del diametro di 4 m di lunghezza pari a circa 250 m.

Tratto II

Dalla confluenza con il rio proveniente dalla Valle Cabanne, il Rio Barassi raggiunge la foce dopo circa 1000 m, di cui i 300 finali tombinati. Rispetto al tratto precedente l'alveo assume una pendenza minore con andamento più regolare, a tratti rettilineo, caratterizzato da una serie di marcate anse appena a monte ed a valle dell'affluente di sinistra Rio Cereto, laddove il corso d'acqua si inserisce nell'abitato di Cavi. A valle di tale posizione il rio inizia il tratto tombinato, attraversando appunto l'abitato di Cavi, assumendo andamento perfettamente rettilineo fino allo sbocco a mare.

Il tratto di alveo spesso è impostato in roccia affiorante o subaffiorante. I depositi in alveo sono esigui, con pezzature granulometriche molto grossolane (ghiaie con ciottoli e spesso blocchi) testimoniando, a livello di intero bacino, un trasporto solido contenuto. Gli argini sono generalmente naturali, in roccia subaffiorante, ricoperti a

volte da deboli coltri superficiali. Complessivamente, unitamente alla tombinatura finale, sono stati rilevati due ponti di cui uno carrabile ed uno pedonale. A monte del ponte carrabile la sponda sinistra è artificiale, costituita da un muro in calcestruzzo, a protezione di un deposito di materiale edile, mentre a valle prosegue in pietrame e malta a sostegno del rilevato stradale. A valle del ponte pedonale, in corrispondenza dell'affluente Rio Cereto, l'alveo diviene canalizzato, con sponde in calcestruzzo e fondo ricoperto da un debole spessore di ghiaie grossolane. Il tratto finale è tombinato, adibito in superficie al parcheggio e transito di veicoli.

2.6.4.2.2 Affluenti principali

Dal versante idrografico sinistro del Rio Barassi, che definisce il limite di bacino con l'adiacente Gromolo, provengono gli affluenti principali del rio in esame. Si tratta, date già le limitate dimensioni del bacino principale, di corpi idrici anch'essi di modesta estensione, per lo più incisi in ripide vallecole, generalmente disabitate, percorse da vie di comunicazione fra nuclei abitati solitamente insediati in zone di alto topografico. In particolare verranno descritti due tra i sottobacini principali ispezionati.

Il più settentrionale è il sottobacino del Rio Sorlana che lo percorre per circa 1.8 km. L'alveo è caratterizzato da una forte pendenza, con salti in roccia, direzione rettilinea ed andamento debolmente sinuoso, con sponde naturali in roccia affiorante o subaffiorante. Nel tratto superiore, il corso d'acqua intercetta in due punti la strada comunale che mette in comunicazione l'abitato di Sorlana con la località Barassi, mentre più a valle, verso la confluenza attraversa una strada secondaria.

Più a sud si cita il rio che incide la Valle Cabanne. Si tratta di un corpo idrico di 2.2 km di lunghezza di caratteristiche analoghe al precedente il quale, nel settore più montano, intercetta la strada di comunicazione tra la località Barassi ed il fondovalle. Nel tratto finale la pendenza si riduce sensibilmente e l'alveo assume andamento pressochè rettilineo con depositi ghiaiosi grossolani e di limitato spessore. Qui sono state rilevate una passerella e un ponte stradale.

2.7 IDROLOGIA DI PIENA

2.7.1 ENTELLA - STURLA

2.7.1.1 Premessa

L'analisi idrologica è stata curata dalla società D'Appolonia nell'ambito degli Studi Propedeutici.

Le stime di portate eseguite in quella sede, di indubbia qualità tecnico-scientifica, sono comunque state confrontate con le indicazioni dello "Studio di regionalizzazione delle portate di piena dei bacini della Liguria" svolto dal CIMA, Centro di ricerca In Monitoraggio Ambientale dell'Istituto di Idraulica dell'Università di Genova (1999), suggerito attualmente come standard a livello regionale.

Da tale confronto emergono in definitiva le seguenti considerazioni:

1. Ad un primo approccio si osserva una notevole differenza tra portate dello Studio Propedeutico e quelle indicate in "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri- valori di portata al colmo di piena, con assegnato periodo di ritorno, per i bacini idrografici con foce al mar Tirreno" (CIMA, Marzo 1999); la portata dell'Entella a Panesi con $T = 200$ anni è infatti di 3440 mc/s sulle tabelle CIMA e di 2698 mc/s nello Studio Propedeutico;
2. Andando più a fondo e considerando il dettaglio di quanto proposto dallo Studio CIMA a proposito dell'Entella si è analizzato il grafico proposto per la stazione di Panesi in Allegato A del Rapporto Finale dello Studio stesso (Luglio 1999), dal quale si deducono i seguenti valori della portata 200-ennale:
 - Trend frequenza campionaria dati storici: ~ 2700 mc/s;
 - portata indice da dati storici e fattore di crescita regionale: ~ 2900 mc/s;
 - Modello distribuito CIMA- DRiFt:..... ~ 3250 mc/s;
 - Calcolo semplificato CIMA ($Q_{2.9}$ + fattore di crescita regionale):.... ~ 3550 mc/s;

Considerata la buona consistenza del campione storico delle portate al colmo (41 anni di dati) si ritiene che la portata CIMA da prendere a riferimento sia quella che stima la portata indice a partire dal campione storico e determina la portata 200-ennale per mezzo del fattore di crescita ricavato su base regionale. Il confronto tra le portate dello Studio Propedeutico e portate CIMA risulta a questo punto del tutto soddisfacente; le differenze rientrano infatti ampiamente nell'ambito delle normali incertezze insite negli studi idrologici.

Vista l'indubbia accuratezza delle valutazioni idrologiche effettuate nello Studio Propedeutico, si ritiene in definitiva che le stime e lo conclusioni proposte da quest'ultimo possano essere considerate valide per le finalità del presente Piano Stralcio.

Allo scopo di facilitare la comprensione del testo che segue, si provvede a fornire l'elenco delle tabelle e delle Appendici più volte citate:

ELENCO TABELLE

| | |
|----|--|
| 1 | Caratteristiche e Ubicazione delle Stazioni di Rilevamento della Temperatura Considerate nell'Analisi Climatologica |
| 2 | Caratteristiche e Ubicazioni delle Stazioni di Rilevamento della Precipitazione Considerate nell'Analisi Climatologica |
| 3 | Valori Medi Mensili e Annuale della Temperatura per le Stazioni Considerate nell'Analisi Climatologica |
| 4 | Valori Medi Mensili e Annuale della Precipitazione per le Stazioni Considerate nell'Analisi Climatologica |
| 5 | Principali Statistiche dei Massimi Annuali di Precipitazione per Assegnata Durata, Stazione di Tigliolo |
| 6 | Elenco delle Stazioni considerate per la Determinazione del Rischio Idrometeorologico e Consistenza del Campione |
| 7 | Esponenti di Scala per le Stazioni Ricadenti nel Bacino dello Sturla-Entella |
| 8 | Comportamento Scala-Invariante e Multiscala delle Stazioni Considerate |
| 9 | Valori Stimati dei Parametri del Modello Stocastico di Precipitazione IPM per le Stazioni Considerate nella Taratura del Modello Geomorfoclimatico |
| 10 | Classificazione dei Tipi Idrologici di Suolo Secondo il Metodo SCS-CN |
| 11 | Valori Caratteristici del Parametro CN |
| 12 | Classificazione delle Classi Litologiche e di Uso del Suolo |
| 13 | Criterio di Corrispondenza tra le Due Classificazioni |
| 14 | Confronto dei Valori di Portata al Colmo per Assegnato Periodo di Ritorno Calcolati con il Modello EV2 e GEV Regionale nella Sezione di Vignolo |
| 15 | Parametri del Modello Geomorfoclimatico per le Sezioni di Interesse |
| 16 | Valori delle Portate al Colmo per le Sezioni Considerate |

ELENCO APPENDICI:

| | |
|--------------|--|
| APPENDICE A: | Climatologia del bacino del T. Sturla - Entella; |
| APPENDICE B: | Rischio idrometeorologico nel bacino del T. Sturla - Entella; |
| APPENDICE C: | Curve di crescita della portata al colmo per sezioni salienti della rete idrografica del T. Sturla - Entella |
| APPENDICE D: | Previsione statistica del rischio idrometeorologico |
| APPENDICE E: | Valutazione del rischio idrologico |

2.7.1.2 Climatologia e idrologia del bacino

Il bacino del Torrente Sturla-Entella è situato nella Liguria orientale e si estende tra le latitudini 44°20' e 44°29' e le longitudini 9°18' e 9°27' est di Greenwich. La superficie del bacino si sviluppa per un'estensione di circa 146 km² in direzione grosso modo Nord-Sud e presenta nel settore settentrionale una marcata orografia costituita dai rilievi appenninici. Il clima, pur influenzato dalla presenza della catena appenninica e dal prevalente orientamento ortogonale alla linea di costa, risulta comunque di tipo temperato caldo o sublitoraneo, protetto dal clima più continentale delle regioni confinanti a Nord e beneficamente influenzato dalla funzione termoregolatrice del mare. La temperatura media annua risulta così compresa tra i 12°C dell'alto bacino e i circa 14°C nella regione prossima allo sbocco del Torrente Sturla nel Fiume Entella.

La particolare conformazione geografica, che determina una diversa esposizione dei bacini alle perturbazioni meteorologiche che normalmente investono il litorale ligure, e la presenza in una fascia di territorio così ristretta di un'orografia marcata a ridosso della costa determinano le principali caratteristiche spazio-temporali del regime pluviometrico. L'ampia variabilità spaziale delle precipitazioni, comprese tra i circa 1500 mm annui a ridosso dello spartiacque meridionale delle zone occidentali e i 2000 mm della zona appenninica, risulta tuttavia caratterizzata sostanzialmente da

un unico tipo pluviometrico, quello sublitoraneo, che determina l'andamento stagionale delle piogge. La distribuzione degli afflussi meteorici nell'arco dell'anno presenta cioè due massimi, uno primaverile ed uno autunnale, e due minimi, uno estivo ed uno invernale. Le perturbazioni autunnali, in particolare, determinate dalla formazione di aree depressionarie sul Mar Ligure e, più in generale, sull'Alto Tirreno, sono in generale responsabili delle piogge più intense e degli eventi critici per molti dei corsi d'acqua della regione.

2.7.1.2.1 Stazioni di Misura

Le caratteristiche climatiche sopra brevemente evidenziate emergono dall'analisi delle osservazioni termometriche e pluviometriche rilevate nelle stazioni dislocate sul territorio del levante genovese, fino alla provincia de La Spezia. In particolare, per l'intero periodo per cui sono stati reperiti dati e per ciascuna stazione, termometrica o pluviometrica, sono stati elaborati i dati di temperatura e precipitazione a scala mensile, identificando gli andamenti caratteristici su base mensile e su base annua. I risultati di questa analisi statistica sono stati poi utilizzati per la determinazione dell'andamento spaziale delle isoterme e delle isoiete medie mensili, secondo una base georeferenziata a maglia regolare di lato 1 Km.

Le elaborazioni statistiche condotte hanno tuttavia richiesto una preventiva valutazione dei dati utilizzati. In particolare, è stato necessario valutare l'opportunità di considerare nell'analisi i dati relativi a quelle stazioni caratterizzate da un numero limitato di anni di osservazione. A questo proposito si è ritenuto opportuno fissare alcuni criteri per la selezione delle stazioni da utilizzare per l'elaborazione degli andamenti spaziali che possono essere così riassunti:

- * ente di appartenenza: a garanzia della qualità dei dati sono state considerate esclusivamente le stazioni censite dal Servizio Idrografico, i cui dati siano pubblicati con regolarità negli Annali Idrologici, con l'obiettivo di affidarsi a dati raccolti e validati secondo procedure standard;
- * numerosità del campione: si è ritenuto di fissare un minimo numero di 10 anni di osservazione quale limite di significatività ai fini dell'elaborazione degli andamenti medi mensili;
- * copertura del territorio: sono state eliminate le stazioni sovrabbondanti ai fini dell'analisi spaziale;
- * continuità operativa: in presenza di informazioni ridondanti sono state privilegiate le stazioni ancora funzionanti;
- * omogeneità del periodo di osservazione: in presenza di informazioni ridondanti sono state privilegiate le stazioni che presentassero periodi di funzionamento comuni.

Ricorrendo ad un'intersezione tra questi criteri (ad es., la migliore distribuzione spaziale delle stazioni ancora attive e caratterizzate dalla più alta numerosità del campione in periodi omogenei) è possibile, in teoria, definire il quadro ottimale delle

stazioni termometriche e pluviometriche utili ai fini dell'analisi. In pratica, stante la complessa situazione della rete idrometeorologica dell'intero territorio nazionale e dunque anche della Liguria, il problema della selezione delle stazioni si è posto nella maggior parte dei casi solamente in relazione alla numerosità del campione.

Seguendo i criteri appena esposti le stazioni selezionate per l'indagine climatologica sono risultate, in definitiva, quelle elencate in Tabella 1.1 (temperatura) e Tabella 1.2 (precipitazione), dove sono anche riportate le caratteristiche essenziali relative all'ubicazione delle stazioni. La Tabella 1.3 e la Tabella 1.4 riportano invece i valori medi mensili e il valore medio annuale rispettivamente per le stazioni di temperatura e precipitazione.

2.7.1.2.2 Distribuzione Mensile della Precipitazione e della Temperatura a Scala Locale e Distribuita

Le osservazioni termometriche e pluviometriche puntuali relative ad ogni stazione sono state elaborate ai fini dell'individuazione di una distribuzione spaziale delle temperature e delle precipitazioni (campi di temperatura e di precipitazione) in grado di identificare in modo sintetico un quadro climatico di riferimento orientato alla valutazione della disponibilità di risorse idriche nel territorio in esame. A questo scopo, per la stima dei campi di precipitazione (e di temperatura) in luogo delle tecniche tradizionali, basate essenzialmente su criteri di media aritmetica, di pesatura dei valori osservati o sul tracciamento delle isoiete attraverso un'interpolazione lineare dei valori rilevati nelle varie stazioni considerate, sono state utilizzate procedure di interpolazione stocastica, meglio note sotto il nome di procedure di *kriging*. Il vantaggio di questo tipo di procedura, come meglio si illustrerà di seguito, consiste essenzialmente nella possibilità di ottenere congiuntamente alla stima del campo di precipitazione anche una valutazione quantitativa dell'errore commesso attraverso tale stima.

Nel seguito vengono sinteticamente descritte le due differenti metodologie di stima:

- * le tecniche tradizionali di interpolazione spaziale;
- * le tecniche di interpolazione stocastica.

2.7.1.2.3 Tecniche Tradizionali di Interpolazione Spaziale

Tra i metodi tradizionali uno dei più frequentemente utilizzati è quello delle isoiete. Esso consiste nella individuazione sul territorio di curve di isoprecipitazione (appunto le isoiete) ottenute da interpolazione lineare tra i valori rilevati in diverse stazioni. Tale operazione è fortemente condizionata da elementi di giudizio soggettivo dell'operatore, soprattutto in relazione alla notevole influenza che le condizioni topografiche locali possono esercitare sull'effettivo andamento spaziale del campo di pioggia.

In alternativa al tracciamento delle isoiete sono di frequente utilizzati metodi di pesatura delle osservazioni di precipitazione rilevate nelle diverse stazioni. La stima

del campo di pioggia è quindi effettuata semplicemente valutando la media aritmetica delle piogge rilevate all'interno dell'area esaminata, oppure ipotizzando che la superficie rappresentativa del campo sia costituita da elementi piani di forma triangolare, i cui vertici coincidono con i valori osservati.

Analogo a quest'ultimo metodo è il metodo dei topoi, noto come metodo dei poligoni di Thiessen, basato sull'ipotesi empirica che in qualunque punto dell'area considerata il valore della precipitazione sia pari a quello della stazione osservata più vicina. Determinata quindi l'area di competenza di ciascuna stazione in base ad una costruzione geometrica il campo di pioggia sull'area considerata risulta dalla media ponderale delle osservazioni delle singole stazioni, caratterizzate da pesi proporzionali alle relative aree di competenza. Pur caratterizzandosi come il metodo tradizionale probabilmente più affidabile, il metodo dei poligoni di Thiessen si presenta tuttavia poco flessibile, poiché l'area di competenza di ciascun pluviometro risulta fissata indipendentemente dalla dinamica dell'evento considerato limitando così l'attendibilità delle stime a quegli eventi la cui scala spaziale risulti congruente con i poligoni predefiniti.

Con la crescente disponibilità di risorse di calcolo automatico ai metodi ora illustrati si sono sostituite varie tecniche automatiche di interpolazione, tra cui le più comuni consistono nell'interpolazione dei dati attraverso superfici di regressione, anche note come tecniche di *trend surface analysis*. La forma analitica della superficie può essere di diverso tipo, anche se, generalmente, quella più utilizzata si basa su espressioni polinomiali condizionate nell'ordine massimo dal numero di punti di rilevamento. La superficie più idonea viene identificata attraverso i valori del coefficiente di correlazione multipla o in base alla varianza dei residui. Tuttavia, anche questa metodologia presenta alcuni limiti legati essenzialmente alla scelta arbitraria dell'ordine del polinomio da adottare.

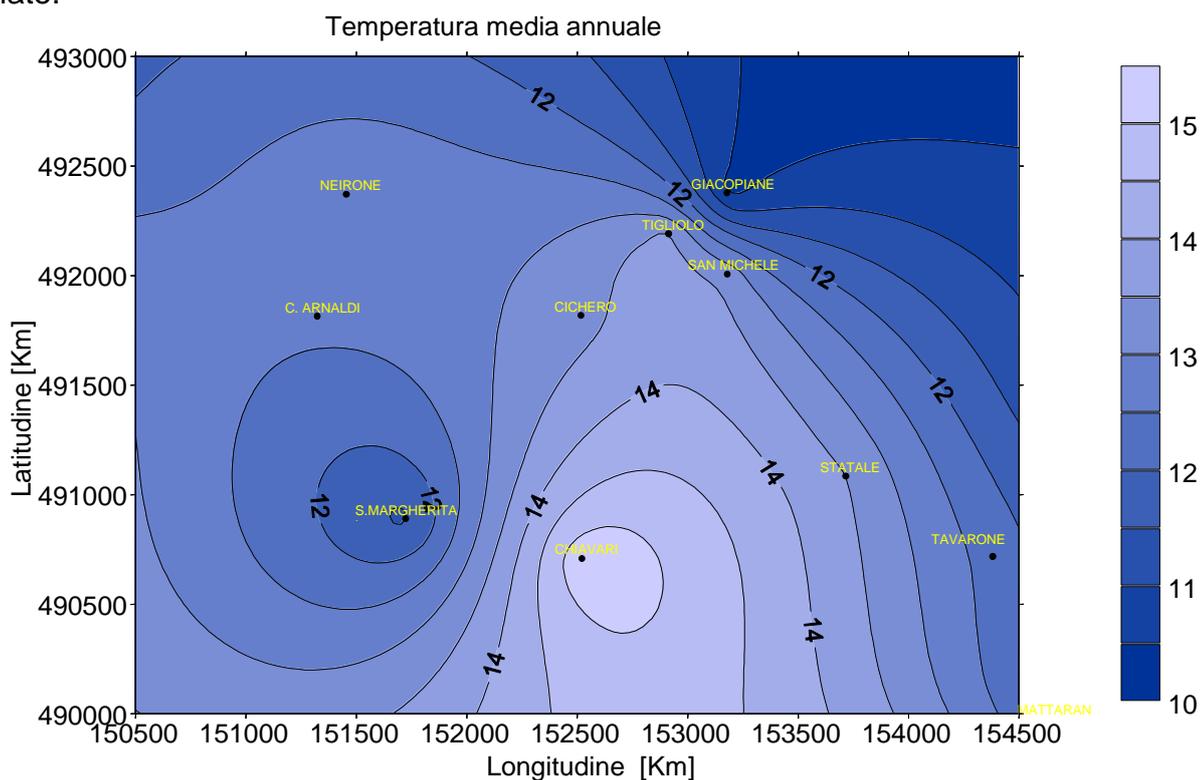
2.7.1.2.4 Tecniche di Interpolazione Stocastica (Kriging)

In alternativa alle tradizionali tecniche di stima dei campi di precipitazione (e temperatura) può essere vantaggiosamente utilizzata una tecnica di interpolazione stocastica che tenga conto della variabilità spazio-temporale del campo schematizzandolo come un processo stocastico, in genere stazionario ed omogeneo. In breve (Cressie, 1993), la stima in ogni punto del campo della variabile considerata viene effettuato attraverso stimatori che minimizzano la varianza dell'errore, in modo quindi da ottenere una stima ottima del campo e da fornire precise indicazioni sull'efficacia della stima. Il parametro che governa la ricerca della soluzione risulta in qualche modo la distanza dai punti di controllo (le stazioni), così che si può considerare questo metodo come uno sviluppo su base statistica del metodo dei topoi.

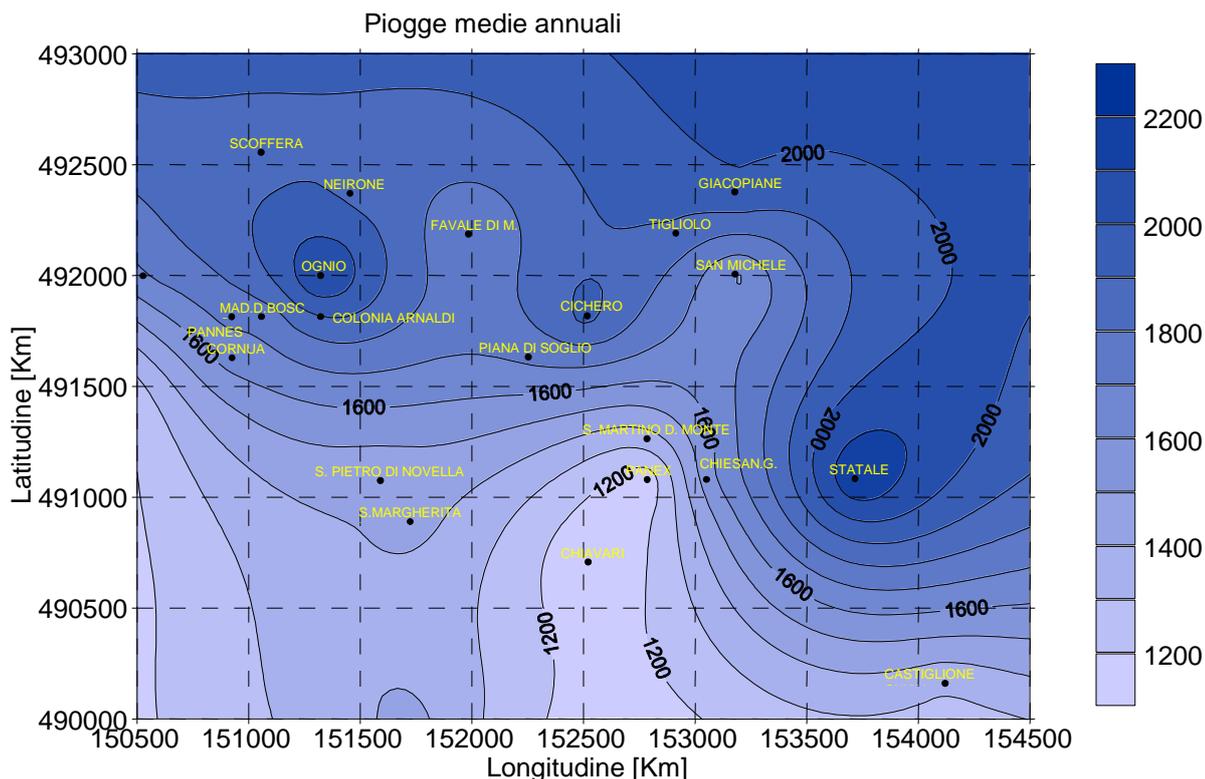
L'originalità e la vantaggiosità del metodo consiste essenzialmente nel prendere in considerazione l'effettiva struttura di correlazione spaziale del fenomeno, come risulta dalle osservazioni. Va da sé che la correttezza della ricostruzione del campo dipende dalla disponibilità di dati e dalla loro distribuzione nello spazio ed è fortemente influenzata dalla correlazione esistente tra i dati rilevati. Assumendo che il processo sia stazionario e che la funzione di correlazione spaziale sia separabile da quella di correlazione temporale, è possibile esprimere con opportune forme analitiche sia il

coefficiente di correlazione, sia altre forme di correlazione più opportune, come, ad esempio, la distanza fra i punti di misura. In tal modo è quindi possibile ricostruire la variabilità della grandezza in esame in qualunque punto del campo ed in particolare, in modo automatico tramite opportuni codici di calcolo¹, determinare i valori della variabile (ad es. il valore medio mensile di precipitazione) sui vertici di una maglia regolare predefinita, quale potrebbe essere ad esempio quella determinata dall'utilizzo di un modello digitale delle quote (DEM, da *Digital Elevation Model*). È in tal caso possibile giungere alla formulazione, in totale analogia al DEM, di mappe digitali delle precipitazioni (e delle temperature) mensili ed annuali. Proprio in ragione della possibilità di interfacciare queste mappe con i sistemi automatici di gestione delle informazioni territoriali, più noti come *Sistemi Informativi Geografici* (GIS, da *Geographical Information Systems*) nell'ambito del completamento del Piano di Bacino, lo studio della distribuzione spaziale di piogge e temperature è stato sviluppato mediante kriging impostato su una base georeferenziata di maglia 1 Km.

Seguendo quindi questa impostazione sono stati elaborati i dati medi mensili di temperatura e di precipitazione, con lo scopo di ottenere una descrizione quantitativa spazialmente distribuita delle caratteristiche climatiche del bacino. Le figure di seguito presentate riportano gli andamenti medi annuali rispettivamente della temperatura e della precipitazione, bene evidenziando le caratteristiche climatiche già sopra richiamate.



¹ Molti codici di calcolo nati da esperienze sviluppate nell'ambito della ricerca sono oggi disponibili sul mercato.



L'elaborazione dei dati a scala mensile-riportata in dettaglio in Parte A mostra inoltre come l'unico tipo pluviometrico, quello sublitoraneo, che determina l'andamento stagionale delle piogge, presenti due massimi, uno primaverile ed uno autunnale, e due minimi, uno estivo ed uno invernale. In corrispondenza del massimo autunnale, determinato da perturbazioni provocate dalla formazione di aree depressionarie sul Mar Ligure e, più in generale, sull'Alto Tirreno, è certamente più probabile il verificarsi di piogge intense, responsabili degli eventi critici per molti dei corsi d'acqua della regione e, in particolare, per il complesso dei bacini dell'Entella, ivi compreso il bacino dello Sturla.

2.7.1.3 Idrologia degli eventi estremi e di piena

La determinazione del *rischio meteorologico* costituisce requisito fondamentale nello studio di un gran numero di problemi tecnici legati alla protezione idraulica del territorio. Tale rischio può essere formulato in termini di sollecitazione meteorica temibile con assegnata frequenza, prefissata dal progettista, secondo una impostazione di tipo probabilistico o, meglio, stocastico. A tal fine, la determinazione del rischio richiede la previsione delle altezze di pioggia temibili in una certa località (un punto dello spazio, coincidente in genere con una stazione pluviografica) al variare della durata temporale con cui la sollecitazione meteorica viene considerata, per un assegnato livello di frequenza. In quest'ottica, svolge quindi un ruolo fondamentale la descrizione probabilistica del processo fisico in esame e, di conseguenza, lo studio delle sue proprietà statistiche, quali emergono dalle osservazioni sperimentali.

In realtà, una più accurata determinazione del rischio meteorologico richiederebbe lo studio del comportamento delle precipitazioni nel tempo e nello spazio; tuttavia, questo tipo di studio comporta la conoscenza del fenomeno nel suo complesso e dei processi fisici di natura deterministica che controllano la formazione

e l'evoluzione delle precipitazioni e, in particolare, dei nubifragi. Poiché le tecnologie, di cui a tutt'oggi disponiamo per rappresentare questo livello di dettaglio, sono fortemente carenti sotto tutti gli aspetti, teorici e pratici, nonché spesso fuorvianti rispetto al reale andamento delle sollecitazioni meteoriche nel dominio spazio-temporale, in questa sede l'analisi viene limitata alla sola caratterizzazione probabilistica delle precipitazioni osservate in una certa stazione pluviografica.

Assumendo, quindi, che l'intensità di pioggia locale si possa rappresentare come un processo stocastico continuo nel tempo, $X(t)$, l'altezza di pioggia caduta in un prefissato intervallo di tempo, di lunghezza T , si ottiene integrando il processo stocastico stesso, cioè:

$$Z_T(t) = \int_{t-T/2}^{t+T/2} X(\xi) d\xi \quad (1)$$

La probabilità che il valore massimo di $Z_T(t)$ non superi una certa altezza di pioggia h durante un prefissato intervallo di tempo $(0, \Delta t)$:

$$F(h) = \Pr[\max Z_T(t) \leq h, 0 < t \leq \Delta t] \quad (2)$$

rappresenta la *funzione di affidabilità*, che caratterizza la sollecitazione meteorica locale per l'assegnata durata T , in un periodo omogeneo di riferimento di lunghezza Δt . La (2) stabilisce una relazione analitica tra l'altezza di pioggia h , la durata T ed il livello di affidabilità F : quando prefissiamo un valore della frequenza di non superamento F , la relazione tra il quantile F -esimo e la durata porge la curva di crescita dell'altezza di pioggia temibile al crescere della durata, comunemente nota come *linea segnalatrice di probabilità pluviometrica locale* (Burlando e Rosso, 1991).

Nella pratica idrologica, in luogo del livello di affidabilità, rappresentato dalla $F(h)$, viene spesso impiegato il periodo di ritorno R ; esso rappresenta il valore atteso dell'intervallo tra due eventi meteorici con altezze superiori al valore h in una durata T ed è definito come

$$R = \frac{\Delta t (t_a / \Delta t)}{1 - F(h)} \quad (3)$$

dove Δt è un periodo omogeneo dal punto di vista climatico (p. es. un certo mese od una certa stagione) e t_a è il periodo di riferimento (comunemente si assume l'anno). Sostituendo R a F nella (2), si ottiene ancora una relazione analitica tra altezza di pioggia, h , durata, T , e periodo di ritorno, R : in questo modo, la curva di crescita dell'altezza di pioggia temibile al crescere della durata per un assegnato valore del periodo di ritorno, che si indica con $h_R(T)$, assume la forma più comunemente in uso nella progettazione idraulica e nota come *linea segnalatrice di probabilità pluviometrica locale*. Nella pratica, si assumono generalmente di lunghezza annuale sia il periodo omogeneo Δt , sia il periodo di riferimento t_a , così che il periodo di ritorno venga ad essere misurato in anni e la curva sul piano $h-T$, con parametro R , viene così denominata *Linea Segnalatrice R-ennale di Probabilità Pluviometrica (LSPP) locale*.

2.7.1.3.1 Osservazioni Storiche di Pioggia Intensa

I dati pluviometrici necessari all'analisi del rischio meteorologico sono le altezze di pioggia massime, per diversa durata di campionamento, registrate in un periodo di riferimento, solitamente assunto pari all'anno solare. Queste rappresentano il campione di osservazioni sperimentali della variabile aleatoria:

$$H_T = \max[Z_T(t)] \quad 0 < t \leq \Delta t \quad (4)$$

per diversi valori di T^2 .

La significatività dell'analisi e l'affidabilità della previsione dipende fortemente, come in ogni applicazione di tipo statistico-probabilistico, dalla numerosità del campione di dati utilizzati. Nel caso del bacino del Torrente Sturla, le quattro stazioni ricadenti all'interno del bacino presentano una numerosità superiore alle 20 osservazioni. Tuttavia, per poter caratterizzare in modo più compiuto il rischio idrometeorologico, sono state considerate anche alcune stazioni ricadenti al di fuori del ristretto bacino, ma facenti parte del più ampio bacino dell'Entella, e caratterizzate da una numerosità superiore ai venti anni di osservazione³. In Tabella 1.6 è presentato l'elenco delle stazioni utilizzate per la determinazione del rischio idrometeorologico.

2.7.1.3.2 Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP) a Scala Locale

Formulazione Tradizionale

Nella tradizionale pratica idrologica si ipotizza che la (2) sia rappresentabile con uno stesso modello probabilistico, indipendentemente dalla durata. Questa ipotesi risulta di norma valida per un certo campo di valori $[T_{inf}, T_{sup}]$ delle durate, più o meno esteso a seconda delle caratteristiche intrinseche di fluttuazione del fenomeno meteorico: essa va quindi verificata statisticamente per il campo delle durate di

² Questo tipo di dato, pubblicato dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico del Ministero dei Lavori Pubblici, è pubblicato nella prima parte dell'Allegato A Parte B e riporta, per ogni stazione pluviografica, le massime altezze di pioggia, H_d , cadute in una durata, d , rispettivamente pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive. In Tabella 1.5 si riportano, per una delle stazioni considerate, a titolo di esempio², le principali caratteristiche statistiche, in base alle quali possono venire determinate le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP) a scala locale. In particolare, per ogni durata sono riportati la media, $E[H_d]$, la deviazione standard, s , e la varianza, var , nonché il rapporto tra s ed $E[H_d]$, ossia il coefficiente di variazione, CV ; inoltre sono riportati i valori dei momenti, valori necessari per la stima dei parametri delle LSPP, di secondo, terzo e quarto ordine, indicati rispettivamente come:

$$E[H_d^2], E[H_d^3] \text{ e } E[H_d^4]$$

³ Un campione di 20 osservazioni è sufficiente, in linea teorica e sotto condizioni di stazionarietà del fenomeno, a stimare un rischio con un periodo di ritorno ventennale. Ogni estrapolazione a periodi di ritorno superiori, sulla base di un'interpretazione mediante un modello probabilistico, comporta un'incertezza legata alla regolarità di comportamento del processo. Poiché, però, è frequente il caso in cui le serie storiche di dati di pioggia intensa siano caratterizzate da numerosità di poco superiori ai venti anni, non appare azzardato fissare una numerosità del campione pari a 20 quale soglia per includere la stazione nell'analisi.

interesse tecnico, ossia per l'insieme delle durate T_1, T_2, \dots, T_k prese in esame e, in particolare, per le cinque durate di cui il Servizio Idrografico elabora e pubblica i valori dei massimi annuali di altezza di precipitazione. Indicata con $F(h; \Omega_T)$ la forma parametrica scelta per rappresentare la (2), dove Ω_T denota il vettore dei parametri, la (2) viene particolarizzata stimando il valore dei parametri a partire dalle osservazioni sperimentali della variabile aleatoria H_T , ossia in base alle osservazioni riportate nelle tabelle della Parte B. In genere, l'operazione viene condotta separatamente per ogni durata presa in esame all'interno di tale campo, ottenendo così una stima del vettore di parametri $\bar{\Omega}_{T_k}$ per ogni k -esima durata considerata.

Per un assegnato valore del periodo di ritorno, R , si eseguono poi alle previsioni statistiche, che vengono ottenute dall'inversa della funzione: $F(h; \bar{\Omega}_T)$ essa fornisce il quantile F -esimo, ovvero la previsione R -ennale $\bar{h}_R(T)$. Iterando la procedura (denominata spesso *metodo dei quantili*), per ognuna delle varie durate esaminate ed interpolando, quindi, le previsioni, si giunge ad una relazione empirica tra i valori di h e di T , utile a valutare la variabilità dell'afflusso meteorico $h_R(T)$ con la durata, avendo prefissato un certo periodo di ritorno quale indice di rischio meteorologico. In Italia, come in altri paesi europei, la forma della curva sul piano $h-T$ a R fissato viene descritta mediante una legge di potenza del tipo:

$$h_R(T) = a(R) T^{v(R)} \quad (5)$$

i cui parametri $a(R)$ e $v(R)$, secondo questa procedura, dipendono dallo specifico quantile preso in esame, ossia dal periodo di ritorno considerato. I valori di a e di v vengono di solito stimati mediante una regressione ai minimi quadrati delle previsioni R -ennali, sulle rispettive durate. Ciò comporta la soluzione del problema di stima dei parametri della (2) per ogni durata esaminata e di quelli della (5) per ogni periodo di ritorno R preso in considerazione. Questa proliferazione delle stime parametriche, aumenta le incertezze, per via della varianza di stima associata ad ognuno dei numerosi parametri che vengono stimati.

Formulazione Scala-Invariante

La legge di potenza espressa dalla (5) scaturisce in origine da un'impostazione puramente deterministica (Supino, 1965) sottintende una proprietà fisica che caratterizza spesso i nubifragi, nota come *invarianza di scala*. Questa proprietà, espressa dalla:

$$\frac{Z_{\lambda T}(t)}{Z_T(t)} = \lambda^n \quad (6)$$

indica come il rapporto tra l'altezza di pioggia per una durata λT e quella per una durata T sia pari al fattore di scala λ tra le durate elevato ad un opportuno esponente n , legato alla fisica del fenomeno. In altre parole, la (6) esprime la proprietà che il fenomeno di precipitazione esaminato a due scale temporali differenti si presenta *auto-somigliante*, a meno di un fattore di scala. Le implicazioni di questa proprietà del fenomeno naturale consentono di giungere ad una formulazione della curva (a R fissato sul piano $h-T$) formalmente analoga alla (5), ma giustificata sulla base di

proprietà fisiche osservabili nei dati misurati. In particolare, tra le proprietà che derivano dall'ipotesi di invarianza di scala in probabilità va ricordata quella relativa ai momenti di ordine qualsiasi, poiché sarà utilizzata per verificare il comportamento scala-invariante delle osservazioni di pioggia registrate nelle stazioni del bacino dello Sturla. In virtù di tale proprietà, i momenti di qualsiasi ordine si riscalano secondo un fattore di scala, λ , elevato ad un esponente multiplo dell'esponente relativo al momento del primo ordine, secondo l'ordine considerato. In altre parole vale la:

$$E[H_{\lambda T}^j] = \lambda^j E[H_T^j] \quad j = 1, 2, 3, \dots \quad (7)$$

Rimandando alla letteratura specialistica citata in Parte B per i dettagli tecnico-scientifici, che conducono alla formulazione qui riportata, la (5) si può comunque scrivere, nell'intervallo $[T_{\text{inf}}, T_{\text{sup}}]$ di durate entro il quale la precipitazione si presenta scala-invariante nel tempo, come:

$$h_R(T) = \mu_1 (1 + VK_R) T^n \quad (8)$$

che identifica la famiglia di linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per la stazione in esame in funzione di tre soli parametri: l'esponente di scala, n , il coefficiente di variazione globale, V , e la media della massima altezza di pioggia caduta nella durata di riferimento unitaria, μ_1 ; K_R rappresenta invece il fattore di frequenza, dipende soltanto dal tipo di modello probabilistico scelto per la (2), e viene determinato spesso in funzione del solo livello di rischio, ovvero del periodo di ritorno. La stima dei parametri si riduce, in questo caso, alla determinazione di μ_1 , n , e V . Il valore dei primi due può essere definito stimato mediante la regressione delle medie di altezza di pioggia stimate per le varie durate, contro le stesse durate esaminate (il problema si riduce al semplice caso lineare operando la trasformazione logaritmica delle variabili). A sua volta, la stima di V è fornita dal coefficiente di variazione globale valutato in base alla varianza delle altezze adimensionalizzate rispetto alla media. La linea segnalatrice di probabilità pluviometrica scala-invariante così definita resta dunque completamente specificata quando sia scelto il modello probabilistico (2), da cui dipende il valore del fattore di frequenza, K_R .

Se il modello probabilistico è, come nel caso delle stazioni del bacino dello Sturla, quello di Gibrat-Galton (o legge *lognormale* a 2 parametri, LN2), la funzione di affidabilità è espressa dalla:

$$F(h) = \int_0^h \frac{1}{\xi \sigma_{LT} \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln \xi - \mu_{LT}}{\sigma_{LT}} \right)^2 \right] d\xi \quad (9)$$

in cui σ_{LT} e μ_{LT} rappresentano la media e la deviazione standard di $\ln H_T$, che sono legate ai momenti campionari dalle relazioni:

$$\mu_{LT} = \ln E[H_T] - 0.5 \ln \left(1 + \frac{\text{var}[H_T]}{E^2[H_T]} \right) \quad (10)$$

$$\sigma_{LT} = \sqrt{\ln(1 + \text{var}[H_T]/E^2[H_T])} \quad (11)$$

la formulazione della linea segnalatrice secondo la forma compatta (8) non è la più conveniente, poiché K_R dipende anche dal coefficiente di variazione. In questo caso, la legge $h_R(T)$ può essere espressa in forma compatta dalla:

$$h_R(T) = \mu_1 \frac{\exp\left[\Phi_R \sqrt{\ln(1+V^2)}\right]}{\sqrt{(1+V^2)}} T^n \quad (12)$$

dove V indica sempre il coefficiente di variazione globale, μ_1 la media dei massimi di pioggia per la durata unitaria e n l'esponente della legge d'invarianza di scala; mentre Φ_R rappresenta il fattore di frequenza, che corrisponde all'inversa della funzione di distribuzione di probabilità normale standard.

Formulazione Dissipativa

Quando la proprietà dell'invarianza di scala non vale nel campo di durate considerato, le osservazioni di precipitazione mostrano, generalmente, la tendenza ad uno smorzamento delle caratteristiche di fluttuazione al diminuire della scala temporale, che viene considerata. La variabilità del processo integrale (espressa, p. es., dalla varianza) tende cioè a diminuire più rapidamente di quanto non faccia la media del processo stesso, al diminuire della durata T considerata. In questi casi non può perciò essere soddisfatta l'ipotesi di invarianza di scala in senso debole, rappresentata dalla (7), e, di conseguenza non è più possibile esprimere le linee segnalatrici secondo una relazione del tipo della (8) per l'intero arco delle durate considerate. Il modello dissipativo si fonda quindi sull'ipotesi che, al crescere dell'ordine dei momenti, le relative relazioni di scala, prima espresse dalla (7) siano ora esprimibili come:

$$E[H_{\lambda T}^j] = \lambda^{j\varphi(j)} E[H_T^j] \quad j=1, 2, 3, \quad (13)$$

dove la funzione $\varphi(j)$ è una funzione uniformemente convessa (cioè $d^2\varphi/dj^2 > 0 \quad \forall j > 0$) o, in alternativa, concava (cioè $d^2\varphi/dj^2 < 0 \quad \forall j > 0$), denominata funzione di dissipazione e propria dei sistemi stocastici dissipativi. Per questa ragione il modello dissipativo è anche indicato come modello multiscala, in contrapposizione a quello scala-invariante. Il caso dell'invarianza di scala rappresenta peraltro un caso particolare della (13), cioè quello in cui $\varphi(j)=1, \quad \forall j > 0$, con conseguente degenerazione della (13) nella (7). Nel caso multiscala quindi, i momenti dei diversi ordini saranno caratterizzati da relazioni di scala con esponenti differenti, vale a dire, riscrivendo la (13) con notazione simile alla (7):

$$E[H_{\lambda T}^j] = \lambda^{jn_j} E[H_T^j] \quad (14)$$

dove n_j è l'esponente della relazione di scala per il momento del generico ordine j -esimo. Quindi, tanto il coefficiente di variazione, quanto quelli di asimmetria e di appiattimento non costituiscono più delle caratteristiche invarianti con la durata, ma variano con essa.

La relazione che esprime la linea segnalatrice di probabilità pluviometrica diventa in questo caso:

$$h_R(T) = \mu_1 \left(1 + K_R \sqrt{(\mu_1 \mu_2)^2 T^{2(n_2 - n_1)} - 1} \right) T^{n_1} \quad (15)$$

dove μ_1 rappresenta ancora la media dei massimi di pioggia per una durata unitaria e n_1 l'esponente della legge di scala, che caratterizza il momento del primo ordine; mentre μ_2 indica il valore del momento del secondo ordine, anch'esso per una durata unitaria, e n_2 l'esponente della legge di scala, che caratterizza il momento del secondo ordine. La stima di questi quattro parametri viene condotta, analogamente al caso scala-invariante, tramite la regressione dei momenti delle altezze di pioggia stimate, per le varie durate, sulle stesse durate considerate.

Il fattore di frequenza, K_R , come nel caso della linea segnalatrice scala-invariante, dipenderà dal modello probabilistico adottato per rappresentare il campione delle osservazioni. Va tuttavia osservato come non tutti i modelli probabilistici siano in grado di descrivere un comportamento dissipativo (Parte D): il modello di Gumbel, ad esempio, presenta valori dei coefficienti di asimmetria (terzo momento centrale) e di appiattimento (quarto momento centrale) costanti, indice di un comportamento tutt'altro che dissipativo. Sotto questo profilo, il modello che meglio si presta è quello lognormale (Burlando e Rosso, 1996). In questo caso, la linea segnalatrice diventa:

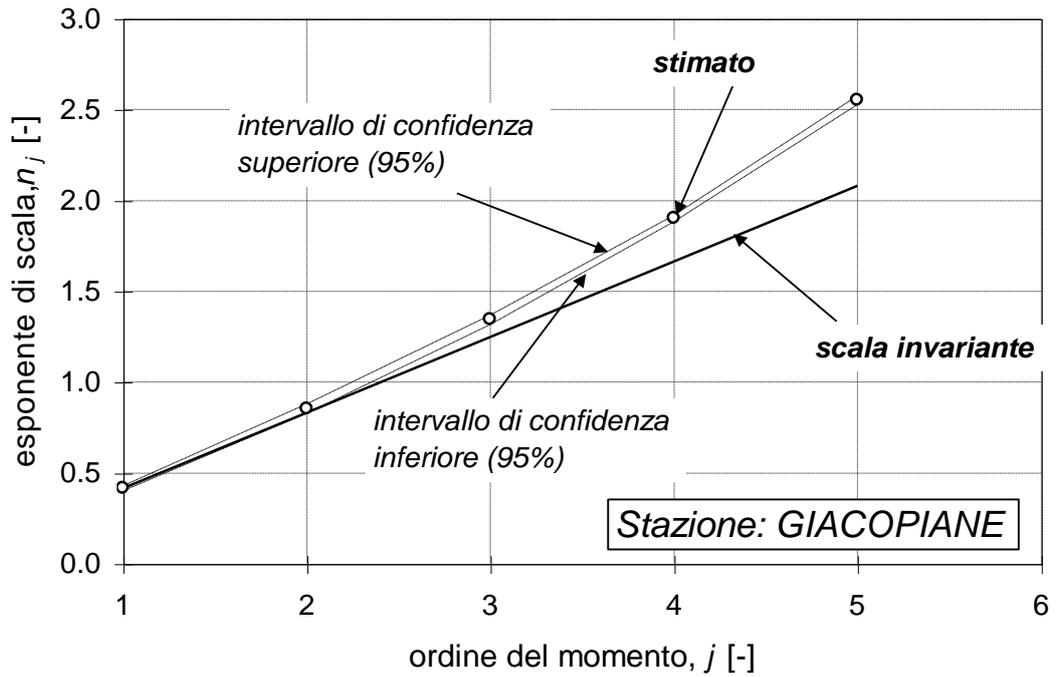
$$h_R(T) = \frac{\mu_1^2}{\mu_2} \exp\left(\Phi_R \sqrt{2 \ln\left[(\mu_2 / \mu_1) T^{(n_2 - n_1)} \right]} \right) T^{2n_1 - n_2} \quad (16)$$

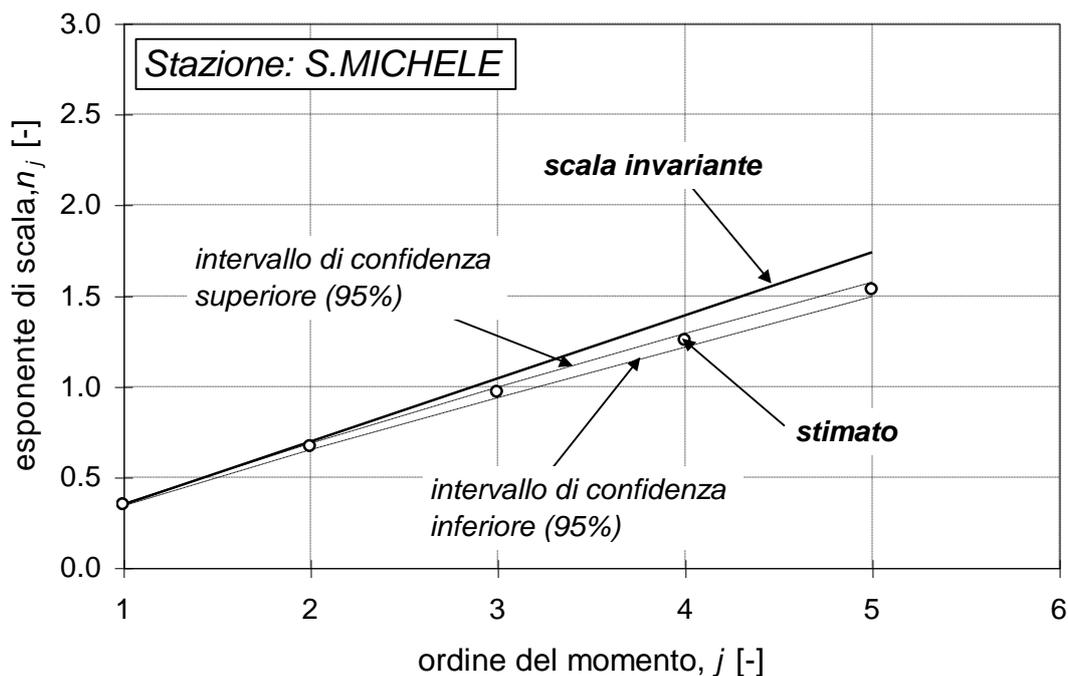
dove Φ_R ancora rappresenta il fattore di frequenza normale standard, che corrisponde all'inversa della funzione di distribuzione di probabilità normale standard. In pratica, il modello scala-invariante si può considerare come un caso particolare del modello dissipativo, in cui l'effetto di smorzamento è trascurabile al diminuire della scala di riferimento.

LSP per le Stazioni del Bacino dello Sturla - Entella

Utilizzando la formulazione delle linee segnalatrici descritta al paragrafo precedente, si sono determinate per le stazioni di riferimento le curve di crescita dell'altezza di pioggia temibili al crescere della durata per un assegnato valore del periodo di ritorno. In via preliminare, si è verificato per ciascuna stazione quale modello fosse più adatto a descrivere il comportamento delle precipitazioni dal punto di vista fisico, se quello scala-invariante o quello dissipativo. A tal fine si sono calcolati gli esponenti di scala per i momenti dei primi quattro ordini: nella Tabella e nelle due figure di seguito presentati sono riportati i risultati relativi a due delle quattro stazioni ricadenti nel bacino dello Sturla.

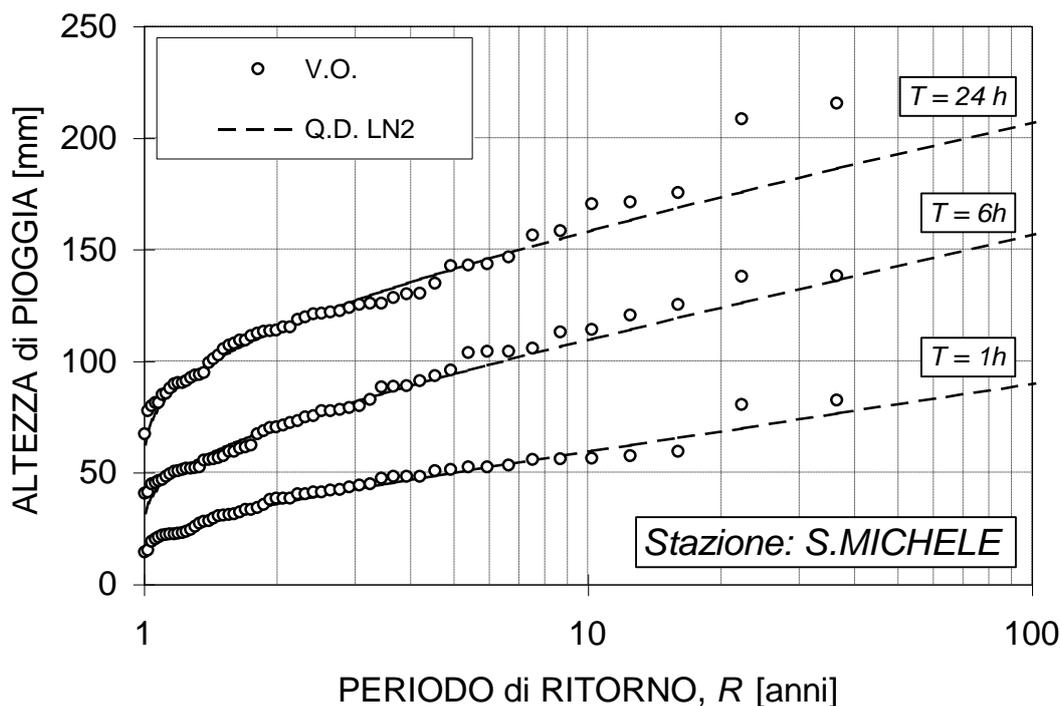
| ordine del momento | Esponente di scala | | | |
|--------------------|--------------------|------------|------------|------------|
| | GIACOPIANE | | S. MICHELE | |
| | Osservato | scala-inv. | Osservato | scala-inv. |
| 1 | 0.416 | 0.416 | 0.348 | 0.348 |
| 2 | 0.854 | 0.832 | 0.668 | 0.696 |
| 3 | 1.345 | 1.248 | 0.967 | 1.044 |
| 4 | 1.903 | 1.664 | 1.253 | 1.392 |





Se si tiene conto delle proprietà stabilite dalle relazioni (7) e (14), si può osservare come alcune delle stazioni considerate presentino un comportamento scala-invariante, altre dissipativo. In particolare, tutte le stazioni analizzate interne al bacino - Tigliolo, Giacobiane, S.Michele e Cichero - risultano caratterizzate da un comportamento dissipativo. Per tutte le stazioni, incluse quelle fuori bacino, considerata la prevalenza di stazioni a comportamento multiscala, come riportato in Tabella 1.8, è stato adottato il modello lognormale⁴, che ha mostrato comunque un buon adattamento ai campioni osservati per le diverse durate nelle differenti stazioni, come si può verificare nel grafico di esempio di seguito riportato.

⁴ In virtù di quanto meglio precisato in Parte D, il modello lognormale soddisfa le condizioni imposte sia dall'ipotesi di scala-invarianza sia di comportamento dissipativo (multiscala).



Le relazioni, che determinano le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica, sono rispettivamente la:

$$h_R(T) = \mu_1 \frac{\exp\left[\Phi_R \sqrt{\ln(1+V^2)}\right]}{\sqrt{(1+V^2)}} T^n \tag{17}$$

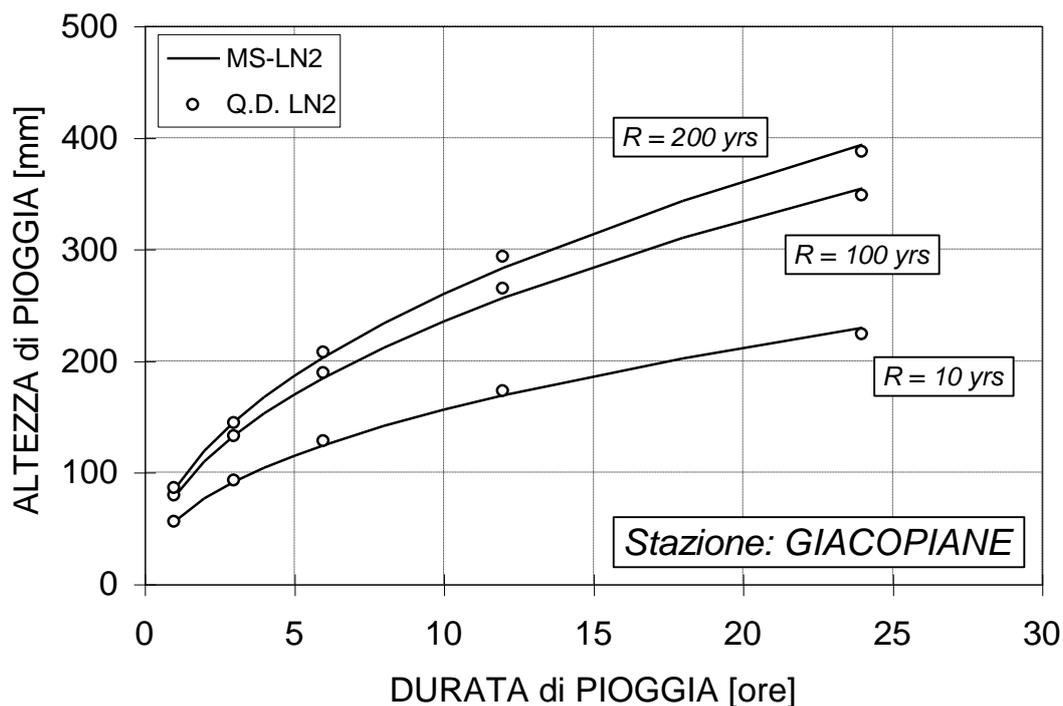
per le stazioni scala-invarianti e la:

$$h_R(T) = \frac{\mu_1^2}{\mu_2} \exp\left(\Phi_R \sqrt{2 \ln\left[(\mu_2/\mu_1) T^{(n_2-n_1)}\right]}\right) T^{2n_1-n_2} \tag{18}$$

per le stazioni multiscala. La stima dei parametri, condotta in base a quanto illustrato nel paragrafo precedente, porge per la Stazione di Giacopiane assunta come riferimento a titolo di esempio, i valori di seguito presentati:

| | | |
|-----------|------------------------------------|--------|
| μ_1 , | [mm h ^{-n₁}] | 39.1 |
| μ_2 , | [mm h ^{-n₂}] | 1693.3 |
| n_1 , | [-] | 0.416 |
| n_2 , | [-] | 0.427 |

I valori così stimati consentono di tracciare le linee segnalatrici stesse, per diversi periodi di ritorno R , come riportato nella figura seguente.



2.7.1.4 La determinazione del rischio idrologico

Il rischio idrologico, legato al verificarsi dei fenomeni di piena nei corsi d'acqua, non è prevedibile in termini strettamente deterministici. In primo luogo, l'idrogramma di piena, che si verifica in una certa sezione fluviale, dipende dalle caratteristiche meteorologiche del nubifragio, ossia di un fenomeno intrinsecamente imprevedibile con un congruo anticipo. Non ultimo, la trasformazione degli afflussi meteorici in ruscellamento superficiale ed in deflusso alveato costituisce, a sua volta, una fenomenologia assai complessa; essa è caratterizzata da rilevanti effetti non-lineari ed è difficile da prevedere con assoluta certezza, a causa delle notevoli indeterminazioni legate alla stima dei parametri che influiscono sulla dinamica del ruscellamento, sulla dispersione idrografica lungo la rete fluviale e sulla propagazione lungo il suo corso principale. Di conseguenza, il rischio idrologico viene generalmente valutato in termini probabilistici, descrivendo la possibilità che un determinato evento possa verificarsi attraverso la distribuzione di probabilità della variabile idrologica che meglio caratterizza le piene fluviali: il valore massimo della portata al colmo di piena che si può verificare in un generico anno (*portata al colmo di piena massima annuale*, che si indica con il simbolo Q_p e le cui realizzazioni, ossia i valori osservati od osservabili, sono indicati con q_p).

Nota la funzione:

$$F_{Q_p}(q_p) = \Pr[Q_p \leq q_p] \quad (19)$$

per la sezione idrografica di interesse, è quindi possibile valutare il rischio idrologico introducendo il concetto di periodo di ritorno, R , associato ad un qualsivoglia

valore di portata, q_p , che si può verificare in quella sezione. Il periodo di ritorno, dato da:

$$R = 1 / [1 - F_{Q_p}(q_p)] = 1 / \Pr[Q_p > q_p] \quad (20)$$

rappresenta il valore atteso dell'intervallo temporale tra due eventi di piena con portate superiori al valore q_p ; ovvero, per eventi di piena mutuamente indipendenti (com'è naturale supporre per la relativa rarità di queste manifestazioni naturali) il valor medio del tempo di attesa di una piena con portata al colmo maggiore di q_p . Le relazioni (19) e (20) forniscono il *rischio assoluto*, ossia indicano con quale probabilità o con quale tempo di ritorno si può manifestare, in assoluto, l'evento idrologico $\{Q_p > q_p\}$.

Se invece si vuole conoscere il rischio con cui l'evento $\{Q_p > q_p\}$ può manifestarsi in un lasso di tempo pari a L , si deve calcolare il *rischio relativo*, espresso dalla relazione:

$$r = \Pr[Q_p > q_p \text{ almeno una volta in } L \text{ anni}] = 1 - [1 - 1/R]^L = 1 - [F_{Q_p}(q_p)]^L \quad (21)$$

La funzione (21) consente di valutare l'impatto del rischio idrologico sull'ambiente naturale e antropico, in relazione ad un dato orizzonte di vita, L , economico o sociale, riferito al territorio in esame, alle opere di asservimento e di sistemazione, ai beni ed alle persone interessati ai fenomeni alluvionali. Per esempio, se alla portata q_p corrispondesse una probabilità di non superamento del novantanove per cento, vale a dire:

$$F_{Q_p}(q_p) = \Pr[Q_p \leq q_p] = 0.99 \quad (22)$$

il relativo periodo di ritorno sarebbe stimabile in:

$$[1/(1 - 0.99)] = 100 \text{ anni} \quad (23)$$

ma la probabilità che almeno un evento siffatto si verifichi in un orizzonte L di dieci anni sarebbe pari a $(1 - 0.99^{10}) = 0.096$, ossia quasi del 10%.

La valutazione della vulnerabilità idrologica di un bacino richiede la valutazione della funzione di probabilità $F_{Q_p}(q_p)$, spesso citata in seguito con l'abbreviazione di CDF, la cui conoscenza permette di calcolare il rischio idrologico, sia in termini assoluti che relativi.

2.7.1.4.1 Metodi per la Determinazione del Rischio Idrologico

La storia più recente dell'idrologia comprende numerosi studi volti ad identificare il legame funzionale tra i valori delle portate di piena e le probabilità ad esse associate,

espresso nel paragrafo precedente dalla (19). Poichè, la (1) mira ad una previsione in senso statistico, tali studi sono indicati sotto il nome di *analisi di frequenza delle piene* (Rosso, 1981). La soluzione più diffusa, tra i metodi di analisi di frequenza delle piene, è fornita dall'applicazione dei metodi puramente statistici, basati sulla ricerca del migliore adattamento di una assegnata forma analitica della CDF ai dati osservati direttamente nel sito di interesse durante un periodo più o meno lungo. Questa impostazione, che pur fornisce la soluzione più immediata dal punto di vista teorico, spesso può non risultare in pratica la più conveniente; questa circostanza è essenzialmente a due ordini di fattori.

Il primo fattore va ricondotto alle serie di osservazioni storiche, che, anche se disponibili per il sito in esame, non sempre risultano di lunghezza sufficiente a garantire stime affidabili, poiché i dati non superano nella maggior parte dei casi le poche decine di anni. L'applicazione dell'analisi di frequenza su scala locale in simili circostanze, pur essendo una prassi comune, non può che suscitare qualche perplessità. Per la stessa natura di questo tipo di analisi, risulta infatti evidente come l'attendibilità dei risultati dipenda fortemente dalla quantità e dalla qualità delle osservazioni disponibili, sia in termini di identificazione del modello probabilistico sia di stima dei suoi parametri (Rosso, 1985). Una delle conseguenze più evidenti è rappresentata dalle discrepanze, spesso marcate, che si riscontrano nei risultati forniti da modelli probabilistici differenti; un'altra, non secondaria, è la scarsa robustezza delle stime previsionali ottenute. L'insufficiente quantità di informazione disponibile nei singoli siti è peraltro testimoniata dall'accentuata variabilità delle statistiche campionarie che si riscontra anche in zone che sarebbe ragionevole supporre idrologicamente simili od omogenee. Nello specifico caso del Torrente Sturla, l'unica serie di osservazioni idrometriche disponibile per la stazione di Vignolo presenta una lunghezza appena sufficiente per poter identificare il tipo di distribuzione di probabilità dei colmi di piena, nonché per la validazione del modello proposto per l'analisi del rischio idrologico, a patto di non richiedere stime per valori elevati del periodo di ritorno⁵.

Il secondo fattore, che induce a ricercare strade alternative all'analisi locale, è legato al fatto che la legge probabilistica così identificata e stimata può essere usata con piena affidabilità solo per i siti osservati o per siti ad essi prossimi. L'estrapolazione lungo il reticolo idrografico comporta l'introduzione di ulteriori incertezze. Questo fatto costituisce un grave limite, vista la necessità di pervenire, nella maggior parte dei casi di interesse pratico, a valutazioni probabilistiche delle portate di piena proprio per siti con pochissime o addirittura nessuna osservazione diretta fatta in passato. Infatti, i bacini idrografici dotati di strumenti per la misura e la registrazione di dati idrometrici istantanei sono generalmente in numero estremamente limitato e con un periodo di osservazione che raramente supera i cinquanta anni. Poiché in molti casi è richiesta la valutazione della portata al colmo con bassa probabilità di superamento, sarebbe invece necessario disporre di periodi di osservazione molto lunghi. Non fa eccezione il caso in esame, per il quale, come già è stato riportato, si dispone di un'unica serie di portate al colmo.

⁵ Come è noto le stime prodotte da diverse distribuzioni di probabilità dei valori estremi risultano non dissimili per periodi di ritorno contenuti, indicativamente inferiori ai 30 anni. Per valori del periodo di ritorno superiori a tale limite la forma della distribuzione comporta stime assai diverse tra loro. Ne consegue la necessità di avere un numero sufficiente di dati osservati per individuare correttamente la forma della curva di crescita.

Per superare i limiti appena citati, che restringono ad un uso locale il legame funzionale individuato tra portata di piena e frequenza nella stazione di misura, è dunque necessario ricorrere ad una informazione idrometrica più ampia, che consenta di individuare un legame funzionale valido per una porzione di territorio solitamente corrispondente ad un bacino o ad una regione idrologica. Le metodologie che rendono possibile questa operazione vanno sotto il nome di metodi di *regionalizzazione* ed hanno lo scopo di pervenire (come più approfonditamente descritto in Parte E) ad un modello probabilistico valido per gruppi di bacini idrografici omogenei tra loro in senso geografico, geomorfologico o statistico. Il concetto di fondo alla base di questi metodi è costituito dalla *similitudine idrologica*, ossia dall'analogia di comportamento idrologico più o meno marcata, tra bacini diversi dotati di alcune caratteristiche comuni.

Una alternativa alle procedure di stima regionale, anche in ragione delle incertezze introdotte dalle tecniche di inferenza regionale, è costituita dalla derivazione della distribuzione di probabilità (CDF) delle portate al colmo a partire da quella della sollecitazione meteorica, seguendo un percorso di derivazione analitica basato su una plausibile schematizzazione della trasformazione afflussi-deflussi (Adom et al., 1989). In tal modo, la distribuzione derivata risulta funzione di alcuni parametri geomorfologici e climatici, che dipendono dalla particolare schematizzazione adottata per rappresentare il processo di precipitazione e la trasformazione afflussi-deflussi; tali parametri sono generalmente noti, o comunque calcolabili, in qualunque punto del bacino: risulta così possibile, almeno in linea di principio, pervenire ad una stima delle portate di massima piena per qualunque sezione del corso d'acqua in esame, ivi comprese quelle sezioni ove non si disponga di osservazioni idrometriche adeguate alla stima diretta tramite il metodo dell'inferenza statistica. Inoltre, questo tipo di procedura consente l'uso, laddove se ne disponga, di informazioni *distribuite* sull'area in esame, sia di tipo topografico e, più in generale, geolitologico e geomorfologico, sia di tipo urbanistico e territoriale, sia di tipo climatologico e, soprattutto, pluviometrico. Le semplificazioni, spesso drastiche, operate nella concettualizzazione dei fenomeni naturali, al fine di rendere analiticamente praticabile il percorso di derivazione, limitano la capacità di tali modelli nel riprodurre l'intero andamento della distribuzione di frequenza delle osservazioni (tale aspetto viene approfondito in Parte D) senza tuttavia comprometterne troppo l'applicazione alla maggior parte dei casi pratici.

2.7.1.4.2 Valutazione del Rischio Idrologico nel Bacino dello Sturla - Entella

Secondo quanto introdotto nel paragrafo precedente ed in ragione delle esigenze di questo studio, il rischio idrologico nel bacino dello Sturla-Entella è stato valutato adottando il principio della derivazione della funzione di distribuzione di probabilità delle portate massime annuali a partire da una schematizzazione geomorfoclimatica del fenomeno di piena (Parte E). Con questo procedimento, la distribuzione dei colmi di piena viene ottenuta a partire dalle proprietà statistiche della precipitazione e dalle caratteristiche del bacino sotteso dalla sezione in esame; i parametri della CDF vengono stimati, per ogni sezione di interesse, dall'esame delle caratteristiche climatiche e dell'assetto geomorfologico così come rilevabile dalle rappresentazioni cartografiche tradizionali-topografiche e tematiche-prodotte all'interno dello studio. Si ricava in tal modo una stima del colmo di piena per assegnato tempo di ritorno in qualunque sezione della rete idrografica, tenendo conto dei caratteri geomorfoclimatici propri del bacino sotteso dalla sezione stessa. In

particolare, nel tentativo di ovviare alle limitazioni imposte dalla necessità di rendere analiticamente praticabile il percorso di derivazione, l'impostazione analitica è limitata alla derivazione dei momenti del secondo ordine del processo dei colmi di piena.

Inoltre, per una maggiore completezza la valutazione probabilistica del rischio condotta in questi termini è stata affiancata dalla tradizionale, ben nota e ancora accettata metodologia che va sotto il nome di *curva inviluppo*. Essa esprime il valore dei massimi contributi unitari di piena osservati nei diversi bacini di una determinata area geografica in funzione dell'area di questi ultimi e consente anch'essa una valutazione della portata temibile per qualunque sezione del corso d'acqua in esame, nota l'area di bacino sotteso⁶. Poiché la curva inviluppo fornisce un valore di portata presumibilmente osservato (od osservabile) storicamente, l'uso congiunto con il modello geomorfoclimatico consente di stabilire il livello di frequenza probabile associato al valore inviluppo, valutandone l'effettivo periodo di ritorno.

2.7.1.4.3 Rischio Idrologico Secondo il Modello Probabilistico Geomorfoclimatico

In sintesi, la procedura necessaria a costruire il modello probabilistico geomorfoclimatico (descritto in ogni suo dettaglio in Appendice E), richiede:

- * la taratura del modello matematico di precipitazione che descrive la sollecitazione meteorica locale in un punto considerato come teorico centro di scroscio;
- * l'individuazione della legge di ragguaglio all'area delle precipitazioni locali;
- * la taratura del modello di assorbimento del terreno e del modello di trasformazione ruscellamento-deflusso alveato lungo la rete idrografica.

Con queste operazioni si perviene alla stima delle statistiche del secondo ordine del processo di colmi di piena, vale a dire la media μ_{Q_p} e la varianza $\sigma_{Q_p}^2$, a partire dai quali, una volta specificata la forma analitica della CDF delle portate al colmo di piena è possibile determinare la relazione funzionale tra portata al colmo di piena e la frequenza di superamento. La forma analitica della CDF è determinata in base alle osservazioni storiche disponibili per almeno una stazione idrometrica, nel caso specifico costituita dalla serie osservata nella stazione di Vignolo.

In particolare, nell'ipotesi che:

⁶ In realtà, come descritto in Parte E con maggior dettaglio, il metodo della *curva inviluppo* presenta un limite inferiore di validità per i bacini liguri con foce al litorale tirrenico; tale limite corrisponde a valori dell'area sottesa dalla sezione del corso d'acqua inferiori ai 10 km².

- * le precipitazioni possano essere rappresentate attraverso il modello IPM, ovvero un modello poissoniano ad impulsi rettangolari indipendenti identicamente distribuiti secondo un modello di tipo esponenziale (Eagleson, 1972; Bacchi et al., 1987);
- * la legge che regola la loro attenuazione nello spazio risponda alle proprietà caratteristiche dei processi scala-invarianti nello spazio (Burlando e Rosso, 1991);
- * il fenomeno della formazione del ruscellamento, ossia del rifiuto del bacino ad assorbire una quota parte delle acque di pioggia, venga descritto dal metodo del *Curve Number* (CN) del *Soil Conservation Service* (SCS) formulato dal servizio tecnico del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA-U.S. Department of Agriculture, 1972);
- * la portata al colmo di piena associata al generico evento meteorico sia espressa in via approssimata secondo la nota formula razionale:

$$Q_p = A I_r \varepsilon(I_r, T_r) \quad (24)$$

ove A indica la superficie del bacino sottesa dalla sezione in esame, I_r e T_r sono rispettivamente la durata e l'intensità media della precipitazione netta sul bacino del ruscellamento, assunta costante nel tempo, e $\varepsilon(I_r, T_r)$ rappresenta un fattore di attenuazione, che dipende dallo specifico modello adottato per la trasformazione afflussi-deflussi e che rappresenta l'effetto di laminazione dovuto al ruscellamento sui versanti ed alla propagazione lungo la rete di drenaggio nel suo insieme (Bacchi et al., 1989);

è possibile derivare, mediante un'approssimazione del secondo ordine (Bacchi e Rosso, 1988), i momenti del secondo ordine della variabile portata al colmo, vale a dire la media e la varianza, μ_{Q_p} e $\sigma_{Q_p}^2$. Essi sono espressi rispettivamente dalle relazioni:

$$\mu_{Q_p} \cong A \mu_p \mu_i^{-1} \eta \left\{ \left[(1 - \exp(-\chi))(1 + k^2) - k^2 \chi \exp(-\chi)(1 + \chi/2) \right] \right. \\ \left. \left[1 + 3 \cdot k^2 (1 - \eta)^2 \right] + k(2 - \eta) \left[\exp(-\chi)(1 + \chi) - 1 \right] \right\} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} \sigma^2_{Q_p} \cong & A^2 \mu_p^2 \mu_t^{-2} k^2 \eta^2 \left\{ \left[1 + 3k^2 (1 - \eta)^2 \right]^2 \cdot [(\chi + 1) \exp(-\chi) - 1]^2 \right. \\ & + 2 \left[1 + 3k^2 (1 - \eta)^2 \right] \cdot (2 - \eta) \cdot [(\chi + 1) \exp(-\chi) - 1] \left[1 - \exp(-\chi) \right] \\ & \left. + 3(2 - \eta)^2 \left[1 - \exp(-\chi) \right]^2 \right\} \end{aligned} \quad (26)$$

ove si è indicato con:

$A =$ l'area di bacino sottesa dalla sezione di interesse,

$\mu_p =$ l'altezza media di pioggia di un generico nubifragio, ottenuta come prodotto della relativa intensità media, μ_i , per la durata media, μ_t , essendo μ_i il parametro del modello esponenziale che descrive l'intensità di un evento e μ_t di quello che ne descrive la durata,

$\eta =$ il rapporto tra l'altezza media di precipitazione di un evento meteorico, μ_p , e la quantità $(\mu_p + S)$, cioè $\eta = \mu_p / (\mu_p + S)$, dove S rappresenta il massimo volume specifico che può essere invasato nel terreno durante un nubifragio e che viene determinato, come detto nelle ipotesi, tramite il metodo CN-SCS,

$\chi =$ il rapporto tra la durata media di un evento, μ_t , e il tempo di ritardo, che caratterizza la risposta del bacino, t_L , cioè $\chi = \mu_t / t_L$,

$k^2 =$ il coefficiente di attenuazione spaziale della sollecitazione meteorica.

In altre parole, il modello di derivazione geomorfoclimatica porge le statistiche della portata al colmo di piena, Q_p , in funzione dei parametri del modello di precipitazione locale e di tre parametri adimensionali, χ , η e k^2 , i quali rappresentano, rispettivamente, l'interazione tra la durata media degli eventi meteorici ed il tempo di ritardo del bacino, tra il volume specifico medio dei nubifragi e la capacità di assorbimento del terreno e, infine, tra la struttura di correlazione spaziale del campo di pioggia e la dimensione e la forma dell'area drenata.

In base ai valori ottenuti con le (23) e (24) è sufficiente specificare la forma della CDF dei massimi annuali delle portate al colmo per ottenere la relazione funzionale tra Q_p e il tempo di ritorno corrispondente ad assegnati livelli di probabilità di superamento. In particolare, nell'ipotesi che i colmi di piena sopra una soglia, q_1 , siano tra loro indipendenti e identicamente distribuiti secondo una distribuzione di Pareto:

$$F(q) = 1 - \left(\frac{q_1}{q} \right)^\theta, \quad \theta > 0, \quad q \geq q_1 \geq 0, \quad (27)$$

si può dimostrare come la legge del massimo annuale dei colmi di piena, $F_{Q_p}(q_p)$, corrisponda ad una distribuzione del valore estremo del secondo tipo (EV2), altrimenti nota come distribuzione di Frèchet ed espressa dalla relazione:

$$F_{Q_p}(q_p) = \exp(-\xi/q)^\theta \quad \theta > 0; \xi > 0; q \geq q_1 > 0 \quad (28)$$

dove si è posto:

$$\xi = q_1 \Lambda^{1/\theta} \quad (29)$$

ove Λ indica il numero degli eventi sopra la soglia q_1 . I parametri della (26), ossia ξ e θ , sono legati ai momenti della distribuzione tramite la (27) e tramite le relazioni (Brath et al., 1992):

$$\theta = 1 + \sqrt{1 + \frac{1}{V_{Q_p}^2}} \quad (30)$$

$$q_1 = \mu_{Q_p} \frac{(\theta - 1)}{\theta} \quad (31)$$

dove $V_{Q_p} = \sigma_{Q_p} / \mu_{Q_p}$ indica il coefficiente di variazione di Q_p .

Utilizzando il modello geomorfoclimatico e, quindi, le (23) e (24) per esprimerne i momenti, la distribuzione viene a dipendere, attraverso i suoi parametri, dall'assetto geomorfoclimatico caratteristico del sistema. In particolare, essa viene a dipendere, oltre che dall'area sottesa dalla sezione, dall'intensità media e dalla durata media dei nubifragi, dal fattore di attenuazione spaziale delle precipitazioni, dalla massima capacità di ritenzione del terreno, dal tempo di ritardo caratteristico del bacino e dal numero medio annuo di colmi di piena indipendenti.

La dipendenza del modello probabilistico geomorfoclimatico da alcuni parametri che identificano l'assetto geomorfoclimatico del bacino, bene si presta ad un'applicazione distribuita che fornisca la previsione di piena per qualunque sezione del reticolo idrografico. Tuttavia ciò richiede la disponibilità di un'adeguata cartografia digitale, in grado di caratterizzare la topografia e i tematismi a carattere idrologico (ad es. geolitologia, pedologia e uso del suolo) del bacino in esame. In assenza di tale descrizione distribuita, il modello è ancora in grado di fornire la previsione di piena per qualunque sezione del reticolo idrografico, ma la sua applicazione richiede una onerosa elaborazione delle caratteristiche del bacino, a partire da carte tematiche di tipo tradizionale, al fine di identificare i valori dei parametri caratteristici della porzione di bacino sottesa da ogni sezione di interesse. Nello specifico caso in esame, le elaborazioni sviluppate nel corso dello studio sono state interfacciate, al fine di ridurre l'onerosità delle stime con le caratteristiche del bacino individuate da un'analisi della cartografia regionale di riferimento (PTCP, Regione Liguria) e delle carte tematiche redatte nell'ambito del presente documento.

2.7.1.4.4 Rischio Idrologico Secondo il Metodo della Curva Inviluppo

Le valutazioni condotte con il modello appena proposto sono state affiancate dalle stime condotte con il metodo della *curva inviluppo*, ben noto nella pratica progettuale, specialmente nella Liguria tirrenica e in Toscana. Questo metodo lega all'area del bacino sotteso le massime portate di piena registrate storicamente in un regione idrologicamente omogenea. A tal scopo, esso parametrizza tale legame in una forma pseudo-iperbolica, che descrive abbastanza bene l'andamento del contributo unitario di piena al variare della superficie di bacino idrografico sottesa. Per la sua stessa natura, è evidente come tale curva andrebbe continuamente aggiornata, in conseguenza del verificarsi di nuove piene superiori a quelle osservate: una circostanza ormai ben nota e sperimentata.

Una formula pseudo-iperbolica, che si presta abbastanza bene a descrivere l'inviluppo dei massimi contributi unitari di piena, è data da:

$$q = q_0 + b A^{-n} \quad (32)$$

dove q_0 , b ed n sono tre parametri arbitrari, la cui stima si effettua, in modo assai semplice, imponendo alla (30) di assumere, per tre valori di superficie sottesa, i valori dei contributi unitari desunti dall'esperienza, vale a dire dalle osservazioni. Nel caso dei bacini liguri con foce al litorale tirrenico, la *curva inviluppo* di riferimento è quella formulata dal Cati (1970), che, utilizzando i dati relativi alle piene dell'Ottobre 1970 in alcuni bacini della Liguria, ha aggiornato la curva precedente, ferma agli eventi alluvionali del 1953. In particolare, la (30) risulta particolarizzata dalla:

$$q = 7.92 + 88.92 A^{-0.66} \quad (33)$$

per bacini con area compresa tra 10 e 160 Km² e come:

$$q = -70.10 + 108 A^{-0.056} \quad (34)$$

per bacini con area maggiore, dove q è espresso in m³/s Km² e A in Km².

Nonostante il suo uso consolidato nella pratica idrologica, va osservato come la (30) presenti notevoli limitazioni, sia strutturali che concettuali. Senza considerare le incertezze relative ai dati in base ai quali è ricavata, due limitazioni in particolare suggeriscono un uso cauto di questo metodo di valutazione. La prima riguarda il limite inferiore di validità della (30), che fornisce valori irrealistici al diminuire dell'area contribuente A , soprattutto, quindi, per i bacini più piccoli⁷. La seconda, non meno significativa, riguarda l'impossibilità di assegnare alla curva inviluppo, per come viene derivata, un significato statistico e, quindi, un livello di frequenza caratteristico degli eventi con essa calcolati, che possono, per un assegnato tempo di ritorno, tendere ora

⁷ In realtà anche la procedura geomorfoclimatica presenta un limite inferiore al di sotto del quale il modello fornisce risultati dubbi: tale limite, variabile in generale secondo la capacità descrittiva dell'informazione cartografica-tradizionale o digitale- in relazione alla topografia, può essere assunto, nel caso specifico, pari a circa 1 Km².

a sovrastimare il valore delle portate di piena, ora a sottostimarlo, a seconda delle osservazioni storiche alla base della costruzione della curva.

2.7.1.4.5 Le Portate di Piena lungo l'Asta dello Sturla e dei suoi Affluenti

Come sopra evidenziato, per il Torrente Sturla è disponibile una serie storica di portate al colmo, osservate nella sezione di Vignolo, pressoché alla confluenza con l'Entella. Tale serie ha costituito un campione di osservazioni utilizzabile sia per la validazione "assoluta" della stima prodotta dal modello geomorfoclimatico, sia per la validazione della stessa in relazione a quanto calcolato mediante la procedura regionale suggerita dal rapporto sulla "*Valutazione delle Piene*" (VAPI) pubblicato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (Rosso et al., 1996; Rosso, 1996; Brath et al., 1997; Brath e Rosso, 1994), ottenendo così una validazione aggiuntiva al confronto con i dati storici. Inoltre, il valore della portata di piena nelle varie sezioni è stato calcolato utilizzando anche la curva involuppo equazioni (31) e (32) che, in assenza di studi specifici, costituisce ancora uno strumento ammesso dalla legislazione regionale.

2.7.1.4.6 Taratura del Modello Probabilistico Geomorfoclimatico per il Bacino dello Sturla - Entella

Seguendo quindi l'impostazione del modello geomorfoclimatico sono state innanzitutto determinate per l'asta principale dello Sturla e per un certo numero di sezioni di interesse i parametri, climatici e geomorfologici, necessari alla determinazione della portata indice.

In particolare sono stati determinati, per le stazioni pluviometriche considerate nell'analisi, i valori dei parametri del modello di precipitazione, vale a dire l'intensità media di un evento, μ_i , la sua durata media, μ_t , e il numero medio di eventi in un anno, Λ . La variabilità di tali valori, riportati in Tabella 1.9, indica la necessità di diversificare il valore del parametro di intensità, in modo tale da mantenere nel modello geomorfoclimatico l'informazione relativa ai diversi regimi di intensità che sono osservabili negli specifici sottobacini dell'Entella, verosimilmente conseguenti al condizionamento orografico ed all'orientamento dei bacini stessi. La modesta densità delle stazioni ha tuttavia suggerito, al fine di conseguire una maggiore robustezza della stima, di adottare un valore rappresentativo per i tre maggiori sottobacini dell'Entella. In particolare, per il bacino del Torrente Sturla il parametro di intensità risulta pari a $\mu_i=17.699\text{mm/h}$, in pratica corrispondente al valore stimato per il pluviografo di Tigliolo, che può, data la sua localizzazione, considerarsi ragionevolmente rappresentativo del regime dello Sturla. La durata media dell'evento e il numero di eventi sono stati invece considerati equivalenti a quelli utilizzati nel precedente studio relativo al Torrente Lavagna, vale a dire pari a $\mu_t=0.766\text{ h}$ e $\Lambda=22\text{ eventi/anno}$.

Seguendo tale ipotesi di parametrizzazione, il modello geomorfoclimatico riproduce correttamente la serie storica delle portate al colmo osservate nella sezione di Vignolo, senza che sia stato fatto uso delle stesse per la stima inversa dei parametri del modello di pioggia.

La taratura dei parametri geomorfologici ha richiesto, come precedentemente indicato, essenzialmente la stima del parametro di assorbimento il valore di CN e del parametro cinetico il tempo di lag, t_L .

La stima del parametro di infiltrazione, cioè dell'indice CN, ha richiesto l'individuazione a partire dalle carte geolitologiche, pedologiche e di uso del suolo delle caratteristiche di assorbimento secondo la chiave fornita dalla classificazione idrologica dei suoli e del loro uso proposta dal metodo SCS-CN, e presentata rispettivamente nelle Tabelle 1.10 e 1.11, interfacciando tale classificazione con le caratteristiche del bacino individuate dalla cartografia di riferimento. A tale scopo, nel corso del presente studio si è convenzionalmente assunto di suddividere la litologia del territorio regionale in dieci classi e l'uso del suolo in undici classi, come riportato in Tabella 1.12.

Da tale interfacciamento è emersa, com'era inevitabile attendersi, una non perfetta corrispondenza tra la classificazione adottata e quella tabulata dal SCS: se, infatti, da un lato la prima si presenta più raffinata rispetto a quella del modello SCS-CN, individuando ben dieci classi rispetto alle quattro proposte dal modello americano, dall'altro tale classificazione dell'uso del suolo risulta, con le sue undici classi contro ventuno, meno accurata rispetto a quella del metodo CN. Il problema è stato affrontato ipotizzando un criterio associativo tra le due classificazioni, espresso dalle corrispondenze riportate in Tabella 1.13, che permette di identificare, per ogni area omogenea individuata dalla cartografia del bacino, la tipologia del terreno e l'uso del suolo in base alla tradizionale classificazione SCS, in modo da ricavare direttamente il valore del parametro di assorbimento. È tuttavia da sottolineare il fatto che tale criterio associativo è stato determinato in base a ipotesi piuttosto generali (quali, ad esempio, l'impermeabilità dei materiali argillosi), che, pur potendosi considerare corrette per una valutazione indicativa, richiederebbero un adeguato approfondimento di dettaglio⁸.

A tale proposito è inoltre opportuno rilevare come le indicazioni di tipologie ed usi del suolo emerse dalla cartografia tematica allegata al presente documento, presentino a tratti discordanze con quelle adottate nello sviluppo della presente metodologia. Tali incoerenze sono riconducibili alle differenze di scala presenti nei due casi.

Nell'ambito della presente analisi, il bacino è stato infatti suddiviso in diversi sottobacini, identificabili con una sigla di una o due lettere, ognuno dei quali è stato caratterizzato da un unico set di parametri del modello. Le altre aree scolanti di interbacino sono ugualmente prese in considerazione ma non sono identificate da lettere. In ogni sottobacino o area scolante è inserito un segmento che indica in maniera schematica l'andamento dell'asta fluviale principale.

Ciascuna estremità dei segmenti suddetti è identificata con una sezione di chiusura od intermedia del sottobacino o dell'area scolante. Ogni sezione risponde ad un codice costituito da un numero ed una lettera che richiamano il sottobacino di appartenenza. L'insieme degli elementi descritti in precedenza è inserito nella carta

⁸ Tale approfondimento è peraltro possibile sulla base di vaste indagini sperimentali, che competono tradizionalmente al settore della ricerca scientifica.

“Suddivisione del Bacino e Schematizzazione del Reticolo Idrografico” (Tavola 13 in Allegato allo Studio Porpedeutico). In Tabella 1.15 sono presentati i parametri assunti per ogni sottobacino, individuato dalla sua sezione di chiusura.

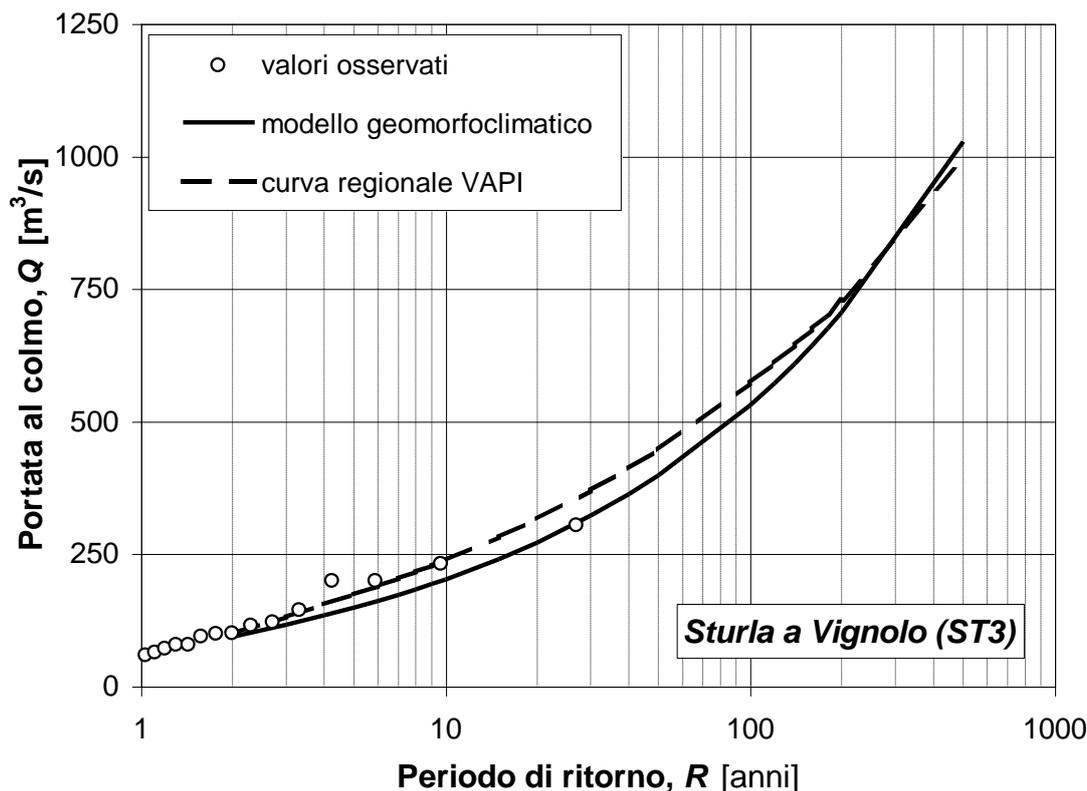
Infine, per omogeneità con la scelta del metodo CN, si è fatto uso della procedura proposta dal SCS anche per la determinazione del tempo di ritardo del bacino. Secondo tale procedura, il tempo di lag, t_L è legato al tempo di corrivazione, t_C , secondo le equazioni riportate in Parte E.

2.7.1.4.7 Portate di Piena ad Assegnato Periodo di Ritorno

Utilizzando le equazioni (25) e (26) sono state quindi calcolate, per ognuna delle sezioni ritenute di interesse, le statistiche delle portate al colmo di piena, μ_{Q_p} e $\sigma_{Q_p}^2$, necessarie alla stima dei parametri della curva di crescita delle portate al colmo espressa, nell'ipotesi del modello geomorfoclimatico, secondo una distribuzione EV2. Per mezzo di quest'ultima sono quindi state calcolate le portate di piena per assegnati periodi di ritorno, come più oltre riferito.

La validazione delle stime fornite dal modello probabilistico geomorfoclimatico EV2 è stata condotta, come più sopra rilevato, confrontando i valori calcolati mediante tale modello con i valori osservati storicamente nella sezione di Vignolo. Tale confronto, riportato in nella seguente figura, indica un buon accordo tra valori osservati e valori calcolati, con una tendenza alla sottostima per bassi periodi di ritorno (2÷10 anni), e una stima corretta in corrispondenza del valore più alto osservato ($R \cong 30$ anni)⁹.

⁹ La limitata numerosità della serie storica non consente in realtà di operare un confronto per valori più elevati di circa 30 anni: tuttavia, considerata la struttura analitica della EV2 che è caratterizzata da una crescita assai ripida per bassi valori della frequenza di superamento non sembra illegittimo avanzare l'ipotesi di una potenziale sovrastima in questa regione del piano probabilistico. Il confronto con i valori stimati a mezzo della curva regionale tenderebbero a limitare tale circostanza a periodi di ritorno superiori ai 200 anni.



Le buone prestazioni del modello proposto trovano conferma anche nel confronto con la curva di crescita regionale, di tipo GEV¹⁰:

$$Q_T = Q_i \left[\varepsilon + \frac{\alpha}{k} (1 - e^{-ky}) \right] \quad (35)$$

in cui Q_i è la portata indice (Parte E), $y = -\ln[-\ln(F)]$ è la variabile ridotta di Gumbel e i parametri ε , α e k risultano dalla regionalizzazione delle piene nella Liguria tirrenica rispettivamente pari a $\varepsilon=0.619$, $\alpha=0.369$, $k=-0.319$. La curva regionale GEV riportata nella figura precedente, ottenuta utilizzando quale portata indice la media dei massimi annuali delle portate al colmo osservate, mostra infatti un andamento assai simile a quello del modello EV2 geomorfoclimatico, risultando in generale di poco riscalata verso valori più elevati a parità di frequenza. In particolare, la curva regionale tende ad una maggiore sovrastima nell'intervallo di frequenze corrispondenti a periodi di ritorno compresi tra 20 e 100 anni, ma fornisce stime di inferiori per periodi di ritorno superiori a 300 anni. Nell'intervallo di interesse tecnico, considerando il valore bicentennale come limite superiore per una stima robusta, i valori calcolati secondo i due modelli sono caratterizzate da uno scarto variabile tra il 15 e il 10%, come indicato in Tabella 1.14, per valori del periodo di ritorno inferiori a 50 anni, mentre registrano

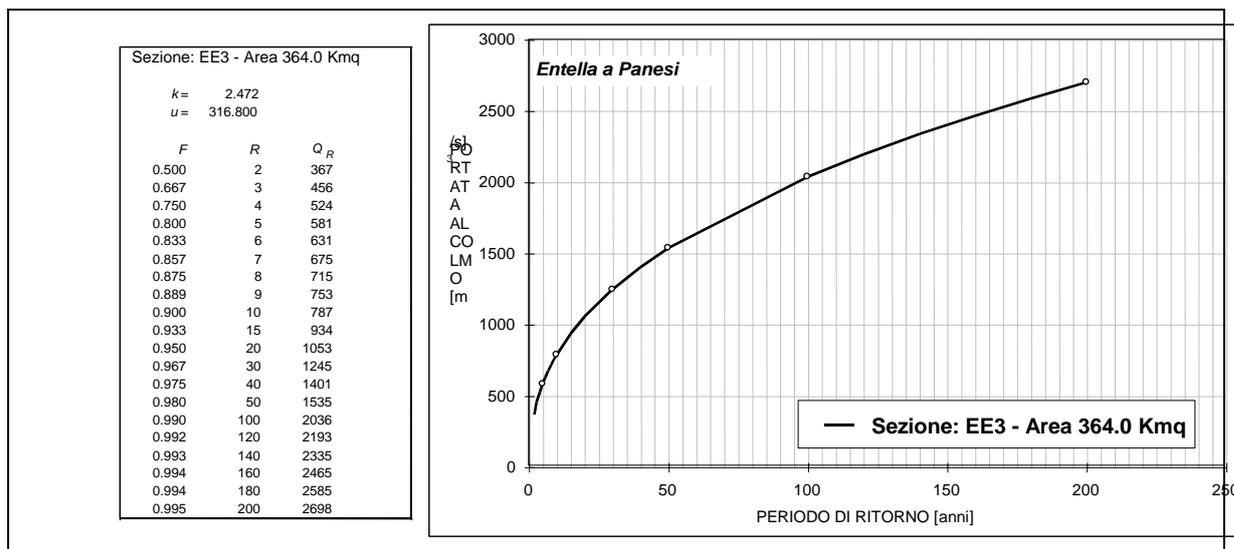
¹⁰ L'espressione della GEV è:

$$F_Q(q) = \exp \left[1 - \frac{k}{\alpha Q_{indice}} (q - \varepsilon Q_{indice})^{-1/k} \right],$$

da cui è immediato ricavare l'espressione della portata R -ennale che risulta scritta

$$Q_T = Q_{indice} \left[\varepsilon + \frac{\alpha}{k} (1 - e^{-ky}) \right]$$

differenze nell'ordine di qualche per cento per le stime centennali e bicentennali. È appena il caso di sottolineare come tali differenze siano del tutto confrontabili sia con gli errori di misura che caratterizzano i valori di portata al colmo osservati, sia con le incertezze che caratterizzano gli schemi di calcolo idraulico per la determinazione dei livelli di moto corrispondenti ad una data portata di piena. La validazione per la sezione di Panesi, ove sono disponibili 44 anni di osservazioni di portata al colmo dimostra come il modello geomorfoclimatico sia in grado di riprodurre correttamente anche per questa sezione il processo dei massimi annuali dei colmi di piena.



Ritenendo dunque sufficientemente affidabile e robusta la stima ottenuta mediante il modello geomorfoclimatico EV2, sono state calcolate le portate al colmo di piena per periodi di ritorno preassegnati, rispettivamente pari a 50, 100, 200 e 500 anni. In Tabella 1.16, qui riportata integralmente, sono riportati i valori ottenuti per ogni sezione di interesse ed il valore calcolato mediante la curva inviluppo. Vale la pena di osservare in proposito come l'impossibilità di assegnare alla curva inviluppo, per come essa è derivata, un significato statistico emerga in modo chiaro dall'analisi condotta con il modello geomorfoclimatico. Dalla Tabella 1.16 è infatti immediato notare come la curva inviluppo, per un assegnato periodo di ritorno, tenda ora a sovrastimare il valore delle portate di piena, ora a sottostimarla, a seconda della porzione di bacino sottesa dalla sezione e senza una apparente regolarità.

Infine, come riportato nel dettaglio in Allegato A Parte C, e a titolo di esempio nella figura seguente per una sezione di interesse, è stata determinata la curva di crescita della portata al colmo per ogni sezione di interesse, allo scopo di fornire uno strumento operativo di rapida applicazione per la valutazione del rischio idrologico nelle sezioni più critiche dell'asta principale e dei suoi principali affluenti. Da tali curve è possibile dedurre i valori delle portate con periodo di ritorno pari a 5, 10 e 30 anni, non riportate nella tabella 1.16

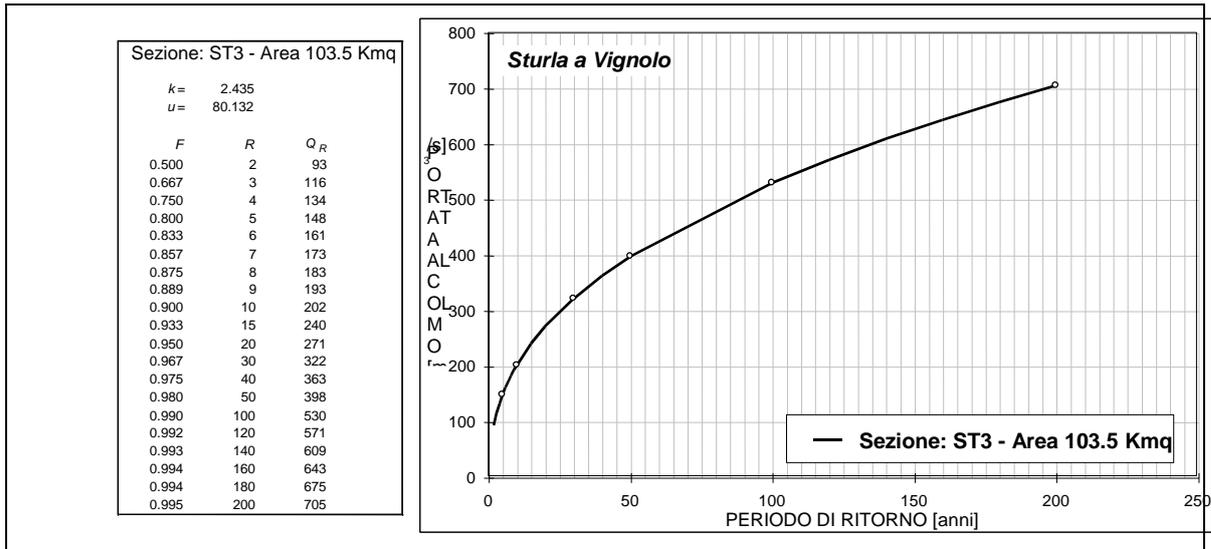


TABELLA 1.16
VALORI DELLA PORTATA AL COLMO
PER LE SEZIONI CONSIDERATE (m3/s) (D'Appolonia)

| ID. | SEZIONE | AREA, Km ² | Q ₅₀ | Q ₁₀₀ | Q ₂₀₀ | Q ₅₀₀ | Q _{inviuppo} |
|------|------------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| EE1 | | 371.1 | 1559 | 2067 | 2739 | 3971 | 2761 |
| EE2 | | 368.7 | 1552 | 2058 | 2727 | 3953 | 2754 |
| EE3 | <i>Panesi</i> | 364.0 | 1535 | 2036 | 2698 | 3911 | 2739 |
| EE4 | | 361.5 | 1528 | 2027 | 2685 | 3892 | 2731 |
| EE5 | | 358.8 | 1496 | 1985 | 2632 | 3817 | 2722 |
| EE6 | | 296.8 | 1307 | 1735 | 2300 | 3337 | 2498 |
| EE7 | | 292.3 | 1293 | 1716 | 2275 | 3299 | 2480 |
| ST1 | | 129.7 | 474 | 631 | 839 | 1223 | 1492 |
| ST2 | | 125.5 | 454 | 605 | 805 | 1173 | 1454 |
| ST3 | <i>Vignolo</i> | 103.5 | 398 | 530 | 705 | 1028 | 1251 |
| ST4 | | 101.2 | 390 | 520 | 691 | 1008 | 1229 |
| ST5 | | 91.5 | 364 | 485 | 645 | 940 | 1138 |
| ST6 | | 89.1 | 356 | 474 | 631 | 920 | 1115 |
| ST7 | | 77.4 | 307 | 409 | 545 | 794 | 1003 |
| ST8 | | 74.6 | 297 | 396 | 527 | 768 | 976 |
| ST9 | | 72.2 | 288 | 384 | 512 | 747 | 952 |
| ST11 | | 69.5 | 281 | 375 | 500 | 730 | 927 |
| ST12 | | 30.5 | 134 | 178 | 238 | 347 | 526 |
| ST13 | | 27.8 | 124 | 166 | 221 | 323 | 495 |
| ST14 | | 26.2 | 119 | 158 | 211 | 308 | 477 |
| ST16 | | 20.9 | 99 | 133 | 177 | 259 | 415 |
| ST17 | | 6.9 | 34 | 46 | 61 | 89 | - |
| ST18 | | 14.0 | 70 | 93 | 124 | 182 | 329 |
| ST19 | | 4.6 | 24 | 32 | 43 | 63 | - |
| ST20 | | 10.0 | 50 | 67 | 89 | 130 | 274 |
| ST21 | | 3.4 | 25 | 34 | 45 | 65 | - |
| ST22 | | 6.6 | 37 | 50 | 67 | 98 | 222 |
| ST23 | | 3.2 | 18 | 24 | 32 | 47 | 157 |
| GG1 | | 63.0 | 331 | 440 | 584 | 849 | 863 |
| GG3 | | 43.0 | 231 | 307 | 408 | 593 | 660 |
| LV1 | <i>S.Martino</i> | 162.6 | 916 | 1217 | 1614 | 2343 | 1806 |
| CC1 | | 22.0 | 93 | 124 | 166 | 242 | 429 |
| CC2 | | 20.1 | 84 | 113 | 150 | 220 | 405 |
| CC3 | | 15.6 | 67 | 90 | 120 | 177 | 350 |
| CC4 | | 4.1 | 27 | 36 | 49 | 71 | - |
| CC5 | | 11.6 | 48 | 64 | 86 | 126 | 296 |
| CC6 | | 8.7 | 37 | 50 | 67 | 99 | - |
| CC7 | | 5.3 | 19 | 25 | 34 | 50 | - |
| CC8 | | 3.4 | 32 | 42 | 56 | 82 | - |
| MZ1 | | 9.7 | 64 | 86 | 114 | 166 | - |
| MZ2 | | 6.7 | 48 | 63 | 84 | 123 | - |
| MZ3 | | 3.1 | 25 | 34 | 45 | 66 | - |
| MG1 | | 11.7 | 79 | 105 | 139 | 203 | 298 |
| MG2 | | 8.4 | 57 | 75 | 100 | 146 | - |
| MG3 | | 3.4 | 27 | 36 | 48 | 71 | - |
| PN1 | | 39.0 | 174 | 232 | 309 | 452 | 618 |
| PN2 | | 38.5 | 172 | 230 | 307 | 448 | 612 |
| PN3 | | 33.0 | 150 | 200 | 267 | 391 | 553 |
| PN4 | | 5.5 | 43 | 57 | 76 | 112 | - |

TABELLA 1.16
VALORI DELLA PORTATA AL COLMO
PER LE SEZIONI CONSIDERATE (m3/s) (D'Appolonia)

continuazione

| | | | | | | |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| PN5 | 2.3 | 18 | 24 | 32 | 46 | - |
| PN6 | 30.0 | 165 | 221 | 295 | 433 | 520 |
| PN7 | 8.8 | 34 | 45 | 61 | 89 | - |
| PN8 | 21.2 | 104 | 139 | 185 | 271 | 419 |
| PN9 | 5.6 | 20 | 27 | 36 | 53 | - |
| PN10 | 17.1 | 85 | 113 | 151 | 222 | 369 |
| PN11 | 1.7 | 18 | 24 | 32 | 48 | - |
| PN12 | 15.4 | 79 | 105 | 141 | 206 | 347 |
| PN14 | 6.2 | 32 | 43 | 58 | 84 | - |
| PN15 | 9.0 | 46 | 61 | 81 | 119 | - |
| PN16 | 4.2 | 22 | 30 | 40 | 59 | - |
| PN17 | 3.3 | 20 | 27 | 36 | 53 | - |

2.7.2 GRAVEGLIA

2.7.2.1 Premessa

Nei paragrafi che seguono si riprende integralmente quanto riportato nella relazione generale del "Piano stralcio di bacino Torrente Graveglia - Studi propedeutici" redatti dal gruppo interdisciplinare di professionisti facenti capo al Dott. Geol. Giovanni Rizzi e Dott. Ing. Paolo Noce (Cap. 6 - Idrografia e idrologia).

Le stime di portate eseguite in quella sede, sviluppate secondo metodologie ampiamente utilizzate nell'idrologia tecnica, sono state comunque confrontate con le indicazioni dello "Studio di regionalizzazione delle portate di piena dei bacini della Liguria" svolto dal CIMA, Centro di ricerca In Monitoraggio Ambientale dell'Istituto di Idraulica dell'Università di Genova (1999), suggerito attualmente come standard a livello regionale, arrivando alle seguenti considerazioni:

1. Nel documento "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri- valori di portata al colmo di piena, con assegnato periodo di ritorno, per i bacini idrografici con foce al mar Tirreno" (CIMA, Marzo 1999), per il Graveglia si forniscono i seguenti due valori della portata duecentennale:
 - T. Graveglia alla confluenza con Entella (66 kmq):..... 910 mc/s;
 - T. Graveglia a monte confluenza con Rio Chiesanova (43 kmq): 610 mc/s.
2. Dal grafico proposto per la stazione di Caminata (41 kmq) in Allegato A del Rapporto Finale dello Studio CIMA (Luglio 1999), si deducono inoltre i seguenti valori della portata 200-ennale:
 - portata indice da dati storici e fattore di crescita regionale: ~ 280 mc/s;
 - Modello distribuito CIMA- DRiFt:..... ~ 500 mc/s;
 - Calcolo semplificato CIMA (Q_{2.9} + fattore di crescita regionale): ~ 600 mc/s.

Confrontando tali valori con quelli proposti dallo Studio Propedeutico per le seguenti sezioni:

- GR0 (62.4 kmq): 909.9 mc/s;
- GR1 (58 kmq): 801.6 mc/s;
- GR2 (53 kmq): 779.8 mc/s;
- GR3 (41 kmq): 684.4 mc/s.

si può notare che i valori proposti dallo Studio Propedeutico sono sostanzialmente confrontabili con quelli del Rapporto CIMA (anche più cautelativi).

Visti gli scopi del presente Piano Stralcio e considerate le incertezze insite nelle usuali elaborazioni idrologiche, si ritiene in definitiva che le ipotesi ed i risultati dello Studio Propedeutico possano essere considerate valide.

In tale Studio si fa riferimento a tabelle e figure contenute nell'Elaborato 11-D, (riportato integralmente in Allegato A, sezione II, al presente documento) al quale si rimanda per eventuali approfondimenti.

Nelle tabb. G1÷G40 dell' allegato A sezione II sono riportati in maniera sintetica i dati più significativi di ogni singola superficie scolante, così come sono stati ricavati dalle carte tecniche, da valutazioni tratte da osservazioni in loco e dall'esame di foto aeree. Nelle tabb. G41÷G48 infine si sono riportate le dimensioni e le misure delle sezioni intermedie sul corso principale del Graveglia, diviso in sette tratti, a partire dalla confluenza del Reppia e lo Statale sino alla foce.

In particolare si è calcolato:

A : la superficie del bacino in Km², misurata sulla C.T.R. dal limite dello spartiacque sino alla sezione di chiusura.

L : la lunghezza dell'asta torrentizia più importante del bacino, fornita in Km, dal punto in cui si suppone possano concentrarsi i deflussi e cominciare ad incanalarsi in un impluvio sino alla sezione di chiusura. Nel caso di aree scolanti minori per le quali non è tracciata alcuna asta si è stimata una lunghezza assumendo il percorso più lungo di un ipotetica particella d'acqua isolata.

Hmax : è la massima elevazione del bacino, la quota del punto più alto dello spartiacque, misurato in m s.l.m.

Ha : la quota di sorgente dell'asta torrentizia (la stessa assunta per la valutazione di L) è quella ricavata dalla C.T.R. dall'analisi delle curve di livello in corrispondenza delle quali ha inizio la traccia dell'impluvio, talvolta tratteggiata a sottolinearne l'incertezza. Tale dato è stato fornito in m s.l.m.

Hmed : La quota media del bacino - in m s.l.m. - è stata ricavata numericamente mediante la formula:

$$H_{med} = \frac{\sum (H_i \cdot A_i)}{\sum A_i}$$

valutando, per intervalli di sotto-superfici comprese tra isoipse successive (per es. tra 100 m e 200 m s.l.m.) la quota media di ognuna e costruendo la cosiddetta curva ipsografica del bacino.

Ho : è la quota della sezione di sbocco del corso d'acqua nell'asta principale, ovvero la sezione di chiusura di un singolo sottobacino secondario; per ottenere con

precisione tale misura si è ricorso alle C.T.R. e, quando disponibile, all'esame del rilievo in scala 1:1000 dell'asta terminale del Graveglia.

i_a : la pendenza media dell'asta torrentizia analizzata è stata calcolata mediante la formula:

$$i_a = (H_a - H_o) / L$$

Tale semplificazione comporta, per i bacini più estesi, valori sottostimati per la parte più alta dell'asta, mentre sovrastima il tratto terminale: tuttavia per la maggior parte dei casi i bacini considerati si presentano con pendenze reali molto prossime a quelle così calcolate. Tale grandezza tuttavia costituisce solamente un parametro rappresentativo e descrittivo del bacino, in quanto non è stato utilizzato per le successive elaborazioni idrologiche e idrauliche.

2.7.2.2 Pluviometria.

Le ricerche sul regime pluviometrico della valle del torrente Graveglia sono state condotte sulla base dei dati pubblicati dagli Annali Idrologici (parte prima) del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (S.I.M.N.).

Sono state analizzate le serie storiche delle precipitazioni registrate dalle stazioni pluviometriche ubicate all'interno o nelle immediate vicinanze del bacino imbrifero.

Nella tabella A dell'allegato A sezione II è riportato l'elenco delle stazioni sulle quali si è operato per la determinazione delle serie storiche dei dati precipitazione di massima intensità ad intervalli temporali prefissati (1, 3, 6, 12 e 24 ore) e di quelli relativi a piogge di notevole intensità e breve durata (inferiore ad 1 ora): in detta tabella sono stati indicati l'ubicazione geografica delle singole stazioni, l'intervallo temporale delle osservazioni, la durata della serie storica, oltre ad una sigla identificativa convenzionalmente usata nel seguito del presente documento.

Nella figura 1 è rappresentata una corografia generale in scala 1:200.000, con evidenziata la valle del torrente Graveglia e l'ubicazione delle stazioni di rilevamento del S.I.M.N., mentre nella figura 2, in scala più elevata (1:50.000), è schematizzato il bacino imbrifero con la traccia del reticolo idrografico, i principali nuclei urbani presenti e le stazioni pluviometriche utilizzate nelle successive elaborazioni.

2.7.2.3. Precipitazioni di massima intensità.

Le serie storiche delle precipitazioni sono state raccolte per le stazioni di:

| | | |
|---|---------------------|--------|
| Reppia, Statale, Cassagna | interne al bacino | tipo A |
| Panesi, San Martino del Monte | limitrofe al bacino | tipo B |
| Cichero, San Michele, Chiavari, Castiglione Ch., Tavarone | esterne al bacino | tipo C |

riportando per ciascuna di esse i valori di massima altezza di pioggia occorsa nell'anno per intervalli di durata pari a 5', 10', 15', 20', 25', 30', 40', 1, 3, 6, 12, 24 ore (tabb. B.1 ÷ B.10).

Le piogge di massima intensità e breve durata sono le più aggressive dal punto di vista del territorio e sono quelle che determinano i più elevati valori di portata al colmo di piena. Eventi di questo tipo si verificano con maggiore frequenza nei mesi autunnali, quando il terreno, sostanzialmente saturo, non presenta, a parità di altre condizioni (pendenza dei versanti, copertura vegetale, etc.), una significativa capacità

di infiltrazione, che riduce a livelli trascurabili le funzioni di ritenzione e laminazione dei deflussi superficiali.

Inoltre l'estensione del bacino scolante, il limitato sviluppo delle aste torrentizie affluenti al corso principale (la più lunga risulta la valle di Reppia con 8,5 Km) e la significativa pendenza media dei versanti, comportano tempi di risposta idrologica dei deflussi piuttosto brevi, dell'ordine delle decine di minuti o - al massimo di poche ore.

Queste considerazioni hanno fatto sì che l'analisi idrologica sia stata condotta sulla base delle precipitazioni di breve durata, che sono state registrate su intervalli temporali confrontabili con i tempi di risposta del bacino.

Le successive elaborazioni tuttavia hanno tenuto in conto solamente i dati di pioggia registrati per durate superiori all'ora, essendo quelli inferiori (i cosiddetti *scrosci*) non altrettanto numerosi e soprattutto caratterizzati da un grado di attendibilità tanto minore quanto più basso è l'intervallo temporale considerato. Per le stazioni che registrano su scala giornaliera risulta infatti oltremodo difficile apprezzare l'entità delle precipitazioni occorse in periodi di 10 - 20 minuti: il limite accettabile è stato pertanto considerato per tutte quello di 60 minuti.

Di seguito vengono descritte in maniera sommaria le serie di dati registrati alle varie stazioni sopra elencate.

La stazione di **Reppia [RPP]** (vedi tab. B.1) si trova nelle vicinanze dell'abitato omonimo alle pendici del monte Zatta, ad una quota di circa 550 m s.l.m. I dati di massima intensità sono disponibili solo per un periodo limitato e lacunoso, dal 1972 al 1992, per un totale di soli 15 anni. L'intervallo temporale risulta pertanto troppo esiguo per poter essere utilizzato ai fini di un'elaborazione statistica.

La stazione di **Statale [STT]** (vedi tab. B.2) è posta alla medesima quota altimetrica della precedente, al centro dell'alto bacino del Graveglia, sul versante ovest del monte Porcile. La sua posizione dominante e la lunga serie di dati disponibili (51 anni, dal 1935 al 1995) la rendono sicuramente adatta a rappresentare al meglio il regime pluviometrico dell'alta valle.

Per la vicina stazione di **Cassagna [CSS]** (vedi tab. B.3), ubicata nella valle limitrofa, sono stati pubblicati solo 20 anni di misure. Insieme alla stazione di Reppia tale stazione è stata usata solamente per ricostruire l'evento meteorico del 20-21 settembre 1979, che diverse fonti hanno indicato come uno dei più intensi dell'ultimo secolo.

Tra le stazioni più prossime al bacino imbrifero sono state selezionate quelle di Panesi e di San Martino, che sono ubicate nelle vicinanze della confluenza nel torrente Lavagna.

In particolare la stazione di **Panesi [PNS]** (vedi tab. B.4) ha funzionato per circa 60 anni, a partire dal 1935, fornendo una lunga serie di dati (50): in considerazione della sua posizione molto vicina alla foce tale stazione può essere assunta come caratteristica della parte pedemontana del bacino.

La stazione di **San Martino del Monte [SMM]** (vedi tab. B.5) si trova alla confluenza dello Sturla nel Lavagna, ad una quota di circa 300 m s.l.m. I valori medi della piovosità registrati da tale stazione risultano pressoché analoghi a quelli della stazione di Panesi. Tuttavia dato che la serie di misure risulta di lunghezza molto limitata (13 anni) tale stazione non è stata presa in considerazione.

Le restanti stazioni:

Cichero [CCH] (vedi tab. B.6)

San Michele [SMC] (vedi tab. B.7)

Chiavari [CHV] (vedi tab. B.8)

Castiglione Chiavarese [CST] (vedi tab. B.9)**Tavarone [TVR]** (vedi tab. B.10)

si trovano tutte al di fuori del perimetro dello spartiacque del Graveglia e, pur avendo in qualche caso (San Michele e Chiavari) caratteristiche ottimali che ne permetterebbero l'adozione ai fini delle elaborazioni statistico-probabilistiche, per la loro posizione troppo decentrata non sono state prese in considerazione.

Nella tabella C infine si è riportato un riassunto dei dati salienti di ogni stazione (numero dei dati registrati, valore medio e scarto quadratico medio delle misure), dal quale emerge chiaramente come Statale e Panesi risultino rispettivamente le stazioni più consone a rappresentare al meglio, anche in virtù dei valori massimi dei loro dati, la parte alta e bassa del bacino del t. Graveglia.

In sintesi pertanto la parte alta del bacino, sino alla confluenza del torrente Chiesanuova nel Graveglia, è stata analizzata facendo riferimento alla piovosità caratteristica della stazione di Statale, che data la sua posizione e la lunga serie di dati, meglio si presta a rappresentare il clima meteorologico dell'area. Per la parte bassa del bacino del Graveglia, comprensiva del bacino del torrente Chiesanuova, è stata invece scelta la stazione di Panesi: l'orientazione delle valli più basse e l'altitudine moderatamente elevata dello spartiacque sud-occidentale fa ragionevolmente supporre una similitudine tra il regime pluviometrico della bassa valle dell'Entella e la piovosità di detti sottobacini. Nel capitolo seguente viene fatta un'analisi ragionata della suddivisione degli areali di competenza assegnati alle due diverse stazioni.

2.7.2.4 Analisi idrologica**2.7.2.4.1. Generalità.**

Lo studio idrologico del bacino del torrente Graveglia è stato sviluppato, come si è già accennato nei precedenti paragrafi, con riferimento alle precipitazioni di massima intensità (per durate da 1 a 24 ore), occorse alle stazioni di:

Statale (STT)
Panese (PNS)

Si è suddiviso il bacino in diverse zone o fasce, in corrispondenza delle quali si è supposta una distribuzione uniforme degli afflussi meteorici: in pratica si è considerata la precipitazione, registrata in un punto geograficamente definito, come omogeneamente distesa, con identiche caratteristiche di intensità, su un certo areale.

La suddivisione delle aree di competenza delle singole stazioni è stata tracciata in prima approssimazione applicando il metodo di Thiessen, unendo le stazioni tra loro con rette e separando i bacini secondo gli assi di tali rette. Ma una siffatta suddivisione, riportata nel prospetto che segue, non tiene conto affatto dell'orografia del territorio e dell'orientazione delle valli:

| SUDDIVISIONE DELLE AREE (METODO DI THIESSEN). | | |
|--|--|---------------------------|
| Stazione | Aree di competenza (Km ²) | Aree di competenza (%) |
| STT | 41.97 | 67 |
| PNS | 20.44 | 33 |

| | | |
|---------------|--------------|------------|
| TOTALE | 62.41 | 100 |
|---------------|--------------|------------|

In conseguenza di ciò si è operata una calibrazione dei confini delle aree di rispettiva competenza delle stazioni, considerando soprattutto la morfologia dei luoghi, l'ubicazione plano-altimetrica delle stazioni di misura e ipotizzando i percorsi più probabili dei fronti degli eventi meteorici intensi.

In particolare le registrazioni alla stazione di Statale STT sono state associate sia alla parte alta del bacino del Graveglia, costituita dalle valli di Reppia, di Statale e del rio Novelli in testata, che ai bacini minori sia in sponda sinistra che in sponda destra sino alla sezione di Frisolino. Restano invece assegnate alla stazione di Panesi PNS, in quanto giudicate meglio caratterizzate dai regimi pluviometrici di fondovalle, tutte le restanti valli in sponda destra (da quella del t. Chiesanuova sino alla valle dei Paggi) ed in sponda sinistra (dal rio Sambuceto al vallone del Confine).

La linea di spartiacque che separa la valle del Chiesanuova da quella del torrente Reppia si presenta molto marcata, a partire dalla massima elevazione del bacino - il monte Zatta (1406 m s.l.m.) - attraverso il monte Camilla e sino al monte Bossea: questo fatto, unito alla constatata disposizione della valle del Chiesanuova verso sud-ovest, ha indotto ad assegnare questa porzione del bacino interamente alla stazione più bassa.

Per quanto concerne l'asta di fondo valle del torrente Graveglia, dalla sezione di confluenza della valle del Reppia in quella di Statale-Cassagna sino alla foce nell'Entella, si è fatto riferimento ad un regime pluviometrico "medio". Le curve di possibilità climatica costruite per le due suddette stazioni, sono state mediate in misura proporzionale all'areale di competenza: si è ricavata una curva fittizia attribuendo ai parametri statistici a e n di ogni singola stazione un "peso" proporzionale alle rispettive superfici scolanti sottese e utilizzando tale serie come nuova fonte informativa. Nelle tabelle F.1 e F.2 dell'allegato A sezione II sono riportate tali elaborazioni.

Nella tabella seguente sono indicati gli areali di competenza delle singole stazioni, calcolati con questo nuovo metodo, alla sezione finale di chiusura del bacino (foce - GR0).

| SUDDIVISIONE DELLE AREE (METODO OROGRAFICO). | | |
|---|--|---------------------------|
| Stazione | Aree di competenza (Km ²) | Aree di competenza (%) |
| STT | 34.60 | 55 |
| PNS | 27.81 | 45 |
| TOTALE | 62.41 | 100 |

Nella figura 3 si è tratteggiata la suddivisione delle aree con i due diversi metodi sopra descritti.

2.7.2.4.2. Elaborazioni pluviometriche: curve di possibilità climatica.

La ricerca della pioggia critica, cioè di quell'altezza di pioggia h relativa ad una durata dell'evento τ in grado di generare la portata massima per un assegnato periodo

di ritorno, ha condotto all'elaborazione statistica degli eventi meteorici registrati dalla rete di pluviometri.

I dati di pioggia massima annuale di ognuna delle stazioni scelte hanno fornito la base delle analisi probabilistiche, finalizzate alla determinazione delle curve di possibilità climatica (o pluviometrica), per durate inferiori o superiori ad un'ora e per un assegnato periodo di ritorno, espresse nella forma monomia:

$$h = a \cdot \tau^n \quad [1]$$

dove h [mm] rappresenta l'altezza di pioggia, τ [ore] la durata della stessa e i termini a [mm/ore] e n due parametri che dipendono dalle caratteristiche pluviometriche del sito.

La regolarizzazione dei dati è stata effettuata mediante l'applicazione di una legge probabilistica, usualmente impiegata per l'idrologia di superficie: la distribuzione asintotica del valore massimo (I° tipo) di Gumbel (1941). Avendo indicato con $G(h)$ la funzione di probabilità cumulata di una data altezza di pioggia h , con $m(h)$ il suo valore medio e con $sqm(h)$ il suo scarto quadratico medio, si ha:

$$G(h) = \exp [- \exp [- a \cdot (h - u)]] \quad [2]$$

dove i parametri a e u sono funzione del valore medio m e dello scarto quadratico medio sqm :

$$a = \pi / (6^{0,5} \cdot sqm) \quad [3]$$

$$u = m - 0,577 / a \quad [4]$$

Trasformando l'equazione [1] nei corrispondenti logaritmi si ottiene:

$$\ln h = \ln a + n \cdot \ln \tau \quad [5]$$

che, in un diagramma a scala bilogarithmica, rappresenta una retta, il cui coefficiente angolare è n , mentre l'ordinata letta in corrispondenza alla durata unitaria rappresenta il logaritmo della costante a . Risulta allora semplice ricavare i valori dei parametri a e n mediante un'interpolazione ai minimi quadrati dei valori dell'altezza di pioggia h , per diversi tempi di ritorno Tr .

Si ottengono pertanto, per ogni stazione di rilevamento delle precipitazioni una serie di curve, che ne regolarizzano i massimi ricavandone un andamento statistico che permette di estrapolare i dati storicamente registrati, anche per intervalli temporali superiori a quelli delle serie storiche. Naturalmente quanto più il campione di dati è esteso, tanto maggiore sarà l'affidabilità dei risultati, soprattutto per estrapolazioni a tempi di ritorno elevati (200, 500 anni).

2.7.2.4.3. Tempo di corrivazione.

La valutazione del tempo di corrivazione, cioè del tempo impiegato da una singola particella d'acqua a percorrere l'intero sviluppo del bacino scolante 11 sino a raggiungere la sezione di controllo, è stata effettuata con metodi empirici, facendo riferimento a formulazioni fornite da vari Autori, per diversi casi applicativi.

Le formule più usate sono quella di Giandotti, di Ventura, di Viparelli e di Pasini, che stimano il tempo di corrivazione in base alla morfologia del bacino, parametrato attraverso alcuni dati, quali la sua superficie A, la lunghezza dell'asta L, la pendenza dell'asta ia, la quota media Hm.

La formulazione di Giandotti, in particolare, è stata scelta per le successive verifiche in quanto ritenuta meglio rappresentativa del caso in esame: infatti lo studio che Giandotti ha compiuto per addivenire alla esplicitazione dell'espressione numerica:

$$t_c = [4 \cdot A^{0,5} + 1,5 \cdot L] \cdot [0,8 \cdot (H_{med} - H_o)^{0,5}]^{-1} \quad [6]$$

è riferito a bacini di dimensioni dell'ordine di 100 Km² appartenenti all'Appennino ligure.

2.7.2.4.4. Altitudine media del bacino.

Il valore della quota media dei singoli bacini rappresenta un parametro molto importante nelle elaborazioni idrologiche, anche perché di non facile ed immediata valutazione. In altre parole, se per bacini elementari, molto piccoli e con andamento morfologico abbastanza regolare, può essere assunta come quota media caratteristica quella dedotta dalla semplice media aritmetica delle quota massima e minima, in un bacino complesso e articolato come quello in esame ciò può portare a notevoli errori, in generale di sopravvalutazione.

Per ottenere tale valore in maniera più idonea si è pertanto proceduto a dividere l'intera superficie in aree parziali A_i, comprese tra isoipse contigue con intervalli di 100 m, in modo da poter supporre che la pendenza sia quasi costante e la quota media H_i dell'intervallo sia pari alla media aritmetica delle quote assunte come limiti:

$$H_i = (H_{sup} + H_{inf})/2 \quad [7]$$

La quota media dell'intero bacino risulta allora essere la media pesata delle quote medie delle superfici parziali, secondo la:

$$H_{med} = \sum (H_i \cdot A_i) / \sum A_i \quad [8]$$

E' possibile allora costruire la curva ipsografica di ogni bacino così esaminato, ossia la curva che rappresenta la ripartizione delle aree topografiche alle varie quote altimetriche. A titolo di esempio si riporta di seguito la curva ipsografica dell'intero bacino del Graveglia, misurata alla foce, dalla quale si evidenzia la sostanziale

¹¹ La valutazione della lunghezza dell'asta L (Km), impiegata nel calcolo del tempo di corrivazione, è stata effettuata sulla cartografia tecnica regionale (vedi nota 1), ponendo particolare attenzione alla zona in corrispondenza della quale si può ipotizzare la concentrazione e l'inizio del deflusso superficiale. Per tale ragione la lunghezza stimata nei calcoli seguenti può non coincidere con la misura della lunghezza della stessa asta che compare tracciata sulle carte.

"maturità" del bacino, caratterizzato da prevalente erosione nella parte alta e decantazione nella parte bassa.

Nella tabella che segue si riporta il calcolo delle singole aree parziali e della quota media del bacino Hmed.

| Hsup | Hinf | Hmed | A_i | Atot = ΣA_i |
|-------------|-------------|-------------|----------------------|------------------------------|
| m s.l.m. | m s.l.m. | m s.l.m. | Km ² | Km ² |
| 1407 | 1300 | 1353,5 | 0,16 | 0,16 |
| 1300 | 1200 | 1250,0 | 0,48 | 0,64 |
| 1200 | 1100 | 1150,0 | 0,89 | 1,53 |
| 1100 | 1000 | 1050,0 | 2,19 | 3,72 |
| 1000 | 900 | 950,0 | 3,10 | 6,82 |
| 900 | 800 | 850,0 | 4,15 | 10,97 |
| 800 | 700 | 750,0 | 5,24 | 16,21 |
| 700 | 600 | 650,0 | 6,50 | 22,71 |
| 600 | 500 | 550,0 | 8,53 | 31,24 |
| 500 | 400 | 450,0 | 9,24 | 40,48 |
| 400 | 300 | 350,0 | 8,44 | 48,92 |
| 300 | 200 | 250,0 | 7,06 | 55,98 |
| 200 | 100 | 150,0 | 5,15 | 61,13 |
| 100 | 13 | 56,5 | 1,28 | 62,41 |

2.7.2.4.5. Depurazione delle piogge lorde.

Le elaborazioni statistiche effettuate sulle precipitazioni registrate dai pluviometri permettono di ottenere un'altezza di pioggia h per assegnato periodo di ritorno Tr: tali valori tuttavia non possono essere assunti direttamente per il calcolo della portata, in quanto la trasformazione degli afflussi in deflussi deve necessariamente tener conto dell'effetto di laminazione, assorbimento e trattenuta di una parte degli apporti meteorici ad opera del terreno.

La modellazione degli afflussi può essere operata in svariati modi e con l'ausilio di diverse ipotesi: si è scelto in questa sede di far riferimento ad una depurazione delle altezze di precipitazione mediante il ricorso ad un metodo di semplice adozione e di immediata applicabilità: il metodo del Curve Number (CN).

Il metodo del Curve Number è stato proposto dallo U.S. Soil Conservation Service nel 1972 e permette di calcolare l'altezza di precipitazione netta, depurata cioè dell'assorbimento iniziale I_a , ad opera del terreno sul quale gli afflussi scorrono, secondo il rapporto tra il volume specifico infiltrato F e volume specifico di saturazione del terreno S.

In sostanza vale la:

$$h_n = (h - I_a) \cdot F / S \quad [9]$$

dove h_n rappresenta l'altezza di pioggia netta o meglio il volume specifico di deflusso superficiale. Sostituendo a F l'equazione:

$$F = h - I_a - h_n \quad [10]$$

si ottiene la relazione:

$$h_n = (h - I_a)^2 / [(h - I_a) + S] \quad [11]$$

dove S , altezza potenzialmente immagazzinabile per infiltrazione, risulta:

$$S = 25400 / CN - 254 \quad [12]$$

Il parametro S dipende dal parametro CN , tabulato in funzione della permeabilità del suolo, del tipo di copertura ovvero dell'uso del suolo, delle condizioni dello stesso antecedenti l'evento di pioggia (molto "umide" [AMC III], "standard" [AMC II], molto "secche" [AMC I]).

Il parametro I_a rappresenta un volume specifico sottratto alla pioggia lorda, che descrive vari processi, quali l'intercettazione da parte della vegetazione (arborea e arbustiva), l'accumulo nelle depressioni superficiali e l'imbibizione iniziale del terreno. Studi sperimentali ed indagini sul campo effettuate da diversi Autori hanno indicato una stima semplificata di tale parametro come funzione di S :

$$I_a = k \cdot S \quad \text{con } k = 0,2 \quad [13]$$

I valori del Curve Number scelti alla base delle elaborazioni sono stati valutati e concordati tenendo conto delle analisi e delle osservazioni derivanti dagli studi idraulici, geologici e vegetazionali. Si sono adottati diversi parametri in funzione delle caratteristiche del sito o del bacino da esaminare, differenziando le varie classi di uso del suolo e di permeabilità media dei terreni.

Nella tabella seguente si riporta l'elenco dei coefficienti CN assegnati ad ogni classe di "uso del suolo" nelle quali sono stati raggruppati i diversi tipi di specie vegetali incontrate tenuto conto del loro grado di conservazione, di crescita e della loro capacità di ritenzione idrica.

| VEGETAZIONE / USO DEL SUOLO | SIGLA | CN AMC II | CN AMC III |
|--|-----------|-----------|------------|
| Boschi di angiosperme e boschi misti in buone condizioni | <i>B1</i> | 60,0 | 78,0 |
| Boschi di angiosperme e boschi misti in medie e mediocri condizioni Boschi di conifere in buone condizioni. | <i>B2</i> | 66,0 | 82,6 |
| Boschi di angiosperme e boschi misti degradati. Boschi di conifere in medie condizioni. | <i>B3</i> | 70,0 | 85,0 |
| Coltivi e prati a sfalcio. | <i>C</i> | 75,0 | 88,0 |
| Arbusteti. | <i>A</i> | 77,0 | 89,2 |

| | | | |
|---|-----------|------|------|
| Boschi di conifere degradati. | <i>BC</i> | 77,0 | 89,2 |
| Pascoli e prati con copertura erbosa maggiore del 75%. | <i>P1</i> | 80,0 | 91,0 |
| Pascoli e prati in cattive condizioni. Rimboschimenti effettuati con specie esotiche degradati. | <i>P2</i> | 85,0 | 94,0 |
| Roccia affiorante, aree devegetate. | <i>R</i> | 92,0 | 96,8 |
| Tessuto urbano e superfici impermeabilizzate. | <i>U</i> | 92,0 | 96,8 |

Per ognuno dei sottobacini presi in esame per la stima delle portate di piena, si è valutata, alla luce delle suddette caratteristiche, l'estensione delle rispettive classi sopra individuate. Il Curve Number rappresentativo dell'intero sottobacino è stato assunto pari alla media pesata dei valori di CN delle diverse classi.

A titolo di esempio si riporta la valutazione delle sotto-aree con i rispettivi coefficienti, per la sezione terminale dell'asta del Graveglia (sez. GR0), che sottende l'intero bacino imbrifero:

| VEGETAZIONE / USO DEL SUOLO | A (Km²) | A (%) | CN AMCIII |
|---|---------------------------|--------------|------------------|
| Boschi in buone condizioni. | 2.33 | 3.7 | 78.0 |
| Boschi in mediocri condizioni. | 31.72 | 50.8 | 82.6 |
| Boschi degradati. | 3.76 | 6.0 | 85.0 |
| Coltivi e prati a sfalcio. | 8.71 | 13.9 | 88.0 |
| Arbusteti e boschi di conifere degradati. | 9.60 | 15.5 | 89.2 |
| Pascoli e prati in buone condizioni. | 3.16 | 5.1 | 91.0 |
| Pascoli e prati in cattive condizioni. | 2.46 | 3.9 | 94.0 |
| Roccia affiorante, tessuto urbano. | 0.67 | 1.1 | 96,8 |
| Superficie totale | 61.74 | 98.9 | 85.4 |

Il metodo tiene in conto anche la possibilità che l'imbibizione del terreno sia maggiore o minore in funzione del suo grado di umidità e di saturazione al momento dell'evento piovoso: in particolare viene indicata come "condizione standard" quella in cui nei cinque giorni precedenti l'evento sono caduti tra 50 e 100 mm (Antecedent Moisture Condition AMC II). Nella valutazione della pioggia che concorre alla formazione della massima piena temibile si è voluto, a favore di sicurezza, fare riferimento alle condizioni del terreno "molto umide" ($h > 100$ mm nei 5 giorni precedenti l'evento), anche in considerazione del fatto che la maggiore frequenza degli eventi meteorici di forte intensità è riscontrabile nella stagione autunnale quando è anche più alta la piovosità media mensile e quindi più elevato il grado di umidità del terreno.

2.7.2.4.6. Ietogramma di riferimento.

La modellazione degli afflussi è stata effettuata ipotizzando un evento di pioggia fittizio, avente durata pari a quattro volte il tempo di corrivazione tipico del bacino sotteso, così come è stato definito in precedenza:

$$\tau = 4 \cdot t_c$$

Una distribuzione della pioggia (ietogramma) che segua un modello tipo "Chicago", ovvero con andamento decrescente, pur approssimando in maniera soddisfacente un ipotetico evento reale, non risulta adeguato per l'elaborazione delle precipitazioni nette: infatti l'adozione del metodo CN-SCS opera, per come è strutturato, una depurazione significativa soprattutto sulle piogge di breve durata, tendendo a sottostimarne il valore.

E' pertanto più opportuno adottare uno ietogramma sintetico che, pur garantendo la quantità di pioggia cumulata nel periodo assegnato τ , abbia un andamento inverso, cioè crescente, nei sottoperiodi.

Procedendo pertanto ad invertire le altezze di pioggia per i diversi intervalli di tempo - avendo assunto uno step temporale pari al tempo di corrivazione ($d\tau = t_c$) - e operando la depurazione sui valori di precipitazione così ottenuti, si ottiene uno "ietogramma netto" più cautelativo rispetto al caso in cui si fosse ipotizzato uno ietogramma lordo decrescente.

La differenza che si ottiene tra le due diverse elaborazioni è significativa e varia da un minimo del 20% sino ad un massimo del 70%, a seconda dei bacini considerati (quindi al variare di CN) e del tempo di ritorno assunto.

Nelle tabelle E si riportano i risultati di tali elaborazioni, ed in particolare:

- parte A : sintetizza il calcolo del tempo di corrivazione.
- parte B : vengono riportati i parametri delle curve di possibilità climatica per la sezione in esame, al variare del periodo di ritorno tra 10 e 500 anni.
- parte C : viene esplicitato il calcolo delle piogge nette sia mediante l'adozione di uno ietogramma decrescente sia a partire da uno ietogramma crescente, mostrando come nel secondo caso gli afflussi netti risultino maggiori.
- parte D : in una tabella si sintetizza il calcolo delle portate di piena per assegnato periodo di ritorno, confrontato con il valore fornito dalla Curva Inviluppo (vedi capitolo seguente).
- parte E : illustra in alcuni diagrammi la modellazione degli afflussi per i diversi periodi di ritorno.

2.7.2.5 Portate di piena

La valutazione della massima portata di piena attesa, per un assegnato periodo di ritorno, in una data sezione di un corso d'acqua che drena una data superficie di bacino può essere condotta secondo vari metodi: tra essi possono essere citati:

1. i *metodi empirici*, i quali si basano unicamente su parametri morfologici del bacino in esame, senza tenere in considerazione alcuna misura pluviometrica;
2. i *metodi semiempirici*, che valutano la portata in funzione anche dell'altezza di pioggia;

3. i *metodi analitici*, che si basano sull'ipotesi di una correlazione diretta tra afflussi e deflussi;

Nelle analisi che seguono si riportano i risultati dei calcoli effettuati assumendo il terzo procedimento, che consente di determinare un valore della portata temibile, in funzione del tempo di ritorno, più puntuale e accurato in quanto tarato sul regime pluviometrico locale e sulla caratterizzazione geomorfologica del bacino.

2.7.2.5.1. Inquadramento normativo.

La valutazione ufficiale della portata massima temibile per i corsi d'acqua della regione Liguria che abbiano foce sul litorale tirrenico è fornita dal Servizio Idrografico mediante l'adozione della *Curva Inviluppo*, una curva che raccoglie tutti i dati storicamente rilevati dalla rete idrometrica sui corsi d'acqua della Liguria ed aggiornata dopo l'alluvione del 1970, dall'ingegnere Lino Cati.

Tale curva tuttavia, per come è stata costruita ed estrapolata, non dà alcuna informazione sulla probabilità di accadimento degli eventi di piena e sul loro tempo di ritorno.

La Legge Regionale n° 9 del 28 gennaio 1993, nel regime transitorio preesistente all'approntamento ed all'adozione dei Piani di Bacino, prescrive che debbano essere svolti studi idrologici ed idraulici volti alla verifica delle condizioni di deflusso, "senza esondazioni ed erosioni e con adeguato franco della portata di piena prevedibile con tempo di ritorno di almeno duecento anni o, se maggiore, della portata certificata dal Servizio Idrografico dello Stato per il litorale ligure-tirrenico" (art. 26).

Il presente studio propedeutico al Piano di Bacino del torrente Graveglia si propone pertanto di fornire indicazioni precise in merito alle portate di piena da adottarsi alla base della progettazione delle opere destinate ad interferire con i deflussi del corso d'acqua in esame e dei suoi affluenti.

2.7.2.5.2. Descrizione del metodo di calcolo.

Per la determinazione della massima piena temibile si è fatto riferimento al cosiddetto *metodo cinematico o razionale*, che fornisce il valore della portata di piena Q [m^3/s] in funzione del tempo di ritorno Tr [anni], a partire dal volume specifico dei deflussi (pioggia netta o pioggia depurata) h_n [mm], date l'ampiezza dell'area scolante A [Km^2] e il tempo di percorrenza dei deflussi stessi, detto tempo di corrivazione t_c [ore].

In generale vale:

$$Q = \phi \cdot h \cdot A \cdot \kappa / t_c \quad [14]$$

dove ϕ rappresenta il coefficiente di deflusso, rapporto tra gli afflussi meteorici e i corrispondenti deflussi superficiali e κ è un fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura usate: nell'ipotesi di adottare le grandezze con le unità di misura citate $\kappa = 0,2777$.

Nel nostro caso la h_n rappresenta già l'altezza di pioggia depurata $\phi \cdot h$, pertanto:

$$Q = h_n \cdot A \cdot \kappa / t_c \quad [15]$$

Il valore di h_n rappresenta la misura dell'apporto meteorico che cade in un dato sito in un tempo uguale alla durata della pioggia τ , assunta pari a quattro volte il tempo di corrivazione t_c . Infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo t_c , solo una parte del bacino A contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità; viceversa se la durata dell'evento è maggiore, tutto il bacino defluirà contemporaneamente nel tempo $(\tau - t_c)$, periodo in cui la portata resterà costante.

Per il calcolo della portata si è frammentato il bacino complessivo in diverse sotto-aree, la maggior parte delle quali è costituita dai bacini affluenti e dalle aree scolanti tra essi comprese; sono state inoltre individuate alcune sezioni di chiusura sull'asta principale e su alcuni dei corsi d'acqua che drenano superfici più estese (Statale, Reppia, Chiesanuova), scelte in base alla più restrittiva delle seguenti condizioni:

- a - *porzione di bacino drenata*, che viene in ogni caso assunta inferiore a 2 Km².
- b - *lunghezza del tronco di asta* tra ogni sezione e la successiva, sempre inferiore ad 1 Km.
- c - *ubicazione della sezione di controllo*, in corrispondenza di confluenze tra aste torrentizie rilevanti, di manufatti importanti che abbiano interferenza con i deflussi (briglie, ponti, viadotti).

In tal modo si è giunti a fissare 40 sezioni sui bacini secondari ed aree scolanti intermedie e 8 sezioni sull'asta principale, partendo dal nodo di confluenza Reppia-Statale-Novelli (GR1) sino alla foce (GR0)

Ipotizzando un comportamento "omogeneo" del tratto tra una sezione e la successiva, in ogni tronco esaminato, verrà presa a riferimento la portata ricavata nella sezione di valle (chiusura) dello stesso, operando quindi a favore di sicurezza.

Per alcuni punti intermedi in cui si rendesse necessario operare verifiche idrauliche si propone di considerare il medesimo contributo unitario desunto dalle portate e dalle superfici calcolate nel presente documento, utilizzando la superficie scolante reale.

2.7.2.5.3. Valori delle portate per assegnato periodo di ritorno.

Nelle tabelle H1÷H3 dell'Allegato A sezione II sono riportate alcune schede sintetiche nelle quali, per ogni sezione di chiusura individuata sul bacino, si indicano le superfici dei bacini scolanti e le portate di piena per assegnati periodi di ritorno, da 10 sino a 500 anni. Si ribadisce che a tali portate è associato lo stesso tempo di ritorno dell'evento pluviometrico che le ha generate.

A titolo di confronto si è riportato a margine il valore che la Curva Inviluppo fornirebbe per l'area in esame.

2.7.2.5.4. Curva Inviluppo delle portate del Graveglia.

Si è voluto infine tentare di costruire una curva inviluppo caratteristica del bacino in esame, determinata sulla base dei dati ottenuti con le precedenti elaborazioni.

Si sono disposte su un diagramma cartesiano tutte le superfici dei sottobacini indagati in ascisse, mentre in ordinate sono stati collocati i corrispondenti valori di portata unitaria ottenuti per un tempo di ritorno di 200 anni, ritenuto il più rappresentativo ai fini delle verifiche idrauliche. Si è così ottenuta una "nuvola" di punti, per la maggior parte sistemati tra 0 e 10 Km² (Fig. 3 in allegato A sezione II) , assumendo i più alti dei quali è stato possibile ricavare, mediante semplice algoritmo di calcolo, l'equazione caratteristica della curva che li sottende tutti, ovvero la curva inviluppo dei contributi unitari di portata del bacino:

$$q = 48,528 - 19,710 \cdot \log (A) \quad [16]$$

Nella figura 4 dell'Allegato A sezione II tale curva è stata posta a confronto con la Curva Inviluppo di Cati, valida sull'intero arco ligure, rivelando come, per quasi tutta la superficie sottesa, la Curva del Graveglia fornisca valori più elevati di portata (circa 8-10%), mentre per la complessità del bacino (area superiore a circa 50 Km²) la Curva stimata dia valori inferiori di circa 4-5 %.

Nella tabella che segue si forniscono i dati delle due Curve per porzioni di bacino sottese comprese tra 1 e 62,41 Km².

| Superficie sottesa A (Km ²) | Curva Graveglia q ₁ (m ³ s ⁻¹ Km ⁻²) | Curva Inviluppo q ₂ (m ³ s ⁻¹ Km ⁻²) | Delta Δ (%) |
|--|--|--|----------------|
| 1,00 - 2,00 | 45,00 | 42,00 | 7,1 |
| 4,00 | 36,66 | 33,50 | 4,4 |
| 6,00 | 33,19 | 31,00 | 7,1 |
| 8,00 | 30,73 | 29,00 | 6,0 |
| 10,00 | 28,82 | 27,30 | 5,6 |
| 15,00 | 25,35 | 24,00 | 5,6 |
| 20,00 | 22,88 | 21,30 | 7,4 |
| 30,00 | 19,41 | 17,70 | 9,7 |
| 40,00 | 16,95 | 15,80 | 7,3 |
| 50,00 | 15,04 | 14,70 | 2,3 |
| 55,00 | 14,30 | 14,30 | 0 |
| 60,00 | 13,48 | 14,10 | -4,4 |
| 62,41 | 13,14 | 14,00 | -4,2 |

Si ritiene che tale Curva possa essere facilmente adottata per il calcolo di portate in sezioni o in punti del bacino dove non sono state previste stazioni di controllo.

Per i bacini di dimensioni inferiori ad 1 Km² sono state costruite tre curve per i tre tempi di ritorno (50,200,500), utilizzando solo i dati di portata calcolati per i bacini inferiori al km².

In questo modo sono state ricavate le equazioni di tre curve, ciascuna per il tempo di ritorno assegnato che permettono di calcolare la portata in funzione dell'area.

Per T=50 $Q = 30,95 \cdot A^{-0,25}$

Per T=200 $Q = 39,86 \cdot A^{-0,26}$

Per T=500 $Q = 45,7 \cdot A^{-0,265}$

2.7.3 RUPINARO ED AREE SCOLANTI OVEST

Per il bacino in esame sono state effettuate le valutazioni delle portate di piena con diverse probabilità di accadimento nelle sezioni riportate nell'Allegato C.

Per gli approfondimenti relativi alle portate di piena utilizzate nello "Studio di approfondimento" Ottobre 2007, con particolare riferimento alla definizione degli ietogrammi e degli idrogrammi di riferimento per le diverse portate, si rimanda alla Relazione Tecnico Idraulica dello studio allegata al Piano.

Le portate di piena sono state calcolate applicando diversi approcci metodologici, in modo da consentire di analizzare le eventuali differenze tra le stime ottenute.

In particolare si è fatto riferimento alle seguenti metodologie:

1. metodi derivanti dall'applicazione dei risultati descritti nello "Studio di regionalizzazione delle portate di piena dei bacini della Liguria" svolto dal CIMA, Centro di ricerca In Monitoraggio Ambientale dell'Istituto di Idraulica dell'Università di Genova (1999), cui si rimanda per ogni approfondimento.

1a: come primo approccio si è innanzitutto proceduto all'applicazione della metodologia contenuta nel rapporto di sintesi "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri- valori di portata al colmo di piena, con assegnato periodo di ritorno, per i bacini idrografici con foce al mar Tirreno" (Marzo 1999), basata sull'impiego dei coefficienti tabellati per tutti i bacini liguri di dimensioni maggiori di 5 Km². Il metodo, definito nel seguito come "CIMA tabelle", consente di calcolare la portata per ogni singolo sottobacino a partire dai valori tabulati per il bacino principale.

1b: a scopo di confronto si è inoltre applicato anche il metodo consigliato dal "Rapporto Finale CIMA" (Luglio 1999) per la stima delle portate di piena in piccoli bacini. Il metodo consente di ricostruire la linea segnalatrice di probabilità pluviometrica sulla base della posizione geografica del bacino di interesse. Indica le procedure per la determinazione della precipitazione efficace, del tempo di risposta del bacino e del valore della portata indice (T = 2.9 anni). La stima delle portate con assegnato tempo di ritorno si può quindi ottenere attraverso l'applicazione dei fattori di crescita delle portate (vedi tab. 6.1 rapporto finale CIMA). E' opportuno specificare che per la stima del coefficiente rappresentativo della capacità di assorbimento del suolo (CN = Curve Number) si è adottata la semplificazione suggerita dallo stesso rapporto CIMA, basata sul calcolo della media ponderata dei valori associati alle seguenti quattro classi:

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

2. metodo "razionale": si è proceduto alla stima di portata mediante la classica formula razionale. Per le precipitazioni si è fatto riferimento alle curve pluviometriche precedentemente ricavate secondo le metodologie suggerite dallo Studio CIMA. Per la stima del coefficiente di deflusso è stata mantenuta la medesima suddivisione del bacino nelle classi sopra riportate, assegnando ad ognuna un opportuno valore del coefficiente di deflusso ϕ e calcolandone la media ponderata;
3. curva inviluppo delle portate di piena dei corsi d'acqua liguri con versante tirrenico (Cati, 1970).

Come suggerito dal rapporto CIMA, onde evitare la tendenza legata alla descrizione matematica delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica a produrre precipitazioni di intensità tendente ad infinito in corrispondenza a durate tendenti a zero, si è poi adottato, per bacini aventi area minore di 2 km^2 , un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 km^2 . Appurato che l'ordine di grandezza delle stime fornite dai vari metodi è sostanzialmente confrontabile, si è deciso di assumere come portate di riferimento i valori calcolati mediante l'applicazione della metodologia proposta dallo Studio CIMA e indicata come "CIMA semplificato", in quanto per la maggior parte delle sezioni di chiusura, che risultano inoltre quelle maggiormente significative, i valori di portata ottenuti con questo metodo risultano superiori rispetto a quelli ottenuti con la metodologia definita come "CIMA tabelle".

La tabella riassuntiva della stima dei valori delle portate per i diversi tempi di ritorno è di seguito rappresentata nella Tab. 2.7.3.1., dove si riportano le superfici dei sottobacini sottesi e si propone anche un confronto con i valori forniti dalla curva inviluppo che ha costituito in questi anni il principale riferimento per le scelte progettuali in ambito ligure. I valori qui riportati sono quelli utilizzati nelle verifiche idrauliche effettuate.

Nella Tab. 2.7.3.2 sono elencati i valori dei parametri caratteristici dei sottobacini sottesi dalle sezioni di calcolo delle portate.

Nella Tab. 2.7.3.3 sono riportati i risultati dei calcoli idrologici effettuati con i diversi metodi applicati e sopra brevemente descritti.

Nella figura 2.7.3.1 è illustrato il confronto tra tali valori e la curva inviluppo per $T_r = 200$ anni.

| | | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 | 200 | 500 | | | |
|-----------|--------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| | | KT | 1.29 | 1.79 | 2.9 | 3.47 | 4.25 | 5.02 | 6.04 | | |
| | | (CIMA) | | | | | | | | | |
| sigla SEZ | A tot [km ²] | Q2.9 [m ³ /s] | Q5 [m ³ /s] | Q10 [m ³ /s] | Q30 [m ³ /s] | Q50 [m ³ /s] | Q100 [m ³ /s] | Q200 [m ³ /s] | Q500 [m ³ /s] | QCati [m ³ /s] | |
| QRU_01 | 0.82 | 4.4 | 5.7 | 7.9 | 12.8 | 15.3 | 18.7 | 22.1 | 26.6 | 32.6 | |
| QRU_02 | 2.11 | 11.9 | 15.4 | 21.3 | 34.6 | 41.3 | 50.6 | 59.8 | 72.0 | 76.7 | |
| QRU_03 | 2.15 | 12.1 | 15.6 | 21.7 | 35.1 | 42.0 | 51.5 | 60.8 | 73.2 | 78.0 | |
| QRU_04 | 2.37 | 13.1 | 16.9 | 23.4 | 37.9 | 45.4 | 55.6 | 65.7 | 79.0 | 85.2 | |
| QRU_05 | 1.69 | 9.5 | 12.3 | 17.0 | 27.5 | 33.0 | 40.4 | 47.7 | 57.4 | 63.1 | |
| QRU_06 | 2.84 | 15.3 | 19.7 | 27.4 | 44.4 | 53.1 | 65.0 | 76.8 | 92.4 | 100.1 | |

| | | | | | | | | | | |
|--------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| QRU_07 | 3.24 | 17.2 | 22.2 | 30.8 | 50.0 | 59.8 | 73.2 | 86.5 | 104.1 | 112.2 |
| QRU_08 | 3.57 | 18.6 | 24.0 | 33.3 | 53.9 | 64.5 | 79.0 | 93.4 | 112.3 | 121.9 |
| QRU_09 | 3.74 | 19.4 | 25.0 | 34.7 | 56.2 | 67.2 | 82.3 | 97.3 | 117.0 | 126.7 |
| QRU_10 | 3.94 | 20.3 | 26.1 | 36.3 | 58.7 | 70.3 | 86.1 | 101.7 | 122.4 | 132.3 |
| QRU_11 | 4.22 | 21.5 | 27.8 | 38.6 | 62.5 | 74.7 | 91.5 | 108.1 | 130.1 | 140.1 |
| QRU_12 | 5.24 | 26.0 | 33.6 | 46.6 | 75.4 | 90.3 | 110.5 | 130.6 | 157.1 | 166.8 |
| QRU_13 | 5.3 | 26.3 | 33.9 | 47.1 | 76.2 | 91.2 | 111.7 | 132.0 | 158.8 | 168.4 |
| QRU_14 | 5.59 | 27.5 | 35.5 | 49.2 | 79.8 | 95.5 | 116.9 | 138.1 | 166.2 | 175.8 |
| QRU_15 | 9.27 | 41.1 | 53.0 | 73.5 | 119.2 | 142.6 | 174.6 | 206.3 | 248.2 | 258.8 |
| QRU_16 | 9.83 | 43.4 | 56.0 | 77.7 | 125.9 | 150.7 | 184.6 | 218.0 | 262.3 | 269.8 |
| QRU_17 | 0.49 | 2.6 | 3.4 | 4.7 | 7.6 | 9.1 | 11.2 | 13.2 | 15.9 | 19.9 |
| QRU_18 | 10.46 | 45.9 | 59.2 | 82.2 | 133.1 | 159.3 | 195.1 | 230.5 | 277.3 | 280.4 |
| QRU_19 | 10.97 | 48.2 | 62.1 | 86.2 | 139.7 | 167.1 | 204.7 | 241.8 | 290.9 | 287.6 |
| QCD_01 | 0.95 | 5.2 | 6.7 | 9.2 | 15.0 | 17.9 | 21.9 | 25.9 | 31.2 | 37.4 |
| QCD_02 | 1.6 | 8.7 | 11.3 | 15.6 | 25.3 | 30.3 | 37.1 | 43.9 | 52.8 | 60.2 |
| QCD_03 | 2.41 | 12.8 | 16.6 | 23.0 | 37.2 | 44.5 | 54.6 | 64.4 | 77.5 | 86.5 |
| QCD_04 | 3.51 | 17.9 | 23.0 | 32.0 | 51.8 | 62.0 | 75.9 | 89.7 | 107.9 | 120.2 |
| QCD_05 | 3.63 | 18.4 | 23.8 | 33.0 | 53.4 | 64.0 | 78.3 | 92.5 | 111.3 | 123.6 |
| QSA_01 | 0.12 | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.8 | 2.2 | 2.7 | 3.2 | 3.8 | 5.0 |
| QSA_02 | 0.28 | 1.6 | 2.0 | 2.8 | 4.5 | 5.4 | 6.6 | 7.8 | 9.4 | 11.5 |
| QSA_03 | 0.78 | 4.3 | 5.6 | 7.8 | 12.6 | 15.1 | 18.5 | 21.8 | 26.2 | 31.1 |
| QAS_01 | 0.09 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.5 | 1.8 | 2.3 | 2.7 | 3.2 | 3.8 |
| QAS_02 | 0.14 | 0.8 | 1.1 | 1.5 | 2.5 | 2.9 | 3.6 | 4.3 | 5.1 | 5.8 |
| QAS_03 | 0.08 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.5 | 1.8 | 2.2 | 2.6 | 3.1 | 3.3 |

Tab. 2.7.3.1 - Valori delle portate al colmo calcolate per le sezioni di interesse applicando il metodo "CIMA semplificato"

| CN | | | | |
|--------------|------|-----|------|--|
| 67 | 75 | 87 | 92 | |
| Cd Razionale | | | | |
| 0.45 | 0.55 | 0.7 | 0.85 | |

Ipotesi adottata per zonazione coeff.assorbimento

Tipo A rapporto Cima = classe E3 carta elementi a rischio

Tipo B rapporto Cima = classe E2 carta elementi a rischio

Tipo C rapporto Cima = classe E1 carta elementi a rischio

Tipo D rapporto Cima = classe E0 carta elementi a rischio

| sigla SEZ | A E0 [km2] | A E1 [km2] | A E2 [km2] | A E3 [km2] | A tot [km2] | CN med | Cd Razionale | Zmin [m slm] | Zmed [m slm] | L [Km] | long. [gradi] |
|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|---------------|
| QRU_01 | 0.651 | 0.166 | 0.003 | 0.000 | 0.82 | 68.69 | 0.47 | 100.00 | 309.73 | 1.696 | 9.2971 |
| QRU_02 | 0.961 | 0.977 | 0.172 | 0.000 | 2.11 | 72.33 | 0.52 | 50.57 | 236.58 | 2.427 | 9.3023 |
| QRU_03 | 0.967 | 1.011 | 0.172 | 0.000 | 2.15 | 72.36 | 0.52 | 49.04 | 233.60 | 2.577 | 9.3023 |
| QRU_04 | 1.143 | 1.055 | 0.172 | 0.000 | 2.37 | 72.01 | 0.51 | 49.04 | 228.14 | 2.646 | 9.3027 |
| QRU_05 | 0.912 | 0.658 | 0.120 | 0.000 | 1.69 | 71.53 | 0.51 | 74.01 | 250.48 | 2.215 | 9.2997 |
| QRU_06 | 1.306 | 1.322 | 0.212 | 0.000 | 2.84 | 72.22 | 0.52 | 41.51 | 219.38 | 3.002 | 9.3062 |
| QRU_07 | 1.324 | 1.656 | 0.260 | 0.000 | 3.24 | 72.70 | 0.52 | 38.59 | 213.63 | 3.132 | 9.3074 |
| QRU_08 | 1.550 | 1.759 | 0.260 | 0.000 | 3.57 | 72.40 | 0.52 | 36.79 | 208.35 | 3.242 | 9.3082 |
| QRU_09 | 1.572 | 1.893 | 0.275 | 0.000 | 3.74 | 72.52 | 0.52 | 25.00 | 204.59 | 3.415 | 9.3082 |
| QRU_10 | 1.605 | 2.059 | 0.276 | 0.000 | 3.94 | 72.58 | 0.52 | 21.02 | 199.24 | 3.689 | 9.3092 |
| QRU_11 | 1.660 | 2.217 | 0.343 | 0.000 | 4.22 | 72.83 | 0.52 | 14.65 | 190.68 | 4.255 | 9.3099 |
| QRU_12 | 1.843 | 2.893 | 0.499 | 0.004 | 5.24 | 73.34 | 0.53 | 12.81 | 181.04 | 4.505 | 9.3116 |
| QRU_13 | 1.840 | 2.931 | 0.518 | 0.010 | 5.30 | 73.43 | 0.53 | 12.62 | 179.93 | 4.552 | 9.3122 |
| QRU_14 | 1.886 | 3.130 | 0.549 | 0.025 | 5.59 | 73.55 | 0.53 | 11.86 | 175.82 | 4.708 | 9.3178 |
| QRU_15 | 4.075 | 4.369 | 0.703 | 0.124 | 9.27 | 72.62 | 0.52 | 9.13 | 189.96 | 4.984 | 9.3094 |
| QRU_16 | 4.151 | 4.604 | 0.801 | 0.274 | 9.83 | 73.07 | 0.53 | 4.28 | 182.49 | 5.821 | 9.3102 |
| QRU_17 | 0.421 | 0.043 | 0.000 | 0.026 | 0.49 | 69.02 | 0.48 | 6.24 | 82.38 | 1.479 | 9.3300 |
| QRU_18 | 4.160 | 5.090 | 0.846 | 0.364 | 10.46 | 73.38 | 0.53 | 3.24 | 175.81 | 6.055 | 9.3107 |
| QRU_19 | 4.243 | 5.177 | 0.846 | 0.704 | 10.97 | 73.92 | 0.54 | 0.54 | 168.50 | 6.67 | 9.3120 |
| QCD_01 | 0.734 | 0.185 | 0.014 | 0.017 | 0.95 | 69.29 | 0.48 | 117.34 | 325.73 | 1.687 | 9.2904 |
| QCD_02 | 1.245 | 0.292 | 0.014 | 0.049 | 1.60 | 69.40 | 0.48 | 50.00 | 267.19 | 2.551 | 9.2426 |
| QCD_03 | 1.683 | 0.650 | 0.026 | 0.051 | 2.41 | 69.90 | 0.49 | 49.77 | 260.43 | 2.592 | 9.2974 |
| QCD_04 | 2.164 | 1.181 | 0.085 | 0.080 | 3.51 | 70.74 | 0.50 | 13.56 | 220.53 | 3.816 | 9.3019 |
| QCD_05 | 2.197 | 1.233 | 0.113 | 0.087 | 3.63 | 70.94 | 0.50 | 9.87 | 214.41 | 4.255 | 9.3019 |
| QSA_01 | 0.117 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.12 | 67.19 | 0.45 | 240.62 | 267.53 | 0.584 | 9.2981 |
| QSA_02 | 0.135 | 0.145 | 0.000 | 0.000 | 0.28 | 71.16 | 0.50 | 175.00 | 310.34 | 0.856 | 9.3005 |
| QSA_03 | 0.411 | 0.357 | 0.012 | 0.000 | 0.78 | 70.98 | 0.50 | 58.86 | 251.77 | 1.635 | 9.3020 |
| QAS_01 | 0.007 | 0.083 | 0.000 | 0.000 | 0.09 | 74.38 | 0.54 | 200.00 | 303.09 | 0.539 | 9.2853 |
| QAS_02 | 0.007 | 0.120 | 0.013 | 0.000 | 0.14 | 75.75 | 0.56 | 125.00 | 264.32 | 0.761 | 9.2845 |
| QAS_03 | 0.002 | 0.054 | 0.024 | 0.000 | 0.08 | 78.33 | 0.59 | 133.80 | 236.51 | 0.511 | 9.2868 |

Tab. 2.7.3.2 – Parametri caratteristici dei sottobacini utilizzati per il calcolo delle portate

| sigla SEZ | A tot [km2] | PIOGGE | | "semplificato" A _{min} =2 km ² (Rapporto CIMA) | | | | | | | | | | CIMA "Tabelle" A _{min} =2 km ² | | | | | | | | | | metodo Razionale (area effettiva) | | | | | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|---------------|--|---------|-------|---------|--------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|--|-------------|-------------|--------------------|---------|-------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------------------------------|------------|-------------|-------------|----------------------|------------------|--------|----|-----|-----|
| | | E1 (x) [mm] | a2.9 [mm/ore] | Tc CIMA [ore] | hc [mm] | CN | CF CIMA | φ CIMA | Q2.9 [m³/s] | Q40 [m³/s] | Q200 [m³/s] | Q500 [m³/s] | Q2.9 [m³/s] | Q40 [m³/s] | Q200 [m³/s] | Q500 [m³/s] | Tc Grandotti [ore] | hc [mm] | Cd _{razionale} | Q2.9 [m³/s] | Q40 [m³/s] | Q200 [m³/s] | Q500 [m³/s] | Q2.9 [m³/s] | Q40 [m³/s] | Q200 [m³/s] | Q500 [m³/s] | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | correz. a2.9 = 1.060 | rafforz. = 0.390 | 40.000 | 50 | 200 | 500 |
| ORU_01 | 0.82 | 40.074 | 42.478 | 0.6318 | 35.514 | 68.69 | 0.0969 | 0.3186 | 4.41 | 15.29 | 22.12 | 26.61 | 4.57 | 15.85 | 22.92 | 27.58 | 0.5322 | 33.216 | 0.471 | 6.68 | 23.17 | 33.52 | 40.33 | 6.68 | 23.17 | 33.52 | 40.33 | | | | | | |
| ORU_02 | 2.11 | 40.049 | 42.452 | 0.6422 | 35.718 | 72.33 | 0.1028 | 0.3385 | 11.92 | 41.35 | 59.82 | 71.96 | 11.59 | 40.20 | 58.20 | 70.03 | 0.8652 | 40.139 | 0.517 | 13.99 | 46.56 | 70.25 | 84.52 | 13.99 | 46.56 | 70.25 | 84.52 | | | | | | |
| ORU_03 | 2.15 | 40.049 | 42.452 | 0.6459 | 35.798 | 72.36 | 0.1028 | 0.3389 | 12.11 | 42.04 | 60.82 | 73.17 | 11.76 | 40.80 | 59.03 | 71.02 | 0.8953 | 40.660 | 0.517 | 13.99 | 48.52 | 70.20 | 84.46 | 13.99 | 48.52 | 70.20 | 84.46 | | | | | | |
| ORU_04 | 2.37 | 40.047 | 42.450 | 0.6657 | 36.220 | 72.01 | 0.1022 | 0.3382 | 13.09 | 45.41 | 65.69 | 79.04 | 12.65 | 43.89 | 63.50 | 76.40 | 0.9459 | 41.539 | 0.513 | 14.78 | 51.29 | 74.20 | 89.27 | 14.78 | 51.29 | 74.20 | 89.27 | | | | | | |
| ORU_05 | 1.69 | 40.061 | 42.465 | 0.6318 | 35.503 | 71.59 | 0.1014 | 0.3333 | 9.50 | 32.95 | 47.67 | 57.36 | 9.41 | 32.66 | 47.24 | 56.84 | 0.8019 | 38.963 | 0.507 | 11.52 | 39.98 | 57.85 | 69.60 | 11.52 | 39.98 | 57.85 | 69.60 | | | | | | |
| ORU_06 | 2.84 | 40.030 | 42.432 | 0.7050 | 37.025 | 72.22 | 0.1026 | 0.3419 | 16.30 | 53.08 | 76.79 | 92.39 | 14.49 | 50.27 | 72.73 | 87.51 | 1.0538 | 43.309 | 0.515 | 16.66 | 57.80 | 83.61 | 100.60 | 16.66 | 57.80 | 83.61 | 100.60 | | | | | | |
| ORU_07 | 3.24 | 40.024 | 42.426 | 0.7360 | 37.646 | 72.70 | 0.1034 | 0.3465 | 17.23 | 59.78 | 86.49 | 104.06 | 15.99 | 55.49 | 80.28 | 96.60 | 1.1241 | 44.407 | 0.521 | 18.48 | 64.12 | 92.76 | 111.61 | 18.48 | 64.12 | 92.76 | 111.61 | | | | | | |
| ORU_08 | 3.57 | 40.021 | 42.422 | 0.7501 | 38.119 | 72.40 | 0.1029 | 0.3463 | 18.60 | 64.53 | 93.96 | 112.33 | 17.20 | 59.68 | 86.34 | 103.89 | 1.1854 | 45.331 | 0.518 | 19.57 | 67.91 | 96.24 | 118.21 | 19.57 | 67.91 | 96.24 | 118.21 | | | | | | |
| ORU_09 | 3.74 | 40.021 | 42.422 | 0.7722 | 38.353 | 72.52 | 0.1031 | 0.3477 | 19.38 | 67.24 | 97.27 | 117.03 | 17.81 | 61.80 | 89.41 | 107.57 | 1.1994 | 45.539 | 0.519 | 20.42 | 70.84 | 102.49 | 123.31 | 20.42 | 70.84 | 102.49 | 123.31 | | | | | | |
| ORU_10 | 3.94 | 40.016 | 42.417 | 0.7859 | 38.613 | 72.58 | 0.1032 | 0.3488 | 20.26 | 70.29 | 101.69 | 122.35 | 18.52 | 64.26 | 92.97 | 111.86 | 1.2616 | 46.440 | 0.520 | 20.86 | 72.46 | 104.83 | 126.13 | 20.86 | 72.46 | 104.83 | 126.13 | | | | | | |
| ORU_11 | 4.22 | 40.012 | 42.413 | 0.8047 | 38.966 | 72.83 | 0.1036 | 0.3513 | 21.54 | 74.74 | 108.13 | 130.10 | 19.50 | 67.66 | 97.88 | 117.77 | 1.3755 | 48.029 | 0.523 | 21.34 | 74.05 | 107.13 | 126.90 | 21.34 | 74.05 | 107.13 | 126.90 | | | | | | |
| ORU_12 | 5.24 | 40.004 | 42.405 | 0.8661 | 40.128 | 73.34 | 0.1045 | 0.3579 | 26.01 | 90.25 | 130.56 | 157.09 | 22.84 | 79.59 | 115.14 | 136.53 | 1.5337 | 50.101 | 0.529 | 25.10 | 87.10 | 126.01 | 151.61 | 25.10 | 87.10 | 126.01 | 151.61 | | | | | | |
| ORU_13 | 5.3 | 40.001 | 42.402 | 0.8716 | 40.189 | 73.43 | 0.1047 | 0.3586 | 26.28 | 91.23 | 131.88 | 158.80 | 23.13 | 80.27 | 116.13 | 139.72 | 1.5498 | 50.302 | 0.531 | 25.28 | 87.73 | 126.91 | 152.70 | 25.28 | 87.73 | 126.91 | 152.70 | | | | | | |
| ORU_14 | 5.59 | 39.975 | 42.373 | 0.8884 | 40.461 | 73.55 | 0.1049 | 0.3602 | 27.51 | 95.46 | 138.11 | 166.17 | 24.08 | 83.54 | 120.86 | 145.42 | 1.6126 | 51.054 | 0.532 | 26.09 | 90.55 | 131.00 | 157.61 | 26.09 | 90.55 | 131.00 | 157.61 | | | | | | |
| ORU_15 | 9.27 | 40.015 | 42.416 | 1.0721 | 43.583 | 72.62 | 0.1033 | 0.3634 | 41.09 | 142.57 | 206.26 | 246.17 | 35.10 | 122.06 | 176.52 | 212.50 | 1.8270 | 53.655 | 0.521 | 39.32 | 136.44 | 197.39 | 237.50 | 39.32 | 136.44 | 197.39 | 237.50 | | | | | | |
| ORU_16 | 9.83 | 40.011 | 42.412 | 1.0965 | 43.964 | 73.07 | 0.1041 | 0.3673 | 43.42 | 150.68 | 217.99 | 262.28 | 36.76 | 127.57 | 184.56 | 222.06 | 1.9919 | 55.488 | 0.528 | 40.08 | 139.07 | 201.19 | 242.07 | 40.08 | 139.07 | 201.19 | 242.07 | | | | | | |
| ORU_17 | 0.49 | 39.916 | 42.311 | 0.6318 | 35.374 | 69.02 | 0.0974 | 0.3199 | 2.63 | 9.13 | 13.21 | 15.90 | 2.73 | 9.47 | 13.70 | 16.48 | 0.7189 | 37.201 | 0.480 | 3.37 | 11.69 | 16.92 | 20.36 | 3.37 | 11.69 | 16.92 | 20.36 | | | | | | |
| ORU_18 | 10.46 | 40.009 | 42.409 | 1.1232 | 44.375 | 73.36 | 0.1046 | 0.3703 | 45.91 | 159.32 | 230.46 | 277.31 | 38.52 | 133.66 | 193.36 | 232.65 | 2.0952 | 56.500 | 0.533 | 41.69 | 144.66 | 209.31 | 251.84 | 41.69 | 144.66 | 209.31 | 251.84 | | | | | | |
| ORU_19 | 10.97 | 40.002 | 42.403 | 1.1443 | 44.691 | 73.92 | 0.1056 | 0.3747 | 48.16 | 167.12 | 241.77 | 290.89 | 39.92 | 138.52 | 200.39 | 241.11 | 2.2428 | 58.103 | 0.542 | 42.68 | 148.10 | 214.25 | 257.79 | 42.68 | 148.10 | 214.25 | 257.79 | | | | | | |
| QCD_01 | 0.95 | 40.103 | 42.509 | 0.6318 | 35.540 | 69.29 | 0.0979 | 0.3217 | 5.16 | 17.90 | 25.89 | 31.15 | 5.29 | 18.36 | 26.56 | 31.95 | 0.5567 | 33.828 | 0.480 | 7.68 | 26.65 | 36.55 | 46.38 | 7.68 | 26.65 | 36.55 | 46.38 | | | | | | |
| QCD_02 | 1.5 | 40.236 | 42.650 | 0.6318 | 35.658 | 69.40 | 0.0980 | 0.3226 | 8.74 | 30.33 | 43.87 | 52.79 | 8.91 | 30.92 | 44.73 | 53.82 | 0.7537 | 38.197 | 0.483 | 10.84 | 37.82 | 54.43 | 65.49 | 10.84 | 37.82 | 54.43 | 65.49 | | | | | | |
| QCD_03 | 2.41 | 40.072 | 42.477 | 0.6892 | 36.317 | 69.90 | 0.0988 | 0.3272 | 12.84 | 44.55 | 64.45 | 77.54 | 12.81 | 44.45 | 64.30 | 77.37 | 0.8696 | 40.225 | 0.488 | 15.07 | 52.30 | 75.67 | 91.04 | 15.07 | 52.30 | 75.67 | 91.04 | | | | | | |
| QCD_04 | 3.51 | 40.051 | 42.454 | 0.7558 | 38.063 | 70.74 | 0.1001 | 0.3368 | 17.86 | 61.98 | 89.67 | 107.89 | 16.98 | 59.93 | 85.25 | 102.57 | 1.1485 | 44.809 | 0.499 | 18.92 | 65.66 | 94.99 | 114.29 | 18.92 | 65.66 | 94.99 | 114.29 | | | | | | |
| QCD_05 | 3.63 | 40.051 | 42.454 | 0.7644 | 38.231 | 70.94 | 0.1005 | 0.3384 | 18.43 | 63.95 | 92.52 | 111.32 | 17.42 | 60.43 | 87.43 | 105.19 | 1.2239 | 45.935 | 0.501 | 18.92 | 65.65 | 94.97 | 114.27 | 18.92 | 65.65 | 94.97 | 114.27 | | | | | | |
| QSA_01 | 0.12 | 40.069 | 42.473 | 0.6318 | 35.510 | 67.19 | 0.0947 | 0.3114 | 1.66 | 2.19 | 3.16 | 3.81 | 0.67 | 2.32 | 3.35 | 4.04 | 0.5450 | 33.520 | 0.452 | 3.02 | 3.21 | 4.64 | 5.99 | 3.02 | 3.21 | 4.64 | 5.99 | | | | | | |
| QSA_02 | 0.28 | 40.058 | 42.461 | 0.6318 | 35.500 | 71.16 | 0.1008 | 0.3313 | 1.56 | 5.43 | 7.85 | 9.44 | 1.56 | 5.41 | 7.83 | 9.42 | 0.3654 | 28.672 | 0.502 | 3.06 | 3.06 | 4.34 | 5.69 | 3.06 | 3.06 | 4.34 | 5.69 | | | | | | |
| QSA_03 | 0.78 | 40.050 | 42.453 | 0.6318 | 35.494 | 70.96 | 0.1005 | 0.3303 | 4.34 | 15.07 | 21.80 | 26.23 | 4.34 | 15.07 | 21.81 | 26.24 | 0.5387 | 33.352 | 0.500 | 6.69 | 23.20 | 33.56 | 40.38 | 6.69 | 23.20 | 33.56 | 40.38 | | | | | | |
| QAS_01 | 0.09 | 40.115 | 42.522 | 0.6318 | 35.551 | 74.36 | 0.1064 | 0.3500 | 0.83 | 1.84 | 2.67 | 3.21 | 0.50 | 1.74 | 2.52 | 3.03 | 0.2473 | 24.658 | 0.542 | 1.35 | 4.88 | 6.77 | 8.14 | 1.35 | 4.88 | 6.77 | 8.14 | | | | | | |
| QAS_02 | 0.14 | 40.117 | 42.524 | 0.6318 | 35.553 | 75.75 | 0.1091 | 0.3586 | 0.85 | 2.94 | 4.25 | 5.12 | 0.78 | 2.71 | 3.91 | 4.71 | 0.2794 | 25.862 | 0.559 | 2.01 | 6.97 | 10.08 | 12.13 | 2.01 | 6.97 | 10.08 | 12.13 | | | | | | |
| QAS_03 | 0.08 | 40.112 | 42.518 | 0.6318 | 35.548 | 76.33 | 0.1145 | 0.3765 | 0.51 | 1.76 | 2.55 | 3.07 | 0.45 | 1.55 | 2.24 | 2.69 | 0.2341 | 24.134 | 0.592 | 1.35 | 4.69 | 6.79 | 8.17 | 1.35 | 4.69 | 6.79 | 8.17 | | | | | | |

Tab. 2.7.3.3 – dettaglio dei valori di portata calcolati con i diversi metodi

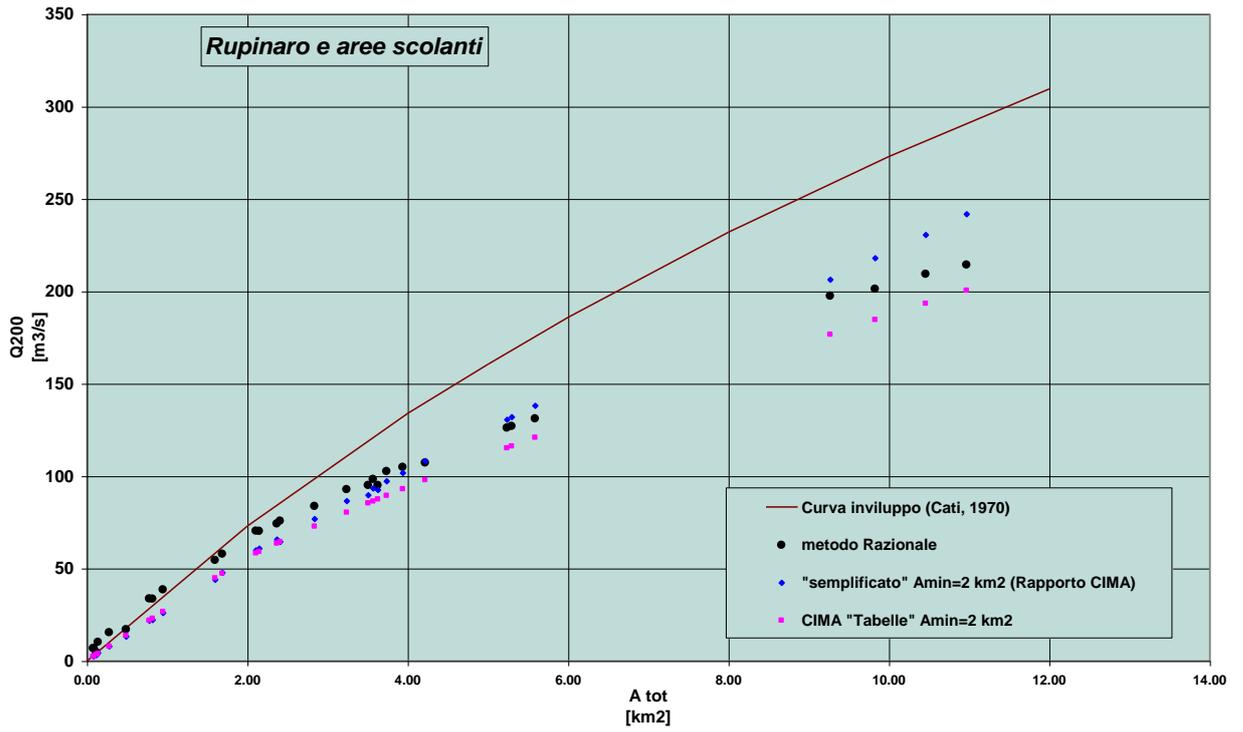


Fig. 2.7.3.1 - Confronto tra i valori di portata Q_{200} ottenuti applicando le diverse metodologie

2.7.4 AREE SCOLANTI EST

Per il bacino in esame sono state effettuate le valutazioni delle portate di piena con diverse probabilità di accadimento nelle sezioni riportate nell'Allegato C.

Le portate di piena sono state calcolate applicando diversi approcci metodologici, in modo da consentire di analizzare le eventuali differenze tra le stime ottenute.

In particolare si è fatto riferimento alle seguenti metodologie:

4. metodi derivanti dall'applicazione dei risultati descritti nello "Studio di regionalizzazione delle portate di piena dei bacini della Liguria" svolto dal CIMA, Centro di ricerca In Monitoraggio Ambientale dell'Istituto di Idraulica dell'Università di Genova (1999), cui si rimanda per ogni approfondimento.

1a: come primo approccio si è innanzitutto proceduto all'applicazione della metodologia contenuta nel rapporto di sintesi "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri- valori di portata al colmo di piena, con assegnato periodo di ritorno, per i bacini idrografici con foce al mar Tirreno" (Marzo 1999), basata sull'impiego dei coefficienti tabellati per tutti i bacini liguri di dimensioni maggiori di 5 Km². Il metodo, definito nel seguito come "CIMA tabelle", consente di calcolare la portata per ogni singolo sottobacino a partire dai valori tabulati per il bacino principale.

1b: a scopo di confronto si è inoltre applicato anche il metodo consigliato dal "Rapporto Finale CIMA" (Luglio 1999) per la stima delle portate di piena in piccoli bacini. Il metodo consente di ricostruire la linea segnalatrice di probabilità pluviometrica sulla base della posizione geografica del bacino di interesse. Indica le procedure per la determinazione della precipitazione efficace, del tempo di risposta del bacino e del valore della portata indice (T = 2.9 anni). La stima delle portate con assegnato tempo di ritorno si può quindi ottenere attraverso l'applicazione dei fattori di crescita delle portate (vedi tab. 6.1 rapporto finale CIMA). E' opportuno specificare che per la stima del coefficiente rappresentativo della capacità di assorbimento del suolo (CN = Curve Number) si è adottata la semplificazione suggerita dallo stesso rapporto CIMA, basata sul calcolo della media ponderata dei valori associati alle seguenti quattro classi:

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

5. metodo "razionale": si è proceduto alla stima di portata mediante la classica formula razionale. Per le precipitazioni si è fatto riferimento alle curve pluviometriche precedentemente ricavate secondo le metodologie suggerite dallo Studio CIMA. Per la stima del coefficiente di deflusso è stata mantenuta la medesima suddivisione del bacino nelle classi sopra riportate, assegnando ad ognuna un opportuno valore del coefficiente di deflusso ϕ e calcolandone la media ponderata;
6. curva inviluppo delle portate di piena dei corsi d'acqua liguri con versante tirrenico (Cati, 1970).

Come suggerito dal rapporto CIMA, onde evitare la tendenza legata alla descrizione matematica delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica a produrre precipitazioni di intensità tendente ad infinito in corrispondenza a durate tendenti a zero, si è poi adottato, per bacini aventi area minore di 2 km^2 , un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 km^2 .

Appurato che l'ordine di grandezza delle stime fornite dai vari metodi è sostanzialmente confrontabile, si è deciso di assumere come portate di riferimento il massimo tra i due valori calcolati mediante l'applicazione delle due metodologie proposte dallo Studio CIMA e sopra descritte.

La tabella riassuntiva della stima dei valori delle portate per i diversi tempi di ritorno è di seguito irappresentata nella Tab. 2.6.1., dove si riportano le superfici dei sottobacini sottesi e si propone anche un confronto con i valori forniti dalla curva inviluppo che ha costituito in questi anni il principale riferimento per le scelte progettuali in ambito ligure. I valori qui riportati sono quelli utilizzati nelle verifiche idrauliche effettuate.

Nella Tab. 2.6.2 sono elencati i valori dei parametri caratteristici dei sottobacini sottesi dalle sezioni di calcolo delle portate.

Nella Tab. 2.6.3 sono riportati i risultati dei calcoli idrologici effettuati con i diversi metodi applicati e sopra brevemente descritti.

Nella figura 2.6.1 è illustrato il confronto tra tali valori e la curva inviluppo per $T_r = 200$ anni.

| | | 5 | 10 | 30 | 50 | 100 | 200 | 500 | | | |
|-----------|-------------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--|
| | | KT | 1.29 | 1.79 | 2.9 | 3.47 | 4.25 | 5.02 | 6.04 | | |
| | | max (CIMA) | | | | | | | | | |
| sigla SEZ | A tot [km2] | Q2.9 [m3/s] | Q5 [m3/s] | Q10 [m3/s] | Q30 [m3/s] | Q50 [m3/s] | Q100 [m3/s] | Q200 [m3/s] | Q500 [m3/s] | QCati [m3/s] | |
| QRF_01 | 1.65 | 10.9 | 14.0 | 19.4 | 31.5 | 37.7 | 46.1 | 54.5 | 65.6 | 61.8 | |
| QRF_02 | 2.21 | 14.2 | 18.3 | 25.4 | 41.1 | 49.2 | 60.3 | 71.2 | 85.7 | 80.0 | |
| QRF_03 | 3.23 | 18.9 | 24.3 | 33.7 | 54.7 | 65.4 | 80.1 | 94.6 | 113.9 | 111.9 | |
| QRF_04 | 3.44 | 19.8 | 25.5 | 35.4 | 57.3 | 68.6 | 84.0 | 99.2 | 119.4 | 118.1 | |
| QRF_05 | 0.76 | 5.0 | 6.5 | 9.0 | 14.5 | 17.4 | 21.3 | 25.1 | 30.2 | 30.3 | |
| QRF_06 | 4.31 | 23.4 | 30.2 | 41.9 | 67.9 | 81.2 | 99.5 | 117.5 | 141.4 | 142.5 | |
| QRF_07 | 4.38 | 23.7 | 30.6 | 42.4 | 68.7 | 82.2 | 100.7 | 118.9 | 143.1 | 144.4 | |
| QRF_08 | 4.4 | 23.8 | 30.7 | 42.6 | 68.9 | 82.5 | 101.0 | 119.3 | 143.6 | 144.9 | |
| QRF_09 | 4.4 | 23.8 | 30.7 | 42.6 | 68.9 | 82.5 | 101.0 | 119.3 | 143.6 | 144.9 | |
| QRF_FO | 4.53 | 24.3 | 31.3 | 43.5 | 70.5 | 84.3 | 103.3 | 122.0 | 146.8 | 148.4 | |
| QRB_01 | 0.31 | 2.0 | 2.6 | 3.7 | 5.9 | 7.1 | 8.7 | 10.2 | 12.3 | 12.8 | |
| QRB_02 | 0.38 | 2.5 | 3.2 | 4.5 | 7.3 | 8.7 | 10.6 | 12.6 | 15.1 | 15.6 | |
| QRB_03 | 0.65 | 4.3 | 5.5 | 7.7 | 12.4 | 14.8 | 18.2 | 21.5 | 25.8 | 26.1 | |
| QRB_04 | 0.78 | 5.1 | 6.6 | 9.2 | 14.9 | 17.8 | 21.8 | 25.8 | 31.0 | 31.1 | |
| QRB_05 | 0.81 | 5.3 | 6.9 | 9.5 | 15.5 | 18.5 | 22.7 | 26.8 | 32.2 | 32.2 | |
| QRB_06 | 1.23 | 8.1 | 10.4 | 14.5 | 23.5 | 28.1 | 34.4 | 40.6 | 48.9 | 47.5 | |
| QRB_07 | 2.41 | 15.1 | 19.5 | 27.1 | 43.9 | 52.5 | 64.3 | 76.0 | 91.4 | 86.5 | |
| QRB_08 | 0.66 | 4.3 | 5.6 | 7.8 | 12.6 | 15.1 | 18.5 | 21.8 | 26.2 | 26.5 | |
| QRB_09 | 1.57 | 10.3 | 13.3 | 18.5 | 30.0 | 35.8 | 43.9 | 51.9 | 62.4 | 59.2 | |
| QRB_10 | 1.6 | 10.5 | 13.6 | 18.8 | 30.5 | 36.5 | 44.7 | 52.9 | 63.6 | 60.2 | |
| QRB_10b | 4.7 | 25.0 | 32.2 | 44.7 | 72.4 | 86.7 | 106.2 | 125.4 | 150.9 | 152.8 | |
| QRB_11 | 4.92 | 25.9 | 33.3 | 46.3 | 75.0 | 89.7 | 109.9 | 129.8 | 156.1 | 158.5 | |
| QRB_12 | 4.94 | 25.9 | 33.4 | 46.4 | 75.2 | 90.0 | 110.2 | 130.2 | 156.6 | 159.0 | |
| QRB_13 | 5.63 | 28.6 | 36.9 | 51.2 | 82.9 | 99.2 | 121.6 | 143.6 | 172.8 | 176.8 | |
| QRB_FO | 5.74 | 29.0 | 37.4 | 51.9 | 84.2 | 100.7 | 123.3 | 145.7 | 175.3 | 179.6 | |
| QASB_01 | 0.28 | 1.8 | 2.4 | 3.3 | 5.3 | 6.4 | 7.8 | 9.2 | 11.1 | 11.5 | |

Tab. 2.6.1 - Valori delle portate al colmo calcolate per le sezioni di interesse applicando i diversi metodi

| CN | | | |
|--------------|------|-----|------|
| 67 | 75 | 87 | 92 |
| Cd Razionale | | | |
| 0.45 | 0.55 | 0.7 | 0.85 |

Ipotesi adottata per zonazione coeff.assorbimento

Tipo A rapporto Cima = classe E3 carta elementi a rischio

Tipo B rapporto Cima = classe E2 carta elementi a rischio

Tipo C rapporto Cima = classe E1 carta elementi a rischio

Tipo D rapporto Cima = classe E0 carta elementi a rischio

| sigla SEZ | A E0 [km2] | A E1 [km2] | A E2 [km2] | A E3 [km2] | A tot [km2] | CN med | Cd Razionale | Zmin [m slm] | Zmed [m slm] | L [Km] | long. [gradi] |
|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|---------------|
| QRF_01 | 1.291 | 0.359 | 0.000 | 0.000 | 1.65 | 68.74 | 0.47 | 150.00 | 427.51 | 2.197 | 9.3878 |
| QRF_02 | 1.626 | 0.584 | 0.000 | 0.000 | 2.21 | 69.12 | 0.48 | 94.89 | 374.21 | 2.875 | 9.3874 |
| QRF_03 | 1.965 | 1.254 | 0.000 | 0.010 | 3.23 | 70.19 | 0.49 | 16.75 | 298.26 | 4.149 | 9.3807 |
| QRF_04 | 1.974 | 1.455 | 0.000 | 0.012 | 3.44 | 70.47 | 0.49 | 1.02 | 281.82 | 4.889 | 9.3807 |
| QRF_05 | 0.209 | 0.530 | 0.000 | 0.021 | 0.76 | 73.26 | 0.53 | 13.86 | 102.15 | 2.279 | 9.3643 |
| QRF_06 | 2.190 | 2.068 | 0.000 | 0.052 | 4.31 | 71.14 | 0.50 | 1.02 | 244.03 | 4.948 | 9.3737 |
| QRF_07 | 2.186 | 2.104 | 0.000 | 0.090 | 4.38 | 71.36 | 0.51 | 1.02 | 240.03 | 5.045 | 9.3737 |
| QRF_08 | 2.195 | 2.104 | 0.000 | 0.101 | 4.40 | 71.40 | 0.51 | 1.02 | 239.45 | 5.081 | 9.3737 |
| QRF_09 | 2.190 | 2.104 | 0.000 | 0.106 | 4.40 | 71.43 | 0.51 | 1.02 | 239.20 | 5.137 | 9.3737 |
| QRF_FO | 2.202 | 2.110 | 0.000 | 0.218 | 4.53 | 71.93 | 0.52 | 0.62 | 232.63 | 5.562 | 9.3737 |
| QRB_01 | 0.219 | 0.091 | 0.000 | 0.000 | 0.31 | 69.35 | 0.48 | 300.69 | 491.26 | 1.032 | 9.3941 |
| QRB_02 | 0.374 | 0.006 | 0.000 | 0.000 | 0.38 | 67.12 | 0.45 | 298.83 | 530.06 | 1.271 | 9.4010 |
| QRB_03 | 0.643 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.65 | 67.08 | 0.45 | 296.64 | 497.09 | 1.284 | 9.4010 |
| QRB_04 | 0.375 | 0.405 | 0.000 | 0.000 | 0.78 | 71.16 | 0.50 | 164.54 | 376.17 | 1.944 | 9.3886 |
| QRB_05 | 0.378 | 0.432 | 0.000 | 0.000 | 0.81 | 71.27 | 0.50 | 149.97 | 370.68 | 2.031 | 9.3897 |
| QRB_06 | 1.035 | 0.195 | 0.000 | 0.000 | 1.23 | 68.27 | 0.47 | 150.00 | 409.35 | 2.208 | 9.3964 |
| QRB_07 | 1.531 | 0.879 | 0.000 | 0.000 | 2.41 | 69.92 | 0.49 | 100.00 | 367.00 | 2.672 | 9.3923 |
| QRB_08 | 0.619 | 0.041 | 0.000 | 0.000 | 0.66 | 67.49 | 0.46 | 200.00 | 384.77 | 1.145 | 9.4017 |
| QRB_09 | 1.325 | 0.233 | 0.012 | 0.000 | 1.57 | 68.35 | 0.47 | 50.00 | 297.16 | 2.393 | 9.3976 |
| QRB_10 | 1.341 | 0.242 | 0.012 | 0.005 | 1.60 | 68.44 | 0.47 | 41.81 | 292.75 | 2.548 | 9.3976 |
| QRB_10b | 3.192 | 1.466 | 0.019 | 0.023 | 4.70 | 69.70 | 0.48 | 28.23 | 313.38 | 3.523 | 9.3919 |
| QRB_11 | 3.430 | 1.436 | 0.027 | 0.027 | 4.92 | 69.58 | 0.48 | 7.98 | 302.88 | 4.032 | 9.3912 |
| QRB_12 | 3.342 | 1.536 | 0.027 | 0.035 | 4.94 | 69.78 | 0.49 | 4.23 | 301.72 | 4.15 | 9.3913 |
| QRB_13 | 3.874 | 1.624 | 0.078 | 0.054 | 5.63 | 69.83 | 0.49 | 3.11 | 290.33 | 4.26 | 9.3920 |
| QRB_FO | 3.918 | 1.627 | 0.082 | 0.112 | 5.74 | 70.04 | 0.49 | 0.07 | 285.78 | 4.574 | 9.3920 |
| QASB_01 | 0.222 | 0.000 | 0.020 | 0.038 | 0.28 | 71.79 | 0.52 | 0.71 | 146.20 | 1.362 | 9.3874 |

Tab. 2.6.2 – Parametri caratteristici dei sottobacini utilizzati per il calcolo delle portate

| sigla SEZ | A tot [km2] | PIOGGE | | "semplificato" A _{min} =2 km ² (Rapporto CIMA) | | | | | | | | | | CIMA "Tabelle" A _{min} =2 km ² | | | | | | | | | | metodo Razionale (area effettiva) | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|---------------------------|--|---------|---------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|---------|--------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|-----------------------------------|-------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------|------------------|--------|--------|-----|-----|
| | | E1 (x) [mm] | α _{2,9} [mm/ore] | CN | hc [mm] | CF C _{ima} | Φ C _{ima} | Q _{2,9} [m ³ /s] | Q _{an} [m ³ /s] | Q _{an} [m ³ /s] | Q _{2,9} [m ³ /s] | Q _{an} [m ³ /s] | Q _{an} [m ³ /s] | Tc [ore] | hc [mm] | Cd | Q _{2,9} [m ³ /s] | Q _{an} [m ³ /s] | Q _{an} [m ³ /s] | Q _{2,9} [m ³ /s] | Q _{an} [m ³ /s] | Q _{an} [m ³ /s] | Tc [ore] | hc [mm] | Cd | Q _{2,9} [m ³ /s] | Q _{an} [m ³ /s] | Q _{an} [m ³ /s] | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | correz. α _{2,9} = 1.060 | norma teor. = 0.390 | Q _{2,9} | A _{min} | KT | 50 | 200 | 500 |
| ORB_01 | 1.65 | 39.700 | 42.082 | 0.6318 | 35.183 | 68.74 | 0.0970 | 0.3179 | 8.76 | 30.41 | 43.99 | 52.92 | 10.86 | 37.68 | 54.51 | 65.58 | 11.99 | 41.62 | 60.21 | 72.45 | 14.16 | 49.22 | 71.20 | 85.67 | 14.43 | 50.06 | 72.42 | 87.13 | | | | | | | | |
| ORB_02 | 2.21 | 39.700 | 42.082 | 0.6514 | 35.004 | 69.12 | 0.0976 | 0.3210 | 11.63 | 40.37 | 56.40 | 70.27 | 14.16 | 49.22 | 71.20 | 85.67 | 14.43 | 50.06 | 72.42 | 87.13 | 18.85 | 65.42 | 94.65 | 113.88 | 18.46 | 64.06 | 92.68 | 111.51 | | | | | | | | |
| ORB_03 | 3.23 | 39.700 | 42.082 | 0.7352 | 37.326 | 70.19 | 0.0992 | 0.3317 | 16.32 | 56.62 | 81.91 | 98.55 | 19.77 | 68.59 | 99.23 | 119.39 | 1.1005 | 43.683 | 0.494 | 18.67 | 64.79 | 93.74 | 112.78 | 5.00 | 17.35 | 25.11 | 30.21 | 40.765 | 0.531 | 4.96 | 17.20 | 24.88 | 29.94 | | | |
| ORB_04 | 3.44 | 39.700 | 42.082 | 0.6318 | 35.228 | 73.26 | 0.1044 | 0.3422 | 4.35 | 15.09 | 21.84 | 26.27 | 23.41 | 81.23 | 117.51 | 141.38 | 1.2610 | 46.073 | 0.503 | 21.93 | 76.11 | 110.10 | 132.47 | 23.69 | 82.21 | 118.94 | 143.10 | 1.2887 | 46.465 | 0.506 | 22.15 | 76.85 | 111.16 | 133.76 | | |
| ORB_05 | 4.31 | 39.706 | 42.089 | 0.8151 | 36.862 | 71.36 | 0.1011 | 0.3426 | 21.46 | 74.47 | 107.74 | 129.63 | 23.77 | 82.49 | 119.34 | 143.59 | 1.2962 | 46.570 | 0.507 | 22.20 | 77.04 | 111.45 | 134.09 | 24.30 | 84.32 | 121.98 | 146.76 | 1.3633 | 47.767 | 0.516 | 22.35 | 77.55 | 112.20 | 134.99 | | |
| ORB_06 | 4.4 | 39.706 | 42.089 | 0.8164 | 38.886 | 71.43 | 0.1012 | 0.3430 | 21.57 | 74.84 | 108.27 | 130.27 | 2.04 | 7.08 | 10.24 | 12.32 | 0.3418 | 27.687 | 0.479 | 3.33 | 11.57 | 16.74 | 20.14 | 2.50 | 9.58 | 12.55 | 15.10 | 0.3594 | 25.234 | 0.452 | 3.73 | 12.96 | 18.74 | 22.55 | | |
| ORB_07 | 0.38 | 39.700 | 42.082 | 0.6318 | 35.183 | 67.72 | 0.0946 | 0.3101 | 1.97 | 6.85 | 9.86 | 11.89 | 4.28 | 14.84 | 21.47 | 25.83 | 0.4548 | 30.948 | 0.451 | 5.63 | 19.18 | 27.74 | 33.38 | 5.33 | 18.50 | 26.76 | 32.19 | 0.5592 | 33.547 | 0.503 | 6.77 | 23.51 | 34.01 | 40.92 | | |
| ORB_08 | 0.65 | 39.700 | 42.082 | 0.6318 | 35.183 | 67.08 | 0.0946 | 0.3099 | 3.37 | 11.68 | 16.89 | 20.33 | 8.09 | 28.09 | 40.63 | 48.89 | 0.6014 | 34.512 | 0.466 | 9.11 | 31.61 | 45.72 | 56.01 | 15.14 | 52.52 | 75.96 | 91.42 | 0.7816 | 36.227 | 0.486 | 15.68 | 55.11 | 79.73 | 95.93 | | |
| ORB_09 | 0.66 | 39.700 | 42.082 | 0.6318 | 35.183 | 67.49 | 0.0952 | 0.3119 | 3.44 | 11.93 | 17.26 | 20.77 | 10.33 | 35.53 | 52.85 | 63.59 | 0.7008 | 36.634 | 0.468 | 10.75 | 37.38 | 54.07 | 66.06 | 10.33 | 35.53 | 52.85 | 63.59 | 0.7008 | 36.634 | 0.468 | 10.75 | 37.38 | 54.07 | 66.06 | | |
| ORB_10 | 1.57 | 39.700 | 42.082 | 0.6318 | 35.183 | 68.35 | 0.0964 | 0.3160 | 8.29 | 28.75 | 41.60 | 50.05 | 24.98 | 86.68 | 126.40 | 150.88 | 1.0331 | 42.620 | 0.484 | 26.01 | 90.24 | 130.55 | 157.07 | 25.85 | 89.70 | 129.77 | 156.14 | 1.0861 | 43.459 | 0.483 | 26.33 | 91.35 | 132.16 | 159.01 | | |
| ORB_11 | 4.92 | 39.700 | 42.082 | 0.8489 | 39.477 | 69.56 | 0.0963 | 0.3347 | 23.37 | 79.72 | 115.33 | 138.77 | 26.93 | 89.98 | 130.17 | 156.62 | 1.0955 | 43.605 | 0.485 | 26.44 | 91.73 | 132.70 | 159.67 | 28.60 | 99.25 | 143.58 | 172.75 | 1.1713 | 44.759 | 0.486 | 28.97 | 100.53 | 145.44 | 174.99 | | |
| ORB_12 | 4.94 | 39.700 | 42.082 | 0.8906 | 40.224 | 69.83 | 0.0967 | 0.3381 | 25.79 | 89.49 | 129.47 | 155.77 | 29.02 | 100.70 | 145.68 | 175.28 | 1.2161 | 45.418 | 0.490 | 29.08 | 100.92 | 146.00 | 175.66 | 1.84 | 6.39 | 9.25 | 11.13 | 0.4311 | 30.309 | 0.522 | 2.84 | 9.87 | 14.28 | 17.18 | | |
| ORB_13 | 5.63 | 39.700 | 42.082 | 0.8906 | 40.224 | 69.83 | 0.0967 | 0.3381 | 25.79 | 89.49 | 129.47 | 155.77 | 1.84 | 6.39 | 9.25 | 11.13 | 0.4311 | 30.309 | 0.522 | 2.84 | 9.87 | 14.28 | 17.18 | | | | | | | | | | | | | |
| ORB_14 | 5.74 | 39.700 | 42.082 | 0.8969 | 40.333 | 70.04 | 0.0960 | 0.3396 | 26.30 | 91.25 | 132.01 | 158.83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ORB_15 | 0.28 | 39.700 | 42.082 | 0.6318 | 35.183 | 71.79 | 0.1019 | 0.3338 | 1.56 | 5.42 | 7.84 | 9.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tab. 2.6.3 – dettaglio dei valori di portata calcolati con i diversi metodi

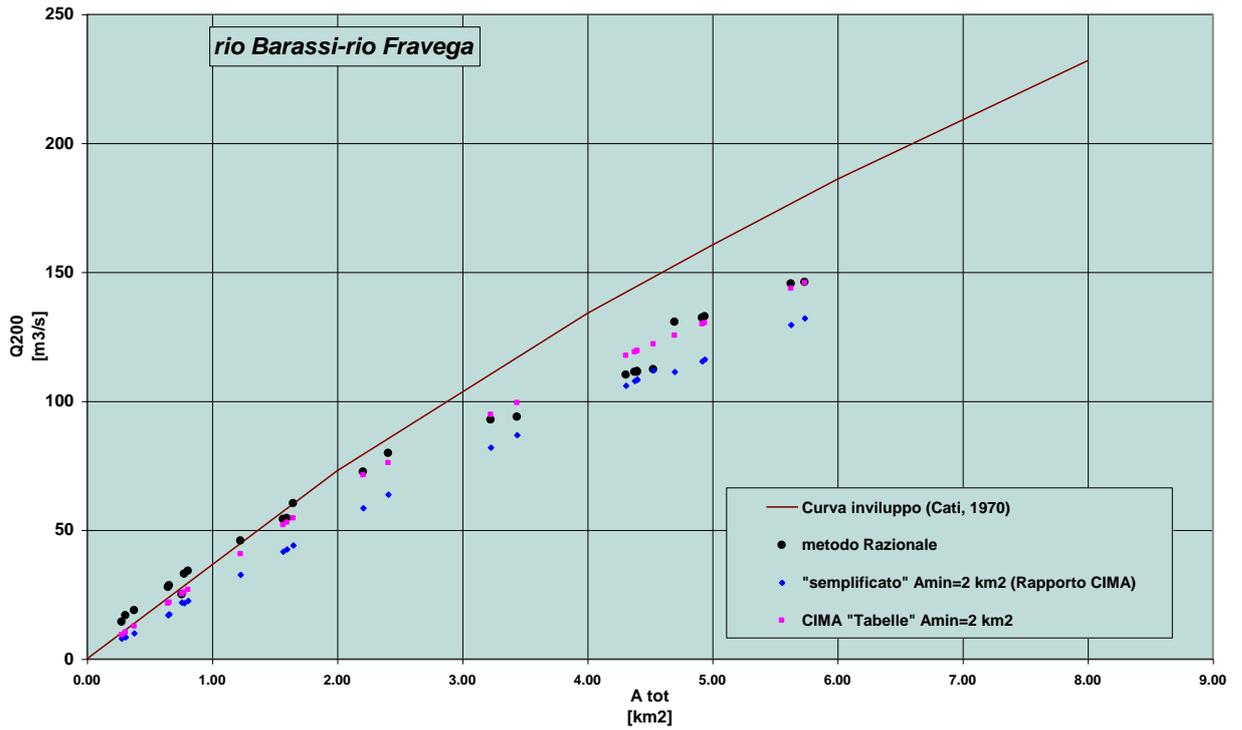


Fig. 2.6.1 - Confronto tra i valori di portata Q_{200} ottenuti applicando le diverse metodologie

3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

3.1 PREMESSA

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.

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

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

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

Il concetto di pericolosità geomorfologica può essere, di massima, definito come:

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

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

L'analisi incrociata delle carte della suscettività al dissesto di versante, della franosità reale e delle fasce di inondabilità, permette, quindi, la ricostruzione di un quadro d'insieme delle caratteristiche del bacino sotto il profilo idrogeologico a cui deve

far riferimento la pianificazione in termini sia normativi sia di linee di intervento a breve e lungo termine.

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

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

- una rete di misura idro-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
- 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 effettuate per la redazione della carta suscettività al dissesto dei versanti e da quella delle fasce di inondabilità, la cui unione in questo caso rappresenta la pericolosità.

Sono inoltre riportati un commento alle carte e le principali criticità puntuali riscontrate nel corso dei lavori.

3.2 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA: SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI

3.2.1 Descrizione della procedura utilizzata per il calcolo della suscettività al dissesto dei versanti

Nell'ambito della revisione dei Piani ex-D.L. 180/98 si è proceduto ad un aggiornamento che ha comportato modifiche sostanziali alle carte di analisi, in particolare a quelle geomorfologiche; in conseguenza di ciò, vista la difficoltà oggettiva di aggiornare la carta derivata della suscettività al dissesto, si è deciso di "rigenerarla" completamente ottemperando così alle seguenti esigenze:

- aggiornare il tematismo "suscettività" alle carte di base modificate;

- uniformare i criteri di calcolo della suscettività tra un ambito e l'altro, in quanto in una prima fase erano stati usati criteri differenti;
- adeguare detti criteri alle raccomandazioni e alle indicazioni di Regione Liguria.

I documenti che sono stati presi come riferimento per la strutturazione della procedura di generazione della carta sono i seguenti:

- Linea guida relativa alle "indicazioni metodologiche per la redazione della carta della suscettività al dissesto dei versanti" (redatta da Regione Liguria);
- Piano pilota ex-D.L. 180/98 del Torrente Sturla (realizzato da Regione Liguria);
- Piano di bacino del Torrente Polcevera (realizzato dalla Provincia di Genova e già valutato positivamente da Regione Liguria nell'iter di approvazione del stesso piano)

Dall'insieme di queste indicazioni è nata una procedura informatica in ambiente GIS che, tramite l'assegnazione di "pesi" ad ogni elemento giudicato "influyente" ai fini del calcolo della suscettività, porta alla "somma algebrica" di tali pesi e alla realizzazione di una "gradazione di suscettività" che copre l'intero territorio analizzato; tramite la definizione di range si ricava la carta della suscettività al dissesto alla quale vanno sovrimate alcune categorie tra le quali le frane "quiescenti" e quelle "attive" rispettivamente nelle classi "alta" e "molto alta"; i pesi utilizzati, i relativi range e le classi sovrimate sono riportati nel paragrafo successivo e sono validi, è importante ricordare, per tutti gli Ambiti in aggiornamento.

La procedura informatizzata si basa sui dati di base georiferiti e strutturati su file Microstation J mediante l'utilizzo del software GIS Intergraph Mge e del database Microsoft Access '97 seguendo le raccomandazioni emanate da Regione Liguria; rispetto a dette raccomandazioni si sono rese necessarie alcune variazioni.

La procedura utilizzata ha diversi pregi e alcuni innegabili limiti che brevemente si elencano:

pregi:

- Risulta la procedura più "oggettiva" tra quelle sino ad ora utilizzate;
- Consente di uniformare i calcoli svincolandosi dalle considerazioni soggettive e quindi non omogenee dei rilevatori;
- Consente di collegare direttamente il dato di sintesi "suscettività" con i dati di analisi ed è quindi facilmente rigenerabile in caso di aggiornamento;

limiti:

- Tiene conto di pochi parametri rispetto ai molteplici fattori che influiscono sulla suscettività al dissesto;
- I fattori di cui si tiene conto sono riferibili alla "scala di bacino"; non sono considerati pertanto i fattori locali, come ad esempio opere antropiche di taglio dei versanti, opere di regimazione delle acque, ecc.
- Essendo una procedura automatizzata opera una "generalizzazione" piuttosto spinta e non consente di trattare i casi singolarmente;
- essendo una procedura che analizza contemporaneamente l'intero territorio in questione rende complessa qualsiasi verifica sul territorio che non sia a campione.

- Estremizza i limiti classici della carta della suscettività (valenza e correttezza dei pesi, coerenza dei dati di base utilizzati in riferimento al diverso ordine di grandezza considerato, rappresenta una stima della maggiore o minore probabilità di accadimento, corretta interpretazione del dato di valori di suscettività medio bassi, tale indicazione non esclude il verificarsi di movimenti franosi in tali aree).

Assegnazione dei pesi

Per l'assegnazione dei pesi relativi ad ogni singola classe ci si è riferiti principalmente, dove possibile, a quelli già collaudati per il Piano di Bacino del Torrente Polcevera. Tuttavia sono stati ricalcolati quelli relativi alle formazioni litologiche, sia per derivare il peso delle litologie non presenti nel bacino del Polcevera sia per utilizzare il più ampio spettro di dati rappresentato dalla totalità della superficie degli ambiti.

Nella classe "buffer" sono stati raggruppati tutti gli elementi non areali per i quali è stato necessario realizzare un'area di contorno.

Formazioni litologiche

I pesi relativi all'influenza delle differenti tipologie litologiche sono stati calcolati mediante la formula proposta da Regione Liguria che mette in relazione la superficie di affioramento con la totalità della superficie in frana sull'affioramento medesimo.

$$\psi = (1 / K) \times \varphi$$

dove:

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

$$\varphi = A''n / A'n$$

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

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

A_T = Area totale del bacino [km²]

Si precisa che per rendere più significativi i calcoli sulle superfici sono stati "ipotizzati" i limiti litologici anche al di sotto delle coltri potenti (con spessore maggiore di metri 3), dato non presente nel livello informativo della carta geolitologica; questo espediente si è reso necessario per non trascurare l'incidenza di tutti quei fenomeni geomorfologici coltri potenti.

I pesi ottenuti mediante la formula di cui sopra sono stati "normalizzati" per ogni Ambito e successivamente mediati tra tutti i 5 Ambiti.

Il risultato finale è stato successivamente modificato su tre pesi:

- la litologia **sns – serpentiniti scistose** è stata equiparata alla **sr – serpentiniti** per analogia di comportamento geomeccanico e per la scarsità areale dell'affioramento;
- per la litologia **cg – conglomerati** si è deciso di alzare il punteggio da 0 a 1 in considerazione dello stato di fratturazione dei conglomerati di Portofino.
- Per la litologia **gn – gneiss** è stato alzato il punteggio da 0 a 4 in considerazione del limitato affioramento e per analogia con i metagabbri.

I pesi finali utilizzati nella procedura sono riportati in Tabella 1.

| LITOLOGIA (GXX_DLT.DGN) | sigla | peso |
|---|--------------|-------------|
| Argilliti | ag | 10 |
| Brecce | bc | 7 |
| Argillocisti | as | 6 |
| Calcari | c | 5 |
| Serpentiniti | sr - sns | 4 |
| Calcescisti | cs | 4 |
| Metagabbri | mg | 4 |
| Gabbri | gb | 4 |
| Calcari marnosi | cm | 4 |
| Gneiss | gn | 4 |
| Diabasi e basalti | db | 3 |
| Marne | ma | 3 |
| Metabasiti | mb | 2 |
| Arenarie | ar | 1 |
| Conglomerati | cg | 1 |
| Diaspri | d | 0 |
| Calcari arenacei | car | 0 |
| Dolomie | do | 0 |
| Lherzoliti | lh | 0 |
| Quarziti | qz | 0 |
| COPERTURE DETRITICHE (GXX_DLT.DGN) | | |
| Coltri detritiche potenti (sup. 3 mt) | dt dt1 dt2 | 10 |
| Depositi alluvionali terrazzati rec. | ar | 5 |
| Depositi alluvionali terrazzati ant. | aa | 3 |
| Depositi alluvionali mobili attuali | am | 0 |
| Grossi riporti | gr | 10 |

Tabella 1

Acclività dei versanti

Per il calcolo della suscettività è stata utilizzata la Carta dell'Acclività Regionale in scala 1:10.000 derivata dal modello digitale del terreno generato nell'ambito del progetto IT2000. I pesi assegnati ad ogni classe sono quelli già utilizzati per il Torrente Polcevera e sono riportati in Tabella 2.

| CLASSE DI ACCLIVITÀ (GXX_ACL.DGN) | sigla | peso |
|--|--------------|-------------|
| Classe 1 (0 - 10 %) | 1 | 0 |
| Classe 2 (10 - 20 %) | 2 | 0 |
| Classe 3 (20 - 35 %) | 3 | 3 |
| Classe 4 (35 - 50 %) | 4 | 4 |
| Classe 5 (50 - 75 %) | 5 | 10 |
| Classe 6 (75 - 100 %) | 6 | 12 |
| Classe 7 (>100 %) | 7 | 13 |

Tabella 2

Uso del suolo

E' stato utilizzato un peggiorativo per la classe "ex-coltivi"; sono stati inoltre inseriti i pesi per i diversi indici di efficienza idrogeologica, lasciando a zero il peso dell'alta efficienza e attribuendo un peggiorativo alle altre due classi (Tabella 3).

| CLASSE DI USO DEL SUOLO (GXX_USO.DGN) | sigla | peso |
|--|--------------|-------------|
|--|--------------|-------------|

| | | |
|---|-----|---|
| Ex coltivi | 2.5 | 3 |
| INDICE DI EFF. IDROGEOLOGICA (GXX_USO.DGN) | | |
| Efficienza idrogeologica alta | 1 | 0 |
| Efficienza idrogeologica media | 2 | 1 |
| Efficienza idrogeologica bassa | 3 | 2 |

Tabella 3

Morfologia

Oltre allo stato della roccia e alle coltri "sottili" sono state prese in considerazione, ove presenti, le ex-cave, le ex-discardiche e le aree caratterizzate da ruscellamento diffuso areale (Tabella 4).

| STATO DELLA ROCCIA (GXX_MOR.DGN) | <i>sigla</i> | <i>peso</i> |
|---|--------------|-------------|
| Roccia in buone cond. fav. al pendio | R | 0 |
| Roccia in buone cond. sfav. al pendio | RS | 2 |
| Roccia in scadenti condizioni | RF | 5 |
| Roccia non rilevabili | R0 | 5 |
| COLTRI SOTTILI (INF. 3 MT) (GXX_MOR.DGN) | | |
| Granulometria indifferenziata | c | 6 |
| Granulometria grossolana | cg | 6 |
| Granulometria fine | cf | 7 |
| AREE SPECIALI | | |
| Ex cave | | 3 |
| Ex discardiche | | 3 |

Tabella 4

Buffer

Sono stati creati dei buffer per tutti quegli elementi lineari e puntuali che possono incidere sulla suscettività al dissesto; l'ampiezza dell'area è stata fissata in base ai possibili effetti morfologici causati dagli stessi elementi, tenendo conto anche della scala alla quale il calcolo restituisce i risultati. Per tutti gli elementi lineari si è usato un buffer simmetrico, cioè si è costruita un'area di uguale ampiezza da una parte e dall'altra dell'elemento, ad eccezione dell'erosione spondale il cui buffer è calcolato sul solo lato esterno. Per gli elementi puntuali il buffer è rappresentato da un cerchio (Tabella 5).

| TIPOLOGIA DI BUFFER | <i>buffer</i> | <i>peso</i> |
|--|---------------|-------------|
| Limite formazionale (<i>gXX_dlt.dgn</i>) | 25+25 | 1 |
| Faglia (<i>gXX_str.dgn</i>) | 25+25 | 2 |
| Erosione concentrata di fondo (<i>gXX_mrf.dgn</i>) | 25+25 | 7 |
| Erosione spondale (<i>gXX_mrf.dgn</i>) | 0+25 | 7 |
| Orlo di terrazzo (<i>gXX_mrf.dgn</i>) | 15+15 | 3 |
| Rottura di pendio (<i>gXX_mrf.dgn</i>) | 15+15 | 3 |
| Frana puntuale attiva (<i>gXX_fra.dgn</i>) | r. 25 | 25 |
| Frana puntuale quiescente (<i>gXX_fra.dgn</i>) | r. 25 | 20 |
| Conoide detritica puntuale (<i>gXX_fra.dgn</i>) | r. 25 | 10 |
| Ciglio di frana attivo (<i>gXX_fra.dgn</i>) | 25+25 | 10 |
| Ciglio di frana quiescente (<i>gXX_fra.dgn</i>) | 25+25 | 2 |

Tabella 5

Classi di suscettività al dissesto

La sommatoria dei pesi applicati alle singole classi è stata suddivisa in range per la definizione delle classi di suscettività al dissesto, come da Tabella 6.

| CLASSE DI SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO | sigla | range |
|---|--------------|-------------------------|
| Molto bassa | Pg0 | Pg0<7 |
| Bassa | Pg1 | 7<=Pg1<14 |
| Media | Pg2 | 14<=Pg2<20 |
| Elevata | Pg3b | Pg3b>=20 |

Tabella 6

Classi sovrainposte

In ottemperanza alle raccomandazioni della Regione Liguria ed in conformità con la Normativa del Piano, in considerazione del fatto che la *Carta della suscettività al dissesto* ha anche contenuti normativi, sono state sovrainposte le classi elencate in Tabella 7.

Si precisa che alla classe cave attive, miniere attive e discariche in esercizio non è stata attribuita alcuna classe di suscettività in quanto dette aree sono normate da specifici Piani di Settore e dalla normativa di Piano stesso; per quanto riguarda le altre aree speciali (ex cave, ecc.), la classe sovrainposta è stata resa "trasparente" per lasciare visibile anche la suscettività calcolata.

| CLASSE SOVRAIMPOSTA | Classe di suscettività | sigla |
|---|-------------------------------|----------------|
| Frana attiva | Molto elevata | Pg4 |
| Frana quiescente | elevata | Pg3a |
| Frana relitta o stabilizzata | elevata | Pg3b |
| DGPV | elevata | Pg3b |
| Area a franosità attiva diffusa | elevata | Pg3a |
| Area a franosità quiescente diffusa | elevata | Pg3b |
| Frana superficiale – soil slip quiescente | elevata | Pg3b |
| Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio | Area speciale | Tipo A |
| Ex cave, ex miniere | Area speciale | Tipo B1 |
| Ex discariche e riporti antropici | Area speciale | Tipo B2 |

Tabella 7

3.2.2 ENTELLA - STURLA

Dall'analisi d'insieme della Carta della Suscettibilità al Dissesto, si rileva che il bacino del Torrente Sturla e del Fiume Entella risulta essere per gran parte della sua estensione suscettibile al dissesto in maniera media o elevata. Le ragioni principali dell'elevata distribuzione di aree più o meno suscettibili sono da ricercarsi principalmente nella morfologia, a carattere montuoso per quasi tutto il bacino dello Sturla e nella diffusa presenza di fenomeni erosivi e grandi coltri detritiche riconducibili a paleofrane.

Il settore Nord del bacino dello Sturla presenta la maggiore diffusione di aree a suscettibilità medio-alta correlate in particolare alla presenza delle grandi paleofrane di Campori-Temossi e Bertigaro, dei versanti instabili (Pian Ballerino e Belpiano), da quelli interessati da ruscellamento diffuso o da erosione incanalata (Monte Agugliaia),

dai centri abitati instabili (Vallepiana, Zolezzi, Bevena, Prato Sopralacroce) e dalle zone in affioramento roccioso (pendici Monte Cavallo e Bozale).

Il settore Sud del bacino dello Sturla presenta una diffusione leggermente minore delle aree a suscettibilità medio-alta, in particolar modo nei settori orientali dove le aree occupate da coltri detritiche sono meno presenti. Il settore Ovest appare invece caratterizzato dall'alta suscettibilità dei versanti della Val Cicana che presentano ampie zone in affioramento e diffusi processi erosivi.

Il bacino afferente ai Torrenti Lavagna ed Entella si distingue nettamente per una bassa suscettibilità al dissesto dovuta essenzialmente ad una acclività mediamente bassa dovuta alla presenza dell'ampio fondovalle pianeggiante. Settori isolati a suscettibilità medio-alta si riscontrano principalmente sui versanti collinari alle spalle di San Quirico e alle pendici del Monte San Giacomo.

Il tipo di cartografia tematica prodotta vuole fornire, in questa fase di pianificazione, solo indicazioni di larga massima sullo stato di equilibrio dei versanti, riservando alle fasi progettuali degli eventuali interventi tutti gli studi di dettaglio che rimangono comunque indispensabili.

3.2.3 GRAVEGLIA

Dall'analisi d'insieme della Carta della Suscettibilità al Dissesto, si rileva che il bacino del Torrente Graveglia risulta essere per gran parte della sua estensione suscettibile al dissesto in maniera media o elevata. Le zone caratterizzate da suscettibilità bassa e molto bassa, sono sostanzialmente individuabili nei settori sud-orientali e sud-occidentali del bacino idrografico, nonché lungo lo sviluppo delle aste fluviali. Le ragioni principali dell'elevata distribuzione di aree più o meno suscettibili sono da ricercarsi principalmente nella morfologia, a carattere montuoso per quasi tutto il bacino del Graveglia e nella diffusa presenza di fenomeni erosivi e grandi coltri detritiche riconducibili a paleofrane.

I settori in Pg4 sono sparsi arealmente per tutto il bacino e si trovano nelle località di: Ne, Tolceto, S. Michele, Foppo, Case Iscioli, Nascio, Case Perseco, Arzeno, Case Soprane; nonché in altre porzioni di territorio fuori dai centri abitati.

I settori in Pg3a, invece, hanno una maggiore presenza sul territorio e si ritrovano nelle seguenti località: Castagnola, Tolceto, Osti, Foppo, Arzeno, Statale, Nascio, Castagna, nonché in molte altre zone periferiche.

Le cause che hanno portato le sopra citate porzioni di territorio ad essere identificate in queste due classi, sono la presenza di frane rispettivamente attive e quiescenti.

3.2.4 RUPINARO ed aree scolanti Ovest

Dall'analisi della carta della suscettività è emerso che:

- le zone a suscettività *alta* e *molto alta* sono maggiormente presenti lungo la costa tra Chiavari e Zoagli, e lungo il percorso del Rio Campodonico e del Torrente Rupinaro (tratto a monte). Queste zone sono caratterizzate da substrato molto alterato e da acclività elevate oltre che da movimenti franosi quiescenti e attivi.
- Zone a suscettività media interessano le principali coltri di spessore >3 metri dislocate principalmente sul versante destro orografico del Rio Campodonico.

- Zone a suscettività bassa interessano i suoli argillitici a bassa energia di rilievo. Questi territori sono stati in seguito utilizzati da parte dell'uomo a scopo agricolo e abitativo. Molti sono i terrazzamenti costruiti e utilizzati come uliveti, i quali, se in buono stato di conservazione, contribuiscono ad aumentare la stabilità del versante.
- le zone a suscettività molto bassa caratterizzano infine i fondovalle e le pianure alluvionali.

3.2.5 Aree scolanti Est

Dall'analisi della carta della pericolosità è emerso che:

- le zone a suscettività alta e molto alta sono presenti particolarmente lungo il tratto di costa tra Scoglio del Cigno e Sestri Levante, e in quelle zone caratterizzate da substrato molto alterato e da acclività elevate nonché da movimenti franosi quiescenti e attivi e da coltri detritiche potenti (Sorlana, ad ovest di cresta delle Rocche ad est di Senasi, Villa Magi ecc)
- Zone a suscettività media interessano principalmente quelle aree delle marne della formazione della Val Lavagna che non ricadono in zona alta. Questi territori sono stati poi utilizzati da parte dell'uomo a scopo agricolo e abitativo. Molti sono i terrazzamenti costruiti e utilizzati come uliveti, i quali, se ben tenuti, contribuiscono ad aumentare la stabilità del versante.
- Zone a suscettività bassa interessano i suoli argillitici a bassa energia di rilievo e i fondovali.
- le zone a suscettività molto bassa caratterizzano infine la piana alluvionale di Lavagna e la zona di San Benedetto.

3.2.6 Sintesi degli eventi alluvionali verificatosi nell'autunno 2014

Degli eventi alluvionali che hanno interessato nell'autunno 2014 il territorio ligure, quello del 10 novembre ha provocato l'esondazione dell'Entella in Chiavari e generato numerosi movimenti franosi che hanno causato anche la perdita di due vite umane nel Comune di Leivi dove una serie di debris flow ha colpito il versante della loc. Gazzo, interessando civili abitazioni. I Comuni principalmente interessati sono Chiavari, Lavagna, Leivi, Cogorno, Carasco, Borzonasca, Mezzanego, Ne e San Colombano Certenoli.

Le perimetrazioni delle aree in frana tengono conto anche da quanto emerso dal sopralluogo in elicottero realizzato il 13 Novembre 2014 con il mezzo, i piloti e l'equipaggio del Corpo forestale dello Stato, presenti la Comandante, geologi della Regione Liguria, della Provincia di Genova e del Dipartimento della Protezione Civile. Inoltre i dati censiti dai sopralluoghi diretti sono stati integrati anche con quelli emersi dal censimento dei fenomeni franosi elaborato dai ricercatori del *CNR-IRPI Geohazard Monitoring Group di Torino*.

Sono stati perimetrati oltre 100 nuovi dissesti cartografabili alla scala di piano di bacino, prevalentemente frane complesse, soil sleep e debris flow che hanno interessato peraltro anche viabilità sia principali che secondarie.

L'evento meteopluviometrico inoltre ha attivato fenomeni di erosione lineare su impluvi minori come ad esempio lungo i rii Valle di Pietrebianche e Valle Castagnola, in Comune di Ne.

Nella carta della franosità reale e nella carta geomorfologica del Piano i dissesti con superficie superiore a 200 mq sono indicati come “fenomeni idrogeologici conseguenti agli eventi alluvionali 2014” a tonalità fucsia, a prescindere dalla loro tipologia, al fine di mantenere memoria storica degli eventi alluvionali; i dissesti con superficie inferiore a 200 mq sono indicati con la simbologia delle “frane non cartografabili” a tonalità fucsia, di conseguenza, in base alla metodologia utilizzata nel calcolo della suscettività al dissesto tali dissesti sono cartografati come “Pg3b” nella “carta della suscettività al dissesto”.

Più nel dettaglio, a seguire, vengono descritte le principali frane individuate:

Comune di Leivi

Sul versante posto in sponda destra dell'Entella, in località Gazzo, per una larghezza di circa 700 metri, si sono originati sei movimenti franosi di cui due di grandi dimensioni, altri quattro più ridotti e alcuni smottamenti locali; tali frane hanno causato la perdita di due vite umane nonché danni



ed evacuazione di civili abitazioni. Altri dissesti sono localizzati nel bacino del Rupinaro, a monte della strada nei pressi della loc. Carmine, nella parte più centrale del Comune nell'area compresa tra Passo del Bocco, Casa Raggio, Villa Beghin, C. Podestà.

Comune di Carasco

Nel bacino dello Sturla i dissesti più significativi hanno interessato la viabilità principale, SP586 per la Val d'Aveto, e la loc. Terrarossa. Lungo la SP586 il movimento in coltre e roccia, con massi di dimensioni anche plurimetriche, ha raggiunto l'alveo dello Sturla e provoca ancora l'interdizione della corsia di monte della strada. A Terrarossa un importante debris flow ha interessato il rio omonimo.

Altri dissesti sono localizzati lungo la rotabile per la loc. Rapallini, nel bacino del Graveglia e lungo la strada per Chiesa di Paggi e Case Mora.

Comune di Borzonasca

Oltre a nuovi dissesti conseguenti alle piogge di novembre 2014, sono state interessate nuovamente quelle porzioni di territorio già pesantemente colpite dall'evento di ottobre 2013, risultando ampliati e/o riattivati i movimenti franosi che si erano originati.



Tra i dissesti del centro dell'abitato di Borzonasca si è ampliato quello alle spalle di un condominio che è stato peraltro oggetto di evacuazione. Sono stati eseguiti interventi di sistemazione idrogeologica quali canali di drenaggio, sistemazione delle fasce mediante muretti a secco e terre armate, nonché reti paramassi nella porzione più di monte. Importanti dissesti si segnalano nella zona del campo sportivo, lungo la strada verso Borzone e

lungo la strada per Case Dorbora.

Comune di Mezzanego

Oltre a nuovi dissesti conseguenti alle piogge di novembre 2014, sono state interessate nuovamente quelle porzioni di territorio già pesantemente colpite dall'evento di ottobre 2013, risultando ampliati e/o riattivati i movimenti franosi che si erano originati.

Particolarmente interessata l'area attraversata dalla S.P. 37 di Semovigo dove parte dei dissesti lungo la viabilità sono stati già oggetto di parziali interventi di sistemazione; di maggiori dimensioni risultano due frane lungo le sponde di due rii minori ad ovest di Porciletto e il dissesto la cui nicchia diparte nei pressi di una civile abitazione e raggiunge la S.P. 37. Hanno provocato l'interruzione della viabilità i due dissesti localizzati a Campocasone.

Quattro movimenti franosi sono localizzati sul versante in sponda destra dello Sturla nel tratto Isola di Vignolo – Pezzo di Campo – Vignolo.

Lungo la valle del rio Carnella un dissesto di importanti dimensioni interessa il versante sinistro raggiungendo l'alveo del rio stesso, ostruendolo parzialmente.



Comune di Ne

Si tratta principalmente di soil slip che hanno interessato i versanti nei pressi della località Campo di Ne e che risultano già parzialmente cicatrizzati. Di maggior rilevanza è il dissesto a Ne Castello per il quale sono già stati eseguiti alcuni interventi di sistemazione (muro tirantato, gabbioni di contenimento a difesa della viabilità). Da

evidenziare anche la frana che ha interessato la viabilità che da Campo di Ne raggiunge Case Baffico.

Nei pressi di Conscenti un dissesto si è verificato sul versante poco a monte di una civile abitazione, mentre due frane sono state perimetrate lungo la viabilità secondaria che da Conscenti conduce a Casone Sette Porte.



Comune di Cogorno

Il dissesto di maggior rilevanza interessa parte di un versante terrazzato, nel bacino del Fossato San Salvatore, a monte di una strada carrabile comunale. Nell'area, oltre il dissesto principale, vi sono anche diversi e minori smottamenti delle fasce terrazzate, per i quali comunque non si può escludere un'evoluzione negativa soprattutto in caso di ulteriori eventi piovosi.

Tra i dissesti incontrati lungo la viabilità comunale è da segnalare quello che sul rio tra Costigliolo e Case Costa dei Raffi diparte dalla sede stradale interessando la coltre superficiale ed il cappellaccio di un tratto di versante in cattivo stato di manutenzione destinato ad incolto arbustivo e vegetazione igrofila.

Comune di San Colombano Certenoli

Sono perimetrati un dissesto lungo un rivo minore a nord-est della loc. Fontana, al confine con il Comune di Carasco e due soil slip censiti nell'elaborato del CNR-IRPI Geohazard Monitoring Group di Torino, a ovest di Cianelli.

Comune di Chiavari

È perimetrato un soil slip sul versante in sponda destra di un rivo minore affluente di sinistra del Rupinaro, a sud di Rostio; tale dissesto, di piccole dimensioni, risulta censito nell'elaborato del CNR-IRPI Geohazard Monitoring Group di Torino.

3.3 PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO

3.3.1 Aree storicamente inondate

Nella "Carta delle aree inondabili ed aree storicamente inondate" sono state riportate le informazioni reperite nel corso del presente lavoro. Come evidenziato nella legenda, si è provveduto a cartografare sulla stessa base CTR alla scala 1:5.000 sia il perimetro delle aree storicamente allagate così come fornito dagli eventuali Studi Propedeutici, che il perimetro derivante dalla "Mappa del Rischio di Inondazione presente nel Territorio Regionale" – Aree Storicamente Inondate – aggiornamento 15/7/98 (Bollettino Ufficiale regione Liguria 17/2/99 Supplemento Straordinario No. 7) (per brevità denominata carta della DGR 2615/98).

Per la redazione delle carte contenute negli Studi Propedeutici gli Autori evidenziano di avere fatto riferimento alle informazioni cartografiche reperite presso gli Enti Pubblici, oltre che alla carta della DGR 2615/98.

L'informazione originale derivata dalla DGR 2615/98 è alla scala 1:25.000, quindi l'accuratezza della perimetrazione è da considerarsi relativa a tale scala.

In alcuni casi i due perimetri non differiscono molto nel tratto di maggior rilievo (ad esempio nel tratto terminale del T. Sturla, T. Lavagna e F. Entella). Poiché tali perimetrazioni sembrano essere derivate dalla stessa fonte, tali difformità potrebbero essere conseguenza di diversità di digitalizzazione del dato.

Nei tratti più a monte del T. Sturla le due fonti differiscono in modo più evidente: nella zona limitrofa alla località Cian della Chiesa l'area individuata dalla DGR non sembra tracciata in modo realistico, in quanto arriva ad interessare quote altimetriche alle quali non è possibile che l'acqua arrivi.

Per il bacino del T. Sturla e Fiume Entella di seguito è presentata una tabella (derivata dallo Studio Propedeutico ed aggiornata con l'evento più recente) con l'indicazione degli eventi idrologici più significativi che hanno interessato storicamente il bacino e che hanno avuto come conseguenza esondazioni o piene rilevanti. Nella tabella sono riportati: la data dell'evento, il corso d'acqua interessato, la località maggiormente colpita ed eventuali informazioni caratterizzanti l'evento.

| Data | Corso d'acqua | Località | Descrizione dell'evento e note storiche |
|------------|--------------------------------------|---|--|
| 1626 | Lavagna, Sturla, Entella | Chiavari, Carasco, Fontanabuona, Val Graveglia | A Carasco l'acqua salì sino al primo piano delle case, asportando il tabernacolo della Chiesa. Distrutto il ponte di Lorsica, due case a Calvari, tre mulini e quattro case a Prati di Mezzanego, il ponte di S. Lucia in Val Graveglia. Distrutti in questa vallata 28 mulini, 30 case, travolte e annegate 40 persone. Il ponte della Maddalena fra Chiavari e Lavagna distrutto per un terzo |
| 1647 | Entella | Chiavari | L'Entella ingrossata dalla pioggia torrenziale inonda completamente la città danneggiandola in più luoghi. |
| 1700 | Entella | Chiavari | L'Entella ingrossato ed il mare grosso provocano un ingorgo e trasformano Capoborgo in una laguna. |
| 1702 | Entella | Chiavari | Nubrifagio si utilizzano barche per rifornire famiglie bloccate in casa presso il Monastero Clarisse e nei pressi di Piani di Ri. Si abbattano le siepi per facilitare il deflusso delle acque. Si ritiene che in seguito a questa inondazione sia stato elevato il promontorio fra Chiavari e Ri, che diede alla località il nome di Cavallo. |
| 1737 | Entella | n.d. | Cadde tanta pioggia che l'Entella si innalzò da una falda all'altra della montagna, danneggiando alberi, terreni e annegando varie persone. |
| 1772 | Entella | Carasco | Pioggie continue e torrenziali gonfiano l'Entella fino alle falde dei monti, asportano il ponte di Carasco e parte di quello della Maddalena. In Capoborgo l'acqua superò l'altar maggiore delle Clarisse e trasformò la città in una laguna. |
| 13/11/1772 | Sturla, Graveglia, Entella, Rupinaro | Panesi, Garibaldo, Graveglia, Rivarola, Lavagna | Pioggie incessanti ingrossano talmente i torrenti Sturla e Graveglia da superare gli argini, inondare terreni, travolgere case, molini, alberi. Alla stretta di Panesi tra l'una e l'altra l'acqua si alza di oltre 40 palmi, lasciando detriti sull'alberatura. Enormi danni specialmente tra Garibaldo e Graveglia con la distruzione di 50 mulini. Frane imponenti presso Rivarola. Sulle colline i muri sostenenti le fascie si sfasciano. L'Entella trasporta una infinità di tronchi d'alberi, sfonda il tratto di ponte di legno della Maddalena, che unisce quello di pietra sino alla Madonna del Ponte, distrugge completamente il ponte in legno detto Scoffa. La fiumana, deviando verso Chiavari, allaga la città e il livello delle acque arriva sino alla mensa dell'altar maggiore delle Clarisse, rovina la casa Brignole e sfocia nella Piazza dell'Orto. Contemporaneamente il torrente Rupinaro, rompendo gli argini, inonda il sobborgo innalzandosi l'acqua di ben 4 palmi nel portico di Palazzo Marana. A Lavagna l'inondazione provoca la caduta delle mura dei Carmelitani. |
| 21/8/1794 | Entella | | L'Entella ingrossata straripa; distrutti due molini presso Costa e Moggia, l'acqua si alza di 6 palmi su tutti i piani circostanti. |
| 19/3/1796 | Entella | Capoborgo | Pioggia torrenziale ingrossa l'Entella, che straripa in pianura, distrugge il ponte di Campovecchio, inonda la Chiesa del Ponte, dove l'altezza dell'acqua supera il livello delle panche, allaga Capoborgo fin quasi sotto la Chiesa delle Clarisse. |
| 26/10/1886 | n.d. | n.d. | Piccoli e grandi corsi d'acqua straripano causando danni leggeri. |
| 14/10/1892 | Entella | n.d. | Il Fiume Entella ed altri torrenti straripano. Qua e là parziali inondazioni provocano danni a strade, città e campi. |
| 25/9/1915 | Entella, Rupinaro | Chiavari, Lavagna | Nubrifragio violento che interessò una zona costiera non molto profonda ma estesa diretta da O. e E. Il livello delle acque superò in certi punti il metro. Le acque selvagge ruppero in più punti gli argini e |

| Data | Corso d'acqua | Località | Descrizione dell'evento e note storiche |
|---------------|-------------------|--|---|
| | | | terrapieni delle ferrovie di Chiavari e Lavagna; una breccia di 300 metri a Lavagna e di 50 metri a Chiavari. Danneggiato il ponte, negozi, interrati, seminterrati. Si operano salvataggi con le piccole barche. Inondate le Chiese delle Clarisse e di Rupinaro. |
| 3/7/1917 | n.d. | n.d. | Allagamenti |
| 24/9/1919 | Entella, Rupinaro | | Entella e Rupinaro ingrossati. Allagamenti nei due quartieri adiacenti. |
| 8/7/1921 | Entella, Rupinaro | | Entella e Rupinaro ingrossati. Allagamenti nelle zone adiacenti. |
| 8/10/1926 | Entella | | L'Entella ingrossata straripa ed inonda le zone circostanti. |
| 22/11/1927 | Entella | Chiavari | Allagamenti in alcuni punti della città con danni ai negozi. |
| 1935 | Entella, Rupinaro | Chiavari, Caperana | Quasi tutta la città allagata. Case in pericolo a Caperana. La provinciale di Carasco interrotta. Numerose frane. Questa alluvione interessò soltanto le zone adiacenti alla città di Chiavari. |
| 25/9/1936 | Entella, Rupinaro | Chiavari | Entella e Rupinaro in piena, quest'ultimo straripa sotto il colle di Bacezza. Allagamento del quartiere di Rupinaro, Corso Umberto I, Via Vittorio Emanuele II, Piazza Dell'Orto, Piazza XX Settembre; altezza massima dell'acqua circa mezzo metro. |
| 9/9/1938 | n.d. | Chiavari | Allagamento della città con prevalenza del quartiere di Rupinaro. |
| 19/11/1940 | n.d. | Chiavari | Allagamenti in città. |
| 23/4/1947 | n.d. | Chiavari | Allagamenti in città. |
| 10/10/1947 | n.d. | Chiavari | Allagamenti in città. |
| 28/5/1948 | Entella, Rupinaro | n.d. | Entella e Rupinaro in piena, quest'ultimo straripa ed inonda il borgo adiacente con danni a negozi, alle cantine ed ai seminterrati. |
| 14/9/1949 | n.d. | Chiavari | Allagamenti in città. |
| 3/4/1950 | n.d. | Chiavari | Allagamenti in città. |
| 14-15/10/1953 | Entella | Panesi, Caprena, Lavagna, Sestri Levante | Straripamento (altezza massima m. 7.50). Le acque convergono nei piani di Caprena investendo abitazioni e caserme (un soldato morto). Allagano Via Piacenza, Via Entella, Piazza Roma, Piazza Matteotti. Il Rupinaro non straripa, ma le acque della collina inondano presto il quartiere di Rupinaro. Danni estesi ai negozi, interrati, seminterrati; le Chiese di Rupinaro e delle Clarisse allagate. Lavagna e Sestri L. esse pure inondate con danni rilevanti. Il fenomeno interessò tutti e tre i bacini degli affluenti dell'Entella, ma i danni più gravi si ebbero nella Vallata del Graveglia, con undici ponti asportati, oltre le passerelle, campi distrutti, animali uccisi. Imponente il numero delle frane, soprattutto la più grave quella delle Rocche di S. Anna, che bloccò per parecchi giorni il transito dei veicoli. Dall'idrometro di Panesi risultò il massimo di altezza di m. 7,57 ed una portata massima istantanea mc/sec.: 2137 (Uff. Idrograf.). |
| 28/10/1959 | Lavagna | Calvari - Carasco | |
| 6/11/1967 | Entella | Chiavari | |
| 20/11/1970 | Entella | Chiavari | |
| 30/10/1976 | Entella | Ri, Carasco | Mattino – Entella straripato a Ri e Carasco. |

| Data | Corso d'acqua | Località | Descrizione dell'evento e note storiche |
|----------------|---------------|----------------------------|---|
| 4-26-29/1/1997 | Entella | | Entella in piena. |
| 21/2/1977 | Entella | Chiavari | Entella fortemente ingrossato (sino a 20 + 25 cm.) dall'estremità superiore degli argini. Allagamenti a San Salvatore e Carasco e sulla riva a Ri Basso. Raggiunge il max verso le 3 di notte per poi decrescere e tornare normale verso le 9.00. |
| 12/1/1978 | Entella | | Entella in forte piena (ore 14 – 16). |
| 26/2/1978 ? | Entella | | Entella straripato in alcuni punti senza danni. |
| 28/2/1978 | Entella | | Entella ingrossato. |
| 3/2/1979 | Entella | Lavagna | Entella in piena – interrotto parzialmente il traffico ferroviario a Lavagna. |
| 26/3/1979 | Entella | | Entella in piena. |
| 24/4/1979 | Entella | | Entella in piena – straripa in più punti oltrepassando gli argini con notevoli danni (ore 14 ÷ 15). |
| 22/9/1982 | Entella | Chiavari | Il temporale del 21 è durato fino alle 24 del 22, da direzioni varie, prevalentemente da SO, O, NO, con massimi vicini alle 8 ed alle 22 del giorno 22. Violenti nubifragi con allagamenti, frane, interruzione di strade, si ebbero nell'entroterra, specialmente nella Valle di Borzonasca, Vignolo, Mezzanego e strada per S. Stefano D'Aveto. Entella in piena deborda dagli argini 23 settembre. |
| 22/9/1982 | Sturla | Pian di Rocco – Carasco | |
| 8/11/1982 | Entella | -- | Entella molto ingrossato, frane in strada (pioggia mm. 110,4). |
| 7/12/1982 | Entella | -- | Entella in piena (mm. 51 pioggia). |
| 14-16/12/1984 | Entella | -- | Entella in piena senza straripamenti. |
| 2-7/3/1985 | Entella | -- | Entella in piena senza danni. |
| 23-24/10/99 | Entella | Lavagna, Cogorno, Chiavari | Entella esondato in più punti: su entrambe le sponde del Ponte della Maddalena, sul piano di San Salvatore. Esondazioni anche in Val fontanabuona e Val Graveglia. |
| 6-7/11/2000 | Entella | Lavagna, Chiavari | Lavagna ed Entella esondati in più punti - mappatura eseguita sulla base di sopralluoghi effettuati in sito ed interviste ai locali nei giorni dell'evento |

Analogamente per il bacino del T. Graveglia si allega una tabella relativa alla cronologia degli eventi calamitosi succedutisi nel tempo, con una breve descrizione dei danni così come riportati nello Studio Propedeutico:

| Data | Notizie sull'evento | Fonte |
|------------|---|---------------------------------|
| 1608 | La piena sul Graveglia porta via il ponte di legno di S. Lucia | L.B.Tiscornia, Op.cit. |
| 1626 | Il Graveglia rompe gli argini, demolisce molte passerelle, abbatte 28 mulini, 30 case. Muoiono annegate 40 persone. Danni ingentissimi alle colture. | L.B.Tiscornia, Op.cit. |
| 1770 | Vengono abbattuti numerosi ponti e tutte le passerelle di legno. I terreni adiacenti al corso d'acqua sono invasi da sassi e fango. | L.B.Tiscornia, Op.cit. |
| 1840 | La cosiddetta "piena del quaranta" verrà ricordata per molto tempo: il torrente esonda e allaga le campagne, distruggendo i raccolti, guasta i mulini e i canali irrigatori. | L.B.Tiscornia, Op.cit. |
| 19.04.1932 | La portata di piena invade i campi e li allaga per giorni con più di un metro d'acqua, causando anche gravi danni alle opere molitorie. Crolla una parte della piazza del comune a Conscenti e viene eretto un nuovo muro d'argine. | L.B.Tiscornia, Op.cit. |
| 14.10.1953 | Vengono divelte numerose passerelle e danneggiati alcuni ponti. | Il Secolo XIX |
| 02.11.1968 | La piena recente più disastrosa: il torrente esce dal letto in più punti, alimentato da fortissime piogge, cadute soprattutto nella parte medio-alta del bacino. | Il Secolo XIX - Testimon. orali |
| 21.09.1979 | Danni ad alcuni manufatti di attraversamento, parziali fenomeni di esondazione in località Ponte di Gaggia e S. Lucia. | Il Secolo XIX - Testimon. orali |

La redazione della "Carta delle Aree storicamente inondate" per il bacino del T. Graveglia ha richiesto uno studio delle problematiche e una ricerca di dati in merito alle aree soggette ad allagamenti in concomitanza di eventi meteorici di rilevante entità articolata su due diversi percorsi che sono stati affrontati anche cronologicamente in successione l'uno rispetto all'altro.

Il primo ha riguardato la raccolta, di carattere più tecnico-scientifico, degli studi già effettuati e dei dati ricavabili e disponibili sull'argomento, sia utilizzando alcuni elaborati di carattere tecnico (cartografia e studi idraulici specifici), sia esaminando testi letterari con riferimenti storici di interesse ¹², sia ricercando dati di archivio su quotidiani locali (Il Secolo XIX, Il Lavoro, La Gazzetta di Genova) in concomitanza con gli eventi alluvionali più recenti, ossia verificatisi a partire degli anni '30, periodo intorno al quale, tra l'altro, si hanno a disposizione le prime misure di precipitazione.

Il secondo tipo di ricerca ha riguardato la raccolta di testimonianze dirette, in particolare modo nei siti individuati dall'analisi precedente, al fine di riuscire, per quanto possibile, a ricostruire la "dinamica" dei singoli eventi, oltre che per verificare la veridicità di talune affermazioni.

¹² Tiscornia L.B., vedi Bibliografia § 3.3.4.

In qualche caso è stato possibile acquisire materiale tecnico, quali fotografie, relazioni riguardanti perizie e richieste di danni subiti da privati, aziende e artigiani; in altri casi le testimonianze che sono state raccolte erano solo di carattere orale.

Entrambe le tipologie di indagine sono state accompagnate da frequenti sopralluoghi e visite in situ.

Per il bacino del T. Rupinaro e per le aree scolanti Ovest ed Est l'informazione derivata dalla DGR 2615/98 non appare realistica, in quanto porta a considerare come allagate anche zone poste a quote molto elevate rispetto ai corsi d'acqua. Si ritiene pertanto che tali anomalie, derivanti probabilmente da imprecisioni nella digitalizzazione del dato originario, peraltro eseguita a scala 1:25.000, rendano non applicabile tale informazione. Si segnala pertanto che nel presente bacino si ritiene che la perimetrazione di tali aree non possa costituire indicazione valida per apporre vincoli nelle Norme di Attuazione. Avendo in questa sede effettuato l'analisi idraulica e la delimitazione delle fasce di inondabilità, si ritiene che tale informazione cartografica con evidenti incongruenze sia da ritenersi superata.

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

3.3.2 Verifiche idrauliche

3.3.2.1 Premessa

L'indagine sulle problematiche e criticità di carattere idraulico è stata anticipata da sopralluoghi mirati in sito e da considerazioni sugli eventi storici che hanno consentito di orientare la scelta dei tratti di alveo e delle sezioni significative sulle quali concentrare le successive attività di verifica e di analisi.

L'approccio metodologico dell'analisi delle criticità idrauliche si è svolto secondo tre diverse linee di azione, in funzione sia della conformazione morfologica e della complessità geometrica dell'alveo, sia della documentazione e dei rilievi disponibili, sia della complessità dei fenomeni di espansione della piena nelle aree densamente urbanizzate. Tali linee di analisi possono essere così distinte:

- *verifiche estese*, costituite dal calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente di tratti significativi delle aste principali, finalizzate alla redazione delle carte delle fasce di inondabilità;
- *verifiche locali*, finalizzate a definire la sufficienza o meno di singole sezioni che potrebbero presentare elementi di criticità nel reticolo idrografico secondario;
- *studi di approfondimento con modello idraulico bidimensionale*, tali da consentire un'analisi della dinamica di espansione della piena finalizzata all'individuazione locale dei dati di tirante idrico e velocità di scorrimento

Verifiche estese

Le verifiche idrauliche di tipo globale sono state effettuate mediante l'ausilio di un *software*¹³ per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali che consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali, ecc.

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione monodimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K} \right]^2$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3} s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

13 HEC-RAS, Haestad Methods Inc. - Waterbury USA.

Il valore del coefficiente n è determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan (Chow, 1973) selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

In particolare, vista la natura e le caratteristiche del corso d'acqua in studio, si sono considerati come parametri preminenti il materiale del fondo alveo e delle sponde, l'irregolarità del fondo alveo e le variazioni della forma e delle dimensioni delle sezioni.

Ai fini del calcolo in tutte le verifiche è stato assunto un valore del coefficiente n pari a 0.03, corrispondente alla situazione di alveo naturale con presenza di ciottoli e ghiaia, sezioni di forma sostanzialmente regolare, presenza di ostruzioni in alveo quali pile di ponti, basamenti di tralicci ecc., scarsa presenza di vegetazione, andamento meandriforme.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Per ciascuna di tali zone, oltreché per l'intera sezione di deflusso, il programma calcola il valore delle grandezze idrauliche (portata, velocità, numero di Froude, tensioni tangenziali ecc.) che caratterizzano il moto; esso consente pertanto di individuare la quota parte di portata che defluisce all'interno dell'alveo inciso e quella che compete invece alle aree golenali.

Il programma simula inoltre il deflusso attraverso ponti e tombinature (*culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.). La procedura di calcolo utilizzata simula il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalco dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello utilizza il metodo dei momenti (*Momentum Balance*) che consiste nell'uguagliare i momenti fra la sezione di monte e di valle del manufatto attraverso tre passi successivi:

1) tra sezione esterna di valle (sezione 2) e sezione interna di valle (sezione D):

$$(my)_D + (mq)_D = (my)_2 - (my)_p + (mq)_2 + F_f - W_x$$

2) tra sezione interna di valle (sezione D) e sezione interna di monte (sezione U):

$$(my)_U + (mq)_U = (my)_D + (mq)_D + F_f - W_x$$

3) tra sezione interna di monte (sezione U) e sezione esterna di monte (sezione 1):

$$(my)_1 + (mq)_1 = (my)_U + (mq)_U + (my)_p + \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \left(\frac{Ap_1}{A_1} \right) \cdot (mq)_1 + F_f - W_x$$

avendo indicato con:

$my = A \cdot Y$ = prodotto dell'area per la distanza verticale tra il pelo libero e il centro di gravità delle sezioni di deflusso;

$$mq = \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

C_D = coefficiente di "drag" variabile in funzione della forma delle pile;

F_f = Forza dovuta all'attrito sul fondo e sulle pareti;

W_x = forza peso nella direzione del flusso;

p = pedice di riferimento della sola sezione bagnata delle pile.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$ e $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalciamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzeanti e defluenti al di sotto

dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

La verifica dei nodi di confluenza è eseguita mediante l'applicazione del teorema della quantità di moto.

In particolare occorre individuare un volume di controllo definito dalla superficie di contorno del tratto in esame in cui è applicabile la relazione generale:

$$F_e + G = M_u - M_e$$

dove F_e è la risultante delle forze di superficie (spinta idrostatica e attrito del fondo e delle pareti) agenti dall'esterno sul volume di controllo, G è la risultante delle forze di massa (in genere la forza peso), M_u ed M_e le quantità di moto delle masse che nell'unità di tempo entrano ed escono dal volume di controllo.

La metodologia di calcolo è applicabile al caso specifico della confluenza di un affluente nel corso d'acqua principale secondo un angolo d'incidenza α rispetto alla direttrice principale di deflusso.

Il volume di controllo è individuato da una sezione posta a monte della confluenza (individuata dal pedice m) ed una posta a valle (pedice v), a distanza L tra loro.

Nell'ipotesi di confluenza di un affluente nel corso d'acqua principale secondo un angolo di incidenza α rispetto alla direttrice principale di deflusso, proiettando l'equazione secondo l'asse del corso d'acqua principale, vale la relazione:

$$(my + mq)_v = (my + mq)_m + (W - F_f)_{m-v} + (my + mq)_a \cdot \cos\alpha + (W - F_f)_{a-v}$$

avendo indicato con:

$my = A \cdot Y$ = prodotto dell'area per la distanza verticale tra il pelo libero ed il centro di gravità delle sezioni di deflusso.

$$mq = \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

F_f = forza dovuta all'attrito sul fondo e sulle pareti.

W_x = forza peso nella direzione del flusso.

Ai fini della risoluzione dell'equazione dei momenti sono state fatte le seguenti assunzioni:

- rigurgito in corrente lenta con profondità del pelo libero nota nella sezione di valle;
- uguaglianza tra le quote del pelo libero nelle sezioni di monte del corso d'acqua principale e in quella dell'affluente;
- calcolo delle componenti di attrito e del peso come media pesata dei valori tra le sezioni di monte del corso d'acqua principale, dell'affluente e di valle, in funzione delle portate e dell'angolo di incidenza.

I calcoli sono stati eseguiti con riferimento alle due configurazioni di portata che prevedono la portata di piena nella sezione di valle del corso d'acqua principale ed alternativamente nella sua sezione di monte e nell'affluente.

Verifiche locali

Le verifiche locali, pure non consentendo di mappare le aree inondabili, consentono di effettuare mediante una procedura idraulica semplificata uno "screening" delle situazioni interferenti o con infrastrutture viarie o con piccoli insediamenti decentrati, finalizzato all'evidenziazione delle possibili criticità locali.

Va peraltro rilevato che la metodologia adottata è in generale da ritenersi cautelativa, soprattutto in considerazione della natura spiccatamente torrentizia dei tratti in cui le "verifiche locali" sono state applicate; con situazioni caratterizzate da pendenze particolarmente elevate e con "criticità" spesso dovute più a scarsa manutenzione dell'alveo che a sua reale insufficienza idraulica.

Alla luce di tali considerazioni è quindi evidente che le "verifiche locali" non possono essere viste come analisi esaustive delle specifiche situazioni, ma piuttosto come uno "screening" per individuare i rischi più evidenti, eventualmente da approfondire con studi di dettaglio a cura degli Enti proprietari delle opere interessate.

In assenza di variazioni significative della forma e delle dimensioni dell'alveo e di restringimenti bruschi di sezione 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:

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \cdot \left(\frac{Q}{b}\right)^2}$$

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

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 ($Fr > 1$).

In presenza di restringimenti dovuti alla particolare conformazione dell'alveo o alla presenza di manufatti artificiali (quali pile, spalle, ecc.) 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.

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, b_m [m] è la larghezza della sezione di monte e FL è il valore del numero di Froude limite tabulato in funzione del rapporto di restringimento.

Il valore di K è stato assunto per tutte le verifiche uguale a 1.14, corrispondente alla situazione più sfavorevole di pile con fronti squadrati.

Approfondimenti con modello bidimensionale

Gli studi di approfondimento con modello idraulico bidimensionale sono stati realizzati laddove le particolari conformazioni del territorio lo rendevano necessario al fine di individuare in modo più efficace la dinamica di espansione della piena ed i relativi tiranti idrici e velocità di scorrimento. Questo, in particolare, è risultato utile per la mappatura delle aree inondabili nell'abitato di Chiavari ed è stato realizzato sia per l'area interessata dal bacino del fiume Entella che per quella del torrente Rupinaro, nonché per il torrente Lavagna, nel tratto compreso tra la confluenza con il t. Sturla e il t. Graveglia.

Le metodologie adottate sono diverse caso per caso e sono dettagliatamente illustrate nelle specifiche relazioni allegate a ciascuno degli studi di approfondimento.

3.3.2.3 Parametri delle verifiche idrauliche

3.3.2.3.1 ENTELLA - STURLA

Nell'ambito delle analisi idrauliche, sono state individuate due diverse tipologie di alveo: le aste terminali del Torrente Lavagna e del Fiume Entella e quella del Torrente Sturla, con alveo inciso nelle alluvioni di fondo valle, e sezioni caratterizzate da una parte centrale più profonda (alveo di morbida) e da due ampie aree golenali che vengono periodicamente inondate in concomitanza di eventi di piena significativi, e la parte mediana e montana del Torrente Sturla e dei suoi affluenti, incassata nel substrato roccioso, con quote del fondo inferiori alla viabilità spondale, e senza interferenze significative con i nuclei abitativi.

I tronchi d'alveo oggetto di verifiche estese sono evidenziati nella "Carta delle tracce delle sezioni idrauliche e tratti indagati".

Per quanto riguarda il torrente Entella si fa riferimento allo studio di dettaglio realizzato in moto bidimensionale, a cui si rimanda per tutti gli aspetti riguardanti le verifiche idrauliche e la definizione delle fasce (eseguito dall'Associazione temporanea di imprese Enel.Hydro-STI-MEDINGEGNERIA ed approvato con DCP n. 54 del 19/11/2003).

Relativamente al t. torrente Lavagna, nel tratto tra la confluenza con il t. Sturla e quella con il t. Graveglia, si rimanda allo studio idraulico di dettaglio realizzato da DHI nel 2015.

Secondo quanto descritto con maggior dettaglio nei paragrafi successivi, lungo tali tratti è stato effettuato il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente variato con i valori di massima piena 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale.

Le verifiche locali hanno invece riguardato i soli manufatti di attraversamento degli affluenti del Torrente Sturla: Torrente Penna, Torrente Cicana (tratto montano), Torrente Mogliana, Torrente Mezzanego.

Si sottolinea che l'obiettivo primario delle verifiche è stato quello di determinare il livello di criticità idraulica complessiva dei singoli tratti o manufatti esaminati, pertanto, pur mantenendo un elevato livello d'affidabilità, esse rivestono carattere qualitativo, finalizzato alla pianificazione di bacino e non tanto alla verifica o al progetto dei singoli manufatti o di sistemazioni di tratti di alveo.

I rilievi sono stati integrati con la cartografia tecnica disponibile (Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000, cartografia tecnica del Genio Civile in scala 1:1000 aggiornata al 1972 e relativa al Fiume Entella ed alle aste terminali dei Torrenti Lavagna e Sturla) e con una serie di rilievi topografici diretti sul terreno.

Per ciascun tratto esaminato sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione del numero di manufatti d'attraversamento (ponti, passerelle), della presenza di briglie o manufatti isolati (pile, tralicci, sbalzi, ecc.), e delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo.

All'interno del modello di calcolo utilizzato le singole sezioni sono state integrate con una serie di sezioni intermedie, ottenute per interpolazione, con passo massimo di soli 10 metri.

Le verifiche sono state condotte per ciascun tratto con i valori di portata di massima piena 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale calcolati nelle sezioni idrauliche di riferimento (vedi Tabella 1.16) e di seguito riportati:

Fiume Entella da confluenza con torrente Graveglia a foce

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Sezione idraulica di riferimento | EE1 |
| Portata 50-ennale | Q=1559 mc/s |
| Portata 200-ennale | Q=2739 mc/s |
| Portata 500-ennale | Q=3971 mc/s |

Torrente Lavagna da confluenza con torrente Sturla a confluenza con torrente Graveglia

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Sezione idraulica di riferimento | EE6 |
| Portata 50-ennale | Q=1307 mc/s |
| Portata 200-ennale | Q=2300 mc/s |
| Portata 500-ennale | Q=3337 mc/s |

Tratto terminale torrente Sturla da loc. Terrarossa a confluenza nel torrente Lavagna

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Sezione idraulica di riferimento | ST1 |
| Portata 50-ennale | Q=474 mc/s |
| Portata 200-ennale | Q=839 mc/s |
| Portata 500-ennale | Q=1223 mc/s |

A favore di sicurezza le portate assunte sono quelle relative alle estremità di valle dei tratti esaminati.

I calcoli delle confluenze sono stati eseguiti con riferimento a due configurazioni di portata: una (config. A) prevede la portata di piena nelle sezioni di valle e di monte del corso d'acqua principale e la differenza sull'affluente, l'altra (config. B) prevede la

portata di piena nella sezione di valle del corso d'acqua principale e sull'affluente e la differenza nella sezione di monte del corso d'acqua principale.

Quale condizione al contorno di valle è stata assunta, a favore di sicurezza, l'altezza del pelo libero risultante dalla verifica del tronco di valle con la portata effettiva del reticolo.

Nelle sezioni di calcolo del profilo quale quota di riferimento della sommità degli argini è stata assunta quella dell'alveo di magra e di morbida.

Il modello di calcolo è stato tarato sulla base della scala di deflusso delle portate della stazione idrometrica di Panesi, del Servizio Idrografico e Mareografico di Genova, ubicata sul Fiume Entella, circa 3.5 chilometri a monte dello sbocco a mare, aggiornata al 1997.

La taratura ha fornito un valore ottimale del coefficiente di scabrezza per l'alveo di magra e di morbida pari a 0.035, corrispondente alla situazione di alveo naturale con ciottoli e ghiaia e movimento di materiale al fondo; per le aree golenali sono stati invece adottati i valori di 0.05 per le aree naturali non urbanizzate o scarsamente urbanizzate, e di 0.1 per le aree caratterizzate da un elevato grado di urbanizzazione.

I risultati di ciascuna verifica sono riassunti in forma numerica e grafica nei seguenti elaborati, riportati in Allegato C:

- profili di rigurgito in scala 1:5.000/1:200;
- sezioni trasversali di calcolo generalmente in scala 1:2.000/1:200 con l'indicazione delle quote del pelo libero;
- tabelle riassuntive dei risultati.

Le verifiche idrauliche in moto permanente del Torrente Sturla da loc. Terrarossa a Borzonasca sono suddivise in 4 tratti, in base alle principali confluenze del torrente Sturla.

Sono state studiate, infatti, secondo la metodologia precedentemente esposta le confluenze con il rio Cicana, il T. Mezzanego, il T. Mogliana e il T. Penna.

Come condizioni al contorno per lo studio della confluenza a monte del T. Sturla e dell'affluente è stata imposta la profondità critica, a valle è stato imposto il livello desunto dalla simulazione del tratto di valle.

Come condizioni al contorno per lo studio dei diversi tratti è stata imposta a monte la profondità critica e a valle il livello imposto dallo studio della confluenza.

Il tratto terminale del t. Sturla, a valle della confluenza con il t. Cicana è stato rivisto in occasione della variante al piano del 2019. In particolare sono state aggiornate le verifiche idrauliche, sulla base dello studio idraulico a supporto della *"Progettazione preliminare delle opere di messa in sicurezza del tratto terminale del t. Sturla"*, opportunamente integrato con dati topografici derivati dal rilievo LIDAR ministeriale; sulla base dei risultati ottenuti dal nuovo modello idraulico, sempre in moto permanente monodimensionale uniformemente variato, sono state individuate le fasce fluviali, anche a seguito di specifici sopralluoghi.

Inoltre, per il tratto del t. Sturla oggetto di progettazione preliminare, è stata individuata la fascia di riassetto fluviale, in accordo con le indicazioni formulate dal Comitato Tecnico di bacino nel suo parere 13/2016 del 16/6/2016.

FOSSATO SAN SALVATORE

Le verifiche idrauliche hanno interessato un tratto di circa 1000 metri del Fossato San Salvatore, a partire dalla confluenza con il fiume Entella fino a monte dell'imbocco della tombinatura; inoltre è stato indagato anche il suo affluente principale, rio della Pessa, per un tratto di circa 850 a partire dalla confluenza.

La geometria delle sezioni è stata estratta dalle pratiche autorizzative presentate presso l'Amministrazione provinciale ed è stata opportunamente verificata tramite sopralluoghi in sito, nonché integrata con rilievi effettuati in proprio.

Le portate di piena sono state valutate applicando due tra i metodi suggeriti nelle linee guide approvate con DGR 357/2008; in particolare quello delle Formule empiriche e quello della Simulazione dell'evento critico. Entrambi restituiscono valori molto simili della portata indice, rispettivamente 11,1 e 11,4 mc/s, a conferma della bontà del procedimento.

Nella tabella seguente vengono riassunte le portate utilizzate per la mappatura delle aree inondabili. Le portate parziali nelle sezioni a monte, tenuto conto delle modeste variazioni in gioco, sono state riscalate linearmente con l'area.

| Corso d'acqua | Sezione | Area [km ²] | Q ₅₀ [m ³ /s] | Q ₂₀₀ [m ³ /s] | Q ₅₀₀ [m ³ /s] |
|-----------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| San Salvatore | Alla foce (SS1) | 2,65 | 37,6 | 59,1 | 78,5 |
| San Salvatore | Monte confluenza (SS2) | 1,32 | 18,7 | 29,4 | 39,1 |
| Rio della Pessa | Monte confluenza (SS3) | 1,25 | 17,7 | 27,9 | 37,0 |

Il coefficiente di scabrezza secondo Strickler adottato nel calcolo è pari a 45 m^{1/3}s⁻¹ all'interno dei tratti tombinati e a 33 m^{1/3}s⁻¹ nei restanti tratti. Quale condizione al contorno di monte, tenuto conto dell'elevata pendenza dell'alveo, è stata assunta la profondità critica, in quanto limite superiore delle correnti veloci; a valle è stata imposta la quota del livello idrico del fiume Entella per il corrispondente tempo di ritorno. La confluenza è stata modellata imponendo la conservazione della quantità di moto.

I risultati ottenuti evidenziano la complessiva insufficienza del tratto tombinato a valle della confluenza, che, peraltro, risente in maniera sostanziale del rigurgito provocato dai livelli raggiunti sull'Entella. La portata smaltibile in questo tratto è pari a circa 25 m³/s, corrispondente ad un tempo di ritorno inferiore ai 20 anni.

Ipotizzando un funzionamento in pressione del tratto terminale, sul ramo del San Salvatore, la portata cinquantennale transita nella tombinatura senza provocare esondazione all'imbocco; al contrario la tombinatura del rio della Pessa non è in grado di smaltire la portata cinquantennale, a causa di un notevole restringimento all'imbocco della stessa, costituito da un ponte di accesso ad un'area privata in sponda sinistra. La portata esondata defluisce attraverso la viabilità esistente con tiranti massimi dell'ordine dei 35 cm, andando a inondare la zona più depressa in sponda destra.

La portata duecentennale mette in pressione quasi l'intera tombinatura del San Salvatore, con franco all'imbocco ridotto a soli 40 cm sulla sponda sinistra: in questo caso è stata mappata in fascia B l'area più depressa circostante l'imbocco della tombinatura. Sul rio della Pessa vale quanto già indicato per portata cinquantennale, ma con tiranti massimi di esondazione dell'ordine dei 60 cm.

Infine, il tratto a monte della tombinatura del rio della Pessa non è in grado di smaltire la portata cinquantennale, anche a causa degli attraversamenti esistenti non adeguati.

RIO RONDANEA

Le verifiche idrauliche monodimensionali in moto permanente riguardano il tratto terminale del corso d'acqua per un'estensione di circa 400 metri dalla foce. La geometria delle sezioni proviene da un rilievo eseguito ad hoc dall'Amministrazione provinciale all'inizio del 2012.

Il coefficiente di scabrezza secondo Strickler adottato nel calcolo è pari a $30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$. Quale condizione al contorno di monte, tenuto conto dell'elevata pendenza dell'alveo, è stata assunta la profondità critica, in quanto limite superiore delle correnti veloci; a valle è stata imposta la quota del livello idrico del fiume Entella per il corrispondente tempo di ritorno.

La portata con tempo di ritorno duecentennale è stata valutata, in accordo con la norma di Piano, assumendo un contributo unitario pari a $40 \text{ m}^3/\text{skm}^2$. Le portate con tempo di ritorno 50ennale e 200ennale sono state definite applicando le curve di crescita GEV valide per la regione C così come riportate nei criteri approvati con DGR 357/2008.

In particolare risulta:

| Rio Rondanea | | | Fattore di crescita | | | | | | |
|---------------------|------|---------|-------------------------|------|------|-------------|------|-------------|-------------|
| Alla foce | | | Tempo di ritorno (anni) | | | | | | |
| | | | Regione | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 |
| Contributo unitario | 40 | mc/skmq | C | 1.82 | 2.38 | 3.29 | 4.14 | 5.17 | 6.87 |
| Area bacino | 0.56 | kmq | | | | | | | |
| Q200 | 22.4 | mc/s | Portate [mc/s] | 7.9 | 10.3 | 14.3 | 17.9 | 22.4 | 29.8 |

I risultati delle verifiche idrauliche evidenziano una complessiva insufficienza delle sezioni idrauliche allo smaltimento anche della portata cinquantennale; in particolare risultano molto critici gli attraversamenti delle viabilità, sia comunale che provinciale.

La portata smaltibile in condizioni limite, sebbene senza franco, è pari a circa $4 \text{ m}^3/\text{s}$, corrispondente all'incirca alla portata indice.

A causa della notevole insufficienza delle sezioni idrauliche, la modellazione in moto permanente ad argini infinitamente alti, presenta evidenti limiti di affidabilità nella stima dei tiranti esondati; a ciò si aggiunga la morfologia pressoché pianeggiante della zona, che rende particolarmente complesso individuare dei limiti fisici alla diffusione della portata esodata.

Di conseguenza la mappatura delle aree inondabili è stata definita individuando l'area potenzialmente allagabile, con un tirante di 30 cm, dal volume esodato, calcolato sulla base degli idrogrammi di piena con tempo di ritorno di 50 e 200 anni valutati con il metodo dell'evento critico, come riportato nella linee guida già citate in precedenza.

RIO REZZA

Il calcolo dei profili di rigurgito in regime di moto permanente, gradualmente variato è stato effettuato mediante l'ausilio dell'applicativo HEC-RAS versione 3.1.3, dell'Hydrology Engineering Centre dell'US Army Corps of Engineers.

Lo scenario assunto è quello successivo alla realizzazione della vasca di laminazione a monte dell'ospedale, completata nel 2018, ed è basato su un rilievo as-built.

Le portate di piena utilizzate nel modello idraulico sono state calcolate con il metodo C.I.M.A. per bacini di piccola estensione, nelle sezioni di chiusura individuate nella carta dei sottobacini e riportate nella tabella seguente:

| CODICE | CORSO D'ACQUA | DESCRIZIONE | Q₅₀ [m³/s] | Q₂₀₀ [m³/s] | Q₅₀₀ [m³/s] |
|---------------|----------------------|--|---|--|--|
| RZm | Rezza | a monte vasca di laminazione | 26,6 | 38,5 | 46,3 |
| RZ0 | Rezza | a valle vasca fino alla confluenza rio Beichetta | 20.9* | 38.5 | 46.3 |
| RZ1 | Rezza | a valle confluenza rio Beichetta | 23.6* | 42,4 | 51,0 |
| RZ2 | Rezza | allo sbocco nell'Entella | 27.3* | 47,7 | 57,4 |
| BE | Beichetta | a monte del rio Rezza | 3,1 | 4,4 | 5,3 |

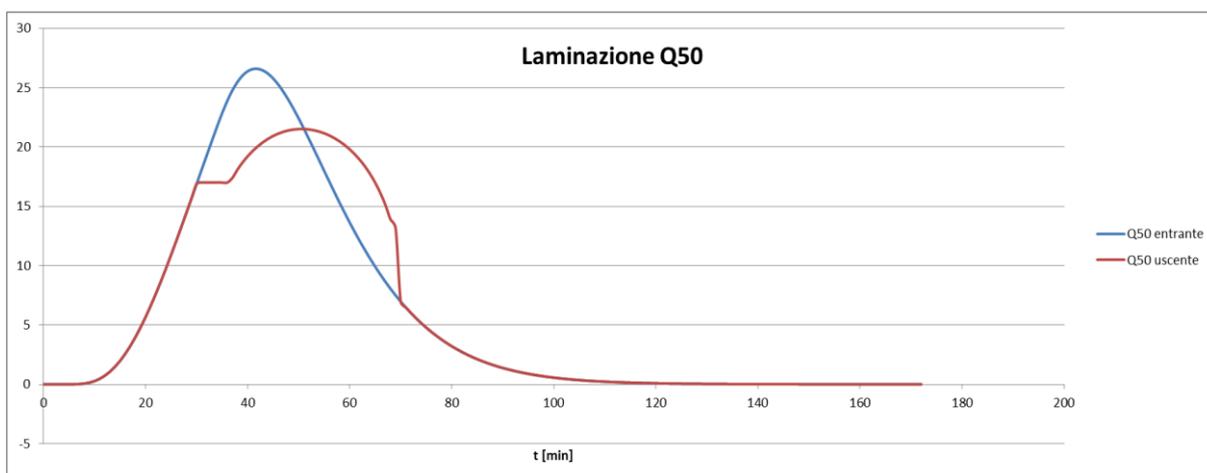
* portate ridotte dalla nuova vasca di laminazione

La nuova vasca di laminazione, realizzata mediante uno sbarramento in terra della lunghezza di circa 120 m e altezza sul piano campagna di 4,2 m, sottende un volume di 9300 mc, è dimensionata per la massima laminazione degli eventi con tempo di ritorno cinquantennale.

Come meglio descritto nel progetto della vasca, le opere di scarico della vasca sono ricavate all'interno di un corpo in calcestruzzo a gravità e sono costituite da un tombino lungo 14 m a sezione rettangolare, di larghezza pari a 3,3 m e altezza 1,5 m, funzionante come luce di fondo; è inoltre presente uno scarico di superficie costituito da una gaveta di forma trapezia, attraverso la quale si ha il deflusso delle portate superiori alla portata cinquantennale e fino alla 200-ennale.

Poiché per portate eccezionali, superiori alla duecentennale, lo sbarramento di contenimento della cassa di laminazione risulta tracimabile lungo tutto il perimetro, sono state previste opportune protezioni lungo la superficie del rilevato.

Il funzionamento idraulico complessivo della vasca, dimensionata per la portata cinquantennale, è riassunto nella figura seguente.



L'integrazione dei profili di rigurgito nel tratto di alveo a valle della vasca, è stata effettuata in regime misto; quali condizioni al contorno, sono state adottate, sia a monte che a valle, la profondità critica. Sono stati utilizzati i seguenti parametri di scabrezza:

| tipologia del tratto | coefficiente di Strickler |
|----------------------|------------------------------|
| | K_s [$m^{1/3}s^{-1}$] |
| tratti naturali | 30 |
| muri e platea in cls | 40 |
| golene | 20 |

I risultati della modellazione idraulica evidenziano il contenimento della portata cinquantennale in sponda sinistra nel tratto prospiciente all'ospedale, mentre più a valle, a causa delle sezioni insufficienti e degli attraversamenti presenti, si verifica un'esondazione che interessa diffusamente le aree circostanti. Le portate con tempo di ritorno superiore non vengono influenzate dalla presenza della vasca e generano esondazioni diffuse già a monte dell'ospedale.

VERIFICHE PUNTUALI

Per quanto riguarda le verifiche puntuali per ciascuna sezione è stata effettuata una verifica idraulica di tipo locale con i valori di portata di massima piena 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale determinati nella sezione dello studio relativa all'idrologia e riassunti nella Tabella 1.16.

A titolo di confronto è stata inoltre effettuata una verifica anche con la portata ricavata dalla Curva Inviluppo delle portate di piena dei corsi d'acqua Liguri con litorale tirrenico, edita dal Servizio Idrografico (Cati, 1970).

Ai fini della determinazione della criticità idraulica di ciascun manufatto si è assunto il franco di sicurezza minimo di un metro tra la quota del pelo libero e la quota di intradosso dell'impalcato.

I risultati delle verifiche sono riportati per ciascun manufatto nelle tabelle in Allegato C nelle quali, oltre ai parametri geometrici ed idraulici della sezione, è indicato il codice di riferimento dell'opera, il bacino ed il sottobacino di appartenenza e la sezione idraulica di riferimento.

Il criterio adottato per le verifiche è basato sull'ipotesi di altezza critica della corrente in corrispondenza dell'attraversamento e sul calcolo della conseguente altezza di rigurgito a monte in corrente lenta; si è poi confrontata l'altezza di rigurgito a monte con la luce libera degli attraversamenti, ipotizzati a sezione rettangolare, considerando un franco minimo di 1 metro. Tali ipotesi, corrette dal punto di vista tecnico e normativo, sono molto cautelative, in particolare nei casi di attraversamenti con strutture ad arco. In questi casi infatti il calcolo della luce libera delle strutture non ha tenuto conto dell'altezza dell'arco. Si può quindi affermare che tutte le strutture che sono risultate verificate per $T_r = 200$ anni siano sicuramente sufficienti per la piena di riferimento.

3.3.2.3.2 GRAVEGLIA

Le verifiche idrauliche sono state effettuate in corrispondenza delle sezioni giudicate a maggiore rischio, caratterizzate cioè:

- da forme e andamenti plano-altimetrici particolari dell'alveo torrentizio (curve brusche, salti, strettoie, forre);
- dalla presenza di manufatti in grado di opporre resistenze al moto della corrente, causando rigurgiti e alterazioni significative del deflusso (ponti con opere di sostegno in alveo, tombinature, briglie);
- da immissioni e confluenze tra corsi d'acqua rilevanti.

Nella "Carta delle tracce delle sezioni idrauliche e tratti indagati" è riportata con apposito simbolismo l'individuazione delle aree che sono state oggetto di verifica idraulica.

Per le verifiche idrauliche estese come condizioni al contorno per il torrente Graveglia a valle è stata modellata la confluenza con il torrente Lavagna a monte è stata imposta la condizione critica, in una sezione fittizia di monte.

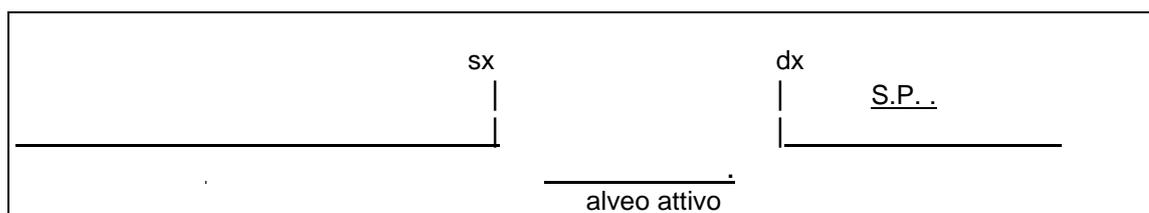
Le stesse condizioni al contorno sono state assunte anche per i principali affluenti del Graveglia, i torrenti Chiesanuova e Ne.

Per i rii minori affluenti del Graveglia è stata imposta come condizione di valle il livello del pelo libero nella sezione del Graveglia in prossimità della confluenza, a monte è stata imposta invece la condizione critica.

Per il rio situato in loc. pian di Fieno è stata imposta la condizione critica sia a monte che a valle in quanto il tratto indagato è distante dal Graveglia e non risente della confluenza.

La conformazione delle sezioni di deflusso è nella maggior parte dei casi assimilabile ad una forma rettangolare o trapezia; l'asta valliva del Graveglia è caratterizzata da una valle piuttosto ampia con letto del torrente in posizione quasi sempre centrale. Le aree laterali, occupate spesso da campi coltivati e alcune volte da infrastrutture stradali o da edifici isolati, sono rialzate rispetto al fondo del torrente di circa 4-5 m

La sezione "tipo" riscontrabile nei tratti di verifica è pertanto schematizzabile secondo un andamento che rispecchia il presente tracciamento semplificato:



Le verifiche sono state effettuate sezione per sezione lungo l'intero sviluppo dell'asta terminale, sino alla foce, con le portate aventi tempi di ritorno pari a 50, 200 e 500 anni.

Infine si nota come la geometria delle sezioni dell'alveo, le quote delle stesse sul livello del mare e le pendenze medie longitudinali, necessarie al modello matematico di calcolo dei profili di rigurgito, siano stati desunti:

- dalla cartografia C.T.R. esistente, in scala 1:5000,
- dal rilievo del Genio Civile sull'asta terminale, in scala 1:1000,
- da misurazioni speditive, effettuate direttamente sul posto in alcuni punti singolari, finalizzate alla definizione dei manufatti censiti nel Catasto Opere Idrauliche
- da recenti rilievi topografici affidati dalla Provincia di Genova.
-

3.3.2.3.2.1 Torrente Chiesanuova (o Garibaldo) – tratto di valle (paragrafo aggiunto con DSG 91/2021)

Il tratto indagato ai fini idraulici si estende per circa 560 m a monte della confluenza. È stato implementato un modello idraulico monodimensionale in moto permanente, gradualmente variato, tramite il software di calcolo Hec-Ras 5.0.7.

Le informazioni di carattere topografico sono state desunte dal rilievo plano-altimetrico eseguito nel luglio 2018 e dalla cartografia tecnica regionale.

Ai fini del calcolo è stato assunto un valore del coefficiente n pari a 0.033 per il tratto a cielo aperto, corrispondente secondo quanto indicato nelle norme di Piano, a corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo e pari a 0.025 per il tratto tombinato, corrispondente a corsi d'acqua con argini cementati e platee in buono stato.

Lungo l'intero tratto sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, curve, presenza di manufatti ecc.), numerate da valle verso monte da 3 a 26.

Il profilo è stato integrato per entrambe le condizioni di corrente lenta ($Fr < 1$) da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle ($Fr > 1$), imponendo quali condizioni al contorno la profondità di moto uniforme nella sezione di monte (sez. 26) e la profondità critica ($Fr = 1$) nella sezione di valle (sez. 3).

Le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di sponde infinite qualora il livello di piena superi le quote di sommità arginali.

Il deflusso della portata 200-ennale avviene con alternanza di corrente lenta e veloce; la profondità media del pelo libero è pari a circa 3 m con velocità media pari a circa 5.9 m/s.

Allo stato attuale si verificano esondazioni o tratti con franco idraulico non sufficiente in corrispondenza di tutte le sezioni a monte della tombinatura. Il deflusso

al di sotto della passerella di accesso al campo sportivo (sez. 21) avviene con franco pari a 1.12 m e quota del carico superiore all'estradosso. La copertura terminale risulta sufficiente per il tratto a valle del vecchio ponte (tra sez. 3 e sez. 5.8); il restringimento dovuto alla presenza delle spalle e dalle travi a coltello del vecchio ponte sulla strada provinciale SP26 (sez. 6), induce un significativo rigurgito verso monte con la conseguente messa in pressione del tratto tombinato (tra sez. 6 e sez. 9.9).

La linea dei carichi non è contenuta al di sotto delle sommità arginali ed interferisce con la copertura nel tratto tombinato.

Il deflusso della portata 50-ennale è simile a quello della portata 200-ennale, per il tratto a monte della tombinatura, con quote del pelo libero mediamente inferiori di circa 0.5 m. Anche in questo caso, si verificano esondazioni in sponda sinistra in corrispondenza del campo sportivo (tra sez. 23 e sez. 25) e per circa 80 m a monte della tombinatura (tra sez. 11 e sez. 15), e in sponda destra per circa 60 m a valle della passerella di accesso al campo sportivo (tra sez. 17 e sez. 20). Il deflusso al di sotto della tombinatura avviene a pelo libero ad eccezione del tratto in corrispondenza delle travi a coltello, la cui presenza induce un rigurgito verso monte.

La linea dei carichi non è contenuta dagli argini esistenti ed interferisce con la copertura nel tratto tombinato.

Sulla base dei risultati ottenuti, sono state poi individuate le aree inondabili.

Infine è stato individuato un intervento complessivo di sistemazione che, nel rispetto dei vincoli plano-altimetrici e urbanistici esistenti, consenta il deflusso della portata 200-ennale senza esondazioni lungo tutto il tratto, come riportato più in dettaglio nel piano interventi.

RIPERIMETRAZIONE PREVENTIVA

Sulla base del 2° lotto del progetto preliminare di sistemazione sono state individuate le fasce di inondabilità nello scenario di progetto, oggetto poi della c.d. ripermetrazione preventiva ad efficacia sospesa.

Tale lotto interessa il tratto a monte della copertura per un'estensione di circa 200 m e prevede, in sintesi, l'adeguamento della larghezza del corso d'acqua, con sezioni di forma rettangolare con muri d'argine in c.a. su entrambe le sponde per un breve tratto, e con sezioni di forma trapezia con argini in scogliera su entrambe le sponde per un tratto più esteso, unito alla riprofilatura del fondo alveo su due pendenze coincidenti a quelle medie naturali attuali nel tratto a monte e nella tombinatura, con realizzazione di tre soglie in massi naturali in corrispondenza dell'inizio della scogliera, del cambio di pendenza e della fine della scogliera.

La realizzazione degli interventi previsti nel lotto 2 induce in un sensibile miglioramento in termini di estensione delle aree inondabili e dei conseguenti volumi di esondazione. La portata 50-ennale nel tratto compreso tra il campo sportivo e la tombinatura risulta contenuta all'interno degli argini. Rimane inondabile solo la sponda sinistra in corrispondenza del campo sportivo dove in questa fase non sono previsti interventi. La portata 200-ennale esonda solo nel tratto subito a monte del tratto tombinato. La sponda destra a valle del campo sportivo non risulta più interessata dalla piena 200-ennale, sebbene la corrente risulti molto veloce e non sia garantita la componente cinetica del franco idraulico. Le aree di valle, tra l'imbocco della tombinatura e il torrente Graveglia, presentano tiranti mediamente inferiori di circa 50 cm rispetto allo stato attuale.

VERIFICHE PUNTUALI

Le verifiche in moto uniforme possono essere utilizzate solo nei casi in cui le condizioni del moto siano sostanzialmente omogenee per un tratto significativo, in cui manchino irregolarità del fondo, restringimenti bruschi, opere in alveo, apporti o derivazioni laterali, tracimazioni.

Naturalmente nessuna di queste condizioni è presente nella maggior parte delle situazioni indagate.

Il ricorso alle formulazioni di moto uniforme, eventualmente corredate di quelle in condizioni critiche, è consentito solamente come dato indicativo, più qualitativo che quantitativo. Le verifiche effettuate possono servire unicamente a classificare un'opera o un tratto di corso d'acqua come *sufficiente* o *insufficiente* al deflusso di un dato evento di piena.

Per tale motivo, in considerazione dei possibili errori di valutazione di:

- geometria della sezione di deflusso,
- pendenza del tratto di corso d'acqua indagato,
- scabrezza equivalente del contorno bagnato,

si è ipotizzato di classificare come "insufficiente" un manufatto o una sezione di deflusso che avesse un franco rispetto al pelo libero di piena stimato minore o uguale a 30 cm.

In conseguenza di ciò le aree perfluviali sono state definite come inondabili, anche quando il deflusso teorico della piena mostrava di essere contenuto entro l'alveo, se il margine di sicurezza risultava minore di 30 cm.

Sito C – cava di pietra in loc. Prato, sul rio Prato

Descrizione dei luoghi

La cava risulta abbandonata e si trova in prossimità dell'abitato di Prato, nell'alto bacino del Reppia. Gli sbancamenti hanno interessato soprattutto il versante sinistro di un tratto del rio Prato in prossimità della strada provinciale Reppia – Carasco. Il rio Prato è un affluente di sinistra del torrente Reppia.

Il materiale estratto e le esigenze dei cavatori hanno deviato il tracciato del rio e lo hanno costretto in un alveo molto angusto (circa 2 x 1 m).

Inoltre si è realizzato un restringimento artificiale della sezione di deflusso, al limite di valle del piazzale di cava (vedi foto n° 6), con il probabile scopo di rallentare la corrente e permettere la decantazione del materiale, prima del rilascio nell'alveo naturale a valle.

L'abbandono della cava non ha poi risanato lo stato di fatto preesistente, con la conseguenza che, ad oggi, in caso di piena sul rio Prato, la corrente dilava il piazzale e esonda verso valle sino ad interessare la strada provinciale.

Condizioni di verifica

Nel Piano di Bacino stralcio non sono state effettuate analisi idrologiche per la stima delle portate di piena sul corso d'acqua che interferisce con la cava (rio Prato). La valutazione delle portate per le presenti verifiche pertanto ha preso origine dalle

analisi pluviometriche del sito in oggetto, effettuando poi modellazioni afflussi – deflussi secondo il metodo razionale, in analogia a quanto compiuto per le altre sezioni indagate nel Piano.

Assunta quindi la curva di possibilità pluviometrica della vicina stazione di Statale, per i diversi tempi di ritorno, valutato un coefficiente di deflusso pari a 0,70, stimato il tempo di corrivazione del bacino con il metodo di Giandotti e perimetrata l'area sottesa alla sezione di attraversamento della strada comunale ($A = 0,80 \text{ kmq}$), si sono ottenute le seguenti portate.

| Tempo di ritorno | Portata |
|------------------|----------|
| T [anni] | Q [mc/s] |
| 50 | 27,4 |
| 200 | 33,4 |
| 500 | 37,4 |

Il coefficiente di scabrezza è stato assunto pari a $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

La pendenza del tratto di alveo indagato è stata stimata pari all'1,5%.

Risultati delle verifiche

La sezione ristretta realizzata al margine del piazzale di cava costituisce un forte restringimento che causa un rigurgito verso monte. Anche l'alveo a monte, sovralluvionato e costretto, non ha dimensioni sufficienti a contenere portate anche minime. In concomitanza con la portata 50-ennale i piazzali si allagano con tiranti d'acqua dell'ordine del metro, in prossimità del rivo e qualche decina di centimetri a distanza maggiore. La conformazione in lieve pendenza dei piazzali verso valle causa l'espansione delle acque esondate verso la strada provinciale sottostante, con grave pericolo. E' anche da considerare una componente cinetica della corrente tracimata (velocità dell'ordine di qualche metro al secondo), che contribuisce ad aumentare il grado di rischio.

Per le portate di entità maggiore le condizioni di deflusso sono analoghe: i tiranti d'acqua risultano più rilevanti.

3.3.2.3.3 RUPINARO ed aree scolanti Ovest

Il torrente Rupinaro è stato studiato con verifiche estese in moto permanente nel tratto di monte, dalla località "Casa del Pino" fino all'area occupata dai capannoni della Società LAMES. A partire da questo tratto fino allo sfocio a mare è stato studiato con modello idraulico bidimensionale.

Per quanto riguarda, quindi, il tratto di valle si fa riferimento allo "Studio di approfondimento volto alla delimitazione delle fasce fluviali ed individuazione degli scenari d'intervento per la sistemazione idraulica del torrente Rupinaro in Comune di Chiavari" – ottobre 2007, alla cui Relazione Tecnico Idraulica si rimanda per tutti gli aspetti relativi alla modellazione idraulica.

Il tratto di monte è stato studiato in moto permanente monodimensionale, tramite il software Hec Ras, per un tratto di circa 2,6 km, dallo studio tecnico associato ingg. Brizzolara & Sturla in Chiavari. E' stato effettuato un rilievo ad hoc del corso d'acqua e delle aree golenali che ha portato alla definizione accurata del modello morfologico posto alla base della modellazione idraulica.

Le portate utilizzate nella verifica idraulica sono quelle già calcolate nel Piano di bacino vigente; le condizioni al contorno assunte nella modellazione sono: a monte la profondità critica, giustificata dalla presenza di una briglia, e a valle i livelli ottenuti tramite la modellazione bidimensionale nel tratto di valle.

Le sezioni del corso d'acqua inserite nella verifica sono state estese anche alle aree golenali, con l'inserimento di ostruzioni in corrispondenza degli edifici presenti. I valori della scabrezza utilizzati nella modellazione sono congruenti con le indicazioni riportate nel Piano; nel dettaglio è stato assunto un valore del coefficiente di Strickler pari a $33 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l'alveo attivo e pari a $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree golenali, in modo da simulare in maniera adeguata il diverso comportamento del moto.

Sulla base dei risultati ottenuti sono state mappate le aree inondabili, applicando il criterio morfologico.

Le verifiche sono state condotte per ciascun tratto con i valori di portata di massima piena 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale calcolati nelle sezioni idrauliche di riferimento.

L'ubicazione delle sezioni idrauliche di riferimento è riportata nella *Carta delle tracce delle sezioni idrauliche e tratti indagati*.

I risultati di ciascuna verifica sono riassunti in forma numerica e grafica in Allegato C.

Per le verifiche locali, in assenza di variazioni significative della forma e delle dimensioni dell'alveo e di restringimenti bruschi di sezione, 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 imposta la profondità critica in corrispondenza del restringimento e valutato il livello di monte applicando l'equazione di Bernoulli nell'ipotesi di una perdita di carico pari al 50% dell'altezza cinetica.

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 ($Fr > 1$). Le valutazioni effettuate sono sintetizzate nelle schede dell'Allegato C.

3.3.2.3.4 Aree scolanti Est

Nel presente paragrafo è riportata l'analisi delle problematiche e delle criticità idrauliche dei bacini dei Torrenti Fravega e Barassi.

L'indagine è stata anticipata da sopralluoghi mirati in sito che hanno consentito di orientare la scelta dei tratti di alveo e delle sezioni significative sulle quali concentrare le successive attività di verifica e di analisi.

Come condizione al contorno per il tracciamento dei profili di moto permanente sono state adottate le seguenti assunzioni:

- Condizione di stato critico per la sezione più a valle del tratto di calcolo;
- Condizione di moto uniforme per la sezione più a monte del tratto di calcolo (valutata sulla base della pendenza rilevata tra sezione di monte e sezione immediatamente a valle).

Per ciascun tratto esaminato sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione del numero di manufatti d'attraversamento (ponti, passerelle), della presenza di briglie o manufatti isolati (pile, tralicci, sbalzi, ecc.), e delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo.

All'interno del modello di calcolo utilizzato le singole sezioni sono state integrate con una serie di sezioni intermedie, ottenute per interpolazione, con passo massimo generalmente di 20 metri.

Per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali dell'alveo e dei manufatti con esso interferenti, si è fatto riferimento ai rilievi topografici appositamente effettuati.

Le verifiche sono state condotte per ciascun tratto con i valori di portata di massima piena 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale calcolati nelle sezioni idrauliche di riferimento.

L'ubicazione delle sezioni idrauliche di riferimento è riportata nella *Carta delle tracce delle sezioni idrauliche e tratti indagati*.

I risultati di ciascuna verifica sono riassunti in forma numerica e grafica negli elaborati riportati in Allegato C.

Per le verifiche idrauliche si è proceduto come per il bacino del T. Rupinaro.

3.3.3 Aree inondabili

Le analisi e le verifiche idrauliche effettuate hanno consentito di individuare il livello di criticità di diversi tratti o sezioni d'alveo in relazione al deflusso della portata di piena con diversi periodi di ritorno.

La mappatura delle aree inondabili è un'attività complessa ed articolata che mira a simulare la propagazione dei volumi d'acqua esondati sulle aree prossime al corso d'acqua interessato e, seppur sviluppata attraverso metodologie "semplificate" che non si avvalgono di modelli matematici sofisticati di propagazione dei volumi esondati, deve comunque prefigurare scenari di evento in grado di definire le possibili dinamiche di inondazione.

Le aree alluvionali di fondovalle per loro natura possono essere oggetto di fenomeni di inondazione in concomitanza con gli eventi di piena.

Le aree inondabili sono state quindi ottenute attraverso una metodologia semplificata a partire dai risultati delle verifiche idrauliche effettuate. La definizione delle aree inondabili si basa essenzialmente sul confronto tra le quote del pelo libero fornite dal calcolo e le quote dell'area limitrofa al corso d'acqua. Si aggiunge ovviamente a tale confronto una interpretazione il più possibile dettagliata delle singolarità topografiche e morfologiche presenti. Il risultato di tale interpretazione porta alla definizione dell'involuppo delle aree potenzialmente inondabili dalle diverse piene di riferimento: ciò non significa quindi che se si verifica una piena di un certo tempo di

ritorno tutte le aree segnalate come inondabili vengono contemporaneamente allagate, ma che ognuna di esse è potenzialmente allagabile.

Il calcolo del profilo è stato effettuato con riferimento ad una sezione di deflusso comprensiva della parte centrale più incisa e delle aree golenali laterali: in tal modo è stato possibile individuare e circoscrivere con buona approssimazione in modo diretto le aree inondabili e le relative altezze idrometriche di riferimento.

Tali aree sono delimitate planimetricamente sulla Carta delle aree inondabili.

3.3.3.1 ENTELLA - STURLA

Per la mappatura delle aree inondabili per il Fiume Entella si rimanda allo studio di dettaglio, *approvato con DCP n. 54 del 19/11/2003*.

Relativamente al tratto terminale del t. torrente Lavagna, tra la confluenza con il t. Sturla e quella con il t. Graveglia, si rimanda ai risultati dello studio idraulico di dettaglio realizzato da DHI nel 2015.

Nell'ambito del presente Piano Stralcio le analisi conoscitive multidisciplinari effettuate e le simulazioni idrauliche hanno consentito la predisposizione della mappatura delle *aree inondabili* per il tratto terminale del torrente Sturla compreso tra la località Borzonasca e la confluenza nel torrente Lavagna.

Dall'analisi della cartografia si può osservare che tutto il tratto vallivo considerato risulta soggetto ad esondazione con invasione delle aree golenali a causa dell'insufficienza dell'alveo di morbida a contenere anche gli eventi di piena più significativi (con tempi di ritorno anche sensibilmente inferiori a 50 anni).

Da notare che la portata massima smaltibile all'interno dell'alveo di morbida è circa la metà della portata di piena centennale e che i limiti delle aree esondabili per i periodi di ritorno considerati nella determinazione dei profili del pelo libero in piena (50, 200 e 500 anni) sostanzialmente coincidono, in quanto le aree golenali risultano completamente inondate per tutte e tre le configurazioni di portata, anche se con tiranti idrici diversi.

Ai fini dell'interpretazione dei risultati va sottolineato che la metodologia semplificata applicata è da considerarsi cautelativa, in quanto non tiene conto degli effetti di laminazione dell'alveo e delle relative aree golenali e di propagazione del relativo idrogramma di piena.

Pertanto la mappatura effettuata rappresenta l'involuppo delle aree potenzialmente interessate dai fenomeni di esondazione durante un evento di piena eccezionale; questo non significa che durante tale evento l'inondazione interessi contemporaneamente tutte le aree mappate.

Si consideri inoltre che, considerando le quote del terreno così come desumibili dalle carte a disposizione (CTR), risultava difficile porre dei limiti all'inondabilità potenziale del centro urbano costiero, in quanto esso risulta sostanzialmente pianeggiante. Proprio per questo motivo è stato utilizzato il modello di simulazione della corrente fuori alveo di tipo bidimensionale per individuare le aree allagabili lungo l'asta del F. Entella.

3.3.3.2 GRAVEGLIA

La maggior parte delle aree soggette ad inondazione è distribuita lungo il tratto vallivo dell'asta principale del Graveglia, approssimativamente da Frisolino sino alla confluenza nell'Entella.

Per meglio comprendere gli elaborati forniti sotto forma di mappe in scala 1:5000 e commentarne i risultati si ritiene necessario descrivere brevemente la morfologia dell'asta valliva, che dà origine a tali eventi.

Il torrente Graveglia, nel suo corso terminale, percorre una valle ricca di depositi alluvionali che hanno formato materassi e terrazzi incisi dall'alveo attivo che serpeggia nella zona centrale. Tale conformazione, che si presenta nel tratto dell'asta principale a partire dalla piana di Frisolino, oltre che sul torrente Chiesanuova a valle della località Carron, è caratterizzata da aspetti particolari che condizionano l'andamento dei deflussi di piena e la definizione delle aree potenzialmente inondabili.

Come precedentemente affermato nella descrizione delle ipotesi assunte alla base delle verifiche idrauliche delle sezioni, esiste un alveo attivo o "vivo" nel quale scorre la portata di magra e che è in grado di contenere portate di "morbida", ossia piene non rilevanti con frequenza relativamente alta.

In altre parole le portate associabili a tempi di ritorno dell'ordine dei 10-20 anni sono agevolmente contenute dentro l'alveo, la cui larghezza varia mediamente tra 15 e 30 m. Le portate più rilevanti (con tempi di ritorno 50 anni e più) risultano defluire con tiranti d'acqua più elevati delle aree rialzate poste ai lati dell'alveo. Ciò è causa pertanto dell'invasione delle acque anche su queste aree che, in qualche caso, sono state occupate da strade, edifici e terrapieni, ma che nella maggior parte delle situazioni presentano solo campi coltivati o prati a sfalcio. E' necessario chiarire che anche nel caso di allagamento di tali aree i tiranti idrici delle acque sono molto ridotti e le velocità di traslazione assolutamente trascurabili, soprattutto ad una certa distanza dall'alveo inciso.

Si possono effettuare le seguenti considerazioni di sintesi, relativamente alla fascia di inondabilità per $Tr = 200$ anni:

- l'alveo attivo è interessato dalla portata di piena vera e propria, dotata di altezze di corrente significative (4-5 m), velocità considerevoli e tensioni tangenziali (legate alla capacità di trasporto) elevate;
- le aree alluvionali poste ai lati dell'alveo sono talvolta soggette ad allagamento per sopraelevazioni locali del pelo libero (rigurgiti dovuti ad ostruzioni), che tuttavia rappresentano un pericolo ridotto, in quanto presentano altezze limitate (non superiori a 50-60 cm) e soprattutto valori di energia cinetica trascurabili, sia per le caratteristiche cinematiche del moto (corrente lenta), sia per la significativa scabrezza equivalente delle superfici attraversate. In tali fasce pertanto il rischio idraulico è molto più ridotto rispetto al caso precedente.

La mappatura delle aree inondabili è stata fatta in funzione dei livelli idrici indicati nelle sezioni analizzate. Sono state mappate le aree individuate sulla cartografia CTR, situate a quote inferiori al pelo libero indicato sulle sezioni corrispondenti.

Sono stati inoltre eseguiti numerosi sopralluoghi per una migliore definizione delle aree inondabili.

3.3.3.3 RUPINARO ed aree scolanti Ovest

Le analisi e le verifiche idrauliche effettuate lungo l'asta del T. Rupinaro, del Rio Campodonico e del Rio Bacezza, suoi affluenti, hanno consentito di individuare il livello di criticità di diversi tratti o sezioni d'alveo in relazione al deflusso della portata di piena con diversi periodi di ritorno.

Si consideri che, mentre per il tratto di monte, anche grazie ad un recente rilievo topografico di dettaglio, è stato possibile mappare le aree inondabili sulla base dell'intersezione dei livelli idrici individuati dalle verifiche estese in moto permanente con la superficie topografica, per il centro urbano costiero risultava difficile porre dei limiti all'inondabilità potenziale, in quanto il territorio risulta sostanzialmente pianeggiante. Proprio per questo motivo è stato utilizzato il modello di simulazione della corrente fuori alveo di tipo bidimensionale per individuare le aree allagabili lungo l'asta terminale.

Per la mappatura delle aree inondabili del torrente Rupinaro nel tratto terminale si rimanda, quindi, allo studio di dettaglio.

I risultati ottenuti, sia per il tratto di valle che per il tratto di monte, sono riportati planimetricamente sulla "Carta delle aree inondabili ed aree storicamente inondate".

3.3.3.4 Aree scolanti Est

Le analisi e le verifiche idrauliche effettuate lungo l'asta del T. Fravega e del T. Barassi hanno consentito di individuare il livello di criticità di diversi tratti o sezioni d'alveo in relazione al deflusso della portata di piena con diversi periodi di ritorno.

I risultati ottenuti sono riportati planimetricamente sulla Carta delle aree inondabili.

3.3.4 Fasce di inondabilità

A seguito della mappatura delle aree inondabili sono state definite le seguenti fasce di inondabilità :

- Una prima fascia, la più stretta, di colore azzurro, è quella relativa all'alveo attivo, interessato da portate di magra o di morbida, solitamente frequenti e prive di alcun rischio;
- La seconda fascia, (**Fascia A**) riporta l'area inondabile per la portata di piena con tempo di ritorno 50 anni;
- La terza fascia, (**Fascia B**) riporta l'area inondabile per la portata di piena con tempo di ritorno 200 anni;
- **Fascia B***: aree storicamente inondate, per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altra evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità

- **Fascia C:** aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo corrispondente a periodo di ritorno $T=500$ anni, o aree storicamente inondate, ove più ampie, laddove non si siano verificate modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, rilevate come esposto al paragrafo 3.3.1.

A fini di applicazione normativa, inoltre, le aree inondate approvate con DGR 59/2015, laddove risultino più esterne alle vigenti aree di fascia A e non siano state adeguatamente approfondite sulla base di studi idraulici aggiornati, sono state classificate come *“aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altra evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche”*, con normativa associata di tipo A* (cfr art. 12, c.2, lett a1, punto 4) delle NdA). Si tratta in particolare di aree lungo il rio Rupinaro, il t. Entella (zone Madalena, San Salvatore, Panesi), t. Lavagna (zona Carasco), t. Sturla (zona Santa Maria e Terrarossa), t. Garveglia (zona Csaretta).

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

3.3.5 Fascia di riassetto

3.3.5.1 ENTELLA – STURLA

Il quadro che emerge dall'analisi della cartografia di inondabilità nel tratto terminale dell'Entella ed in Comune di Carasco ha imposto in passato una serie di riflessioni e considerazioni che guidassero nella definizione delle politiche di intervento sul territorio ed in particolare verso regimi normativi ed interventi strutturali in grado di garantire il conseguimento di livelli di rischio tali da garantire al piano di perseguire l'obiettivo dello sviluppo compatibile.

Il piano individuava una sistemazione a lungo periodo stimata sulla portata con $T=200$ che doveva essere attentamente interrelata rispetto ad una più ampia serie di considerazioni di carattere urbanistico e socio-economico nonché di costi benefici intesa ovviamente a trasformare e ridisegnare profondamente e pesantemente il comparto in rapporto all'acquisizione di un innalzamento della soglia del rischio, che potrà essere perseguita soltanto dopo l'acquisizione di più puntuali ed approfondite conoscenze e l'attivazione di un processo di destrutturazione di area da valutarsi mediante mediante specifici scenari di intervento.

La fascia di riassetto per il torrente Lavagna e il fiume Entella a valle della confluenza con il t. Sturla, è stata individuata sulla base del posizionamento delle opere di difesa previste dallo *“Studio idraulico di dettaglio con annessa progettazione preliminare degli interventi di adeguamento idraulico del tratto terminale del torrente Entella nei Comuni di Carasco, Cogorno, Chiavari e Lavagna”*, predisposto nel 2004 dall'allora competente Provincia di Genova.

Per quanto riguarda, invece, il Torrente Sturla, non si è ritenuto di inserire una fascia di riassetto fluviale in quanto nel bilancio complessivo delle portate gravanti sul

tratto terminale del Fiume Entella non risulta sostenibile un'ipotesi di canalizzazione di questo torrente. La previsione di piano ipotizza il mantenimento di aree inondabili al fine di non aggravare le situazioni di valle. Così come già approvato per il Piano di bacino del Torrente Lavagna, l'individuazione delle aree che possono essere messe in sicurezza "compensativamente" rispetto a quelle di cui si prevede il mantenimento dell'allagabilità, intervenendo su territori di Comuni diversi, non può che essere affidata alla definizione di un protocollo d'Intesa tra tutti i soggetti pubblici interessati che assuma l'ipotesi del Piano di bacino che per questo torrente non può prevedere il totale adeguamento alla portata di piena 200-ennale.

3.3.4.2 GRAVEGLIA

Nel caso del Torrente Graveglia non si è ritenuto di inserire una fascia di riassetto fluviale con le medesime motivazioni esposte per il Torrente Sturla.

3.3.4.3 RUPINARO ed aree scolanti Ovest

Non si è ritenuto di inserire una fascia di riassetto fluviale nel Piano, pure avendone in più riprese studiata una possibile delimitazione. Tale fascia, infatti, prevedeva l'inclusione di alcune aree perifluviali anche esterne alle fasce di inondabilità sulla base di una ipotesi non meglio specificata di utilizzo futuro come area di espansione. Tali fasce di riassetto sono state successivamente eliminate nel Piano a seguito di più approfondite valutazioni circa la loro efficacia, che non risulta comprovata, ed anche alla parziale incongruenza richiamata (area di espansione non inondabile). Da una valutazione anche speditiva si verifica l'inefficacia di tali vincoli rispetto alla soluzione complessiva delle gravissime problematiche del Torrente Rupinaro.

3.3.6 Tiranti idrici

La determinazione dei tiranti idrici può essere fatta soltanto con un'analisi capace di rappresentare con approssimazione accettabile la realtà dal punto di vista della descrizione altimetrica del terreno e della espansione della piena nelle aree allagabili. Tali condizioni sono verificate soltanto per il tratto del torrente Lavagna che va dalla confluenza con il torrente Sturla fino alla foce del fiume Entella, basandosi sui dati dello studio idraulico di dettaglio effettuato con modello bidimensionale.

Nell'ambito della "progettazione preliminare degli interventi di adeguamento idraulico del tratto terminale del torrente Entella nei Comuni di Carasco, Cogorno, Chiavari e Lavagna (a cui si rimanda per la documentazione completa)" realizzata dall'Associazione temporanea di imprese Enel.Hydro-STI-MEDINGEGNERIA, è stato elaborato uno studio idraulico di dettaglio (approvato con DCP n. 54 del 19/11/2003), attraverso una modellazione bidimensionale, che ha permesso l'individuazione delle aree perifluviali inondabili per tempi di ritorno (50, 200 e 500 anni) e la determinazione dei tiranti idrici e delle velocità che vi si realizzano. Tali valori costituiscono l'output delle verifiche idrauliche del tratto in oggetto e sono riportati nell'Allegato C – Verifiche

idrauliche fiume Entella- del presente Piano da utilizzarsi contestualmente alla tavola "MESH DI CALCOLO utilizzata per la modellistica bidimensionale".

Tale studio idraulico di dettaglio è stato sviluppando mediante strumenti software che hanno consentito la realizzazione della simulazione dell' asta interessata.

Riassumendo, le attività hanno riguardato:

- ➔ ricostruzione e trattamento del modello digitale del terreno
- ➔ simulazione idrologica a monte, per una corretta definizione dei volumi e forme degli idrogrammi per i diversi tempi di ritorno
- ➔ Simulazione bidimensionale della foce del Torrente Entella
- ➔ Simulazione idraulica quasi-bidimensionale dell'alveo di piena, collegando al ramo principale dell'alveo una rete di canali di deflusso a pelo libero che, anche a mezzo di casse di espansione, rappresenteranno a parametri concentrati i processi di laminazione nelle aree golenali e nelle aree di esondazione.
- ➔ Simulazione idraulica bidimensionale mediante il codice di calcolo FLOOD 2D a differenze finite. Le simulazioni rappresenteranno l'evoluzione dinamica bidimensionale del deflusso degli eventi di piena considerati per diversi tempi di ritorno.
- ➔ Studio del trasporto solido

3.4 PRINCIPALI CRITICITÀ DEL BACINO

3.4.1 ENTELLA - STURLA

Dall'insieme delle analisi effettuate emerge chiaramente che le principali criticità dell'area di studio sono costituite dalla problematica idraulica.

L'asta del Fiume Entella, dalla confluenza con il torrente Graveglia alla foce, e quella terminale del torrente Lavagna, come evidenziato anche dallo studio idraulico di dettaglio, risultano critiche per l'insufficienza dell'alveo di morbida a contenere anche gli eventi di piena più significativi (con tempi di ritorno anche sensibilmente inferiori a 50 anni), dando luogo all'inondazione di vaste aree intensamente urbanizzate su entrambe le sponde.

La portata massima smaltibile all'interno dell'alveo di morbida è circa la metà della portata di piena centennale.

La criticità è resa più evidente ovviamente dall'elevato grado di urbanizzazione che caratterizza in particolare il tratto terminale, ove grandi porzioni dei centri abitati di Chiavari e Lavagna sono inondabili anche con piene a tempo di ritorno di 50 anni.

Lungo l'asta del torrente Sturla si verifica l'invasione delle aree golenali per portate con tempi di ritorno dell'ordine dei 30 anni circa; in tale tratto tuttavia il grado di urbanizzazione delle aree adiacenti risulta minore, costituito prevalentemente da aree e capannoni destinati ad attività produttive. L'unica urbanizzazione di rilievo in

questo tratto è costituita dal centro abitato di Borzonasca, che viene in parte interessato soltanto dalla fascia di inondabilità con tempo di ritorno 500 anni.

Di seguito vengono riportate per ciascun tratto le criticità presenti:

Fiume Entella da confluenza con torrente Graveglia a foce

Si rimanda allo studio di dettaglio.

RIO REZZA

- 1) Nel **tratto a monte dell'Ospedale**: a seguito della realizzazione della vasca di laminazione, la portata cinquantennale risulta contenuta in sponda sinistra, mentre esonda ancora in sponda destra. La portata duecentennale invece non risulta contenuta, allagando le aree perifluviali che, per la loro conformazione a conca, fungono da area di espansione naturale. In sponda sinistra l'acqua non contenuta in alveo viene convogliata per differenza di quote verso il Pronto Soccorso dell'Ospedale, che peraltro si trova in posizione depressa rispetto all'alveo. La presenza del rilevato stradale della via di accesso alle camere mortuarie, poi, definisce di fatto uno sbarramento al deflusso delle acque verso valle
- 2) Nella **zona che fiancheggia il parcheggio dell'Ospedale** gli argini sopraelevati sono sufficienti al contenimento di tutta la portata duecentennale, seppur con franchi minimi, andando in crisi per pochi decimetri solo nella sezione a monte della passerella pedonale che congiunge il parcheggio all'Ospedale, criticità che potrebbe essere risolta sopraelevando gli argini esistenti.
- 3) Nel **tratto a monte di via Rezza** in cui il corso d'acqua defluisce tra gli edifici, l'alveo a causa delle dimensioni ridotte in larghezza e soprattutto in altezza - a tal proposito si segnala la presenza di un accesso pedonale sul sentiero (via Barattina ndr) che costeggia il rivo - non è assolutamente sufficiente a contenere la piena duecentennale.
- 4) Il **tratto di alveo parallelo a via Rezza** risulta insufficiente al deflusso della piena con tempo di ritorno cinquantennale e superiore. Diversi attraversamenti ad uso pedonale e carrabile costituiscono inoltre criticità locali al deflusso della corrente. Per rendere idoneo l'alveo al transito dell'intera portata occorre attuare interventi impegnativi.
- 5) Nel **tratto tra via Fieschi e lo sfocio nell'Entella**, interessato dal Progetto Definitivo, 1° stralcio funzionale, 1° lotto (dalla foce al Ponte della Maddalena) degli "Interventi di mitigazione del rischio idraulico del bacino del Fiume Entella relativamente al tratto terminale" – predisposto dalla provincia di Genova, si segnala l'insufficienza del ponte di Via Fieschi al transito del colmo di piena. Nel tratto da tale ponte fino all'Entella le sezioni non contengono la piena che fuoriesce per un primo tratto solo in sponda destra e quindi su entrambe le sponde, defluendo poi sulla piana verso l'Entella.

Torrente Lavagna da confluenza con torrente Sturla a confluenza con torrente Graveglia

Si rimanda allo studio di dettaglio.

Tratto terminale torrente Sturla a valle del Cicana

Dato il carattere prevalentemente torrentizio del corso d'acqua e la presenza di manufatti in alveo, la verifica è stata eseguita integrando il profilo per entrambe le condizioni di corrente lenta da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle, assumendo come condizione al contorno di valle quella risultante dalla risoluzione della confluenza nella configurazione B (portata di piena sul corso d'acqua affluente).

In generale il tratto presenta criticità diffuse già per portata cinquantennale, in particolare a valle dell'abitato di Santa Maria di Sturla, dovute alla presenza di una briglia a scivolo, che ha fissato la quota del fondo nel tratto a monte su pendenze assai ridotte, e alla mancanza di adeguate difese arginali a protezione delle zone golenali, ormai insediate.

Ache il tratto più a monte presenta varie criticità idrauliche, che interessano le aree golenali in varia misura in funzione del tempo di ritorno della piena.

Tratto torrente Sturla da Borzonasca a confluenza t. Cicana

Dall'analisi idraulica del tratto sono state individuate, lungo tutto il tratto, limitate fasce inondabili limitrofe al torrente ed alcune criticità più significative di seguito elencate:

- L'area alla confluenza con il T. Cicana, ove sono presenti piazzali in sponda destra dello Sturla a monte della confluenza ed in sponda sinistra dello Sturla a valle della confluenza, risulta allagabile per tempo di ritorno 50-ennale. La piana in sponda destra del rio Cicana risulta inondabile parzialmente per portate con tempo di ritorno 200-ennale e parzialmente per portate con tempo di ritorno 50-ennale;
- L'area alla confluenza con il torrente Mezzanego risulta sostanzialmente allagabile per portate con tempo di ritorno 200-ennale;
- L'area in sponda destra del torrente Sturla in loc. Isola risulta inondabile per la portata 50-ennale nella parte più a valle non urbanizzata e per portate con tempo di ritorno 200-ennale nella parte più a monte dove vi sono alcuni edifici
- L'area in corrispondenza dell'abitato di Borzonasca risulta sostanzialmente interessata da una fascia 500-ennale tranne piccole porzioni di territorio inserite in fascia 200-ennale.

Tratto torrente Cicana da loc. Resordo fino a Calcinaia

Le verifiche idrauliche condotte in questo tratto non hanno evidenziato nessuna criticità per nessun tempo di ritorno.

Risultati delle verifiche puntuali

Dalle verifiche speditive effettuate, si sintetizzano le seguenti considerazioni, basate sulle risultanze dei sopralluoghi:

- le strutture ad arco che, che sono risultate insufficienti per $Tr = 200$ anni, ma presentano un franco rispetto all'altezza di rigurgito, anche se inferiore ad 1 m, si possono considerare sostanzialmente sufficienti, vista la presenza di effettiva luce libera non considerata;
- alcune di tali strutture ad arco evidenziate come non verificate sono costituite da passerelle pedonali di evidente interesse storico ed ambientale; esse sono ubicate sul T. Mezzanego che risulta molto incassato e distante da ogni urbanizzazione;
- nei casi in cui i bacini a monte siano molto limitati e conducono ad altezze del pelo libero previste dell'ordine di grandezza del franco (1-2 m), si possono considerare accettabili anche franchi inferiori; ciò si ritiene ragionevole nei casi visitati, ove l'ubicazione delle strutture rende evidente che eventuali situazioni critiche non avrebbero conseguenze su zone urbanizzate;
- nei casi in cui le sezioni sono risultate insufficienti ma la quota del piano campagna a monte è inferiore alla luce libera del ponte si può affermare che la criticità non è dovuta alla presenza della struttura, poiché l'esondazione avviene a monte, prima del raggiungimento della struttura stessa;

Si riporta nel seguito un elenco delle opere risultate insufficienti per $Tr = 200$ anni nello Studio Propedeutico che sono state oggetto di sopralluogo, suddivise per asta torrentizia:

Torrente Sturla

Lungo il torrente Sturla sono stati verificati 10 attraversamenti, di cui 7 risultano verificati per tutte le tre configurazioni di portata utilizzate, nessuno risulta insufficiente per tutte le configurazioni di portata.

Dei 3 rimanenti, solo 1 è risultato insufficiente per le portate 200-ennale e 500-ennale e 2 risultano insufficienti per la sola portata 500-ennale.

Tutti i manufatti verificati risultano invece adeguati al deflusso della portata 50-ennale.

L'opera risultata insufficiente per $Tr = 200$ anni nello Studio Propedeutico è la seguente:

- opera codice S47P24: ponte carrabile ad arco. Dalle verifiche risulta un franco di 50 cm, senza considerare la luce libera data dalla presenza dell'arco. Per le considerazioni sopra esposte si ritiene di poter considerare la struttura degna di attenzione, ma non nettamente insufficiente;

Torrente Cicana

Lungo il Torrente Cicana sono stati verificati 4 attraversamenti.

Di tali manufatti 1 risulta verificato per tutte e tre le configurazioni di portata, mentre 2 risultano insufficienti per tutte e tre le configurazioni di portata.

Il restante risulta insufficiente al deflusso della sola portata 500-ennale.

Ciò significa che assumendo la portata duecentennale quale parametro di riferimento, i seguenti 3 manufatti sono risultati insufficienti nello Studio Propedeutico:

- opera codice C15P15: ponte carrabile su strada comunale, localizzato in zona non urbanizzata con bacino a monte molto limitato. Esiste un franco di 30 cm. Eventuali esondazioni non coinvolgerebbero edifici e l'acqua tenderebbe a rientrare in alveo immediatamente a valle dell'opera. Viste le

caratteristiche sia della strada comunale, che dell'area circostante non si ritiene che la struttura possa rappresentare una criticità prioritaria;

- opera codice C16P16: ponte carrabile su strada comunale, localizzato in zona non urbanizzata con bacino a monte molto limitato. Esiste un franco di 30 cm. Eventuali esondazioni non coinvolgerebbero edifici e l'acqua tenderebbe a rientrare in alveo immediatamente a valle dell'opera. Valgono le considerazioni esposte per l'opera precedente.

Torrente Penna

Lungo il torrente Penna sono stati verificati 8 attraversamenti.

Di tali manufatti, 7 risultano verificati per tutte e tre le configurazioni di portata utilizzate, nessuno risulta insufficiente per tutte e tre le configurazioni di portata; 1 risulta sufficiente per la portata 50-ennale e insufficiente per quelle 200-ennale e 500-ennale.

Assumendo la portata duecentennale quale parametro di riferimento, la struttura risultata non verificata nello Studio Propedeutico è la seguente:

- Opera codice P*08P04: ponte carrabile ad arco sul T. Borzone. L'opera risulta avere un'altezza di circa 7 m e si è considerata una luce libera di soli 3.3 m; risulta comunque un franco di 80 cm. Si considera che la porzione di luce ulteriore esistente possa costituire franco adeguato.

Torrente Mogliana

Lungo il torrente Mogliana sono stati verificati 14 attraversamenti.

Di questi, sette (50 per cento) risultano verificati per tutte le configurazioni di portata e due (14 per cento) risultano insufficienti per tutte le configurazioni di portata; dei rimanenti, tre (21 per cento) risultano adeguati al deflusso della portata 200-ennale, e due a quella 50-ennale.

Assumendo la portata duecentennale quale parametro di riferimento, risultano insufficienti nello Studio Propedeutico le seguenti 4 opere:

- Opera codice MG10P07: attraversamento pedonale con struttura ad arco in pietrame e malta di evidente interesse storico ed ambientale. Nelle verifiche si è considerata una luce libera di 5 m su una altezza totale di circa 8 m; risulta un franco di 90 cm. Si considera che la porzione di luce ulteriore esistente possa costituire franco adeguato. Sarebbero opportuni interventi di restauro e consolidamento.
- Opera codice MG15P10: si tratta di una passerella pedonale in travi e tavole di legno, ubicata in zona non urbanizzata, ove il T. Mogliana risulta incassato. Pur non risultando a sezione sufficiente non sembra costituire una criticità prioritaria. Può esserne consigliata la rimozione.
- Opera codice MG17P12: ponte carrabile su strada provinciale a struttura ad arco. Nelle verifiche si è considerata una luce libera di 2.7 m su una altezza totale di circa 5 m. Questa opera non presenta franco rispetto all'altezza di rigurgito a monte nemmeno considerando l'intera altezza, arco compreso.
- Opera codice MG20P15: ponte carrabile su provinciale con struttura ad arco in pietrame. Nelle verifiche si è considerata una luce libera di 4.7 m su una altezza totale di circa 8 m; risulta un franco di 90 cm. Si considera che la porzione di luce ulteriore esistente possa costituire franco adeguato.

Torrente Mezzanego

Lungo il torrente Mezzanego sono stati verificati 10 attraversamenti.

Di questi, quattro (40 per cento) risultano verificati per tutte le configurazioni di portata e tre risultano insufficienti per tutte le configurazioni di portata; dei rimanenti, uno (10 per cento) risulta adeguato al deflusso della portata 200-ennale, e due a quella 50-ennale.

Assumendo la portata duecentennale quale parametro di riferimento, 5 opere sono state considerate insufficienti nello Studio Propedeutico. Tali attraversamenti sono costituiti in prevalenza da passerelle pedonali antiche, costituite da strutture ad arco in pietrame di interesse storico ed ambientale. Essi sono inoltre ubicati sull'alveo molto incassato del T. Mezzanego, in zone non urbanizzate. Attualmente non risultano utilizzati di frequente e sono in condizioni di manutenzione generalmente scarse. Si elencano nel seguito tali opere, che non costituiscono a nostro avviso situazioni critiche. Si osserva inoltre che i residenti intervistati non rilevano problemi connessi al torrente e alle passerelle.

- Opera codice MZ05P04: ponte pedonale con struttura ad arco in pietrame, di interesse storico ambientale. Nelle verifiche si è considerata una luce libera di 2.8 m su una altezza totale di circa 6 m; in tali condizioni non risulta esistere franco. Si considera che la porzione di luce ulteriore esistente possa comunque costituire franco adeguato.
- Opera codice MZ07P05: ponte pedonale con struttura ad arco in pietrame, di interesse storico ambientale. Nelle verifiche si è considerata una luce libera di 3.9 m su una altezza totale di circa 7 m; in tali condizioni non risulta esistere franco. Si considera che la porzione di luce ulteriore esistente possa comunque costituire franco adeguato.
- Opera codice MZ10P07: ponte pedonale con struttura ad arco in pietrame, di interesse storico ambientale. Nelle verifiche si è considerata una luce libera di 2.9 m su una altezza totale di circa 6 m; in tali condizioni non risulta esistere franco. Si considera che la porzione di luce ulteriore esistente possa comunque costituire franco adeguato.
- Opera codice MZ10P07: ponte pedonale con struttura ad arco in pietrame, di interesse storico ambientale. Nelle verifiche si è considerata una luce libera di 2.9 m su una altezza totale di circa 6 m; in tali condizioni non risulta esistere franco. Si considera che la porzione di luce ulteriore esistente possa comunque costituire franco adeguato.
- Opera codice MZ12P09: ponte pedonale a trave appoggiata con pilone in alveo. Questa opera non riveste interesse storico e ambientale e, non presentando franco sufficiente se ne potrebbe prevedere la demolizione.

Si osserva che lungo il corso del T. Mezzanego si è rilevata la presenza di molte piante ad alto fusto abbattute che ingombrano il letto del torrente e potrebbero costituire ostacolo al regolare deflusso. Per questo torrente si consiglia sicuramente l'effettuazione di adeguata manutenzione.

Le principali criticità di tipo geologico-geomorfologico emerse dagli studi e dalle analisi effettuate sono da ricondursi sia a fattori di carattere regionale, e che contraddistinguono la maggior parte dei bacini Liguri, sia a particolari situazioni locali.

Il bacino dell'Entella-Sturla è un bacino, date le sue dimensioni, che presenta vari morfotipi con problematiche diverse, ma che hanno in comune nella morfologia, a carattere montuoso per quasi tutto il bacino dello Sturla e nella diffusa presenza di fenomeni erosivi e grandi coltri detritiche riconducibili a paleofrane, le principali cause innescanti dei processi gravitativi.

Il fattore antropico è un altro possibile elemento predisponente al dissesto: la geomorfologia attuale del territorio risulta modificata rispetto al suo assetto naturale. Molti versanti sono stati rimodellati e utilizzati per le risorse umane. Per esempio nella parte bassa del bacino, in presenza di suoli argillitici, per coltivazioni olivicole, si sono realizzate fasce terrazzate, le quali, se abbandonate, sono soggette a crollo e a ruscellamento diffuso. La costruzione di strade e infrastrutture, se non progettate adeguatamente, può generare inoltre ferite e tagli al versante, provocando dissesti inizialmente solo a carattere locale ma che, via via, potrebbero giungere ad interessare porzioni di territorio più grandi.

Inoltre, nel bacino in questione, la configurazione morfostrutturale, contraddistinta dalla presenza di complessi rocciosi a prevalente comportamento fragile sovrapposti a complessi a comportamento prevalentemente duttile, può essere causa di rimobilizzazioni.

Nello specifico si possono rilevare le seguenti maggiori criticità:

- La paleofrana su cui sorgono gli abitati di **Campori e Temossi**, comune di Borzonasca, è nota da tempo come soggetta a riattivazioni, in particolare in alcuni settori ben definiti. Diversi interventi atti alla stabilizzazione ed al monitoraggio del corpo di frana sono già stati eseguiti negli anni scorsi o sono in via di esecuzione; tuttavia appare necessaria la realizzazione di ulteriori interventi di monitoraggio, di disciplina delle acque superficiali e di drenaggio profondo. La superficie del corpo di frana interessata da fenomeni più evidenti è pari ad almeno 600.000 mq. La parziale riattivazione del corpo di frana è da correlare con l'erosione al piede dell'accumulo da parte del Torrente Sturla. Tale ipotesi troverebbe conferma nella presenza del Lago di Malanotte, che potrebbe essersi generato grazie allo sbarramento del Torrente dovuto al distacco di una porzione della grossa paleofrana, andando così ad ostruire il letto del corso d'acqua e quindi il normale deflusso delle acque. La perimetrazione dello stato di attività all'interno della macroarea tiene conto, in via preliminare, sia dei riscontri oggettivi emersi durante gli studi propedeutici, sia della consulenza del Dott. Geol. A. De Stefanis, già autore di studi per la stabilità della frana e incaricato dal Comune di Borzonasca a seguito di quanto emerso dalle riunioni, intercorse tra il Comune stesso e la Provincia, in occasione della discussione di questo stesso Piano. Per quanto concerne la definitiva ed attuale mappatura, si è tenuto conto dei dati riscontrati dai monitoraggi sin qui eseguiti e sono stati svolti dalla Provincia di Genova ulteriori sopralluoghi di verifica.
- La macroarea su cui sorge l'abitato di **Bertigaro**, comune di Borzonasca, è soggetta ad un'instabilità generale. Si possono riconoscere almeno quattro unità geomorfologiche che presentano segni di instabilità più o meno accentuati: l'unità dell'abitato di Bertigaro, l'unità di Prorè, l'unità di Prè Fogaia e l'unità di Cugne. (A. De Stefanis, R. Terranova et alii, 1991). Sulle cause innescanti le nuove riattivazioni, certamente l'acqua, sia superficiale che sotterranea, ha giocato un ruolo primario, in quanto

l'areale in oggetto è composto da Formazioni a comportamento idrogeologico differente con soglie di permeabilità dovute anche ai contatti di tipo tettonico tra le varie Formazioni rocciose. E' da ipotizzare, quindi, la presenza di scaturigini al di sotto dei corpi franosi. Appare necessario attivare una campagna geognostica, che consenta di definire un quadro della situazione più dettagliato circa le cause ed i meccanismi del dissesto, al fine di progettare gli interventi necessari alla mitigazione del rischio. La perimetrazione dello stato di attività all'interno delle quattro unità sopracitate, tiene conto, in via preliminare, sia dei riscontri oggettivi emersi durante gli studi propedeutici, sia della consulenza del Dott. Geol. A.De Stefanis già autore di studi sulla macroarea di Bertigaro nonché coadiuvatore nel progetto S.C.A.I. e incaricato dal Comune di Borzonasca a seguito di quanto emerso dalle riunioni, intercorse tra il Comune stesso e la Provincia, in occasione della discussione di questo stesso Piano. Per quanto concerne la definitiva ed attuale mappatura, si è tenuto conto anche dei dati oggettivi riscontrati dalla Provincia di Genova nel corso di ulteriori sopralluoghi di verifica.

- La paleofrana in località **Pian Ballerino**, comune di Borzonasca, mostra segnali di riattivazione in particolare nella sua porzione più bassa, dove sono presenti aree insediate e rete viaria. Appaiono necessari, in via preliminare, interventi di regimazione delle acque superficiali ed un monitoraggio del corpo di frana atto a valutare l'evoluzione nel tempo del movimento. La perimetrazione dello stato di attività, tiene conto, in via preliminare, sia dei riscontri oggettivi emersi durante gli studi propedeutici, sia della consulenza del Dott. Geol. A.De Stefanis già autore di studi sulla macroarea di Bertigaro nonché coadiuvatore nel progetto S.C.A.I. e incaricato dal Comune di Borzonasca a seguito di quanto emerso dalle riunioni, intercorse tra il Comune stesso e la Provincia, in occasione della discussione di questo stesso Piano. Per quanto concerne la definitiva ed attuale mappatura, si è tenuto conto anche dei dati oggettivi riscontrati dalla Provincia di Genova nel corso di ulteriori sopralluoghi di verifica.
- La paleofrana su cui sorge l'abitato di **Stibiveri**, comune di Borzonasca, è interessata localmente da movimenti gravitativi superficiali di lieve entità. Pur non presentando elementi di criticità particolari, tale situazione merita comunque di essere monitorata. La perimetrazione dello stato di attività, tiene conto, in via preliminare, sia dei riscontri oggettivi emersi durante gli studi propedeutici, sia della consulenza del Dott. Geol. A.De Stefanis già autore di studi sulla macroarea di Bertigaro nonché coadiuvatore nel progetto S.C.A.I. e incaricato dal Comune di Borzonasca a seguito di quanto emerso dalle riunioni, intercorse tra il Comune stesso e la Provincia, in occasione della discussione di questo stesso Piano. Per quanto concerne la definitiva ed attuale mappatura, si è tenuto conto anche dei dati oggettivi riscontrati dalla Provincia di Genova nel corso di ulteriori sopralluoghi di verifica.
- La paleofrana in località **Vallepiana**, comune di Borzonasca, risulta soggetta ad una serie di episodi di riattivazione che hanno causato gravi danni alla rete viaria ed alle civili abitazioni. Sono già stati eseguiti interventi di bonifica di rilevante entità per il consolidamento dell'abitato

ed il ripristino della strada danneggiata, nonché un monitoraggio della zona stessa.

- La paleofrana di **Bevena**, Comune di Borzonasca, mostra segnali di riattivazione, soprattutto nella sua porzione più a valle, dove risente maggiormente dell'azione erosiva al suo piede da parte di un corso d'acqua. Si riscontrano infatti gravi lesioni agli edifici, ai muretti ed alla sede stradale. E' già stata realizzata una campagna geognostica finalizzata all'impianto di tubi inclinometrici per il monitoraggio della zona.
- Il centro abitato di **Zolezzi**, Comune di Borzonasca, insiste su una vecchia frana che mostra segnali di instabilità, soprattutto per quanto riguarda la sua porzione a valle (NW), dove risente dell'azione erosiva di un corso d'acqua. Sono stati già realizzati: una rete di monitoraggio mediante l'impianto di 3 tubi inclinometrici ed un muro tirantato a Nord dell'abitato. Si propone di continuare la lettura degli inclinometri e di mettere in sicurezza il centro abitato, in particolar modo per quanto concerne la sua porzione a NW.
- Il nucleo abitativo di **Prato Sopralacroce**, Comune di Borzonasca, sorge su un'area soggetta ad un movimento gravitativo profondo che ne pregiudica la stabilità. A risentirne sono stati soprattutto i manufatti, che mostrano profonde lesioni nella loro struttura. Nel corso degli anni sono stati realizzati numerosi interventi, associati ad una campagna di monitoraggio, atti a bonificare la zona instabile che tuttavia non sono risultati sufficienti per mettere in sicurezza l'intero paese.
- L'abitato di **Belpiano**, Comune di Borzonasca, sorge su una porzione di versante interessato da un antico movimento franoso, classificato come DGPV. La maggiore criticità è rappresentata dal fatto che con il passare del tempo, potrebbero innescarsi delle mobilitazioni dell'imponente coltre detritica (> 100 metri) su cui giace l'abitato, così come successe nel 1700, quando poche centinaia di metri più a Sud, un movimento franoso fece scivolare la chiesetta una cinquantina di metri più a valle. Occorre pertanto intervenire al fine di ridurre il più possibile il rischio geomorfologico.

3.4.2 GRAVEGLIA

3.4.2.1 Criticità Idrauliche

La maggior parte delle aree soggette ad inondazione è distribuita lungo il tratto vallivo dell'asta principale del Graveglia, approssimativamente da Frisolino sino alla foce nell'Entella. Le portate associabili a tempi di ritorno dell'ordine dei 10-20 anni sono agevolmente contenute dentro l'alveo, la cui larghezza varia mediamente tra 15 e 30 m. Le portate più rilevanti (con tempi di ritorno 50 anni e più) risultano defluire con tiranti d'acqua più elevati delle aree rialzate poste ai lati dell'alveo. Ciò è causa pertanto dell'invasione delle acque anche su queste aree che, in qualche caso, sono state occupate da strade, edifici e terrapieni, ma che nella maggior parte delle situazioni presentano solo campi coltivati o prati a sfalcio. E' necessario segnalare che l'allagamento di tali aree è caratterizzato da tiranti idrici molto ridotti e velocità della corrente piuttosto contenute, soprattutto ad una certa distanza dall'alveo inciso. In

alcuni casi inoltre gli allagamenti segnalati in carta sono conseguenti a fenomeni locali di rigurgito dovuti all'insufficienza di opere di attraversamento e quindi superabili mediante interventi locali di adeguamento.

Si descrivono di seguito in maniera più dettagliata le criticità presenti nel bacino, iniziando da monte e scendendo verso valle:

Criticità RE-1: Torrente Reppia (zona Cava)

E' stato indagato il tratto del torrente Reppia in prossimità della cava: dalle verifiche risulta che il piazzale di cava risulta inondabile con tempo di ritorno 50-ennale nella parte più a monte e con tempo di ritorno 200-ennale nella parte più a valle.

Criticità PF-1: Rio Bianco (loc. Pian di Fieno)

Nel tratto indagato del rio affluente del Graveglia in loc. Pian di Fieno sono presenti un attraversamento a monte (PF-1), e il tombino della strada provinciale (PF2,PF-3), entrambi insufficienti per portata 50-ennale.

Criticità GR-1: Torrente Graveglia (loc. Frisolino), rio Frisolino

Le piane alluvionali su entrambe le sponde risultano inondabili in parte per portata 50-ennale, in parte per portata 200-ennale.

La sede stradale e le abitazioni adiacenti vengono interessate da esondazione per portata 50-ennale a causa del ponte carrabile in sezione GR-63 che costituisce un ostacolo al deflusso della corrente.

Il livello imposto dal Graveglia ostacola, inoltre, il deflusso del suo affluente rio Frisolino, che risulta pertanto insufficiente con tiranti superiori al metro per portate 50-ennali, sull'attraversamento della strada provinciale.

In assenza dell'effetto della confluenza il tombino F-4 sarebbe sufficiente al deflusso delle tre portate, anche se rimarrebbero le criticità nel tratto più a monte.

Criticità GR-2: Torrente Graveglia (loc. Caminata), rio Caminata, rio Sambuceto

Tutto il tratto del torrente Graveglia compreso tra la confluenza con il rio Sambuceto ed il ponte carrabile (GR-47) risulta critico per portata 50-ennale, provocando anche l'invasione della strada provinciale.

In questo tratto vi sono tre attraversamenti GR-47, GR-49, GR-51:

- Il ponte GR-47 risulta insufficiente per la 200-ennale,
- Il ponte GR-49 risulta insufficiente per la 50-ennale,
- Il ponte GR-51 risulta insufficiente per la 50-ennale.

La causa maggiore di tale criticità è l'insufficienza della sezione GR-47, che costituisce un restringimento che provoca un rigurgito notevole nelle sezioni di monte tale da rendere la situazione gravosa anche sulla passerella GR-49.

L'insufficienza delle sezioni del Graveglia e il conseguente innalzamento del pelo libero al di sopra della sede stradale crea un ostacolo al deflusso della corrente del rio Caminata, le cui sezioni risultano quindi notevolmente insufficienti per portata 50-ennale.

Il tombino del rio Caminata di attraversamento della strada provinciale è comunque insufficiente per portata 50-ennale anche in assenza del livello idrico del Graveglia imposto a valle.

Il rilievo effettuato sul rio Sambuceto mostra che l'alveo è in controtendenza e questo provoca l'insufficienza delle sezioni per portata 50-ennale.

Criticità GR-3.1: Torrente Graveglia (loc.Conscenti - sede comunale)

I due edifici ubicati in sponda destra, a valle della tombinatura sul T. Chiesanuova, risultano inondabili per la portata 50-ennale così come la piana ubicata in sponda sinistra. La criticità è dettata dal livello del pelo libero sul Graveglia che è tale da rigurgitare la confluenza del torrente Chiesanuova a cui si aggiunge l'insufficienza arginale in sponda destra.

Criticità GR-3: Torrente Graveglia (loc.Conscenti)

Le piane sia in sponda destra che in sponda sinistra risultano inondabili per portata 50-ennale ed una piccola porzione per portata 200-ennale. La passerella in sezione GR-34 risulta insufficiente per portata 200-ennale e provoca l'esondazione per portata 50-ennale in sponda destra, dato che la piana si trova a quota inferiore rispetto all'intradosso del ponte.

Criticità CH-1,CH-2, CH-3, CH-4: rio Chiesanuova

E' stato indagato tutto il tratto del rio Chiesanuova dalla confluenza con il torrente Graveglia fino alla località Giardin.

Per il tratto terminale a valle del campo sportivo è stato realizzato un modello idraulico di dettaglio, recepito nel piano con DSG n.91-2021 (vedi capitolo 3.3.2.3.2.1 **Torrente Chiesanuova (o Garibaldo) – tratto di valle**

Vi sono numerose aree inserite in fascia A o in fascia B sia in sponda destra che sinistra. Tra questa si segnalano in particolare:

- Aree urbanizzate in loc. Conscenti in sponda destra interessate da esondazione 50-ennale e in sinistra interessate da esondazione 200-ennale a causa della presenza della confluenza Graveglia – Chiesanuova, del restringimento a monte della tombinatura e dell'insufficienza delle sezioni di contenere la piena di riferimento (CH-1)
- Area in sponda sinistra (CH-8,CH-10) sulla quale è situato il campo da calcio interessata da esondazione per portata 50-ennale;il ponte in sezione CH-9 è insufficiente per portata 200-ennale;
- Area in sponda destra (CH-15,CH-16) sulla quale è situato un capannone industriale interessato da esondazione per portata 50-ennale;
- Area in sponda sinistra occupata da capannone industriale ricade parzialmente in fascia A e parzialmente in fascia B.
-

Criticità GR-4: torrente Graveglia (tratto compreso tra confluenza Chiesanuova e confluenza Ne')

In questo tratto lungo circa 350 m vi sono due attraversamenti della strada provinciale (GR-30, GR-27); quello a monte (GR-30) determina una criticità per portata 50-ennale della strada provinciale; la zona compresa tra i due attraversamenti è interessata da esondazione per portata 50-ennale per insufficienza della sezione di deflusso.

Criticità N-1: torrente Graveglia (torrente di Ne')

La piana alluvionale in sponda sinistra del torrente Graveglia risulta esondabile per portata 50-ennale, la sede stradale in sponda sinistra per portata 200-ennale. Il livello del pelo libero sul Graveglia è tale da rigurgitare la confluenza del torrente Né ed il ponte della strada provinciale situato sulla confluenza stessa.

La sezione di deflusso del torrente Né (escluso il ponte alla confluenza), risulta comunque insufficiente per portata 50-ennale, anche in assenza di rigurgito

Criticità GR-5: torrente Graveglia (tratto in prossimità della confluenza con il Vallone del Confine)

A monte della confluenza con il suddetto rio si ha esondazione sia in sponda destra in una piana interessata da orti sia in sponda sinistra sulla strada provinciale.

La causa principale dell'esondazione è la passerella che crea un restringimento della sezione di deflusso tale da provocare rigurgito a monte.

Criticità GR-6: torrente Graveglia (loc. a monte S.Lucia)

La piana compresa tra la sez. GR-15 e la sez. GR-12 risulta inondabile per portata 50-ennale. L'allagamento dell'area deriva sia dall'insufficienza della sezione di deflusso, nel tratto compreso tra le sezioni GR-15 e GR-14, sia dall'esondazione sulla strada provinciale a monte di tale zona con tirante di circa 1 m sulla strada provinciale.

Criticità GR-6.1: torrente Graveglia (loc. S.Lucia)

Immediatamente a valle della passerella pedonale GR-12, la piana in sponda sinistra, compresa tra la sez. GR-14 e la sez. GR-10, e le case ubicate in sponda destra risultano inondabili per portata 50-ennale. L'allagamento delle suddette aree deriva dal forte restringimento d'alveo, in corrispondenza della sezione GR-11.2, che provoca passaggio delle condizioni critiche con formazione di rigurgito a monte

Criticità GR-7: torrente Graveglia (loc. a valle S.Lucia)

Tra la sez. GR-9 e la sez. GR-4 vi sono una serie di ponti (GR-9, GR-7, GR-6, GR-5, GR-4) tutti insufficienti al deflusso della portata 50-ennale. I ponti suddetti, sebbene aggravino la criticità idraulica della zona non ne sono l'unica causa.

A prova di ciò è stata fatta una simulazione in assenza di ponti da cui si evince che alcune delle sezioni permangono insufficienti.

Criticità V-1: rio Valle di Paggi

Il rio è tombinato dalla confluenza con il Graveglia per una lunghezza di circa 500 m. Sopra la tombinatura è situato un capannone con relativo piazzale di carico e scarico. La tombinatura è insufficiente al deflusso della portata 50-ennale e ciò provoca l'allagamento del piazzale e del capannone.

Criticità A-1: rio affluente diretto del Graveglia a valle del confluenza con il T. di Né

L'affluente indicato in cartografia come Affluente A nel tratto indagato risulta tombinato in due punti: il primo è l'attraversamento della strada provinciale, il secondo è l'attraversamento di una strada secondaria che passa di poco più a monte. Entrambi

gli attraversamenti sono insufficienti al deflusso della portata 50-ennale. Il livello imposto a valle dal Graveglia ostacola ancora di più il deflusso della corrente. La sezione di deflusso tra un attraversamento e l'altro non è comunque sufficiente a contenere la piena 50-ennale con conseguente allagamento della piana che attraversa.

Criticità B-1: rio affluente diretto del Graveglia a valle del confluente con il T. di Nè

L'affluente indicato in cartografia come Affluente B nel tratto indagato risulta tombinato in due punti: il primo è l'attraversamento della strada provinciale, il secondo è l'attraversamento di una strada secondaria che passa di poco più a monte. L'attraversamento della strada provinciale è insufficiente al deflusso della portata 50-ennale. Il livello imposto a valle dal Graveglia ostacola ancora di più il deflusso della corrente. La sezione di deflusso tra un attraversamento e l'altro non è comunque sufficiente a contenere la piena 50-ennale con conseguente allagamento della piana che attraversa.

L'attraversamento della strada più a monte (sez.B3) non è sufficiente al deflusso della portata 200-ennale.

3.4.2.2 Criticità Geomorfologiche

Le principali criticità di tipo geologico-geomorfologico emerse dagli studi e dalle analisi effettuate sono da ricondursi sia a fattori di carattere regionale, e che contraddistinguono la maggior parte dei bacini Liguri, sia a particolari situazioni locali.

Il bacino del Graveglia è un bacino, date le sue dimensioni, che presenta vari morfotipi con problematiche diverse, ma che hanno in comune nella morfologia, a carattere montuoso per quasi tutto il bacino del Graveglia e nella diffusa presenza di fenomeni erosivi e grandi coltri detritiche riconducibili a paleofrane, le principali cause innescanti dei processi gravitativi.

Il fattore antropico è un altro possibile elemento predisponente al dissesto: la geomorfologia attuale del territorio risulta modificata rispetto al suo assetto naturale. Molti versanti sono stati rimodellati e utilizzati per le risorse umane. La costruzione di strade e infrastrutture, se non progettate adeguatamente, può generare inoltre ferite e tagli al versante, provocando dissesti inizialmente solo a carattere locale ma che, via via, potrebbero giungere ad interessare porzioni di territorio più grandi.

Inoltre, nel bacino in questione, la configurazione morfostrutturale, contraddistinta dalla presenza di complessi rocciosi a prevalente comportamento fragile sovrapposti a complessi a comportamento prevalentemente duttile, può essere causa di rimobilizzazioni.

Nello specifico si possono rilevare le seguenti maggiori criticità:

- **Case Iscioli.** L'area presenta una forte influenza della tettonica sulle forme di dissesto, determinante risulta anche il fattore antropico, infatti il taglio del fronte orografico ha intercettato la potente coltre soprastante, producendo un generalizzato collasso di versante. A seguito di gravi riattivazioni avvenute durante l'alluvione 2000, sono stati eseguiti vari interventi di ripristino della viabilità e di regimazione delle acque, si ritiene tuttavia

necessario attivare una campagna di monitoraggio per controllare l'evoluzione del movimento e la funzionalità degli interventi eseguiti

- **Frana Nascio.** La porzione di versante verso NW presenta caratteristiche simili alla frana di Monte Donigo ed è soggetta a lenti movimenti gravitativi. Anche in questo caso una delle cause principali è da ricercarsi nella cattiva regimazione delle acque di precipitazione e di scorrimento superficiale che generando ristagni idrici causano pericolose infiltrazioni nell'accumulo di frana. Durante gli eventi meteorici, che negli ultimi anni hanno coinvolto questa area, si sono verificate locali riattivazioni che hanno interessato la sede stradale interrompendola in vari punti, in questi casi si è intervenuti limitatamente ripristinando in urgenza la viabilità, tuttavia resta necessario realizzare una corretta disciplina delle acque.
- **Campo di Né.** La zona in oggetto ricade in una porzione di versante soggetta a deformazione gravitativa profonda, ed è interessata da riattivazioni superficiali. Ad oggi sono stati eseguiti interventi nella parte centrale e bassa della DGPV (presso il cimitero), tuttavia per mettere in sicurezza l'area è necessario uno studio idrogeologico al fine di progettare interventi di disciplina delle acque di precipitazione e di scorrimento superficiale che impediscano ristagni idrici e riducano le infiltrazioni nell'accumulo di paleofrana.
- **Località Castagnola.** L'intero versante su cui insiste l'abitato di Castagnola è interessato da un vecchio movimento gravitativo che mostra diversi segnali di riattivazione in particolare nella sua porzione più bassa. Tali fenomeni si sono manifestati in corrispondenza delle aree insediate e della rete viaria, mostrando la debolezza del territorio soprattutto in occasione degli ultimi eventi alluvionali del Novembre 2000 e 2002. Appaiono necessari, in via preliminare, interventi di disciplina delle acque di precipitazione e di scorrimento superficiale, al fine di impedire ristagni idrici e di ridurre le infiltrazioni nell'accumulo di frana, ed un monitoraggio del corpo di frana atto, a valutare l'evoluzione nel tempo del movimento. Oltre ai danni agli insediamenti e alle infrastrutture una evoluzione della rimovimentazione potrebbe portare ad una ostruzione del corso d'acqua sottostante.
- **Località Case Sciutti (C. Perseco).** Lungo la strada comunale Carasco – Reppia, sono presenti evidenti fenomeni di crollo dovuti sia allo stato della roccia, altamente fratturata ed alterata, sia alla realizzazione del taglio stradale stesso. Al fine di assicurare la viabilità si è già parzialmente intervenuti con la messa in opera di reti paramassi, tuttavia la criticità non è stata completamente risolta, pertanto risulta necessario intervenire mettendo in sicurezza l'area con opere di disgaggio dei materiali rocciosi in equilibrio precario e con la posa in opera di ulteriori reti metalliche a protezione della rete viaria.
- **Località Frisolino.** La zona ad ovest dell'abitato di Frisolino è una porzione di versante soggetta a movimenti franosi di scivolamento. La loro riattivazione potrebbe coinvolgere il corso d'acqua sottostante e l'arretramento della nicchia potrebbe interessare delle abitazioni. Pertanto si dovranno eseguire opere di consolidamento del versante e di disciplina delle acque di precipitazione e di scorrimento superficiale al fine di impedire ristagni idrici e di ridurre le infiltrazioni nell'accumulo di frana.

3.4.3 RUPINARO ed aree scolanti Ovest

Dall'analisi delle carte di pericolosità redatte risulta evidente che la principale criticità dell'area in esame è l'elevata pericolosità idraulica alla quale risulta soggetto il centro urbano di Chiavari. Tale problematica è resa più complessa dalla considerazione che nelle zone urbanizzate poste nella porzione più orientale si realizzano interferenze con allagamenti dovuti alle piene del F. Entella.

Le principali criticità di tipo geologico-geomorfologico emerse dagli studi e dalle analisi effettuate sono da ricondursi sia a fattori di carattere regionale, e che contraddistinguono la maggior parte dei bacini Liguri, sia a particolari situazioni locali.

Il bacino del Torrente Rupinaro è un bacino in erosione in quanto i suoi maggiori rii e torrenti sono in fase di ringiovanimento; ciò determina l'instaurarsi di processi gravitativi che hanno nell'azione dilavatrice delle acque, sia incanalate che diffuse, una delle loro principali cause innescanti.

Il fattore antropico è un altro possibile elemento predisponente al dissesto: la geomorfologia attuale del nostro territorio risulta modificata rispetto al suo assetto naturale. Molti versanti sono stati rimodellati e utilizzati per le risorse umane. Specialmente in presenza di suoli argillitici, per coltivazioni olivicole, si sono realizzate fasce terrazzate, le quali, se abbandonate, sono soggette a crollo e a ruscellamento diffuso. La costruzione di strade e infrastrutture, se non progettate adeguatamente, può generare inoltre "ferite" e tagli al versante, provocando dissesti inizialmente solo a carattere locale ma che via via, potrebbero giungere ad interessare porzioni di territorio più grandi.

Anche l'azione del moto ondoso, se in presenza di coste rocciose con caratteristiche geolitologiche scadenti, è un'altra causa di possibili movimenti franosi.

Inoltre, nel bacino in questione, la configurazione morfostrutturale, contraddistinta dalla presenza di complessi rocciosi a prevalente comportamento fragile sovrapposti a complessi a comportamento prevalentemente duttile, può essere causa di rimobilizzazioni.

Nello specifico, la maggior criticità del bacino è individuata nella costa rocciosa tra Colonia Piaggio e Tigullio Rocks, caratterizzata da un'alta suscettività al dissesto. L'azione del moto ondoso, in concomitanza con fenomeni di ruscellamento diffuso, e la cattiva conservazione della litologia del versante, portano all'instaurarsi di processi gravitativi, con movimenti franosi e cigli di distacco attivi, indici di uno stato di malessere del versante ancora in atto.

Un'altra criticità è da ricercarsi nella scarsa permeabilità dei suoli argillitici, spesso associata ad una cattiva regimazione delle acque: durante le intense precipitazioni, infatti, tali suoli tendono ad imbibirsi, causando locali smottamenti che sono tra le principali cause della rottura del manto stradale.

3.4.4 Aree scolanti Est

Le principali criticità di tipo geologico-geomorfologico emerse dagli studi e dalle analisi effettuate sono da ricondursi sia a fattori di carattere regionale, e che contraddistinguono la maggior parte dei bacini Liguri, sia a particolari situazioni locali.

I bacini dei Torrenti Fravega e Barassi sono bacini in erosione in quanto i loro maggiori rii e torrenti sono in fase di ringiovanimento; ciò determina l'instaurarsi di processi gravitativi che hanno nell'azione dilavatrice delle acque, sia incanalate che diffuse, una delle loro principali cause innescanti.

Il fattore antropico è un altro possibile elemento predisponente al dissesto: la geomorfologia attuale del nostro territorio risulta modificata rispetto al suo assetto naturale. Molti versanti sono stati rimodellati e utilizzati per le risorse umane. Specialmente in presenza di suoli argillitici, per coltivazioni olivicole, si sono realizzate fasce terrazzate, le quali, se abbandonate, sono soggette a crollo e a ruscellamento diffuso. La costruzione di strade e infrastrutture, se non progettate adeguatamente, può generare inoltre ferite e tagli al versante, provocando dissesti inizialmente solo a carattere locale ma che, via via, potrebbero giungere ad interessare porzioni di territorio più grandi.

Anche l'azione del moto ondoso, se in presenza di coste rocciose con caratteristiche geolitologiche scadenti, è un'altra causa di possibili movimenti franosi.

Inoltre, nel bacino in questione, la configurazione morfostrutturale, contraddistinta dalla presenza di complessi rocciosi a prevalente comportamento fragile sovrapposti a complessi a comportamento prevalentemente duttile, può essere causa di rimobilizzazioni.

Nello specifico la maggior criticità del bacino è individuata nella natura del substrato litologico prevalente (le ardesie di Monte Verzi), che presenta Formazioni eteropiche a componente preponderante marnosa con alternanze di strati di ardesie, calcareniti, arenarie e argilloscisti a comportamento geomeccanico e idrogeologico differente. Ciò è una delle cause dei fenomeni gravitativi di medie e piccole dimensioni.

Un'altra criticità è da ricercarsi nella scarsa permeabilità dei suoli argillitici, spesso associata ad una cattiva regimazione delle acque: durante le intense precipitazioni, infatti, tali suoli tendono ad imbibirsi, causando locali smottamenti che sono tra le principali cause della rottura del manto stradale.

Infine una criticità legata all'azione del moto ondoso e alla cattiva conservazione della formazione arenacea è da individuarsi lungo tutto il litorale marino interessato da tale formazione e sede di frane per crollo.

Nello specifico le criticità riscontrate riguardano:

1. uno smottamento verificatosi a seguito degli eventi alluvionali verificatisi nel Novembre 2000, in località Senaxi frazione di S. Giulia in Via Pascolini. Causa del dissesto è da ricercarsi sia nella natura del substrato litologico, al cui interno vi sono contrasti di permeabilità, che nell'azione dilavante delle acque con erosione incanalata dei principali impluvi.
2. La porzione del versante delimitata dai torrenti Sorlana e Barassi che interessa l'abitato di Sorlana. Il versante è caratterizzato da una coltre superficiale detritica su substrato marnoso. Un accentuarsi dell'erosione spondale al piede del versante e un eccessivo dilavamento delle acque superficiali potrebbero innescare una serie di mobilizzazioni all'interno dello strato di coltre.
3. Il tratto di versante compreso tra Case Fasoie, Costa dei Raffi e Cogorno, è caratterizzato da mobilizzazioni in atto, anche recenti, così come è risultato

dagli ultimi eventi alluvionali (novembre 2000). Un aggravarsi del fenomeno potrebbe portare ad uno sbarramento parziale del corso d'acqua sottostante.

In base ai risultati delle verifiche idrauliche delle aste principali dei T. Fravega Barassi si possono rilevare le seguenti criticità:

- il T. Fravega risulta, nella sua conformazione attuale, potenzialmente soggetto a esondazioni che coinvolgono il centro abitato di Lavagna anche con portate 50-ennali. Ciò è dovuto in particolare alla insufficienza della sezione dell'attuale copertura nel tratto terminale con conseguenti rigurgiti ed esondazioni.;
- confermate anche da precedenti studi (Ingg. Misurale e Larco, 1999) risulta evidente l'insufficienza della sezione di deflusso dell'attuale tratto coperto del T. Barassi per portate 200-ennali. Questa situazione, unitamente all'insufficienza della sezione del ponte ad arco posto a monte della confluenza con il T. Cereto, induce la maggiore criticità idraulica con possibilità di inondazioni del centro abitato.

4 RISCHIO IDROGEOLOGICO

4.1 ELEMENTI A RISCHIO

Gli elementi a rischio sono rappresentati dalla popolazione, dalle abitazioni, dalle attività economiche e dai beni culturali che possono subire danni in conseguenza del verificarsi del fenomeno franoso o idraulico, pertanto per l'individuazione delle classi, ci si è basati sull'analisi della carta dell'uso del suolo, ottenendo quattro classi:

| Classe Elementi a Rischio | Codici Uso del Suolo | Descrizioni |
|---------------------------|--|---|
| <i>E0</i> | 2.3 – 2.5 – 3.1 – 3.2 – 3.3 – 3.4.2 – 5.1.1 | Prati e pascoli – Ex coltivi – Praterie – Zone boscate – Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva – Rocce nude – |
| <i>E1</i> | 1.4.1 – 1.4.2 – 2.1.1 – 2.1.2.1 – 2.2.1 – 2.2.2 – 2.2.3 – 2.4 | Aree verdi urbane – Aree sportive e ricreative – Seminativi in aree non irrigue – Seminativi, vivai, ecc. in piena aria - Vigneti – Frutteti – Oliveti – Zone agricole eterogenee |
| <i>E2</i> | 1.1.2 – 1.3.1 | Tessuto urbano discontinuo |
| <i>E3</i> | 1.1.1 – 1.2.1 – 1.2.2 – 1.3.1 – 1.3.2 | Tessuto urbano continuo – Aree industriali o commerciali – Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori – Aree estrattive – Discariche |

4.2 RISCHIO IDROGEOLOGICO – METODOLOGIA APPLICATA

Nell'ambito della pianificazione di bacino, è prevista la determinazione del grado di rischio idrogeologico, inteso come rischio di inondazione, o idraulico, e rischio geomorfologico o geologico. La carta del rischio deriva dalla sovrapposizione tra la pericolosità idraulica o geomorfologica e gli elementi a rischio, derivanti dall'analisi dell'uso del suolo, (rispettivamente, rischio idraulico e geologico). Si ottengono, così, cinque classi di rischio, di cui la classe R0, permette di estrarre le situazioni a rischio minore in ragione di pericolosità estremamente basse o di completa assenza di valenze socio-economiche:

R0 = rischio lieve o trascurabile

R1 = rischio moderato

R2 = rischio medio

R3 = rischio elevato

R4 = rischio molto elevato

4.2.1 Rischio idraulico

La carta del rischio idraulico è stata redatta dall'incrocio della carta degli elementi a rischio con la carta delle fasce fluviali, secondo la matrice seguente:

| Elementi a rischio | Fasce fluviali | | |
|--------------------|-----------------------|----------------------|------------------|
| | 200<T<500 fascia C | 50<T<200 fascia B | T<50 fascia A |
| E0 | R0 | R1 | R1 |
| E1 | R1 | R2 | R3 |
| E2 | R2 | R3 | R4 |
| E3 | R2 | R4 | R4 |

4.2.2 Rischio geologico

I diversi gradi di rischio di carattere geologico, sono stati determinati attraverso matrici nelle quali vengono posti in relazione le classi di suscettività con le classi degli elementi a rischio così come desunte dalla Carta dell'uso del suolo. La relativa carta del rischio geologico ha perciò, come finalità principale, l'evidenziazione delle situazioni di maggior criticità che possono produrre danno all'uomo e/o ai suoi beni.

Il rischio geologico è stato affrontato ponendo a confronto gli elementi a rischio con le aree del bacino caratterizzate da una certa suscettività al dissesto dei versanti.

Si tratta tuttavia di un approccio differente rispetto a quello adottato per il rischio idraulico per vari aspetti. Si consideri per esempio che le classi di suscettività al dissesto di versante non possono essere determinate in termini di tempi di ritorno di un evento, ma esclusivamente come probabilità che un dato evento si verifichi in un'area per la presenza di uno o più fattore innescanti. Per questo motivo, a differenza di quanto avviene per le fasce fluviali, le aree a minore suscettività geomorfologica sono aree del bacino in cui si prevede che il dissesto abbia la minore possibilità di scatenarsi, spesso a prescindere dalla dimensione del fenomeno e quasi sempre a fronte di assoluta indeterminatezza temporale. Inoltre il verificarsi di un evento franoso in un'area a media suscettività non implica automaticamente che se ne verifichino altri nelle zone a maggior suscettività.

Con le precisazioni e considerazioni appena esposte la carta della suscettività individua quattro classi di suscettività al dissesto dei versanti più una classe aggiuntiva rappresentata dalle aree di frana attiva. In queste aree il dissesto è in atto e quindi si può parlare di pericolosità conclamata, mentre le altre classi si riferiscono ad aree a crescente potenzialità stimata al dissesto.

Per la redazione della carta del rischio geologico si è fatto riferimento alla seguente matrice:

| Elementi a rischio | Susceptività al dissesto dei versanti | | | | |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| | Pg0 Susceptività molto bassa | Pg1 Susceptività bassa | Pg2 Susceptività media | Pg3a e Pg3b Susceptività elevata | Pg4 Susceptività molto elevata |
| E0 | R0 | R0 | R0 | R1 | R1 |
| E1 | R0 | R1 | R1 | R2 | R3 |
| E2 | R0 | R1 | R2 | R3 | R4 |
| E3 | R0 | R1 | R2 | R4 | R4 |

La classe di rischio R0, definita come rischio lieve o trascurabile, è praticamente rappresentata dal complemento delle aree comprese nelle quattro classi di rischio rispetto alla superficie dell'intero bacino.

5 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.