

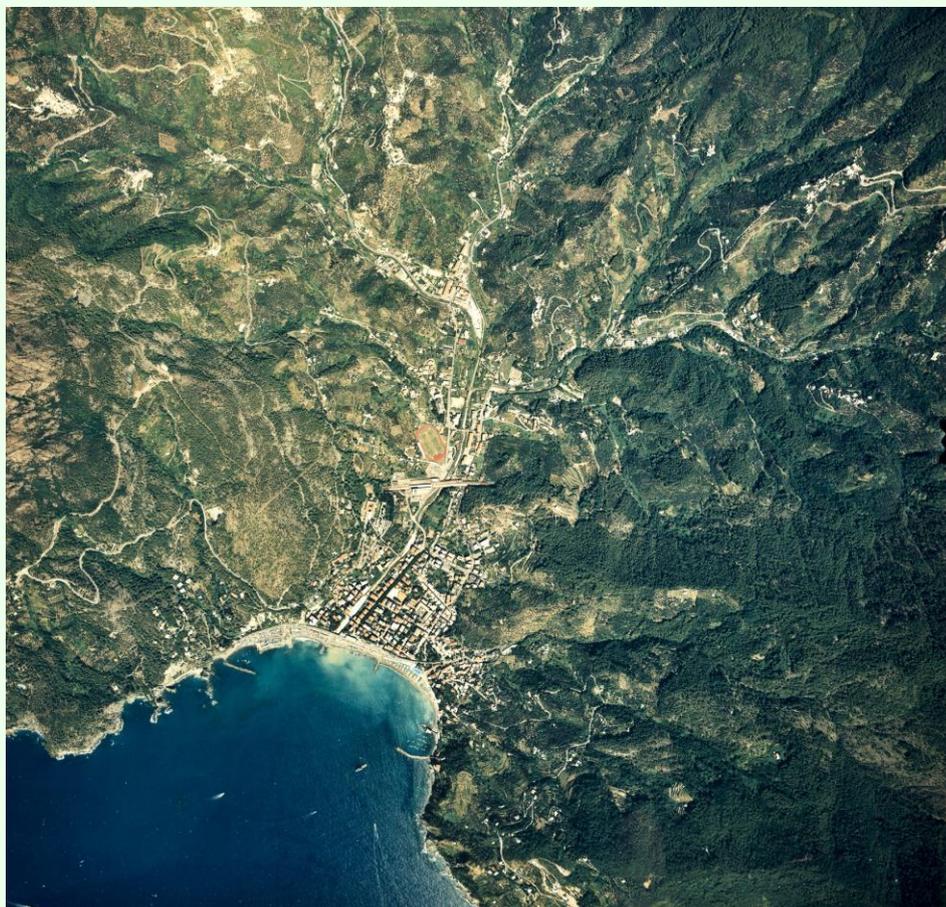
**REGIONE
LIGURIA**

**Autorità di Bacino
Distrettuale
Dell'Appennino
Settentrionale**



AMBITO 18 Ghiararo

PIANO DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO (ai sensi dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/1998 convertito con L. 267/1998)



RELAZIONE GENERALE e PIANO DEGLI INTERVENTI

APPROVAZIONE	Delibera del Consiglio Provinciale della Spezia n. 51 del 05/05/2003
ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO	Decreto del Segretario Generale n. 90 del 31/08/2022
ENTRATA IN VIGORE	Pubblicazione sul BURL n. 39 del 28/09/2022 - parte II

SOMMARIO

SOMMARIO.....	1
PREMESSA	4
1. QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO	6
1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento.....	6
1.2 Strumenti di Pianificazione vigenti	7
1.2.1 Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico 26/2/90 n°6, 10/3/1995 n°731	7
1.2.2 Piano regolatore Generale del Comune di Deiva Marina.....	7
1.2.3 Piano regolatore Generale del Comune di Framura	8
1.2.4 Piano regolatore Generale del Comune di Bonassola.....	8
1.2.5 Piano regolatore Generale del Comune di Levanto	9
1.2.6 Rapporto di compatibilità con il P.T.C. provinciale.	9
1.2.7 Siti Natura 2000 e progetto Bioitaly (direttiva habitat 92/43 del 21/5/92, direttiva 97/62 del 27/10/1997).....	9
1.3 Dati utilizzati	10
2. CARATTERISTICHE DEL BACINO	11
2.1 Geografia	11
2.1.1 Bacino del T. Castagnola.....	11
2.1.2 Bacino del T. San Giorgio.....	12
2.1.3 Bacino del T. Rossola	12
2.1.4 Bacino del T. Ghiararo	12
2.1.5 Bacino del T. Cantarana.....	13
2.2 Geologia.....	14
Serpentiniti (sr).....	15
Gabbri (Gb)	16
Breccia di Levanto (bc- OFL1)	17
Breccia di Framura (bc- OFL2)	17
Breccia di Bonassola (bc-OFL3).....	17
Basalti massicci e Diabasi (db).....	18
Basalti a Pillows (Giura sup.)	18
Diaspri (d DSD).....	19
Argille a Palombini (ag- APB)	20
Formazione della Val Lavagna (ag-LVG)	21
Arenarie del Gottero (ar-GOT).....	22
Complesso di Monte Veri (ag-MVE)	22
Arenarie del Macigno (Mioc. Inf. - Oligocene)	23
Complesso di Canetolo (ag-ACC)	23
2.3 Geomorfologia.....	24
2.3.1 Depositi alluvionali	24
2.3.2 Depositi detritici eluvio - colluviali	24
2.3.3 Forme e processi gravitativi	24
2.3.4 Frana di Case Maestri (Comune di Deiva Marina).....	25
2.3.5 Frana di Castagnola (Comune di Framura).....	26
2.3.6 Altri dissesti del Comune di Framura	27
2.3.7 Frana della Francesca	28
2.3.8 Zone sottoposte ad erosione diffusa.....	29

2.3.9 Erosione Marina	30
2.3.10 Unità lapidee stratificate	30
2.3.11 Unità lapidee flyschoidi	31
2.3.12 Unità lapidee massicce (igneie)	31
2.3.13 Zona costiera	31
2.3.14 Cave e Miniere.....	31
2.3.15 Discariche	33
2.3.16 Acclività.....	33
2.4 Idrogeologia.....	35
2.5 Uso del suolo	35
2.5.1 Territori boscati	36
2.5.2 Vegetazione arbustiva e/o erbacea	36
2.5.3 Seminativi	36
2.5.4 Zone Agricole	37
2.5.5 Superfici artificiali	37
2.5.6 Corpi idrici.....	38
2.5.7 Bacino Torrente Castagnola	38
2.5.8 Bacino Torrente Ghiararo	38
2.5.9 Bacino Torrente S.Giorgio	39
2.5.10 Bacino Torrente Rossola.....	39
2.5.11 Fascia Costiera	39
2.5.12 Analisi statistica incendi boschivi	40
2.6 Idrologia di piena	41
2.6.1 Determinazione delle piogge di massima intensità.....	42
2.6.2 Elaborazione dei dati delle stazioni pluviometriche.....	42
2.6.3 Regionalizzazione delle piogge intense della Regione Liguria.....	44
2.6.4 Scelta del metodo.....	45
2.6.5 Definizione delle CPP per i bacini in studio	50
2.6.6 Il modello di rifiuto del terreno	55
2.6.7 Il metodo geomorfoclimatico indiretto	67
2.6.8 Cascata di invasi lineari.....	71
2.6.9 Portate di progetto	72
3. PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO	75
3.1 Problematiche di tipo geomorfologico (susceptività al dissesto dei versanti)	75
3.1.1 Commento alla carta della susceptività al dissesto dei versanti.....	83
3.1.2 L'evoluzione della linea di spiaggia	85
3.2 Problematiche di tipo idraulico	89
3.2.1 Aree storicamente inondate.....	89
3.3 Principali criticità del bacino e fasce di inondabilità	97
3.3.1 Corsi d'acqua interessanti il Comune di Levante	97
3.3.2 Corsi d'acqua interessanti il Comune di Bonassola	101
3.3.3 Corsi d'acqua interessanti i Comuni di Deiva Marina e Framura	105
5. RISCHIO IDROGEOLOGICO	109
4.1 Determinazione del rischio idrogeologico.....	109
4.1.1 Rischio geomorfologico	110
4.1.2 Rischio idraulico.....	111
5. PIANO DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO	112
5.1 Premessa	112
5.2 Interventi lungo i corsi d'acqua	114

5.2.1 Corsi d'acqua interessanti il comune di Levanto	114
5.2.2 Piano degli interventi sugli affluenti del torrente Ghiararo	116
5.2.3 Piano degli interventi sul torrente Cantarana	118
5.2.4 Corsi d'acqua interessanti il comune di Bonassola	119
5.2.5 Corsi d'acqua interessanti i comuni di Deiva Marina e Framura.....	120
5.2.6 Piano degli interventi sugli affluenti del torrente Castagnola.....	123
5.3 Interventi sui versanti.....	124
5.3.1 Consolidamento versante in corrispondenza dell'Abitato di Montale.....	124
5.3.2 Consolidamento dell'Abitato di Casella.....	124
5.3.3 Consolidamento strada provinciale n° 40 (Bivio Baracca Deiva Marina)	124
5.4 Monitoraggi	124
5.4.1 Monitoraggio della frana di Castagnola	124
5.4.2 Monitoraggio delle situazioni di stabilità della zona compresa tra gli abitati di Setta, Ravecca, Roma, Chiappa e Costa in Comune di Framura	125
5.4.3 Monitoraggio delle condizioni di stabilità del versante compreso tra l'alveo del t. Casella e il cimitero di Montale.	126
5.4.4. Monitoraggio frana di Solarolo.	126
BIBLIOGRAFIA	127

PREMESSA

(capitolo modificato con D.S.G. n. 90 del 31/08/2022)

Il presente Piano è stato redatto quale piano di Bacino stralcio sul Rischio idrogeologico in adempimento a quanto disposto dal decreto legge n°180 del 11/6/1998 convertito con modificazione nella Legge n 267 del 3/8/1998 e costituisce parte del piano di Bacino completo di cui alla Legge n°183 del 18/5/1989 e sue mm. e ii. Esso è di conseguenza uno stralcio funzionale che risponde nei contenuti prioritariamente a quanto richiesto dal citato D.L.180/98 e relativo "atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1 comma 1 e 2 del decreto-legge 11/6/1998 n 180/98", pubblicato nella G.U. del 5/1/1999.

Il percorso di formazione e adozione del presente Piano è quello attualmente previsto in generale per i piani di bacino della normativa vigente, con particolare riferimento alla legge Regionale n° 18 del 21/6/1999.

Il piano di Bacino si è avvalso degli studi propedeutici affidati dalla Provincia all'associazione temporanea di imprese RSDE S.r.l., HYDEA e VAMS Ingegneria S.r.l.. E' stato inoltre preso in considerazione il Piano di Bacino del Torrente Ghiararo datato 1989 (DCR n° 100 in data 08/11/89).

L'Ufficio Piani di Bacino dall'Area Difesa del Suolo della Provincia della Spezia ha poi risistemato i dati ottenuti dagli studi propedeutici e redatto tutte le cartografie relative al rischio idrogeologico. In particolare questo lavoro è stato svolto con il coordinamento del funzionario dell'Ufficio Dott. Marco Del Soldato e dal personale assunto dalla Regione Liguria ai sensi del D.L.180/98 ed inviato alla Provincia, costituito dalle seguenti professionalità: Dott. Ing. Paolo Cassinelli, Dott. Geol. Chiara Cento e Dott. Ing. Riccardo Marangoni (consulente esterno).

A seguito delle osservazioni formulate da Regione Liguria in sede di parere vincolante, relativamente all'area di Castagnola, la 3^a Commissione Consiliare ha dato mandato al Comitato Tecnico Provinciale di modificare la Carta Geomorfologica adottata per adeguarla alla Carta di suscettività al dissesto già approvata dal medesimo Comitato Tecnico Provinciale. Il Comitato Tecnico Provinciale ha approvato la nuova carta geomorfologica che ha rielaborato sulla base delle risultanze dello studio finanziato dalla Regione Liguria alla Comunità Montana della Riviera Spezzina.

Con Decreto del Vice Direttore Generale Ambiente (D.D.G.) della Regione Liguria n. 4387 del 03/08/2020 sono state approvate le varianti inerenti l'aggiornamento del quadro della pericolosità idraulica del tratto terminale del Torrente Mezzema, affluente in sponda destra del T. Castagnola, e l'aggiornamento del quadro della pericolosità idraulica dei torrenti Ghiararo e Cantarana, e dei relativi affluenti principali, con individuazione degli "ambiti normativi di fascia B", ai sensi della D.G.R. n. 91/2013.

Per quanto concerne il Torrente Mezzema, l'effettuazione, negli anni 2009 – 2010, di interventi diffusi sulle arginature esistenti e la realizzazione di un rilievo topografico di dettaglio hanno consentito l'ampliamento verso monte del tratto indagato del T. Mezzema e lo sviluppo di una modellazione idraulica congruente con l'attuale morfologia dei luoghi che ha consentito la ridefinizione delle fasce di inondabilità per i tre tempi di ritorno cinquantennale, duecentennale e cinquecentennale.

La variante al Piano ha recepito tale situazione aggiornata e sono state, conseguentemente,

aggiornate anche la carta del rischio idraulico, quella dell'ubicazione delle sezioni e le verifiche idrauliche a supporto dell'analisi.

Per quanto concerne i torrenti Ghiararo e Cantarana, si rimanda al capitolo 3.3.1 modificato dalla suddetta variante, con cui sono stati aggiornati anche gli elaborati collegati: carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi, carta del rischio idraulico, carta delle tracce delle sezioni idrauliche, carta dei tratti indagati con verifiche idrauliche estese, carte dei tiranti idrici massimi e delle velocità di scorrimento per i tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni, verifiche idrauliche.

La presente Relazione Generale di Piano è stata da ultimo modificata con Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale n. 90 del 31/08/2022, con cui è stata approvata la variante relativa alla correzione di errori materiali nelle carte dei tiranti e delle velocità e conseguente ripermimetrazione delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi in comune di Levanto (SP).

In dettaglio, con la sopraccitata Variante sono stati modificati i seguenti paragrafi del presente documento: Premessa, 1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento. Sono stati inoltre modificati i seguenti elaborati: carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi, carta del rischio idraulico, carta dei tiranti idrici massimi per il tempo di ritorno 200 anni e carta delle velocità di scorrimento per il tempo di ritorno 200 anni.

1. QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento

(capitolo modificato con D.S.G. n. 90 del 31/08/2022)

La legge regionale n.9 del 1993 sulla difesa del suolo, individua nelle Regioni e nella Province, i soggetti fondamentali nella procedura di formazione dei piani di bacino e nella successiva fase di progettazione ed attuazione degli interventi. Alle Province sono demandati i compiti relativi all'attuazione del Piano di Bacino in tutte le sue componenti, redazione e applicazione con gli interventi necessari. La Regione fornisce gli indirizzi con il supporto tecnico e finanziario.

Il rapporto che gli atti dell'Autorità di Bacino, nelle loro componenti programmatiche e prescrittive, assumono nei confronti di atti di enti diversi e concorrenti sul territorio, è regolato dalla legge e dalla gerarchia di specializzazione.

Così l'articolo n.2, comma 5 della L.R. 36/97 dichiara come il piano di bacino vincoli, nelle sue indicazioni di carattere prescrittivo, la pianificazione territoriale di livello regionale, provinciale e comunale con effetto di integrazione della stessa e, in caso contrario, di prevalenza su di essa.

I piani di bacino previsti dalla legge 183/89 (e sue modifiche/integrazioni), recepita dalla regione Liguria con la L.R. 9/93 (e sue modifiche/integrazioni), hanno lo scopo "di assicurare la difesa del suolo, la tutela dei corpi idrici, il risanamento e la conservazione delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per usi di razionale assetto economico e sociale nonché la tutela degli aspetti ambientali ad esso connessi".

Il piano di bacino consente agli enti competenti territorialmente di imporre vincoli prescrittivi sul territorio, il quadro delle conoscenze che lo studio permette di acquisire, evidenzia i criteri di giudizio di compatibilità di uso del suolo e di conseguenza di proporre norme di comportamento per la gestione agricolo, forestale e gli indirizzi culturali è possibile e necessario in questa fase verificare le scelte urbanistiche e i vincoli idrogeologici presenti.

Si evidenzia che dal 17/02/2017, con l'entrata in vigore del D.M. 294/2016, le Autorità di Bacino distrettuali ai sensi dell'art. 63 del D.Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale" sono subentrate alle Autorità di Bacino ex L. 183/1989, contestualmente soppresse, tra le quali l'Autorità di Bacino regionale della Liguria e l'Autorità di Bacino interregionale del fiume Magra. In particolare, a queste è subentrata l'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale, competente sull'omonimo distretto idrografico definito dall'art. 64 del D.Lgs. 152/2006 che comprende i seguenti bacini: Arno, Serchio, Magra, bacini della Liguria e bacini della Toscana.

Al fine di gestire la fase di transizione dal precedente al nuovo sistema di pianificazione nei bacini regionali liguri e nel bacino interregionale del fiume Magra, sono stati siglati atti diversi – intese e accordi – tra l'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale e la Regione Liguria per lo svolgimento in collaborazione di attività di interesse comune in materia di difesa del suolo e tutela delle acque, mediante l'avvalimento delle strutture regionali.

Tra l'altro, in forza del disposto dell'art. 170 c. 11 del D.Lgs. 152/2006, nelle more dell'approvazione del Piano di Bacino Distrettuale o dei suoi stralci funzionali, continuano ad essere vigenti i Piani di Bacino Stralcio, adottati ai sensi della L. 183/1989, relativi ai bacini regionali liguri e al bacino interregionale del fiume Magra.

1.2 Strumenti di Pianificazione vigenti

1.2.1 Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico 26/2/90 n°6, 10/3/1995 n°731

Il Piano copre, a livello normativo, l'intero territorio ligure, al fine di riconsiderare l'intera problematica delle aree vincolate per costituire un quadro organico e unitario delle salvaguardie ambientali.

La distinzione delle aree vincolate rimane elemento fondamentale per la richiesta di autorizzazioni di interventi, mentre per le altre zone non vincolate, il P.T.C.P. indica in quali termini sia possibile intervenire sul territorio con modifiche rispetto allo stato attuale. Le materie che costituiscono oggetto della disciplina del piano sono state suddivise in tre ambiti tematici, tra loro concorrenti e indipendenti: l'assetto insediativo, l'assetto vegetazionale, l'assetto geomorfologico.

Il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (PTCP) disciplina le trasformazioni possibili sul territorio in modo descrittivo e qualitativo, indicando in quali termini sia consentito apportare al territorio modificazioni rispetto allo stato attuale assunto come riferimento.

“Le previsioni dei piani territoriali di coordinamento sono sovraordinate a quelle degli strumenti urbanistici comunali i quali devono, pertanto, essere conformati da esse in sede di formazione e di revisione ovvero di varianti parziali.” Ex L.R. 39/84 art.5. Il Consiglio di Stato enuncia il principio che le norme dei piani regolatori, che si pongano in contrasto con le disposizioni dei piani territoriali di coordinamento, non comportano automatica modifica dei primi ma impongono solo di provvedere alle necessarie modifiche del p.r.g. (Cons. Stato n. 4/1970). Inoltre il PTCP non ha come diretto interlocutore il terzo ma la pubblica amministrazione la quale deve uniformarsi ai medesimi nella adozione del proprio P.R.G. (Cons. Stato n. 403/1968).

Alla luce della nuova disciplina espressa dalla legge urbanistica regionale, il piano territoriale regionale (PTR) dovrà aggiornare le indagini e le analisi poste a base del vigente PTCP ai fini della disciplina paesistica a livello regionale. Quindi un ruolo strumentale al PTCP.

Fatto salvo il rapporto tra diverse fonti legislative (gerarchia delle fonti), è chiaro che laddove si venga a creare una sovrapposizione di interventi, come nel rapporto tra piano paesistico e piano regolatore comunale, è necessario definire i rapporti che si possono verificare tra i due strumenti. L'obiettivo è la riduzione della discrezionalità nella tutela del paesaggio. Il P.T.C.P. potrà imporre vincoli più restrittivi rispetto alle trasformazioni previste dai P.R.G., dare indicazioni integrative rispetto alla disciplina vigente e eventualmente rivedere la disciplina dei vincoli preesistenti.

Il P.R.G. dovrà di conseguenza essere adeguato alle trasformazioni richieste dal piano regionale. Il rapporto tra Comuni e Regione diventa elemento fondamentale per l'applicazione e il recepimento della disciplina paesistica.

Il rapporto tra P.R.G. e P.T.C.P. non esaurisce, a livello normativo, le possibili previsioni previste dal piano paesistico, data la specificità dello strumento comunale.

Il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico in quanto strumento non solamente prescrittivo, ma con caratteristiche di programmazione, individua per il territorio, diviso in ambiti territoriali, gli indirizzi di pianificazione per i tre assetti individuati. Riportiamo di seguito l'elenco delle previsioni per il territorio oggetto dello studio (ambiti territoriali n°90, 91 e 92).

1.2.2 Piano regolatore Generale del Comune di Deiva Marina

Il nucleo abitato di Deiva si localizza nel Fondovalle del T. Castagnola e si sviluppa in

corrispondenza della zona di foce. La piana di fondovalle è condivisa con il Comune di Framura, si osserva un approccio urbanistico diverso da parte dei due comuni, con un trattamento a sviluppo turistico da parte di Framura (insediamenti alberghieri e campeggi), ed un'occupazione intensiva ed insediativa da parte di Deiva Marina.

La porzione maggiore del territorio comunale coincide con i versanti posti in destra orografica del Torrente Castagnola. La struttura insediativa è caratterizzata dalla presenza due nuclei abitati (Mezzema e Piazza) collocati in posizione di versante ed alcuni insediamenti sparsi sviluppati maggiormente nel Fondovalle e nella zona di Pian delle Rose.

Il Comune ha una connotazione prevalentemente agricola e residenziale e conta un numero di abitanti pari a 1479.

Dall'analisi dei piani regolatori risulta che le zone di espansione ammontano in totale ad una superficie di circa 42 ettari.

Di cui una cade in corrispondenza della località Caraschi -Case Maestri, che si presenta in forte dissesto idrogeologico.

1.2.3 Piano regolatore Generale del Comune di Framura

Il territorio comunale occupa per la maggior parte il versante sinistro del T. Castagnola, supera lo spartiacque e comprende la zona costiera fino al livello del mare.

Gli insediamenti sono costituiti da piccoli nuclei sparsi (Costa, Roma, Ravecca, Anzo) che si localizzano lungo la costa di Framura. Il Comune conta un numero di abitanti pari a 840.

L'abitato di Castagnola è l'unico del territorio comunale ubicato sulla sponda destra del T. Castagnola.

Il territorio comunale si presenta costituito da versanti ad alta acclività che sfociano nelle falesie costiere. Non è presente un fondovalle ben sviluppato dato che quello del T. Castagnola in questo tratto si presenta angusto e male si presta ad accogliere insediamenti.

Per effetto di questo assetto del territorio le zone di espansione, che ammontano a 34 ettari complessivi, risultano frammentate. La zona più ampia è localizzata alla foce del T. Castagnola.

1.2.4 Piano regolatore Generale del Comune di Bonassola

Il territorio del Comune di Bonassola comprende tutta la fascia costiera che va dallo spartiacque fino al livello del mare ed interessa gli alvei dei torrenti San Giorgio e Rossola ed alcuni corsi d'acqua minori dal corso breve e rettilineo.

La struttura insediativa è articolata in tre nuclei principali di cui Bonassola è sede comunale e unico centro abitato che si sviluppa a livello del mare con vocazione per lo più turistica.

Gli altri due insediamenti costituiti dagli abitati di Montaretto e Reggimonti si trovano in versanti esposti a solatio in cui l'attività principale è l'agricoltura (Vite olivo). Gli abitanti sono 1070.

Le zone di espansione sono concentrate sui versanti prospicienti l'abitato di Bonassola e ammontano a 28 ettari, tali aree non presentano particolari problemi di tipo idrogeologico.

1.2.5 Piano regolatore Generale del Comune di Levanto

Il territorio del Comune di Levanto comprende tutto il Bacino del T. Ghiararo che va dallo spartiacque fin alla fascia costiera e si chiude in corrispondenza del promontorio del Mesco.

Il territorio è caratterizzato da un ampio fondovalle in cui si sviluppa l'abitato di Levanto, e da versanti ripidi in cui l'assetto insediativo è caratterizzato da numerosi centri abitati isolati che si concentrano per lo più nelle zone di crinale o a mezza costa.

La connotazione dell'abitato di Levanto è prevalentemente turistica con in subordine attività artigianali i residenti sono 5800.

Nei centri abitati minori l'attività principale è l'agricoltura, ma negli ultimi anni si è sviluppato anche il turismo.

Dall'analisi dei piani regolatori risulta che le zone di espansione ammontano in totale ad una superficie di circa 15 ettari.

1.2.6 Rapporto di compatibilità con il P.T.C. provinciale.

Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia della Spezia, in quanto non ancora piano efficace è stato consultato in fase di costruzione ma non si ritiene di esplicitarne ancora i rapporti di compatibilità.

1.2.7 Siti Natura 2000 e progetto Bioitaly (direttiva habitat 92/43 del 21/5/92, direttiva 97/62 del 27/10/1997)

Direttiva 92/43/CEE: lo scopo della direttiva “habitat” è quello di contribuire a salvaguardare, tenuto conto delle esigenze economiche, sociali e culturali locali, la biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche nel territorio comunitario. Negli allegati della direttiva si trovano gli elenchi relativi alle definizioni di habitat e specie di interesse comunitario. L’Unione Europea si fa particolare carico della responsabilità di salvaguardia delle specie in pericolo. A questo fine gli stati sono tenuti all’individuazione dei siti di interesse comunitario (S.I.C.), intesi come aree da tutelare per perseguire i fini della direttiva, che ne stabilisce i modi e gli strumenti da utilizzare per la raccolta delle informazioni. Entro il giugno del 1995 (termine che si è prolungato fino al dicembre dello stesso anno), gli stati sono stati tenuti a presentare l’elenco di questi siti. La rete di queste aree costituisce la base del progetto di conservazione denominato **Natura 2000**.

Progetto Bioitaly: promosso dal Servizio Conservazione Natura del Ministero dell’Ambiente con il supporto delle regioni, delle istituzioni scientifiche, delle associazioni ambientaliste e dell’ENEA, ha individuato isole di natura da preservare. Finanziato dall’Unione Europea, è stato promosso in attuazione della direttiva habitat 92/43 del 21 maggio 1992 e in base alle disposizioni della legge quadro sulle aree protette, n°394 del dicembre 1991. Il progetto riguarda la raccolta, l’organizzazione e la sistemazione delle informazioni sull’ambiente ed in particolare sui biotopi, sugli habitat naturali e seminaturali di interesse comunitario al fine di individuare specifiche forme di tutela e di gestione. Nella zona di studio sono state individuate e proposte 10 aree con i requisiti del progetto Natura 2000. I siti coprono una buona parte del territorio interessato dallo studio e riguardano zone marine, zone di litorale e zone dell’entroterra. Di seguito vengono elencati i 10 siti con la relativa codifica:

- **IT1343412 DEIVA – BRACCO – PIETRA DI VASCA - MOLA**
- **IT1343415 GUAITAROLA**

- **IT1343419 MONTE SERRA**
- **IT1343474 FONDALI PUNTA APICCHI**
- **IT1344210 PUNTA MESCO**
- **IT1344216 COSTA DI BONASSOLA - FRAMURA**

1.3 Dati utilizzati

Il presente Piano si basa sugli studi propedeutici al Piano di Bacino dell’Ambito 18 - Ghiararo redatti per conto della Provincia della Spezia dall’associazione temporanea di imprese costituita da VAMS Ingegneria - HYDEA ed R.S.D.E.

Al fine della redazione del piano sul rischio idrogeologico ai sensi del comma 1, art. 1 del DL 180/98, si è resa comunque necessaria un’operazione di sistemazione e di integrazione dei dati e delle analisi contenuti nei suddetti studi propedeutici.

Il rilevamento geologico e geomorfologico, sviluppato sulla base dei dati forniti, è stato integrato con l’analisi delle indagini geologiche per il Piano Regolatore Generale rispettivamente dei Comuni di Deiva Marina, Framura, Bonassola e Levanto e con rilevamenti effettuati direttamente sul terreno.

I dati e le elaborazioni a carattere idrologico sono stati tratti dallo studio propedeutico con l’apporto delle necessarie integrazioni; per quanto riguarda le sezioni idrauliche si è provveduto ad una prima fase di controllo e ad una successiva di integrazione.

I dati, sia geologici che idraulici, sono stati inoltre integrati dal personale assunto ai sensi del D.L. 180/98 presso il Settore Assetto del Territorio e Controllo Tecnico della Regione Liguria e destinato alla Provincia della Spezia.

La base cartografica utilizzata è la carta tecnica regionale in scala 1:5.000 e in scala 1:10.000 (in formato raster e vettoriale) che riporta l’ambito esaminato nei fogli 232110, 232150, 232160, 247030, 247040 e 247080. Sono state inoltre visionate le carte dei diversi assetti del Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico in scala 1:25.000. L’analisi è stata inoltre condotta con l’ausilio delle foto aeree 1954 (Fonte IGM - Firenze), foto aeree 1971 (Fonte IGM-Firenze), foto aeree 1995 (Fonte Provincia di La Spezia – scala 1:17.000).

Le indagini condotte hanno poi tenuto conto di precedenti studi riguardanti l’Ambito 18 quali il *“Piano di protezione civile”* (Provincia della Spezia, 1981), la *“Carta del rischio da inondazione in area urbana di pertinenza fluviale dei torrenti della provincia della Spezia”* (Provincia della Spezia, 1996) e lo *“Studio finalizzato ad interventi di ripristino ambientale di alcune aree fluviali e foci di corsi d’acqua in Regione Liguria – torrente Castagnola e la sua successiva integrazione”* (Regione Liguria, 1995).

2. CARATTERISTICHE DEL BACINO

2.1 Geografia

L'Ambito di Bacino 18 – Ghiararo, è composto da cinque bacini idrografici principali e da un insieme di bacini minori localizzati lungo la fascia costiera. L'ambito 18, così come individuato dalla Provincia di La Spezia è composto dai seguenti sotto bacini:

BACINI	ETTARI
T. GHIARARO	1545.0
T. CASTAGNOLA	2507.0
T. CANTARANA	180.0
RIO GATTA	85.3
FOSSO LOVARA	36.8
VALLE S.CARLO	101.7
RIO ROSSOLA	116.5
RIO DELLA GUARDIA	68.6
RIO SCERNIO	62.3
T. ROSSOLA	177.2
T. S.GIORGIO	380.7
RIO LEPRE, RIO BRINA, VALLE LAURA	196.2
RIO ANZO	160.9
VALLE CANEVA	108.3
FOSSO PORTICCIOLO	87.1
RIO MOLINARA	33.2
	TOTALE = 5846.8 \cong 58.5 Km²

Di seguito è descritta la localizzazione geografica dei Bacini principali costituiti da: Torrente Castagnola, Torrente San Giorgio, Torrente Rossola, Torrente Ghiararo, e Torrente Cantarana.

2.1.1 Bacino del T. Castagnola

Il bacino del torrente Castagnola è ubicato sul versante Tirrenico dell'Appennino e presenta l'area fociva in corrispondenza dell'abitato di Deiva Marina.

Lo spartiacque segue, in direzione nord-ovest, le pendici meridionali del Monte Crocetta quindi piega verso nord-est e prosegue passando per Monte Incisa, Monte Mezzema, e Monte Salto del Cavallo; a nord culmina nel Monte Pietra di Vasca, raccordandosi al settore orientale che, seguendo la direzione sud-est, tocca il monte San Nicolao ed il Monte dei Rospi. Infine sul lato meridionale lo spartiacque segue la direzione est-ovest lungo la linea rappresentata dal Monte Grumo, Monte Gaggi, Monte Ressa e Monte Serra, per poi chiudersi alla foce.

La quota media del Bacino risulta essere di 332 m. s.l.m. e la superficie è circa 25,07 Km² e comprende parte dei territori comunali di Deiva M. e Framura.

L'asta principale è lunga circa 7,9 km e scorre con andamento parallelo alla linea di costa, nella parte alta il Bacino è occupato dagli affluenti principali: il Torrente Mezzema e il Rio di Piazza, quest'ultimo si forma dalla confluenza del Rio della Cantoniera, del Canale di Piazza del Rio della Madonna e del Fosso del Maggio. Il torrente Castagnola è inoltre alimentato dai rii Framura, Sciona, Valle Scura e altri minori.

La tipologia del drenaggio presenta un andamento di tipo dendritico.

2.1.2 Bacino del T. San Giorgio

Il bacino del torrente S.Giorgio, posto sul versante tirrenico dell'Appennino Ligure, è chiuso, sul mare, in corrispondenza dell'abitato di Bonassola.

Il bacino ha una forma allungata in direzione nord-sud ed è attraversato longitudinalmente dall'asta principale del torrente.

Lo spartiacque passa verso nord ovest in corrispondenza del Monte Brino, fino a raggiungere gli abitati di Montaretto e Reggimonti, prosegue verso nord e tocca il Monte Grumo. Successivamente piega verso nord est fino a raggiungere la cima del Monte Guaitarola raccordandosi con la parte orientale che è rappresentata verso sud-est dal Monte Arzè Sud, gira poi a sud ovest toccando il Monte Colletto, il Poggio delle Gronde e l'abitato di Costella; per poi chiudersi alla foce.

L'asta principale, lunga circa 3.9 km, inizia sotto il Monte Guaitarola, che, con i suoi 755 m s.l.m., costituisce la quota massima del bacino, e sottende una superficie di circa 3.8 km²; la quota media del bacino è di circa 431 m s.l.m..

Il coefficiente di forma, calcolato in base alla lunghezza dell'asta principale ed alla superficie complessiva del bacino, risulta pari a 1.9; la forma del bacino è quindi fortemente allungata.

La tipologia strutturale del drenaggio presenta una situazione di tipo sub-parallelo.

2.1.3 Bacino del T. Rossola

Il bacino del torrente Rossola, posto versante tirrenico dell'Appennino Ligure, è chiuso, sul mare, in corrispondenza dell'abitato di Bonassola.

La forma del bacino risulta ellissoidale, molto allungato, con l'asse maggiore in direzione nord sud ed è attraversato longitudinalmente dall'asta principale del torrente.

Lo spartiacque del Bacino del T. Rossola nella parte ad ovest coincide con lo spartiacque del T. San Giorgio. La parte ad est dello spartiacque è rappresentata dalla linea che congiunge il Monte Arzè Sud, con Rocca Gaibana e il Monte Rossola, successivamente piega verso sud-ovest per poi chiudersi in corrispondenza dell'abitato di Bonassola.

Il coefficiente di forma, calcolato in base alla lunghezza dell'asta principale ed alla superficie complessiva del bacino, risulta pari a 1.9; la forma del bacino è quindi fortemente allungata.

L'asta principale, lunga circa 2.7 km, sottende una superficie di circa 1.7 km²; la quota massima del bacino è pari a 692 m s.l.m. mentre la quota media del bacino è di circa 371 m s.l.m.

La tipologia strutturale del drenaggio presenta una situazione di tipo sub-parallelo.

2.1.4 Bacino del T. Ghiararo

Il bacino del torrente Ghiararo è situato sul versante tirrenico dell'Appennino Ligure e sfocia in mare in corrispondenza dell'abitato di Levanto.

Il bacino del torrente Ghiararo ha una superficie di circa 15,45 km².

Lo spartiacque parte dall'area urbanizzata di fondovalle e segue, in direzione nord-ovest, le pendici meridionali del Monte delle Streghe (288 m s.l.m.), quindi piega verso nord-est toccando il Monte Rossola (563 m s.l.m.); oltrepassato quest'ultimo, in direzione est-ovest, incontra il Monte

Mettino (557 m s.l.m.), Monte Persico (543 m s.l.m.), il Monte Piano (605 m s.l.m.) ed il Monte Fusarino (718 m s.l.m.). Lo spartiacque piega poi verso sud-est, toccando il Monte Bardellone (676 m s.l.m.), il San Bernardo (599 m s.l.m.) ed il Monte Crocettola (609 m s.l.m.). Quest'ultimo fa da raccordo con il settore meridionale che, secondo la direzione nord-est / sud-ovest, tocca il Monte Molinelli (396 m s.l.m.) ed il Monte Rossini (465 m s.l.m.); infine, l'ultimo tratto di unione con la foce del torrente, segue le pendici settentrionali della Costa del Monte delle Forche.

Il bacino risulta quindi compreso fra crinali caratterizzati da notevole altitudine mentre l'area centrale del bacino presenta un andamento più dolce; la quota media risulta essere pari a 246 m s.l.m.

Dal punto di vista morfologico, il bacino ha una forma a ventaglio. Gli affluenti principali sono il torrente Mulino, il torrente Ghiare ed il torrente Fontana.

I sottobacini hanno un andamento piuttosto regolare in quanto le aste degli affluenti principali convergono in maniera uniforme ed hanno un andamento di tipo dendritico.

2.1.5 Bacino del T. Cantarana

Il bacino del torrente Canatarana, situato sul versante tirrenico dell'Appennino Ligure, è chiuso, sul mare, in corrispondenza dell'abitato di Levanto.

Il bacino ha una forma allungata (coefficiente di forma $F=1,7$), con asse maggiore in direzione sud-est – nord-ovest ed è tagliato dall'asta principale del torrente che scorre nella stessa direzione.

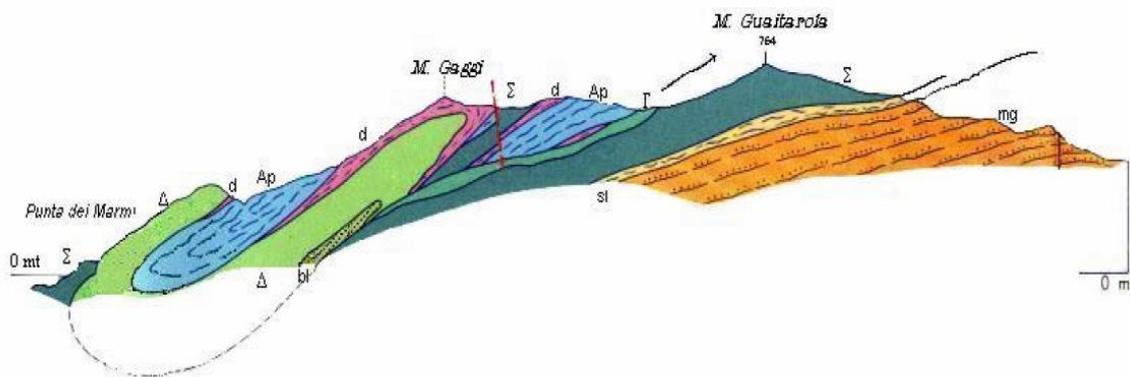
L'asta principale, lunga circa 2.5 km sottende una superficie di circa 1.7 km^2 ; la quota media del bacino è di circa 271 m s.l.m.

Il drenaggio presenta una tipologia strutturale semplice, di tipo sub-parallelo.

2.2 Geologia

Dal punto di vista geologico nel territorio dell'Ambito 18 affiorano alcune formazioni appartenenti alle seguenti Unità:

- **Unità del Bracco e Unità del Gottero (Supergruppo della Val di Vara)**
- **Complesso di Monte Veri (Unità Ottone -S. Stefano)**
- **Complesso di Canetolo**
- **Falda Toscana**



Nella successione del *Supergruppo della Val di Vara* è possibile distinguere due Unità:

- L'Unità del Bracco è costituita dalle *ofioliti*, queste rappresentano la sequenza di crosta oceanica del bacino triassico in formazione e comprendono peridotiti serpentizzate di provenienza mantellica, intruse da masse gabbriche, su cui si localizzano effusioni di basalti a pillows e livelli di breccie ofiolitiche. Le ofioliti sono poi seguite stratigraficamente dalle coperture. La fase di sedimentazione, pelagica è rappresentata da depositi di radiolariti (Diaspri di M. Alpe) seguiti da Calcari a Calpionelle (presenti in maniera occasionale nell'Ambito18) e dalle Argille a Palombini.
- L'Unità del Gottero è rappresentata da successioni torbiditiche che comprendono la Formazione della Val Lavagna e le Arenarie del Gottero che chiudono la serie.

Nel territorio dell'ambito 18, l'Unità del Bracco è presente nella gran parte del territorio, dove si evidenzia in maniera incompleta ed in forma di scaglie, separate da superfici di scorrimento più o meno sviluppate ed estese.

La paleogeografia di questa zona risente ancora della natura di basamento oceanico costituito da peridotiti inglobanti grandi camere magmatiche o filoni di composizione gabbrica. Da evidenziare la presenza di una zona di faglia dove si generavano grandi quantità di breccie ofiolitiche, che è costituita dall'Elemento di M. Rossola.

Dal punto di vista tettonico L'Unità del Bracco è interessata da pieghe coricate o scaglie separate da superfici di scorrimento più o meno ben sviluppate ed estese con rapporti reciproci di sovrascorrimento tettonico precoce.

L'Unità del Gottero affiora esclusivamente in corrispondenza del Promontorio del Mesco e in una fascia compresa tra Punta Apicchi e la Valle del T. Castagnola fino al Monte Salto del Cavallo.

Serpentiniti (sr)



Foto 1: Affioramento di Serpentinite Bastitica lungo la S.S. 332 Levanto -Bonassola

Sono rocce ultrafemiche costituite da associazioni a serpentino, clorite e magnetite: provengono da originarie peridotiti di mantello a composizione da lherzolitica ad harzburgitica. Sono state inizialmente interessate da un metamorfismo di alta temperatura e bassa pressione e successivamente da un metamorfismo retrogrado con episodi idrotermali che ha prodotto la serpentinizzazione più o meno completa delle peridotiti (G. Principi, 1990).

A **Deiva Marina** affiorano in particolare nella porzione centrale del territorio comunale nei pressi dell'abitato di Mezzema, e in quella più orientale nei pressi del confine comunale di Framura, poco sopra l'abitato di Castagnola.

Si presentano a volte interessate da filoni gabbrici.

A **Framura** compaiono sotto forma di peridotiti cumulitiche e stratificate più o meno troctolitiche per lo più serpentinizzate. Affiorano in particolare nella porzione più occidentale del territorio comunale alle pendici del Monte Guaitarola, e in una fascia di orientamento Nord Ovest –Sud Est quasi al centro del territorio comunale.

A **Bonassola** sono rocce di mantello a composizione originaria da lherzolitica ad harzburgitica.

In affioramento si presentano scomposte in blocchi lentiformi di roccia massiccia della dimensione massima di circa 1 m^3 . I migliori affioramenti di queste rocce sono visibili sulla strada

tra Levanto e Scernio.

Affiorano nella zona settentrionale del territorio comunale nei pressi della località di Pontasco e nei pressi di Costa Colletto.

A **Levanto** compaiono nella porzione più occidentale del territorio comunale in corrispondenza di Costa delle Streghe. In questa zona è caratteristica la presenza della facies bastitica.

Gabbri (Gb)

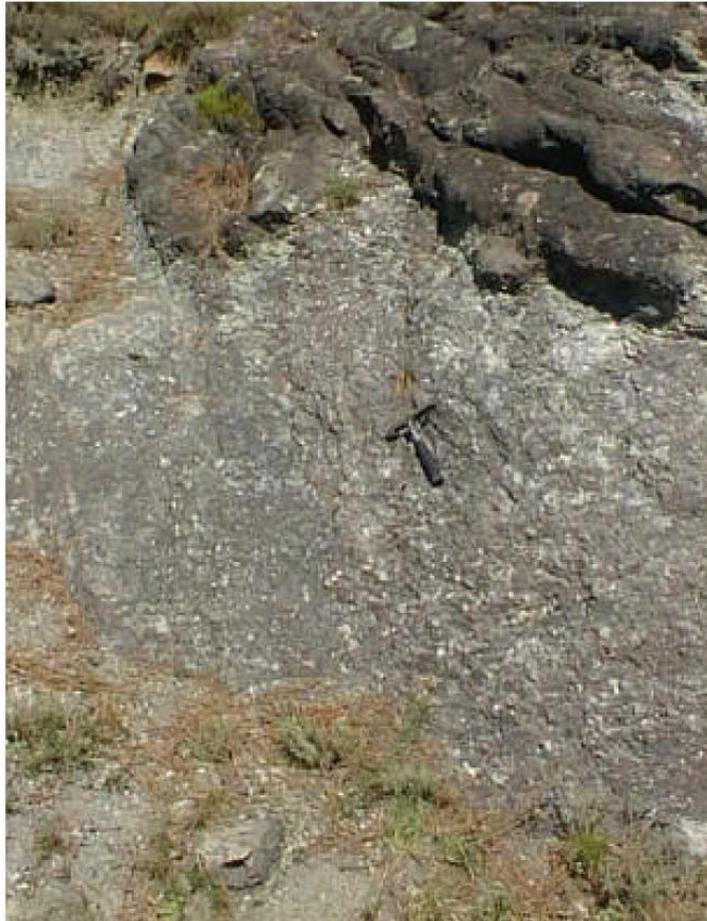


Foto 2 : Gabbro eufotide del massiccio del Bracco

I gabbri rappresentano corpi magmatici intrusi nelle peridotiti di mantello. I gabbri del Bracco costituiscono la massa più estesa dell'Appennino il nucleo dell'elemento è costituito da Gabbri in parte stratificati cumulitici che passano verso il basso a Troctoliti, presentano grana molto variabile con cristalli che raggiungono anche i 15 centimetri. Il Gabbro eufotide che affiora estesamente sul M.te Bracco presenta grana grossolana e sono visibili grossi cristalli di clinopiroseni (diallagio).

A **Deiva Marina** sono presenti i termini Mg-gabbrici ad olivina, nella porzione settentrionale del territorio comunale in corrispondenza della Costa di Persico.

A **Framura** affiorano gabbri eufotidi e troctoliti generalmente pegmatoidi a volte stratificati, cumulitici, in corrispondenza di Valle del Morto in una fascia subparallela a quella delle Serpentiniti e all'estremo settentrionale alle pendici del Monte di Sant'Agata.

A **Bonassola** le rocce gabbriiche sono rappresentate solitamente da Mg-gabbri formati principalmente da una massa chiara, plagioclasica, in cui sono immersi grossi cristalli di diallagio.

Presentano spesso pessime caratteristiche di conservazione: questo si osserva in tutta l'area del Comune di Bonassola fatta esclusione per le fasce che compongono le falesie sia dal lato di Punta della Madonna che da quello di Punta Levante, dove la roccia continuamente esposta all'erosione si rinnova mettendo a nudo parti sempre più interne e quindi meno alterate e meglio conservate.

Breccia di Levante (bc- OFL1)

A **Deiva Marina** compare sotto forma di rocce serpentinitiche intensamente fratturate e cementate prevalentemente da carbonati, la zona di affioramento ha un orientamento Nord-Sud nella zona centrale del territorio comunale.

Queste breccie dalla colorazione a chiazze verdi e rossastre cementate da vene di calcite bianca, rappresentano un materiale di elevato pregio ben conosciuto in commercio con il nome di *"Rosso di Levante"*.

A **Bonassola** forma la copertura delle rocce ultrafemiche e dei gabbri, è composta da rocce serpentinitiche intensamente fratturate a spigoli vivi e ricementate prevalentemente da diverse generazioni di carbonati.

In alcuni casi certe fratture rimaste beanti si sono riempite di frammenti serpentinitici e di micriti, spesso laminate e con colorazioni varie dovute alla presenza di ematite, di talco e di calcite spatica.

Le fratture sono organizzate in famiglie o sciami, i quali possono mostrare caratteristiche geometriche da concordi a fortemente discordi.

I clasti serpentinitici testimoniano in genere spostamenti modesti e le fratture presentano aperture da centimetriche a decimetriche.

Ottimi esempi di Breccia di Levante sono visibili nelle numerose cave a nord e nord-est di Bonassola.

Breccia di Framura (bc- OFL2)

A **Bonassola** è anch'essa formata da clasti di serpentinite ed è facilmente scambiabile nel corso del rilevamento di campagna con la Breccia di Levante.

La differenza fondamentale tra i due termini è che mentre nella Breccia di Levante il grado di rimaneggiamento sedimentario è molto contenuto in quella di Framura risulta generalmente ben più ampio.

In questo tipo di breccia accade frequentemente che la matrice sia formata dello stesso materiale dei clasti.

A **Framura** compaiono sotto forma di breccie a elementi angolosi di serpentiniti con cemento carbonatico ematitico, gli affioramenti significativi sono però estremamente limitati.

Breccia di Bonassola (bc-OFL3)

A **Bonassola** affiora strettamente collegata alla Breccia di Framura .

La Breccia di Bonassola è di tipo sedimentario e comprende brecce di basalto, di gabbro, o di materiali vari (brecce poligeniche).

La matrice è composta da frazioni fini, spesso parzialmente cloritizzate, della stessa natura dei clasti.

I tre tipi di breccia non hanno solitamente una sequenza precisa, e si alternano in ordine diverso da zona a zona.

Questa formazione si ritrova spesso al tetto della Breccia di Framura, ma è presente anche sopra ai basalti massicci, alla base dei basalti a pillows e, talvolta, anche intercalata a questi.



Foto 3: Cava di oficalcite "marmo Rosso Levanto" ubicata in località San Giorgio.

Basalti massicci e Diabasi (db)

A **Bonassola** tra la Breccia di Bonassola e le Breccie serpentinitiche si hanno spessori notevoli di basalto massiccio (Giura. sup.-Malm) formato da varie colate saldate tra loro e talora inframezzate da sottili livelli sedimentari.

Si presentano generalmente con una colorazione verdastra al taglio fresco (beigebruna se alterata) dove risulta difficile riconoscere una tessitura.

Spesso si può notare una fitta fratturazione che sblocchetta il basalto in elementi dell'ordine del decimetro.

Alcuni autori attribuiscono questo fenomeno a una autoclastesi da raffreddamento.

L'aspetto del basalto suddiviso a blocchetti è simile a quello della breccia basaltica facente parte della Breccia di Bonassola, ma in questo caso vi è totale assenza di rimaneggiamento.

In Levanto questa formazione affiora in quantità limitata in prossimità del confine comunale di Bonassola.

Basalti a Pillows (Giura sup.)

La maggior parte delle rocce basaltiche presenti nel territorio di **Bonassola** sono rappresentate

dai cosiddetti Pillows Lavas.

Questi hanno generalmente un diametro variabile tra 0.5 e 1 metro, presentano una colorazione rossastra e sono rivestiti e circondati da aggregati variolitici spesso disposti secondo allineamenti paralleli, molto ricchi in clorite e calcite secondaria.

Generalmente i basalti a cuscino appaiono, nelle zone esaminate, meno degradate dei basalti massicci.

Affioramenti particolarmente belli possono essere osservati lungo la strada tra le località Costella e San Giorgio.

A **Framura** appaiono spesso brecciati, dove affiorano sulla costa in prossimità del confine con il comune di Bonassola.



foto 4: Basalti a pillows in località Vandarecca

Diaspri (d DSD)

A **Deiva Marina** la formazione dei Diaspri (Calloviano - Titonico) è costituita da sottili strati di radiolariti e lutiti fini silicee generalmente colorate rosso fegato, presentano grana molto fine,

grande compattezza, durezza e tenacità notevoli.

Nella zona di Mezzema, si evidenziano, alla base della serie stratigrafica dei diaspri, livelli bianchi o biancastri privi di pigmento ematitico e costituiti essenzialmente da quarzo microcristallino.

Livelli manganiferi sono estremamente rari e rappresentati soltanto da sottili bande di minerale, un tempo oggetto di sfruttamento.

I diaspri poggiano stratigraficamente sulle Breccie, mentre superiormente sono seguiti dalle Argille a Palombini, mancando il termine dei Calcari a Calpionelle della sequenza tipo di fondo oceanico.

A **Bonassola** nonostante la massiccia presenza di Diaspri di Monte Alpe nel settore nord-occidentale del territorio comunale, le zone interessate da questa formazione sono scarse.

Compaiono sotto forma di radiolariti spesso ricristallizzate, argilliti rosse e fthaniti, alla base della formazione sono presenti straterelli di arenarie ofiolitiche.

Tipici affioramenti sono presenti nei pressi di Reggimonti.

Al tetto, alla base e all'interno della Breccia di Bonassola e dei basalti sono talvolta osservabili livelli generalmente molto contenuti di materiale vario, in accordo con la nomenclatura adottata da Cortesogno et al., questi materiali sono stati indicati come Scisti silicei.

Questa unità stratigrafica è formata da materiali diversi, in sequenze non ricorrenti, vengono raggruppati in questa unità sedimenti silicei di tipo diasprino, arenarie e breccie ofiolitiche, sedimenti argilloso-silicei scistosi, tufiti.

A Framura appaiono composti da radiolariti silicee di colore rosso, verde, o giallo e sono piuttosto deformati da plicazioni duttili. Affiorano in prossimità del Monte Gaggi.

Questi litotipi sono generalmente abbastanza diffusi ma sempre in quantità molto ridotte.

Esempi ben visibili si trovano a sud ed a est di C. Butta, presso la località Costella.

Argille a Palombini (ag- APB)

A **Deiva Marina** sono costituite da livelli di argilliti fogliettate grigio scure e subordinatamente da calcari micritici (Palombini), da soletti di siltiti e arenarie fini.

Lo spessore degli strati calcarei, che si nota con maggiore frequenza verso la base della formazione, è generalmente variabile intorno ai 20-50 cm, mentre gli strati argillosi hanno spessori medi intorno a 50-60 cm, ma spesso raggiungono anche potenza di parecchi metri.

I calcari spesso presentano una maggiore concentrazione della silice lungo la superficie degli strati a contatto con l'argilla che porta alla minore solubilità della base e del top dello strato e la conseguente forma incavata (ad incudine).

Gli affioramenti maggiori sono concentrati in vicinanza della località Roccamanzo.

A **Framura** compaiono sotto forma di argille marroncine con tipica frattura aghiforme, immerse in tali argille si rilevano lenti incudiformi di calcari piuttosto massicci.

A **Bonassola** la formazione delle Argille a Palombini è costituita da livelli di argilliti fogliettate grigio scure e, subordinatamente, da calcari micritici (Palombini), siltiti ed arenarie fini.

Queste ultime formano una sequenza torbiditica con le argilliti costituendo la base del ritmo

stratigrafico.

La presenza dei calcari palombini è molto marcata alla base della formazione, mentre tende a diminuire fino a scomparire al tetto.

Affioramenti molto tipici possono essere osservati a nord e a sud di Montaretto.

A **Levanto** gli affioramenti più significativi si rinvencono lungo la fascia costiera nei pressi della località Le Rocche.

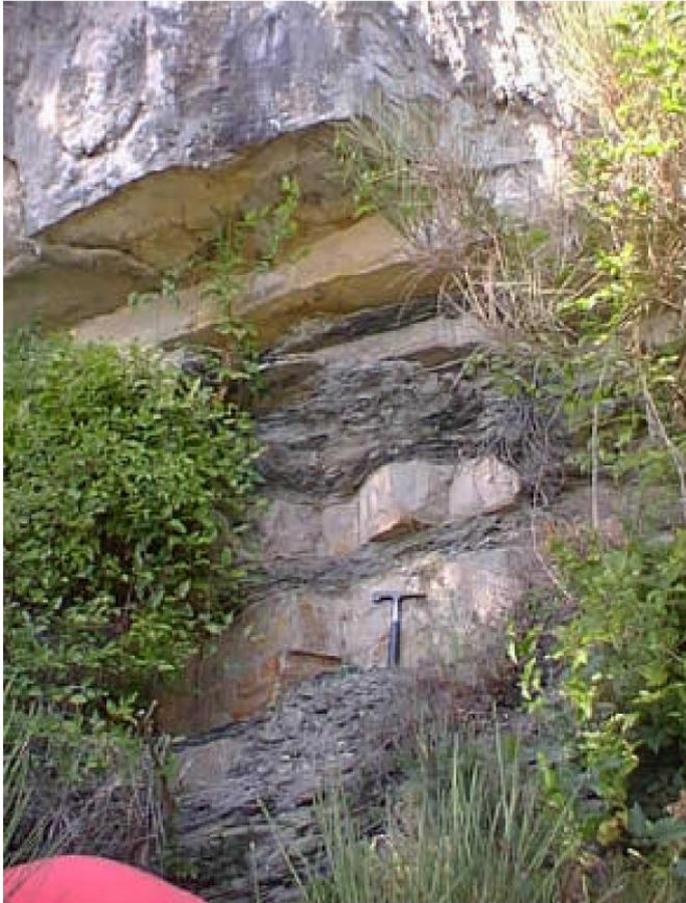


Foto 5 : Affioramento di Argille a Palombini lungo la S.P. 42 in località Focetta.

Formazione della Val Lavagna (ag-LVG)

Tale formazione è costituita da litotipi quali arenarie siltose, argilliti e marne alternate in sequenze flyschoidi (Campaniano inf.- medio).

La successione stratigrafica è intervallata dalla presenza di bancate di marne di colore nero ad aspetto ardesiaco.

A **Bonassola** si presentano sotto forma di Argille a Palombini di Lizza (propriamente dette Scisti di Val Lavagna) cioè di argilliti fogliettate con subordinati strati siltitici e arenacei e calcari tipo “palombini”. Frequenti sono anche clasti ed olistoliti di graniti, clasti ofiolitici, ciottoli di arcose, l’assetto spesso estremamente scompaginato, presenta una facies tipo olistostroma.

I contatti con le altre formazioni sono di tipo tettonico, sia al tetto con le ofioliti dell’Unità del Bracco, che alla base, con i termini siltitici ed arenacei del Macigno.

A **Deiva Marina** i litotipi principali sono alternati in sequenze torbiditiche.

La formazione può essere suddivisa in due parti: la parte basale è costituita da argilliti marnose grigio scure in strati di spessore variabile intorno ai due metri, mentre la parte stratigraficamente superiore è caratterizzata da una successione di sequenze, costituita da frazione arenacea e da porzione marnoso-argillosa. Il passaggio alle sottostanti Argille a Palombini, sul terreno è mal definito, per cui la posizione del contatto cartografato è sempre piuttosto soggettiva.

Arenarie del Gottero (ar-GOT)

L'Unità del Monte Gottero è rappresentata prevalentemente dalla potente successione torbiditico-arenacea delle Arenarie del Gottero. Tale formazione è costituita da tre litofacies, ma nell'Ambito 18 affiora la *litofacies arenacea e arenaceo-conglomeratica*, tale litofacies è costituita da un flysch arenaceo-argilloso gli strati arenacei sono costituiti da grovacche feldspatiche in banchi di spessore variabile tra 50 -700 cm , alla base la granulometria varia da grossolana a media con ricorrenti livelli di microconglomerati il rapporto arenaria/pelite è generalmente superiore a 4, la sequenza di Bouma più frequente è T_{a-e} T_{a-d}, l'età va dal Cenomaniano al Paleocene.

Questa formazione affiora estesamente nel promontorio del M. Serra che separa l'Abitato di Deiva dal Golfo di Framura, alla costa del Sole, sul monte Pian del Lupo e sul M.te Incisa.

A **Framura** questa formazione è costituita da alternanze di banchi di arenaria con siltiti e argilliti, la composizione dell'arenaria è quarzoso-feldspatica micacea.

Ogni bancata presenta una fitta successione di diaclasature normali alla stratificazione.

In alcune zone questa formazione presenta, in discordanza stratigrafica, degli scisti argillosi, divisibili in piccole lamelle la cui colorazione va dal grigio-verde al nero, per la presenza di manganese.

In **Deiva Marina** questa formazione è costituita litologicamente da un'alternanza di arenarie e argilliti in facies di flysch.

È visibile un passaggio graduale verso il basso alla formazione della Val Lavagna, mentre in quest'area non si vede il tetto della formazione rappresentato dalle Argilliti di Giarrette.

In **Levanto** affiorano in un'ampia porzione di costa in corrispondenza di Punta Mesco.

Complesso di Monte Veri (ag-MVE)

Nell'area di studio affiorano esclusivamente nel territorio comunale di **Levanto**.

Nell'ambito di tale complesso è possibile distinguere tre facies caratterizzate da litotipi differenti.

1. Facies argillosa costituita da peliti nerastre con intercalati calcari grigio scuri tipo "palombino";
2. Facies argilloso-arenacea costituita da alternanze di argilliti fissili e livelletti di siltiti rossicce. Nelle calcareniti più grossolane si possono rinvenire macroforaminiferi sia cretaci che eocenici;
3. Facies arenacea con brecce, in cui alternati a strati di arenarie si riconoscono livelli di brecce ofiolitiche costituite da occe verdi e talvolta da graniti, talvolta si rinvengono anche livelli di argilliti scure.

Data l'intensa tettonizzazione della zona la giacitura del complesso di M.te Veri si presenta spesso caotica, inoltre gli spezzoni di strato sono deformati in modo molto plastico, forse prima della loro litificazione.

Arenarie del Macigno (Mioc. Inf. - Oligocene)

Si tratta di una formazione torbiditica che è stata suddivisa in varie litofacies distinte sulla base di caratteri litologici e sedimentologici, nella sua facies più tipica è rappresentata da potenti strati arenacei grigi gradati con granulometria basale da grossolana a media; affiorano estesamente nel Comune di Levanto in un'area compresa tra La Località Trinchetto e Costa Fusarino. In particolare nell'Ambito 18 affiora la litofacies appartenente al *Membro delle Arenarie Zonate di Riomaggiore*.

- *La litofacies delle Arenarie Zonate* è rappresentata da strati arenacei di spessore da centimetrico a decimetrico con base spesso erosiva costituite nella parte bassa da arenarie a grana fine e nella parte alta da peliti, l'arenaria presenta strutture a laminazione incrociata e convoluta, il passaggio a pelite avviene in modo brusco, il rapporto Arenaria/pelite varia da 1/3 a 1/10. la differenza di colorazione grigio chiaro per la parte arenacea e grigio scuro per la parte pelitica determina la caratteristica zonatura a bande alternate chiare e scure. La sequenza di Bouma comprende generalmente l'intervallo T_(c-e).

Complesso di Canetolo (ag-ACC)

I terreni che poggiano direttamente sulle formazioni torbiditiche del Dominio Toscano vengono indicati come Unità Alloctone Subliguri fra cui vi è il Complesso di Canetolo. Tale complesso è costituito da litologie prevalentemente argilloso-calcaree, alla base, che passano, nella parte superiore, a torbiditi arenaceo-pelitiche. Nell'ambito 18 affiora esclusivamente la formazione delle Argille e Calcari inferiori.

- **Argille e calcari inferiori** comprendono un'alternanza di argilliti grigio scure, fissili, alternate a marne grigie, calcareniti, calcescisti e arenarie.

Nella parte sommitale, si intercalano con il membro dei **Calcari di Groppo del Vescovo (c -CGV)**, tale formazione è rappresentata da marne e marne calcaree con in subordinate calcari bianchi a grana fine e arenarie calcaree, si presentano in lenti con giacitura prevalentemente tranquilla.

Il Complesso di Canetolo affiora esclusivamente tra il M.te Bardellone e il M.te Fusarino

2.3 Geomorfologia

Nella carta geomorfologica prodotta sono state prese in considerazione le fenomenologie naturali o prodotte dall'uomo che modificano il paesaggio e ne determinano l'evoluzione.

Nella prima fase si è proceduto all'analisi del territorio tramite foto aeree in scala 1:17.000, questo per avere una visione globale dei principali fenomeni di modellamento del territorio, successivamente è stato effettuato un controllo a campione sul terreno.

Infine è stata redatta la carta geomorfologica, che riassume le fenomenologie più significative che si sono riscontrate sul territorio.

2.3.1 Depositi alluvionali

Si possono distinguere depositi alluvionali attuali mobili, localizzati negli alvei dei torrenti e depositi alluvionali terrazzati, costituiti da corpi tabulari pianeggianti di estensione variabile, ma per lo più limitata, che si localizzano a quote diverse ai lati delle valli.

I terrazzi di maggiore estensione si trovano in Comune di Levanto lungo il corso del T. Ghiararo e del T. Casella, nel comune di Deiva M. e Framura lungo il corso del T. Castagnola a valle della confluenza con il T. Mezzema.

In entrambi i bacini alluvionali sono stati rilevati depositi fluviali terrazzati; le forme dei terrazzi risultano in più punti ben evidenti in particolar modo nella valle del T. Ghiararo o rimodellate ed antropizzate.

La zona alluvionale del T. Castagnola è caratterizzata a differenza del T. Ghiararo da un corpo golenale ben più esteso. Sui bordi della zona alluvionale è stata rilevata la presenza di piccole conoidi in corrispondenza della confluenza con gli affluenti che erodono in modo marcato i versanti.

Sono da segnalare anche i depositi alluvionali di origine marina, che formano le "spiagge", costituiti prevalentemente da ciottoli delle dimensioni delle ghiaie ed in subordine delle sabbie.

Dall'orientamento dei principali processi erosivi presenti sulla costa sono state inoltre rilevate le direzioni preferenziale dell'erosione costiera derivante dall'andamento delle correnti che risultano avere un andamento da SSE verso NNO.

2.3.2 Depositi detritici eluvio - colluviali

Tali coltri sono originate dall'alterazione spinta della roccia in posto, il materiale così prodotto viene poi movimentato dalle acque dilavanti lungo il versante fino a ridepositarsi in aree diverse rispetto a quelle in cui si è generato. Sono state indicate le coltri di spessore superiore ai 3 metri. Le caratteristiche di queste coltri sono strettamente legate a quelle dell'ammasso roccioso che le ha generate. Tali coltri sono maggiormente diffuse nelle formazioni sedimentarie a carattere flyshoide e nei gabbri che si presentano sovente arenitizzati.

2.3.3 Forme e processi gravitativi

Con questa terminologia si indicano tutti i fenomeni franosi presenti sul territorio. Nella carta sono stati distinte le frane attive, cioè quelle che hanno dato indizi di movimento riscontrati negli ultimi 10 anni, dalle frane quiescenti che rappresentano accumuli detritici attualmente in

condizioni di equilibrio, ma potenzialmente instabili.

I fenomeni franosi presentano una diversa tipologia di movimento che dipende prevalentemente dalla litologia del materiale coinvolto. Nelle schede relative ai movimenti franosi sono stati distinti i diversi tipi di movimento delle frane e si è riscontrato che in tutto il bacino prevalgono le frane da scorrimento rotazionale, localizzate nelle Argille a Palombini e nelle Arenarie, seguite dalle frane di crollo presenti nelle litologie fratturate quali le serpentiniti, i gabbri, i diabasi, tali tipologie di frane sono localizzate soprattutto lungo la costa per effetto dell'erosione marina.

Di seguito verranno descritti i fenomeni franosi più rilevanti presenti all'interno del Bacino.

2.3.4 Frana di Case Maestri (Comune di Deiva Marina)

Tale processo presenta nicchia di distacco ubicata in corrispondenza della località Montebello alla quota di 475 metri, tale nicchia si sviluppa verso sud-ovest lungo la costa che comprende la località Perniciara fino a raggiungere il Castello di Passano.

Il corpo di frana si sviluppa verso nord- ovest per una lunghezza di circa 1700 metri e il piede è localizzato in corrispondenza dell'alveo del Rio di Piazza.

La fenomenologia di tale frana risulta complessa anche se il movimento principale è lo scorrimento rotazionale.

Il movimento che risulta tuttora attivo ha coinvolto materiale detritico proveniente dal disfacimento di gabbri, serpentiniti ed in subordine argille a Palombini. All'interno del corpo di frana si rinvennero grossi trovanti di Diaspri e Gabbri ed oficalciti.

Secondo i resoconti delle indagini geologiche e geotecniche eseguite nell'ambito del villaggio turistico di Case dei Maestri all'epoca delle note vicende giudiziarie, gli spessori di materiale sciolto in movimento (lento e discontinuo, ma con punte dell'ordine di 12 mm/anno) sono risultati variabili, ma con massimi di oltre trenta metri.

Di particolare interesse è il fatto che l'intervento di sistemazione prospettato in quell'epoca (macropozzi tirantati, alternativamente solo drenanti ed anche con funzione di rinforzo, connessi a palificate tirantate con funzione di contenimento più superficiale e sistemazione idraulica), limitatamente alla superficie del villaggio turistico, avrebbe prodotto la sicura migrazione, verso valle, del ciglio di distacco attivo (allora localizzato immediatamente a monte del villaggio, in corrispondenza della strada provinciale e della contigua comunale). La nuova posizione sarebbe andata a localizzarsi fra il villaggio medesimo e la sottostante frazione di Caraschi, la quale, per altro, presenta numerose e vistosissime lesioni in corrispondenza degli edifici che l'intervento di *restiling* attualmente in corso potrà solo mascherare temporaneamente.

Al contrario non sono note significative fenomenologie in corrispondenza della porzione più antica delle frazioni di Piazza-Roccamanzo, come pure nell'ampia area pianeggiante di Cian de Rose-Malangole-Maggiu.

Contigua, seppure non riferibile allo stesso sistema geomorfologico, è la frana attiva di Solarolo che ha prodotto nel tempo, vistosi dissesti in corrispondenza degli edifici ivi presenti. La modesta dimensione areale e la scarsa conoscenza diretta della fenomenologia ha sconsigliato una trattazione monografica.

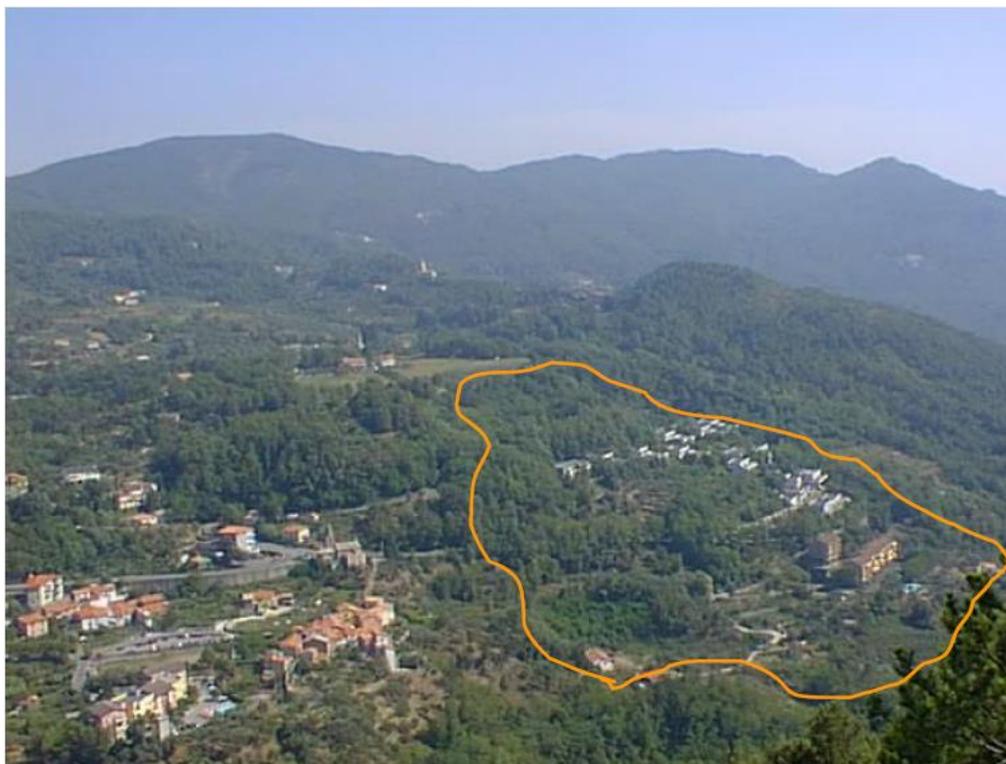


Foto 6 Frana di Case Maestri

2.3.5 Frana di Castagnola (Comune di Framura)

Tale vasto fenomeno gravitativo è il risultato di tanti fenomeni franosi minori che convergono tutti nella stessa area.

La nicchia di distacco più ampia è ubicata in località Bel Vedere alla quota di 375 m e si estende verso sud - est per circa 500 metri. Più in basso sono presenti altre due nicchie minori ubicate, la prima al di sotto dell'abitato di Passano e, la seconda, a sud della località Voltorara. Più esternamente è presente la nicchia attiva a monte del Mulino Belloglio afferente ad un corpo attivo contiguo al sistema geomorfologico maggiore.

Il corpo della frana di Castagnola si sviluppa verso sud-ovest fino a raggiungere il torrente omonimo, coinvolgendo direttamente l'abitato di Castagnola (soprattutto i nuclei dispersi localizzati in asse al corpo in movimento, come la frazione Celle) e spingendosi verso ovest fino quasi a lambire la Chiesa di San Lorenzo.

La tipologia di frana appare complessa, impostata su corpi detritici eterogenei, e sovente imbibiti, sovrapposti a terreni riferibili prevalentemente alla formazione delle Argille a Palombini dei Gabbri e delle Serpentiniti.

La rinomanza e la notorietà del fenomeno ne ha condizionato l'inserimento in aree a rischio molto elevato (R4) di cui alla D.G.R. n. 1411 del 26.11.1999 con il numero di codice 014-104-R4. Conseguentemente con D.G.R. 1269 del 29.10.1999 è stato concesso un finanziamento di Lit. 200.000.000 (pari a 103.291,38 euro) alla Comunità Montana della Riviera Spezzina finalizzato all'esecuzione di *indagini geognostiche e progettazione preliminare volta al consolidamento della situazione di dissesto di elevate dimensioni in località Castagnola del Comune di Framura.*



foto 7 Frana di Castagnola

I risultati delle indagini (carotaggi continui, dei quali però non sono state conservate le carote per motivi di economia generale, sismica a rifrazione, analisi di laboratorio, monitoraggio inclinometrico, analisi strutturale sugli edifici esistenti) hanno evidenziato uno spessore dell'*accumulo di frana oppure della porzione alterata del substrato, sia esso costituito da ofioliti o dalle Argille a Palombini. ... estremamente variabile, anche se più frequentemente raggiunge i 15-20 m; in alcuni casi arriva ad un massimo di 30 m.* (Eptaconsult, Relazione Geologico Tecnica Preliminare).

I risultati più salienti derivano dal monitoraggio inclinometrico. Dal citato rapporto preliminare emerge che i tubi inclinometrici denominati S8 e S11 già all'atto della misura di zero mostravano a differenti profondità, la presenza di occlusioni (probabile deformazione del tubo). Inoltre l'esecuzione della prima misura d'esercizio (del 17.05.2001) ha permesso di evidenziare che in tutti i sondaggi forse ad eccezione del n. 6, (il n 4 non può essere preso in considerazione in quanto posizionato sul rilevato stradale), si osservano nei digrammi di spostamento forme tipiche indicanti movimenti e deformazioni presenti a varie profondità dal p.c.

A seguito delle osservazioni formulate da Regione Liguria in sede di parere vincolante, la 3^a Commissione Consiliare ha dato mandato al Comitato Tecnico Provinciale di modificare la Carta Geomorfologica adottata per adeguarla alla Carta di suscettività al dissesto già approvata dal medesimo Comitato Tecnico Provinciale. Il Comitato Tecnico Provinciale ha approvato la nuova carta geomorfologica che ha rielaborato sulla base delle risultanze dello studio citato e finanziato dalla Regione Liguria alla Comunità Montana della riviera spezzina; alcune zone pur rientrando in frana quiescente, sono state classificate P4 nella carta della suscettività al dissesto, in considerazione dell'acclività delle caratteristiche litotecniche.

2.3.6 Altri dissesti del Comune di Framura

Il territorio comunale di Framura appare interessato da altri fenomeni gravitativi quali frane

quiescenti, che si localizzano principalmente nella zona compresa tra gli abitati di Roma, Ravecca, ed Anzo.

Tali movimenti non completamente stabilizzati e costituiti da scorrimenti rotazionali sono per lo più dovuti alla presenza di litologie argillose quali le Argille a Palombini, con stratificazione a franapoggio in versanti ad alta acclività. Dai sopralluoghi effettuati si è notata la grande presenza di acqua di impregnazione superficiale.



foto 8 : Panoramica del territorio di Framura

2.3.7 Frana della Francesca

Nell'area è presente un poderoso fenomeno di frana molto antico (probabilmente pleistocenico o addirittura pre-pleistocenico), sul quale si sono instaurati fenomeni più superficiali, a carico del materiale collassato, alcuni dei quali attivi ancora oggi; restano importanti dubbi sulla reale "potenza" del corpo di frana senza indagini geognostiche profonde, inoltre risultano attivi i dissesti a carico della zona del coronamento e di quella terminale del piede della frana della più vasta area coinvolta dal paleocollasso.

Scendendo un po' più nel dettaglio si evidenziano fondamentalmente quattro "ambiti" diversi:

- l'unghia e in genere la porzione periferica del mega-collasso gravitativo (il quale ultimo costituisce la parte centrale e inferiore della proprietà in oggetto);
- la "corona" e le "scarpate", principale e secondaria, del corpo del mega-collasso;
- il "corpo principale" sempre del mega-collasso;
- l'area circostante non interessata nè marginalmente coinvolta nel paleo-collasso.

I primi due ambiti, opportunamente e "storicamente" esclusi da ogni presenza edilizia (solo l'unghia era interessata dal tracciato primitivo della ferrovia, oggi notoriamente abbandonato) sono soggetti ad attivi fenomeni di squilibrio geomorfologico, ai quali s'è fatto cenno.

Il terzo ambito è in condizioni quiescenti, ovvero - pur appartenendo ad un corpo di paleofrana

- non è oggi in movimento e può essere interessato solo dalle conseguenze estreme delle instabilità in atto nel primo e soprattutto nel secondo ambito.

Il quarto ambito è, del tutto immune da fenomeni franosi o da conseguenze ed effetti secondari di qualsivoglia dissesto geomorfologico.

Ebbene, non possiamo d'altro canto chiudere l'argomento senza aver posto in evidenza due questioni emerse dalle indagini svolte e che riguardano questi due ambiti.

- A. La zona dell'unghia del paleo-collasso è, di fatto, interessata da sfacelo in atto, con vivace evoluzione, accelerata ultimamente dall'abbandono della sede ferroviaria. La velocità con la quale oggi evolve il fenomeno franoso riattivato e attuale è direttamente connessa con l'entità dell'azione erosiva che il mare è libero di esercitare sulla linea di costa. Le Ferrovie dello Stato, per proteggere la sede dell'importante linea Roma-Genova, provvedevano, in passato, a periodiche e ripetute opere di difesa. Questo benefico intervento è cessato da alcuni anni e il mare ha potuto avere rapido sopravvento sulle opere dell'uomo. Oggi lo stato è, incontrovertibilmente preoccupante e riguarda, ovviamente e in primo luogo le proprietà, demaniali e ferroviarie, o ex-ferroviarie. L'accelerata aggressione del mare induce processi regressivi, che minacciano indubbiamente il futuro di ampie porzioni del parco del villaggio.
- B. Dalla zona alta ovvero dalla corona continuano a cadere masserelle e masse anche cospicue di roccia con un processo di franosità in roccia, a blocchi che possono raggiungere e coinvolgere indirettamente (come zone di arrivo e di accumulo dei corpi crollati, "Rock Fall") sia la strada di accesso, nel tratto compreso tra l'innesto con la comunale per Bonassola e lo stabile della ricezione, sia la zona alta, meno acclive, del corpo principale di frana.

2.3.8 Zone sottoposte ad erosione diffusa

Questa terminologia è stata utilizzata per cartografare le aree dove si sono riscontrati fenomeni di erosione dovuta allo scorrimento delle acque dilavanti.

Si nota che questa fenomenologia è maggiormente evidente nei versanti molto acclivi, o di crinale, con copertura vegetale rada o assente e con presenza di litologie impermeabili, semi permeabili o fortemente alterate per fratturazione.

In particolare le aree maggiormente interessate da fenomeni di erosione diffusa sono le seguenti:

- in comune di Deiva M., Pian della Madonna nei gabbri arenitizzati, sul versante posto a sud-ovest di Schiena di Sciona, e il versante posto a sud del M.te Pietra di Vasca;
- in comune di Levante-Bonassola tutti i versanti del M.te Rossola e di Rocca Gaibana dove sono presenti diverse litologie (diabasi, brecce, e serpentiniti).
- altre zone potenzialmente in erosione sono da considerarsi le tutte le discariche delle cave e delle miniere abbandonate.

Altre zone di estensione minore sono presenti su tutto il territorio e cartografate nella carta geologica allegata.



foto 9. Panoramica dei Gabbri del Massiccio del Bracco l'area è soggetta a fenomeni di erosione diffusa

2.3.9 Erosione Marina

Tutto il litorale compreso nell’Ambito 18, che va da punta Mesco fino alla Marina di Deiva M. è caratterizzato da una forte erosione marina che origina imponenti Falesie.

Il mare dominante che proviene da sud-est esercita un’azione disagregatrice sulle rocce che costituiscono il litorale, in quanto si tratta per lo più di materiali “deboli” appartenenti a complessi flyschiodi e disposti a franapoggio, questo innesca grandi frane di crollo evidenziate nella cartografia.

Talvolta l’erosione al piede del versante, operata dall’azione del mare, può mettere in movimento accumuli detritici già presenti sul territorio, generando frane da scivolamento. Questo è il caso delle paleofrane presenti nel Comune di Levanto sul versante sud-ovest del Monte Vè.

2.3.10 Unità lapidee stratificate

Nelle zone dove affiorano le formazioni lapidee stratificate quali le “Arenarie del Gottero”, il “Macigno” e i “Diaspri”; i caratteri geomorfologici emergenti sono legati principalmente a processi erosivi. Sono stati rilevati infatti frequenti fenomeni di ruscellamento superficiale e di denudamento delle rocce per erosione, fenomeni di erosione incanalata lungo gli impluvi a forte pendenza discendenti dai versanti.

I processi gravitativi rilevati su tale unità sono prevalentemente di limitata estensione, e si sono instaurati su coltri detritiche in zone a forti pendenze. Sono inoltre presenti alcune paleofrane che comunque presentano corpi detritici stabilizzati o in gran parte erosi.

La tipologia dei movimenti gravitativi sulle formazioni lapidee stratificate con interstrati siltosi

ed argillosi è a scorrimento planare per giacitura a franapoggio degli strati; rari sono i fenomeni di crollo che avvengono per lo più lungo incisioni fluviali o lungo la costa marina per erosione al piede di scarpata.

Le frane si originano generalmente in corrispondenza di forti fratturazioni delle rocce, lungo lineamenti e discontinuità strutturali (faglie, fratture, contatti litologici).

2.3.11 Unità lapidee flyschoidi

Gli affioramenti del “Complesso di Monte Veri”, presenti nella zona a monte di Levante lungo il Torrente Ghiararo, si differenziano dalle unità lapidee stratificate per una litologia caratterizzata da maggiore componente siltoso-argillosa. Nei terreni appartenenti a tale unità sono stati rilevati alcuni corpi di paleofrane instabili sebbene non estesi; instabilità che risulta principalmente dovuta alla giacitura sfavorevole degli strati che ne favorisce i movimenti in atto.

2.3.12 Unità lapidee massicce (ignee)

Per quanto riguarda gli affioramenti delle formazioni dei gabbri, degli scisti silicei e dei basalti si riscontrano situazioni di buona stabilità, sebbene siano presenti estesi processi di forte erosione principalmente legati al depauperamento della copertura boschiva dovuto ai frequenti incendi.

Su tali zone i rari processi gravitativi sono localizzati nelle zone caratterizzate da forte fratturazione delle rocce su versanti a forti pendenze.

2.3.13 Zona costiera

Lungo la costa i principali processi presenti sulla scogliera sono costituiti da fenomeni di franosità diffusa per crolli lapidei; i versanti caratterizzati da forti pendenze e da pareti subverticali vengono interessati da crolli per scalzamento al piede della scarpata rocciosa. Tali processi sono particolarmente evidenti sugli affioramenti delle arenarie del M.te Gottero a sud di Deiva Marina e in località Punta la Gatta.

2.3.14 Cave e Miniere

Le attività estrattive sviluppate all'interno dell'ambito di bacino, territorio compreso fra Deiva Marina e Levante, hanno origine molto antica. Le tracce di coltivazioni legate sia ai giacimenti metalliferi che a quelli di materiali lapidei (ornamentali e legati all'edilizia) sono ancora diffusamente riconoscibili.

Le coltivazioni più antiche, storicamente documentate, sono quelle relative alla coltivazione del cosiddetto "Marmo Rosso di Levante". La coltivazione di questo materiale è fatta risalire al XIII secolo grazie alla testimonianza di una consegna di "lavorati" per l'esportazione concordata nel "porto" di Deiva Marina.

Fra la fine del Cinquecento e la metà del Seicento ripresero grande impulso in tutta la Liguria Orientale sia la coltivazione che la ricerca di nuovi giacimenti lapidei, soprattutto di materiali ornamentali, ad opera della Serenissima Repubblica di Genova che invia nella regione suoi esperti.

Più o meno coeva è stata l'attività legata ad un altro materiale ofiolitico diffusamente utilizzato soprattutto a Levante: si tratta della serpentinite in facies bastitica il cui utilizzo in edilizia storica è testimoniato in maniera estremamente diffusa sia in corrispondenza delle emergenze

monumentali (Loggia, Casa Restani, etc.) che di quelle insediative-storiche più antiche (tutti gli edifici civili e commerciali del centro storico di Levanto e, soprattutto, quelli prospicienti alla darsena medievale).

La presenza della serpentinite in facies bastitica non è molto diffusa nel territorio, nè si hanno emergenze che consentano di individuare gli antichi siti estrattivi. Tuttavia un ampio affioramento è presente in prossimità del Bivio per Bonassola, lungo la S.P. 42, ed in altre poche aree.

In seguito solo l'attività estrattiva legata al "Rosso Levanto" ha sortito una certa fortunata costanza, fino almeno all'esaurimento dei giacimenti principali, mentre è stata molto più discontinua quella collegata ai materiali per l'edilizia (arenaria per conci, cave di fiume per inerti, calcare per calce) profondamente collegata ai periodi di espansione insediativa ed alla ricostruzione post-bellica.

Attualmente il "marmo Rosso di Levanto" è ancora coltivato in almeno tre cave, che insistono tutte in territorio di Bonassola. In una di queste, in particolare, sono ancora visibili e conservate alcune testimonianze di desuete tecniche estrattive: il metodo delle "anime" (pozzi scavati a picco e mazzetta, lateralmente al blocco da tagliare mediante seghe a mano) e quello del "filo elicoidale" con le tracce delle pulegge penetranti Monticolo. Si tratta di testimonianze tecnologiche di archeologia industriale uniche ed estremamente importanti, sia in generale per la storia della tecnologia, sia in particolare per la storia e la tradizione estrattiva ed industriale locale.

Differente è la storia dello sfruttamento dei modesti giacimenti di minerale manganesifero, di solfuri misti e di minerali di ferro.

A parte i modestissimi lavori più antichi (XVII secolo), il massimo sviluppo dell'attività estrattiva è attestato alla metà dell'Ottocento quando, come nella restante Liguria Orientale e più in generale lungo tutta la fascia alpina, le ricerche si sono sviluppate in maniera esponenziale in ragione delle novità introdotte dalla Rivoluzione Industriale e dalla presenza di numerose compagnie straniere, soprattutto inglesi che, forti delle esperienze maturate in Australia ed in Africa, sono approdate anche in Italia.

La coltivazione più importante sia dal punto di vista della dimensione e ricchezza del giacimento coltivato che da quello dell'impianto minerario impostatovi è quella che fa capo alla Miniera Rossola, incumbente sull'abitato di Bonassola.

Il complesso minerario è stato organizzato su diversi livelli impostati nella fascia medio-superiore del versante; di tale attività, prodottasi a cavallo fra la seconda metà dell'Ottocento e l'inizio del Novecento, rimangono numerose testimonianze di archeologia industriale e mineraria che sarebbe opportuno tutelare. Purtroppo a deturpare violentemente la zona è stato l'enorme incendio dell'estate 1999.

Una seconda area mineraria di un certo rilievo è in territorio di Deiva Marina e Framura, fra le località Piazza e la costa di Rocca dei Corvi - Rocche Rosse. Anche questa zona ofiolitica è stata oggetto di ricerche minerarie nel periodo compreso fra la metà dell'Ottocento e la metà del Novecento.

Si tratta di un "distretto minerario" più variegato rispetto al precedente. In quest'area, infatti, sono presenti sia piccole concentrazioni di minerali cupriferi che di minerali manganesiferi. I primi sono stati oggetto di coltivazione nella Miniera di Piazza (presente sul versante prospiciente l'omonimo abitato) e di ricerca alla Rocca dei Corvi dove sono presenti sia trincee a cielo aperto che modeste gallerie (occasionalmente anche riconvertite a scopo di prelievo idrico per l'acquedotto civico di Framura).

Oltre a queste sono presenti nel medesimo territorio le testimonianze dell'industria legata alla produzione di calce con la presenza di due fornaci e di una piccola cava in prossimità dell'abitato di Montaretto.

Infine testimonianze che meriterebbero un più approfondito studio sono quelle della zona Tiro a Segno - I Bagari in territorio di Levanto dove sono evidenti le tracce di coltivazioni sia di minerali cupriferi che di pirrotina (Fe).

Soprattutto nel primo caso il territorio conserva la presenza di strutture antropiche che potrebbero doversi riferire ad emergenze archeologiche, o meglio archeominerarie di estremo interesse. In prossimità delle modeste gallerie che hanno interessato il piccolo giacimento, infatti, è presente almeno una struttura muraria circolare che potrebbe riferirsi ad un più o meno antico forno per l'arrostitimento del minerale. Qualora tale ipotesi trovasse conferma scientifica (risultanze di scavo archeologico) si tratterebbe di una testimonianza unica per la regione ed estremamente importante.

Testimonianze di minore importanza, anche perchè già riconvertite, sono quelle relative al giacimento della Miniera della Francesca, completamente inserite nell'omonimo complesso turistico-ricettivo.

2.3.15 Discariche

Nell'ambito territoriale sono presenti situazioni diverse di discarica. Innanzitutto la ex discarica di R.S.U. delle Gronde (riempimento dei vuoti di una grande cava di "rosso Levanto") oggi completata è stata riconvertita in impianto di stoccaggio e differenziazione.

Seppure discutibile l'intervento, e soprattutto la sua localizzazione che crea un impatto visivo ed ambientale non indifferente, è in avanzato stato di ultimazione e prossima entrata in esercizio.

Oltre a questa sono presenti altre situazioni ormai più o meno stabilizzate, come la discarica dell'ex Cave Galli (Bonassola) o quelle dei cantieri autostradali (ben due a Deiva Marina.) o, infine, quelle delle ex miniere di Piazza (Deiva Marina, stabilizzata) o della Rossola (che presenta evidenti forme di erosione superficiale a causa dell'irrazionale sistemazione idrologica, ma che poteva essere oggetto di sistemazione nell'ambito di un progetto di salvaguardia dell'emergenza di archeologia industriale che è tutto l'apparato minerario).

Un discorso a parte merita la discarica di inerti presente presso le sorgenti del t. Castagnola, sia per la sua localizzazione a ridosso dell'alveo ed immediatamente a monte di alcune sorgenti di servizio all'acquedotto di Deiva Marina, sia per la mancanza di un progetto organico di gestione e ripristino. Si ritiene che in ogni caso non possa essere oggetto di sanatoria, ma debba essere immediatamente ripristinato lo stato precedente.

2.3.16 Acclività

Nella carta dell'acclività sono state evidenziate le zone a diversa pendenza divise secondo 7 classi riportate di seguito:

- classe **1** pendenza del terreno compresa tra lo 0 ed il 10 %
- classe **2** pendenza del terreno compresa tra il 10 ed il 20 %
- classe **3** pendenza del terreno compresa tra il 20 ed il 35 %
- classe **4** pendenza del terreno compresa tra il 35 ed il 50 %

- classe **5** pendenza del terreno compresa tra il 50 ed il 75 %
- classe **6** pendenza del terreno compresa tra il 75 ed il 100 %
- classe **7** pendenza del terreno superiore al 100 %

Dall'analisi della cartografia prodotta si nota che nell'area compresa tra Deiva Marina e Bonassola prevale la classe **4** cioè con pendenza compresa tra 35 -50 %, nel territorio che circonda Levato invece prevale la classe **5** con acclività comprese tra il 50 -75 % . I fondovalle dei torrenti Castagnola e Ghiararo sono caratterizzati da fasce di acclività basse, in genere prevale la **1** con pendenze comprese tra 0 -10 %. Infine la fascia costiera mostra i valori di acclività più alti dati dalla presenza delle falesie che mostrano pareti rocciose per lo più verticali strapiombanti sul mare, in questi casi la pendenza del versante supera il 100%.

Per quanto riguarda il legame tra l'acclività e la litologia si possono fare le seguenti considerazioni.

Le zone ad acclività maggiore si localizzano in corrispondenza delle Arenarie del Gottero, e delle formazioni ofiolitiche costituite da Serpentiniti, Breccie, e Diabasi. Queste litologie presentano classi di acclività comprese tra il 35 -75 %, ciò è dovuto alle loro caratteristiche meccaniche di durezza, e resistenza agli agenti morfogenetici; per quanto riguarda le Arenarie l'alta acclività in genere è legata anche alla giacitura degli strati o alla presenza di strutture tettoniche.

Le formazioni quali Argille a Palombini, e il Complesso di Monte Veri mostrano valori di acclività più bassi, per la presenza della frazione argillosa, tali valori si alzano nei casi in cui prevalgono gli interstrati calcarei o arenacei, tipici di queste formazioni.

Per quanto riguarda i Gabbri, si rilevano valori di acclività in genere compresi tra 20 - 50 % questo è dovuto al fatto che i gabbri sono spesso fortemente alterati, fino ad arenitizzati, producendo coltri detritiche talvolta di notevole estensione che contribuiscono ad abbassare i valori di acclività.

2.4 Idrogeologia

La carta idrogeologica è stata ottenuta analizzando le carte geologica e geomorfologica e redigendo una carta della permeabilità in cui sono riportate le fonti di prelievo idrico disponibile conosciute.

Le aree di affioramento delle Argille a Palombini e Complesso di M.te Veri sono state considerate *semipermeabili* a causa della consistente componente argillosa che non permette una circolazione idrica diffusa.

I depositi detritici sciolti indipendentemente dalla loro natura, sono stati classificati come *permeabili per porosità*. In tali depositi la circolazione d'acqua, quindi la permeabilità dipende dalla dimensione dei vuoti intercomunicanti e conseguentemente dalla granulometria.

Rientrano in questa classe i depositi di alluvionali antichi e recenti, terrazzati e non, le coltri eluvio-colluviale, gli accumuli di frana e le spiagge.

Le litologie quali gabbri, diabasi, serpentiniti, diaspri, breccie e arenarie sono *permeabili per fratturazione*, questa classe comprende tutte le litologie costituite da rocce compatte che per motivi tettonici o strutturali mostrano un discreto grado di fratturazione. L'acqua circola attraverso le fratture seguendo vie preferenziali di scorrimento determinando in alcune zone un grado di permeabilità medio. La permeabilità è influenzata dalla distribuzione e dall'orientamento delle fratture.

Nella Carta idrogeologica riportata in tav. 4 sono stati indicati anche alcuni pozzi, le sorgenti captate e non captate. Queste mappature sono state possibili grazie ai dati in possesso dell'amministrazione Provinciale e relativi alle denunce e concessioni di derivazione.

Dall'analisi emerge che la maggior parte dei pozzi sono localizzati nel fondovalle del T. Ghiararo in prossimità dell'abitato di Levanto e nel fondovalle del t. San Giorgio, qualche pozzo è anche visibile lungo il corso del T. Castagnola.

Per quanto riguarda le sorgenti sono localizzate prevalentemente in litologie quali serpentiniti, breccie e gabbri e in generale nelle zone in cui si hanno contatti tra litologie a differenti permeabilità.

2.5 Uso del suolo

(capitolo modificato con D.D.G. n. 1665 del 05/03/2020)

La carta dell'uso reale del suolo rappresenta il primo e principale strumento alla base di ogni razionale attività programmatica; essa affianca l'attività di tipo pianificatorio e decisionale degli organi competenti in materia territoriale permettendo di:

- valutare quantitativamente e qualitativamente le caratteristiche attuali riguardo l'utilizzo umano della risorsa suolo;
- avere un primo quadro generale dei possibili equilibri tra la disponibilità della risorsa naturale e le richieste antropiche;
- indirizzare e programmare mediante incrocio con altre informazioni tematiche gli interventi correttivi necessari al razionale uso della risorsa suolo;
- essere di ausilio nel riconoscimento di problematiche legate all'utilizzo del suolo ed

attivare studi a scala di maggior dettaglio.

La struttura della legenda della carta dell'uso reale del suolo, ricalca le classi e la struttura della carta originale Corine Land Cover. Nell'ambito della variante di aggiornamento del quadro del rischio (2019) la Carta dell'uso del suolo è stata aggiornata con l'utilizzo della "Carta di Uso del Suolo del territorio della Regione Liguria in scala 1:10.000" redatta dal Sitar/Regione Liguria nel 2009 con ultimo aggiornamento del 2015. A quest'ultima sono state apportate alcune correzioni/aggiornamenti specifici.

Dall'analisi della cartografia prodotta è possibile ottenere la seguente suddivisione percentuale della superficie del bacino:

▪ tessuto urbano continuo	1,6 %
▪ tessuto urbano discontinuo	4,7 %
▪ bosco	50,2 %
▪ prati e pascoli	0,7 %
▪ oliveti / culture arboree	14,4 %
▪ vegetazione arbustiva	18,3 %
▪ vegetazione rada	2,9 %
▪ roccia affiorante	1 %
▪ corsi d'acqua	0,4 %
▪ seminativo	1,6 %
▪ zone agricole	2 %
▪ vigneto	1,9 %
▪ cave e discariche	0,3%

2.5.1 Territori boscati

Per quanto concerne le **zone** boscate, tali risultano le più frequenti, infatti coprono il 50,2 % di tutto il territorio esaminato. I boschi sono localizzati nelle zone ad acclività maggiore e sono costituiti prevalentemente da pino marittimo, seguiti da formazioni miste di conifere ed angiosperme e zone in cui sono presenti angiosperme a prevalenza di leccio. In tutto il bacino il climax è quello della lecceta.

2.5.2 Vegetazione arbustiva e/o erbacea

Le zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea sono caratterizzati da vegetazione arbustiva e cespugliosa (eriche, rovi, ginestre), le garighe (su terreni calcarei) ed i popolamenti di pino mugo; vi sono compresi quei terreni abbandonati da molti anni e quindi senza più precisi limiti di appezzamento, ricoperti da cespugli o invasi dal bosco (copertura arborea inferiore al 20 %); **aree a vegetazione sclerofilla**, rappresentata dalla macchia mediterranea.

2.5.3 Seminativi

Per **seminativi**, sia asciutti che irrigui (assenti), si intendono i terreni interessati da coltivazioni

erbacee avvicendate; fanno parte perciò di questa classe anche i prati che partecipano al normale avvicendamento colturale (medica od altro), i terreni a riposo e le colture orticole in terra o sotto copertura.

Per colture permanenti si intendono quei terreni in cui le piante (olivi, viti, alberi da frutto) hanno disposizione ordinata (a filari, a quadrati, a quinconce, ecc.) e rappresentano la coltura principale anche se, temporaneamente o permanentemente, consociati ad altre colture arboree o erbacee. Si sono distinti i vigneti, dai frutteti ed oliveti.

Per **prati e pascoli** si intendono quelli non soggetti a rotazione colturale; includono zone per lo più pascolate ma anche periodicamente sfalciate. Si distinguono dal pascolo naturale per la tessitura più omogenea ed un miglior modellamento del terreno sono riconoscibili anche per la presenza di recinzioni, stalle, ricoveri, abbeveratoi, ecc.;

2.5.4 Zone Agricole

Nella classe delle zone agricole sono state distinte le aree corrispondenti alle colture annuali e permanenti associate (quei terreni nei quali la coltura arborea e quella erbacea sono equamente distribuite; le piante (olivi, viti, alberi da frutta) presentano disposizioni a filari ben distanziati oppure diffusi sul terreno con o senza assetto ordinato) i sistemi culturali e particellari complessi, composti da mosaici colturali, le aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti, ove le colture agrarie occupano una superficie compresa tra il 25 ed il 75% e le aree agroforestali, comprendenti colture annuali o pascoli sotto copertura di specie forestali.

2.5.5 Superfici artificiali

La classe delle superfici artificiali differenzia sia gli insediamenti prevalentemente residenziali, suddivisi in quelli a **tessuto urbano continuo** o **discontinuo** in relazione alla densità degli insediamenti stessi (copertura superiore all'80% nel primo caso e compresa tra 50 e 80% nel secondo), sia gli insediamenti industriali e commerciali. Sono inoltre evidenziate le infrastrutture (suddivise in reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche, compresi i servizi a questi assimilabili, depuratori, cimiteri, ecc.) e le aree portuali. Sempre nelle aree urbane sono classificate a parte le zone verdi artificiali non agricole, vale a dire giardini, parchi pubblici ed impianti ricreativi e/o sportivi, dove le aree verdi prevalgono sulle opere murarie (campeggi, campi da tennis, da calcio, ecc.). Fuori dalle aree urbane sono infine evidenziate le **aree estrattive** (aree di escavazione a cielo aperto e di escavazione sotterranea con relative discariche).

Aree a vegetazione arbustiva in evoluzione, con copertura arborea compresa tra il 20 e il 50%, comprensive anche delle zone di rinnovazione forestale. Tali aree ricoprono il 8% della superficie del Bacino.

Le **zone aperte con vegetazione rada o assente** sono suddivise nelle aree nude propriamente dette, rappresentate dalle spiagge, dune e sabbie (comprendenti sabbie fluviali e costiere ed i ghiaioni dei corsi d'acqua) e dalle **rocce, falesie, rupi**, affioramenti (zone interessate da fenomeni erosivi diffusi e rilevanti per le quali sarebbero necessari consistenti interventi di sistemazione per il loro recupero ambientale, comprendenti sia le zone montuose vere e proprie sia le aree con elevata pietrosità e rocciosità superficiale), e nelle **aree con vegetazione rada** per motivi edafici (copertura inferiore al 20%) o per altri motivi come nelle **aree percorse da incendi**.

2.5.6 Corpi idrici

Sono comprese in questa classe tutte quelle aree in cui la presenza d'acqua ha carattere permanente ovvero la sua assenza è per lo meno occasionale e/o limitata nel tempo e si suddividono in **acque continentali**, quali i **corsi d'acqua**, e i **bacini d'acqua** (ogni specchio d'acqua permanente, di origine sia naturale che artificiale, lago, bacino, stagno, ecc.), assenti, e in acque marittime, rappresentate dai **mari**.

L'analisi della carta dell'uso reale del suolo in scala 1:5.000 è stata condotta a livello di sottobacino, distinguendo quattro bacini principali, corrispondenti al T. Castagnola, al T. Ghiararo, al T. S. Giorgio ed al T. Rossola ed ad un'area residua facente capo alla fascia costiera.

2.5.7 Bacino Torrente Castagnola

I boschi di conifere sono la classe prevalente dell'intero sottobacino e ne occupano gran parte del settore nord orientale. I boschi misti di conifere e latifoglie, anch'essi largamente rappresentati, occupano invece la parte centrale del bacino, mentre i boschi di latifoglie sono prevalentemente situati nella parte più vicina al mare, soprattutto a ovest di Deiva Marina. Nella parte alta del bacino, frammisti ai boschi, sono presenti molti cespuglieti.

Nella parte centrale del bacino sono presenti molti sistemi colturali e particellari complessi che occupano soprattutto la parte mediana dei versanti, mentre mediamente rappresentati sono le aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione, situate ai margini del bosco, e le aree con vegetazione rada, corrispondenti a radure interne ai boschi.

Meno diffuse sono le colture agrarie, spesso associate ai sistemi colturali e particellari complessi, le colture permanenti, con prevalenza di oliveti sui vigneti, situate nella parte bassa dei versanti, e le aree urbane, rappresentate da Deiva Marina e da pochi altri agglomerati sparsi per l'intero bacino, soprattutto nel fondovalle.

2.5.8 Bacino Torrente Ghiararo

La classe di uso del suolo prevalente è rappresentata dai boschi misti di latifoglie e conifere, che occupano la maggior parte dei versanti nord orientali del bacino.

Molto alta è anche la percentuale degli oliveti (si ha qui la massima concentrazione di tutta l'area di studio), che occupano la parte mediana dei versanti, spesso terrazzati, con prevalenza nella parte centrale del bacino.

Notevole è anche la presenza di cespuglieti, nella parte settentrionale del bacino, e di aree agroforestali, situate soprattutto a est di Levanto o frammiste agli oliveti nella restante superficie.

Mediamente rappresentate sono i pascoli naturali, nelle zone sommitali, i sistemi colturali e particellari complessi, posti a sud est di Levanto o frammisti agli oliveti e in misura minore ai vigneti nelle parti basse del versante e le aree prevalentemente occupate da colture agrarie. Ben rappresentati sono anche i boschi a prevalenza di conifere, nella parte occidentale, ed a prevalenza di latifoglie, nella parte meridionale del bacino.

Meno rappresentate sono infine le aree urbane, soprattutto Levanto e alcuni agglomerati lungo il fondovalle, i prati stabili, posti nella parte bassa del versante del basso bacino, gli affioramenti rocciosi della costa alta e le spiagge, rappresentata da quella di Levanto che seppure poco estesa costituisce tuttavia la maggiore dell'intera area di studio.

2.5.9 Bacino Torrente S.Giorgio

I boschi di conifere sono la classe prevalente dell'intero sottobacino e ne occupano gran parte del settore occidentale. I boschi misti di conifere e latifoglie, anch'essi largamente rappresentati, occupano invece la parte centrale del bacino, mentre nella parte settentrionale, ai margini del bosco si collocano i cespuglieti.

La parte centrale del bacino è in gran parte caratterizzata dalla presenza di sistemi colturali e particellari complessi, specialmente nella parte mediana dei versanti.

Mediamente diffuse sono le aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione, in particolare nella parte nord orientale del bacino, le aree estrattive, che raggiungono in questo sottobacino la maggiore concentrazione di tutta l'area di studio, nella parte centrale, e gli oliveti sui versanti, spesso terrazzati, nella parte meridionale del bacino.

Scarsamente rappresentati sono infine i vigneti e i seminativi, frammisti ai sistemi colturali e particellari complessi e le aree urbane, costituite dalla parte periferica dell'abitato di Bonassola.

2.5.10 Bacino Torrente Rossola

Questo sottobacino (il più piccolo dell'area di studio) è in maggioranza coperto da boschi di conifere nella porzione settentrionale, da aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione nella parte nord orientale e da aree urbane, specialmente a tessuto discontinuo intorno all'abitato di Bonassola, nella parte centro meridionale.

Discretamente rappresentati sono anche i sistemi colturali e particellari complessi, in posizione baricentrica e gli oliveti, nella porzione medio bassa dei versanti nell'area meridionale del bacino stesso.

Scarsamente rappresentate sono infine le aree estrattive, confinanti con quelle più numerose del vicino bacino del torrente S.Giorgio e le spiagge (quella di Bonassola).

2.5.11 Fascia Costiera

Nella parte posta a nord ovest di Bonassola prevalgono le aree boscate, rappresentate da boschi di latifoglie, nel settore più occidentale, da boschi misti di conifere e latifoglie, nella parte centrale e da boschi di conifere, prevalenti nell'intero settore.

Nella parte centrale sono ampiamente rappresentati i cespuglieti, che a loro volta suddividono due ampie aree costituite da oliveti e da sistemi colturali e particellari complessi, che occupano le parti mediane dei versanti.

Minore presenza si ha invece di affioramenti, lungo la costa rocciosa, di spiagge, sulla costa bassa, e di aree a vegetazione rada, poste in prossimità delle coste rocciose.

La parte di bacino posta a sud est di Bonassola è occupata in prevalenza da aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione e da boschi di conifere.

Ben rappresentati sono anche i sistemi colturali e particellari complessi e, in misura minore, gli oliveti, nella parte mediana dei versanti.

Minor presenza infine di aree urbane e affioramenti rocciosi lungo la costa.

2.5.12 Analisi statistica incendi boschivi

Fonte dei dati: Ministero delle politiche agricole e forestali - Corpo forestale dello stato - Coordinamento provinciale della Spezia

Il territorio compreso nell'area del Bacino manifesta le caratteristiche tipiche del territorio Ligure con un'orografia molto accidentata, valli poco estese che si aprono perpendicolarmente alla costa ed esposti ai venti di maestrale, di scirocco e di libeccio.

Il clima è tipicamente mediterraneo con estati secche e periodi maggiormente piovosi concentrati in Autunno e Primavera.

Nell'area del bacino, considerando un periodo di tre anni che va da 1997 al 1999, gli incendi totali sono stati 38, che corrisponde ad una media di poco superiore ai 12 incendi annui, con una superficie percorsa dal fuoco pari a 1452 ettari cui corrisponde una media annua di circa 484 ettari di cui 10,6 non boscati.

INCENDI BOSCHIVI ACCADUTI NEL PERIODO 1997- 1998- 1999

Anno	Numero incendi	Superficie percorsa dal fuoco (ha)		
		Boscata	Non Boscata	Totale
1997	20	339,1	28.8	367.8
1998	11	698.4	0	698.4
1999	7	383	3	386
Totale	38	1420.5	31.8	1452.2
Media	12,7	473.5	10.6	484

Anno 1997

Comune	Numero incendi	Superficie percorsa dal fuoco		
		Boscata (ha)	Non boscata (ha)	Totale
Bonassola	8	74	3.8	77.8
Deiva M.	3	85	0	85
Framura	3	10	0	10
Levanto	3	170	25	195

Nell'anno 1997 il maggior numero di incendi si è verificato nel Comune di Bonassola, dove si sono sviluppati 11 incendi, però la maggiore superficie percorsa dal fuoco rientra nel Comune di Levanto in cui si sono incendiati 195 ettari di superficie di cui 25 non boscati.

Anno 1998

Comune	Numero incendi	Superficie percorsa dal fuoco		
		Boscata (ha)	Non boscata (ha)	Totale
Bonassola	3	2.2	0	2.2
Deiva M.	3	687.8	0	687.8
Framura	2	2.8	0	2.8
Levanto	3	5.6	0	5.6

Nell'anno 1998 si è sviluppato il grande incendio di Deiva Marina che ha interessato gran parte del territorio Comunale infatti sono bruciati 687.8 ettari di superficie boscata.

Anno 1999

Comune	Numero incendi	Superficie percorsa dal fuoco		
		Boscata (ha)	Non boscata (ha)	totale
Bonassola	3	191	1,5	192,5
Deiva M.	-	-	-	-
Framura	-	-	-	-
Levanto	4	192	1,5	193,5

Nel 1999 l'area più colpita da incendi è stata la zona di confine tra il Comune di Levanto e Bonassola questo grande incendio ha bruciato circa 386 ettari di bosco e 3 ettari di superficie non boscata.

2.6 Idrologia di piena

Sulla base dei procedimenti adottati dallo studio stralcio elaborato precedentemente, è stata redatta la presente relazione idrologica, volta alla descrizione delle metodologie impiegate nella valutazione delle portate di piena utilizzate per la successiva analisi delle criticità idrauliche.

La metodologia seguita può riassumersi essenzialmente in tre fasi distinte:

1. Individuazione del regime delle precipitazioni.
2. Valutazione delle caratteristiche di tipo idrologico del suolo e di uso del suolo, per la definizione del modello di rifiuto del terreno.
3. Modellazione dei deflussi e successiva definizione, per ogni corso d'acqua, delle portate di progetto.

Le suddette fasi sono descritte nei paragrafi seguenti.

2.6.1 Determinazione delle piogge di massima intensità

La determinazione del regime delle precipitazioni di massima intensità nelle zone di intervento risulta, come è noto, preliminare alla stima delle portate di massima piena.

In assenza di serie storiche di osservazioni idrometriche, condotte in modo sistematico lungo i tratti dei corsi d'acqua, la valutazione del regime dei deflussi è stata condotta con stime di tipo indiretto, confrontando le curve di possibilità pluviometrica dedotte secondo due diversi approcci:

1. Elaborazione statistica dei dati delle stazioni pluviometriche ricadenti nei bacini dei corsi d'acqua oggetto di studio.
2. Relazioni regionali proposte dalla Regione Liguria a seguito dell'attività di ricerca condotta dal CIMA (Centro di ricerca in Monitoraggio Ambientale dell'Università di Genova) in applicazione alla convenzione tra i due Enti suddetti, denominata *"Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri"*.

2.6.2 Elaborazione dei dati delle stazioni pluviometriche

Il regime delle piogge di breve durata e forte intensità di una certa zona viene esplicitato attraverso le curve di possibilità pluviometrica (CPP) o climatica.

Nel presente paragrafo, le curve di possibilità pluviometrica sono state determinate statisticamente, ipotizzando che i valori massimi annuali dell'altezza di precipitazione di prefissata durata fossero distribuiti secondo la distribuzione di Gumbel (EV1), il cui uso è molto diffuso per la regolarizzazione di serie empiriche di valori estremi.

Per l'analisi idrologica volta alla determinazione delle portate di piena dei corsi d'acqua (fiumi, canali e fossi) si è resa necessaria la definizione del regime delle piogge di breve durata e notevole intensità, considerando durate comprese tra 1 e 24 ore. L'acquisizione dei dati pluviometrici si limita quindi a considerare tutte le stazioni gestite dal Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (SIMI) – sezione di Genova - dotate di pluviometro registratore, strumento che permette di individuare le precipitazioni di massima intensità e breve durata (Annali Idrologici, Parte I, Tabelle III e V).

Al fine di caratterizzare il regime pluviometrico della zona in esame sono state analizzate le stazioni dotate di strumento registratore ricadenti nell'area in esame o ad essa adiacenti. Per le successive elaborazioni statistiche sono stati quindi raccolti i valori delle precipitazioni massime annuali di durata assegnata per le stazioni di Levante, Montale di Levante, Piazza e Castiglione Chiavarese. Infatti, come risulta dall'analisi del territorio condotta con la procedura di tipo prettamente geometrico di Thiessen (o dei topoi), queste stazioni pluviometriche risultano, per la loro posizione, le più adatte a descrivere il regime pluviometrico dell'ambito esaminato.

Si riportano nella Tab 1, le caratteristiche delle quattro stazioni pluviografiche disponibili.

STAZIONE	PROVINCIA	COMUNE	LAT	LONG	QUOTA (m s.l.m.)	BACINO	PERIODO DI OSSERVAZIONE
CASTIGLIONE CHIAVARESE	Genova	Castiglione Chiavarese	44°16'	2°56'	300	Fra Entella e Magra	1937 - 1991
PIAZZA	La Spezia	Deiva	44°14'	2°53'	184	Fra Entella e Magra	1959 - 1988
MONTALE DI LEVANTO	La Spezia	Levanto	44°11'	2°50'	149	Fra Entella e Magra	1954 - 1992
LEVANTO	La Spezia	Levanto	44°10'	2°50'	2	Fra Entella e Magra	1955 - 1992

Tab 1: elenco delle stazioni termopluviometriche del Servizio Idrografico Italiano.

Le elaborazioni condotte sui dati raccolti sono state finalizzate alla individuazione, per ogni stazione e per i diversi tempi di ritorno, della curva di possibilità pluviometrica, esprimibile con la relazione:

$$h(d, T) = a_T \cdot d^{n_1}$$

dove:

h = altezza di precipitazione attesa (in mm);

d = durata dell'evento (in ore);

T = periodo di ritorno (in anni);

a_T, n_1 = parametri ricavati dalla serie di dati mediante elaborazione statistica.

E' stata assunta per le altezze di pioggia la distribuzione di probabilità asintotica di Gumbel (EV1), il cui uso è molto diffuso per la distribuzione delle serie empiriche di valori estremi.

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-u)}}$$

Con α e u parametri della distribuzione determinati in base al campione analizzato, essendo legati ad esso mediante i momenti del I e II ordine dalle seguenti relazioni:

$$\begin{cases} u = \mu(x) - 0.450 \cdot \sigma(x) \\ \alpha = \frac{1.283}{\sigma(x)} \end{cases}$$

con $\mu(x)$ e $\sigma(x)$ rispettivamente media e deviazione standard.

Tenendo conto che le varianze di stima soffrono della limitata numerosità dei campioni disponibili, per stimare i momenti di campioni di altezza di precipitazione di durata prefissata si è ritenuto opportuno utilizzare una metodologia che ipotizza la cosiddetta proprietà dell'invarianza di scala rispetto alla durata, dei momenti di primo e secondo ordine rispetto all'origine delle altezze di precipitazione. In base a questa proprietà, si suppone che sia possibile esprimere i momenti campionari mediante relazioni del tipo:

$$E[h_d] = m_1 d^{n_1}$$

$$E[h_I^2] \cdot d^{2n_1} = m_2 d^{2n_1}$$

dove $E[.]$ indica la media della grandezza racchiusa in parentesi.

Questo significa che il coefficiente di variazione delle altezze di precipitazione risulta costante, in senso statistico rispetto alla loro durata. Valendo questa proprietà ne consegue che, stimati mediante regressione logaritmica i parametri n_1 e m_1 ed il coefficiente di variazione medio (V) per le cinque durate di interesse ed assunto per ciascuna durata il medesimo modello probabilistico di Gumbel (EV1), corrispondenti quantili sono esprimibili mediante la relazione:

$$h(d, T) = m_1 \left\{ 1 - \frac{V}{1.283} \left[0.5772 + \ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} \cdot d^{n_1}$$

Si riconosce quindi l'espressione analitica della curva di possibilità pluviometrica del tipo:

$$h(d, T) = a_T \cdot d^{n_1}$$

in cui la costante a_T , funzione del periodo di ritorno risulta per il modello EV1:

$$a_T = m_1 \left\{ 1 - \frac{V}{1.283} \left[0.5772 + \ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

mentre l'esponente di scala n_1 è costante al variare del tempo di ritorno.

Questa elaborazione è stata applicata a tutte le stazioni analizzate, con riferimento ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni. Nella Tab. 2 si riportano i parametri delle curve di possibilità pluviometrica.

Stazione	T = 50 anni	T = 100 anni	T = 200 anni	T = 500 anni
Castiglione Chiavarese	$h = 96.94 \cdot t^{0.30}$	$h = 107.52 \cdot t^{0.30}$	$h = 118.05 \cdot t^{0.30}$	$h = 131.95 \cdot t^{0.30}$
Piazza	$h = 64.46 \cdot t^{0.36}$	$h = 71.11 \cdot t^{0.36}$	$h = 77.73 \cdot t^{0.36}$	$h = 86.47 \cdot t^{0.36}$
Montale di Levanto	$h = 89.72 \cdot t^{0.29}$	$h = 99.20 \cdot t^{0.29}$	$h = 108.66 \cdot t^{0.29}$	$h = 121.13 \cdot t^{0.29}$
Levanto	$h = 86.59 \cdot t^{0.30}$	$h = 96.60 \cdot t^{0.30}$	$h = 106.57 \cdot t^{0.30}$	$h = 119.73 \cdot t^{0.30}$

Tab. 2: curve di possibilità pluviometrica (metodo di Gumbel)

2.6.3 Regionalizzazione delle piogge intense della Regione Liguria

Per analizzare il regime pluviometrico della zona in esame è stata presa in considerazione anche la procedura di stima delle curve di possibilità pluviometrica, e quindi delle piogge di progetto, valida sui bacini della Liguria, ottenuta dalla Regione Liguria nel giugno 1997, a seguito dell'attività di ricerca condotta dal CIMA (Centro di ricerca in Monitoraggio Ambientale dell'università di Genova) in applicazione alla Convenzione tra i due Enti suddetti, denominata "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini imbriferi".

La forma che tale procedura prevede per le curve di possibilità pluviometrica una relazione del tipo:

$$h_T(d) = K_T E[H_1] d^n$$

dove:

$h_T(d)$ = altezza di precipitazione attesa, in mm, per un evento di durata d (in ore) e per un tempo di ritorno T (in anni);

K_T = fattore moltiplicativo di frequenza dipendente unicamente dal tempo di ritorno considerato;

$E[H_1]$ = valore atteso della pioggia massima annuale per la durata di 1 ora nella zona in esame;

n = esponente regionale di scala.

Operativamente:

- i valori del fattore di frequenza K_T si ottengono, per i tempi di ritorno di più frequente utilizzo, dalla Tab. 3;
- il valore di $E[H_1]$ dipende dalla longitudine in coordinate ED1950 di un punto che sia geograficamente rappresentativo del bacino, cioè del suo baricentro o centroide, e viene stimato per mezzo di opportune tabelle;
- per n il metodo prevede un valore regionale pari a 0,39.

T [anni]	2	5	10	15	20	30	50	75	100	150	200	250	500	1000
K_T	0.914	1.248	1.496	1.650	1.763	1.929	2.150	2.333	2.467	2.658	2.796	2.904	3.242	3.583

Tab 3: valori del fattore di frequenza K_T al variare del tempo di ritorno.

Al fine di effettuare un confronto fra i due metodi di determinazione delle curve di possibilità pluviometrica, sono state calcolate le curve, al variare del tempo di ritorno, per ognuna delle quattro stazioni pluviometriche esaminate nei precedenti paragrafi.

Note le coordinate geografiche delle stazioni ed utilizzando le apposite tabelle, è stato determinato, per ogni stazione, il valore di $E[H_1]$; per valori di longitudine non tabellati si è proceduto ad un'interpolazione lineare tra i valore precedente e quello successivo. In Tab. 4 sono riportati i risultati ottenuti.

Stazione	$E[H_1]$	$T = 50$ anni	$T = 100$ anni	$T = 200$ anni	$T = 500$ anni
Castiglione Chiavarese	38.9	$h = 83.64 \cdot t^{0.39}$	$h = 95.97 \cdot t^{0.39}$	$h = 108.76 \cdot t^{0.39}$	$h = 126.11 \cdot t^{0.39}$
Piazza	38.6	$h = 82.99 \cdot t^{0.39}$	$h = 95.23 \cdot t^{0.39}$	$h = 107.93 \cdot t^{0.39}$	$h = 125.14 \cdot t^{0.39}$
Montale di Levante	38.5	$h = 82.78 \cdot t^{0.39}$	$h = 94.98 \cdot t^{0.39}$	$h = 107.65 \cdot t^{0.39}$	$h = 124.82 \cdot t^{0.39}$
Levanto	38.5	$h = 82.78 \cdot t^{0.39}$	$h = 94.98 \cdot t^{0.39}$	$h = 107.65 \cdot t^{0.39}$	$h = 124.82 \cdot t^{0.39}$

Tab. 4: curve di possibilità pluviometrica (Regionalizzazione delle precipitazioni).

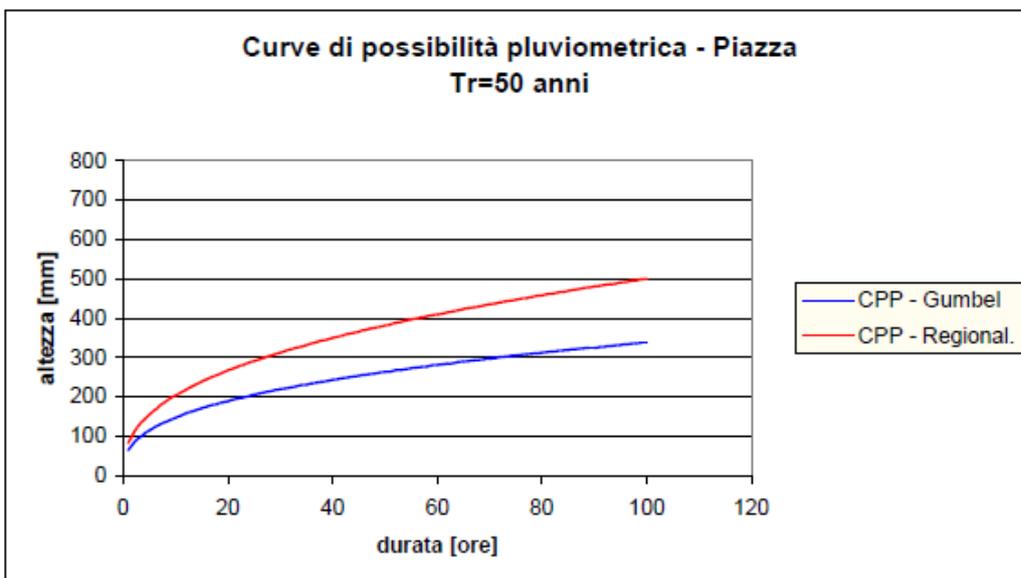
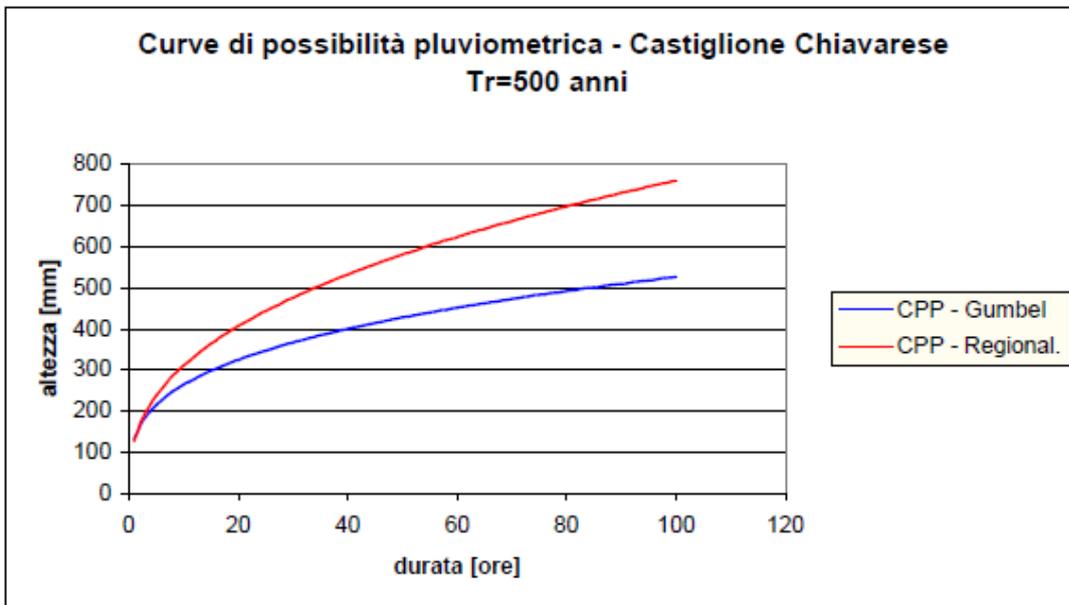
2.6.4 Scelta del metodo

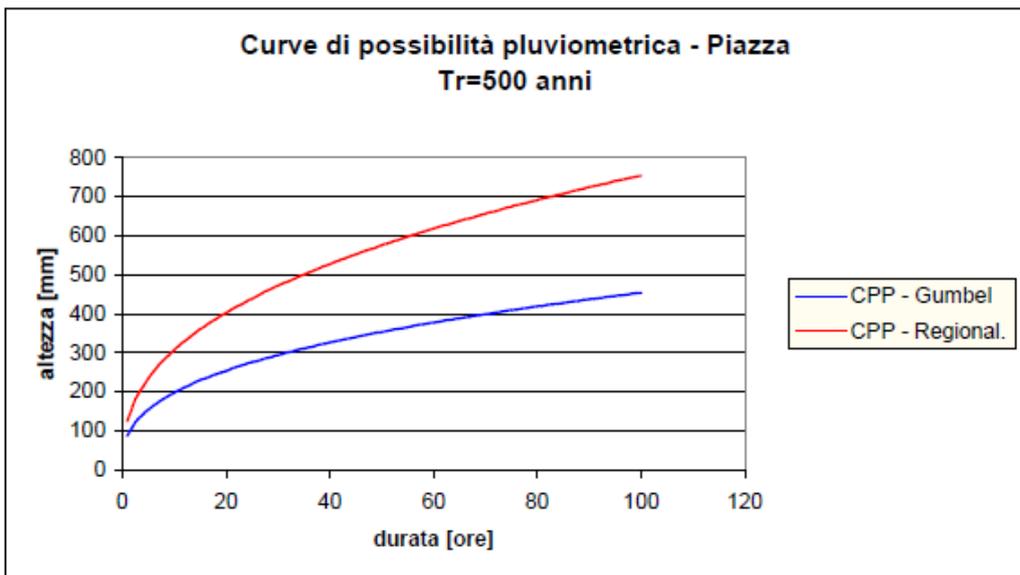
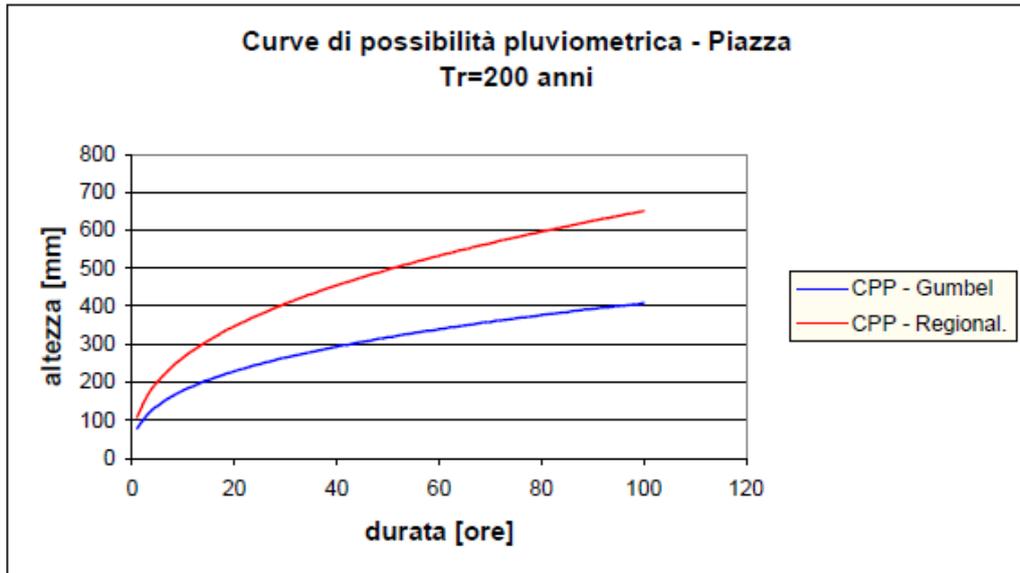
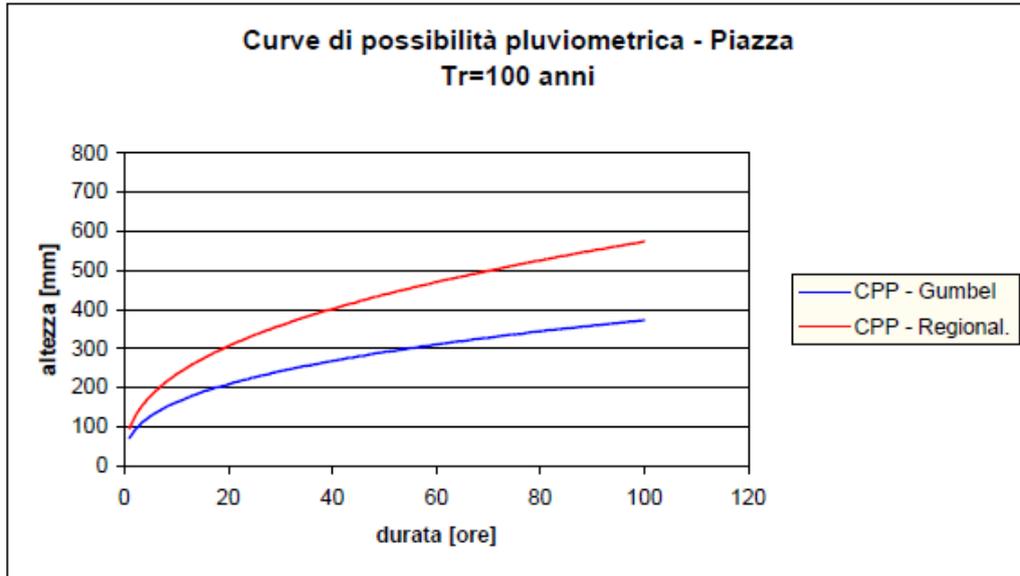
Di seguito si riportano graficamente le curve di possibilità pluviometrica ottenute dall'applicazione dei due metodi.

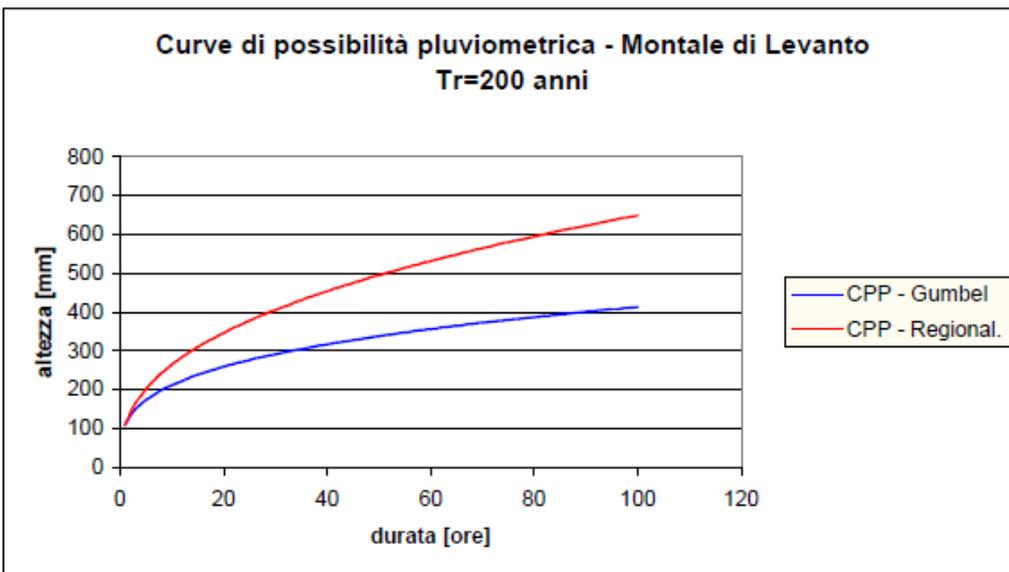
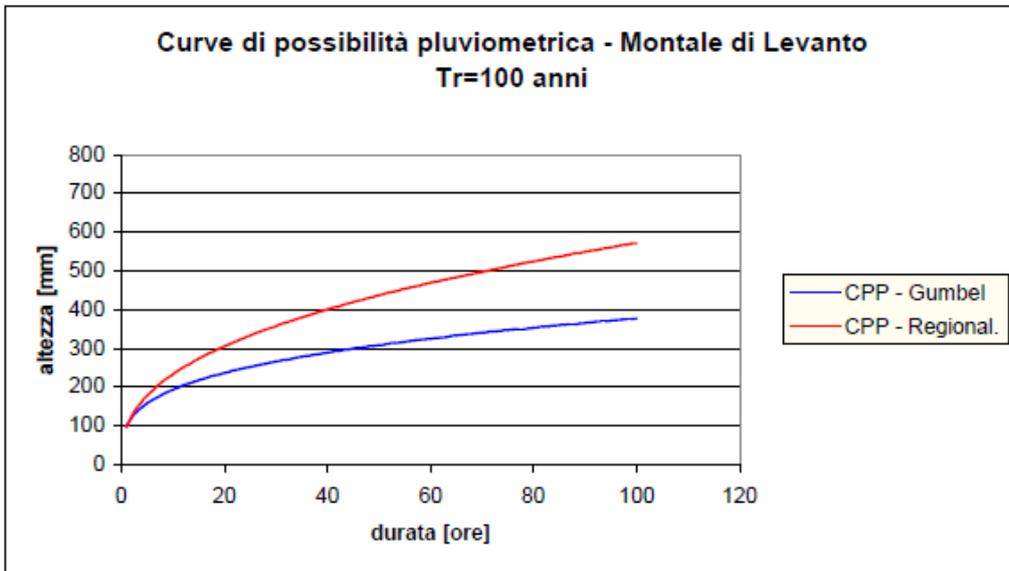
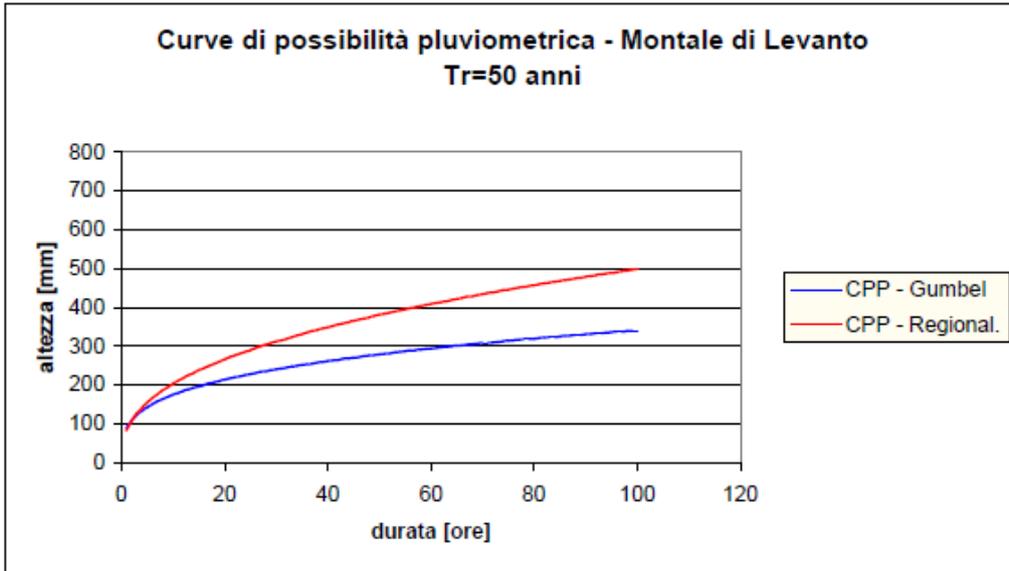
Si osserva che, nel caso della stazione di Piazza, la curva di possibilità pluviometrica ottenuta

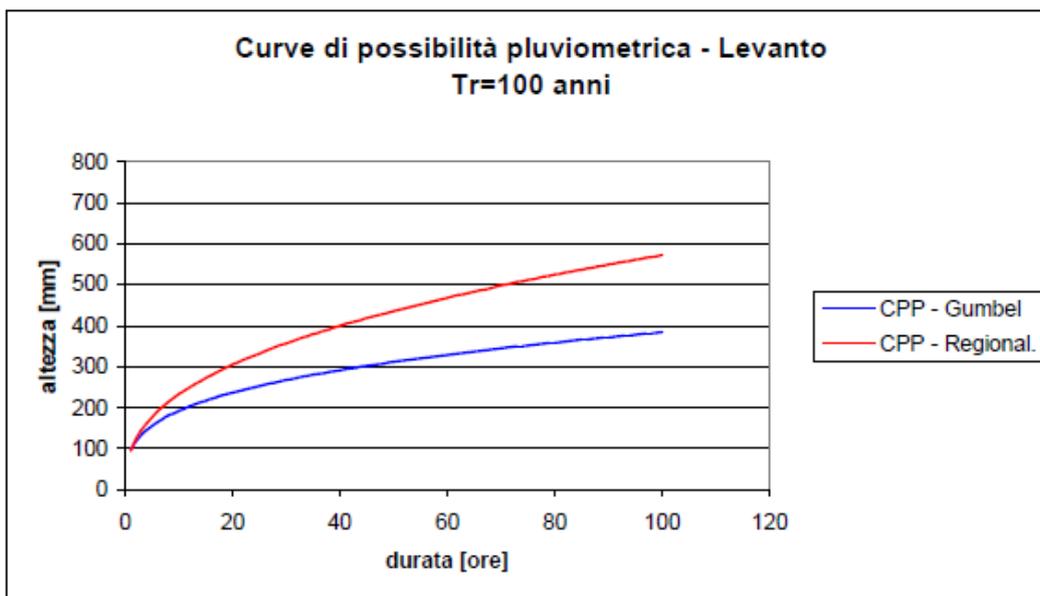
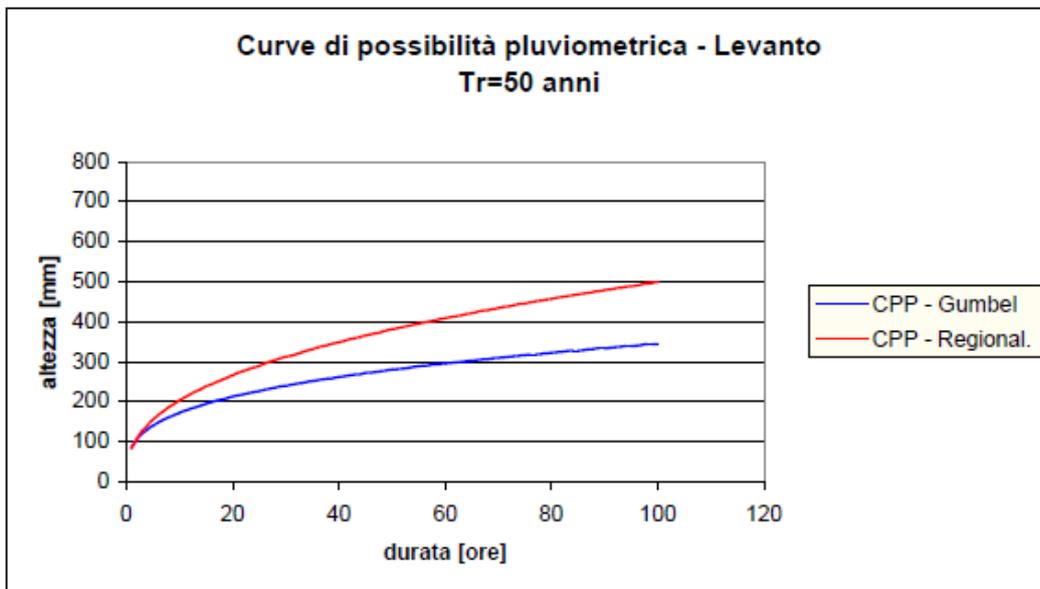
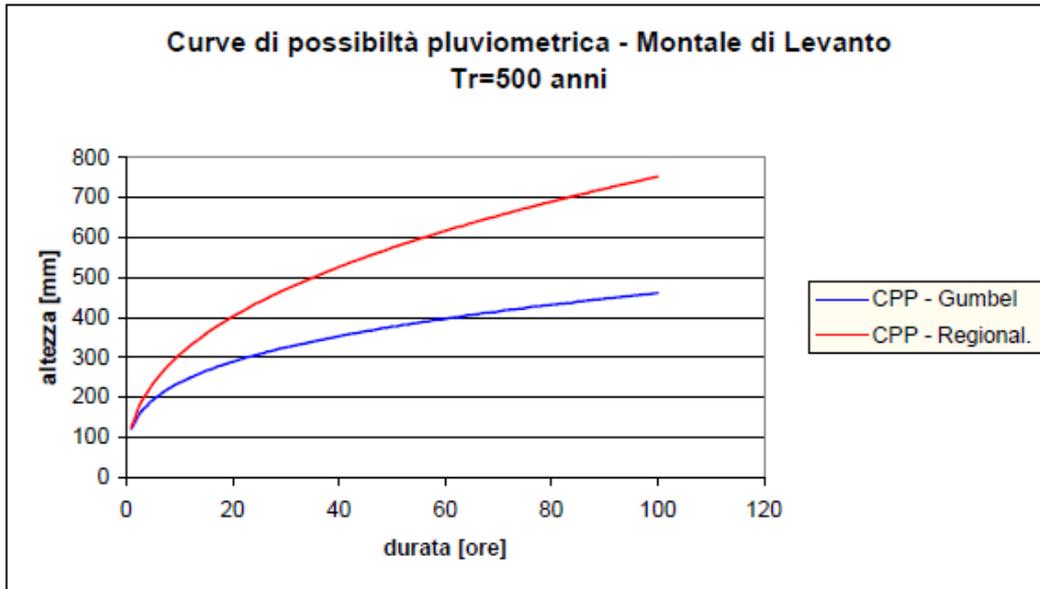
con il metodo di “Regionalizzazione delle precipitazioni e delle portate di piena per i bacini imbriferi” fornisce, per uno stesso valore di durata, un valore maggiore dell’altezza di pioggia. Le altre tre stazioni sono caratterizzate dallo stesso comportamento delle due curve di possibilità pluviometrica: in particolare si ha che, per tempi vicino all’ora, la curva calcolata con il metodo di Gumbel fornisce valori maggiori di altezza di pioggia a parità di durata dell’evento ma questa tendenza si inverte all’aumentare della durata ed il punto di inversione tende a diminuire all’aumentare del tempo di ritorno.

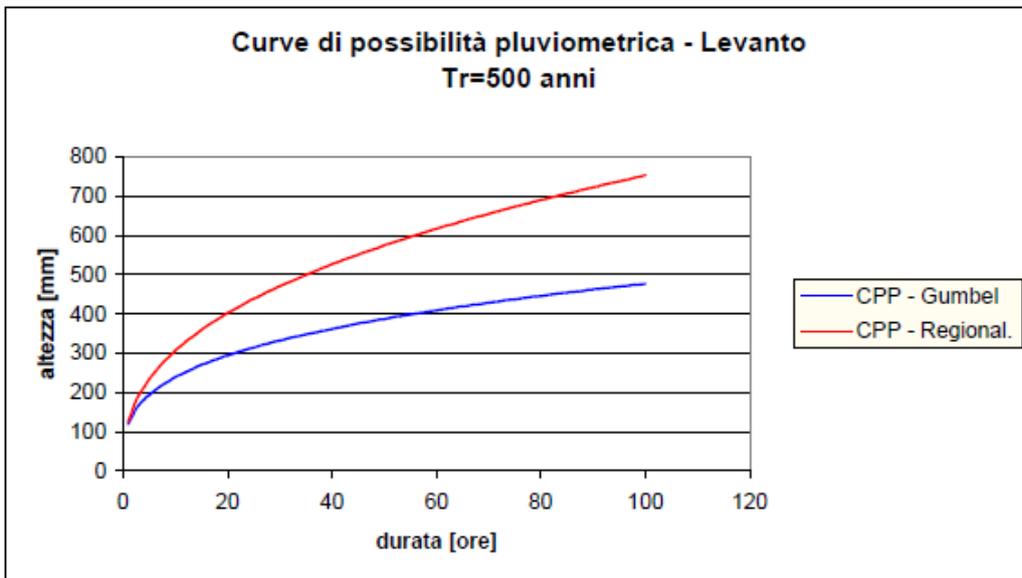
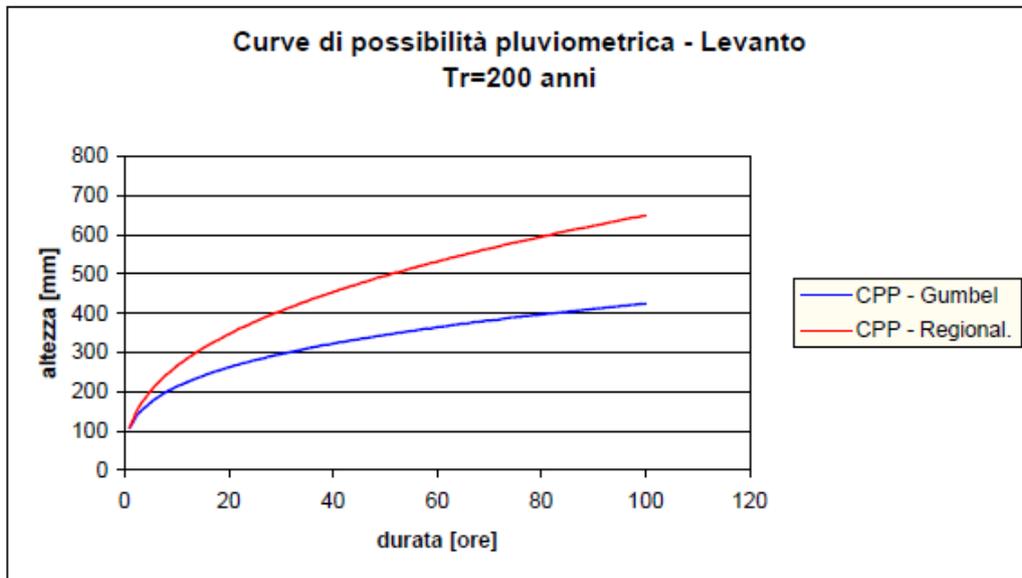
Nel presente studio sono state utilizzate curve di possibilità pluviometrica ottenute con la procedura di “Regionalizzazione delle precipitazioni e delle portate di piena per i bacini imbriferi” proposta dalla Regione Liguria, in quanto questo metodo consente di effettuare una stima in sicurezza del regime pluviometrico della zona esaminata. Le portate al colmo sono state calcolate utilizzando le curve determinate con tale metodo, riferita al baricentro del bacino idrografico di volta in volta esaminato.











2.6.5 Definizione delle CPP per i bacini in studio

Sulla base delle considerazioni di cui al paragrafo precedente, si è deciso di adottare, per la valutazione delle portate di progetto, il metodo di regionalizzazione delle precipitazioni.

Tramite interpolazione tra i valori tabellati, si è pertanto calcolato il valore del coefficiente $E[H1]$ per i sottobacini principali in cui è divisibile il reticolo idrografico e le conseguenti curve di possibilità pluviometrica afferenti a ciascun sottobacino.

Nelle pagine successive si riporta lo schema grafico dei sottobacini presi a riferimento, la tabella 5 con la numerazione delle sezioni di chiusura l'ubicazione descrittiva e le quote sul livello del mare; infine, in funzione di differenti periodi di ritorno e per una durata oraria, si rappresentano in tabella 6 i valori delle curve dei diversi sottobacini e dei bacini complessivi dei corsi d'acqua interessati dal presente studio.

N° sezione	Sottobacino		Ubicazione sezione di chiusura	Quota sez. di chiusura [m s.l.m.]
1	Mulino 2	C	fosso Casella monte confluenza rio Fossato	48
2	Mulino 3	B	rio Fossato monte confluenza fosso Casella	49
3	Mulino	B+C+D	t. Mulino monte confluenza Ghiararo	14
4	Fontana 2	L	t. Fontana valle confluenza rio Gallona	21
5	Fontana	L+M	t. Fontana monte confluenza Ghiararo	9
6	Ghiare 3	E	vallone vignana monte confluenza Ghiare	41
7	Ghiare 4	F	fosso Lerici monte confluenza Ghiare	41
8	Ghiare 5	G	fosso Vignola monte confluenza Ghiare	49
9	Ghiare 2-3-4	E+F+H	ramo Ghiare	30
10	Ghiare 2-3-4 – Ghiararo 3	E+F+G+H+I	t. Ghiararo monte confluenza Mulino	10
11	Mulino-Ghiare-Fontana		t. Ghiararo valle confluenza Fontana	9
12	Mulino-Ghiare-Ghiararo 3		t. Ghiararo valle confluenza Mulino	10
13	Ghiararo		sbocco a mare	0
14	Cantarana	P+Q+R	sbocco a mare	0
15	Cantarana 1-2	Q+R	t. Cantarana imbocco copertura	11
16	Cantarana 2	R	t. Cantarana 200 m a monte sez. di chiusura n° 15	15
17	Redecascio	S	fosso Redecascio monte confluenza Ghiararo	10
18	S. Giorgio	T	attraversamento rilevato FF.SS.	0
19	Gavazzo	O	attraversamento Via Martiri della Libertà	0
20	Rossola	A	attraversamento rilevato FF.SS.	0
	Castagnola 1	J	contributo interbacino	0
	Castagnola 2	K	contributo interbacino	21
21	Castagnola 3	Z	rio Mezzema monte confluenza Castagnola	30
22	Castagnola 5	V	rio di Piazza monte confluenza Castagnola	40
23	Castagnola 6	U	t. Castagnola monte confluenza rio di Piazza	40
24	Cast5 + Cast6	U+V	t. Castagnola valle confluenza rio di Piazza	40
25	Cast5+ Cast6+ Cast2	U+V+K	t. Castagnola monte confluenza rio Mezzema	21
26	Cast5+ Cast6+ Cast2+ Cast3+ Cast4	U+V+K+Z	t. Castagnola valle confluenza rio Mezzema	21
27	Castagnola totale		sbocco a mare	0

Tab 5: Divisione in sottobacini del reticolo idrografico

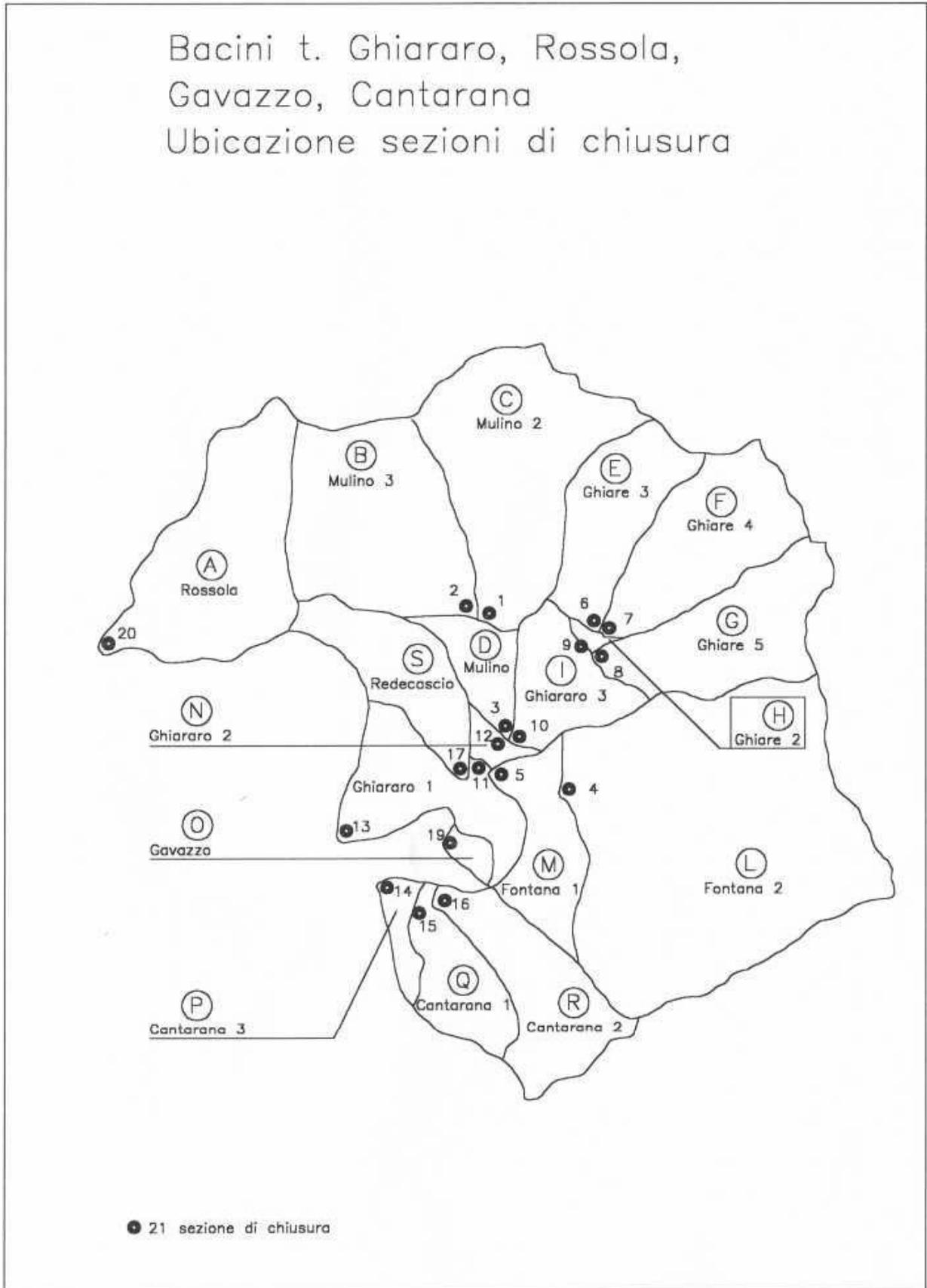


Fig. 1: Sezioni di chiusura sui bacini dei torrenti Ghiararo, Cantarana, Gavazzo e Rossola.

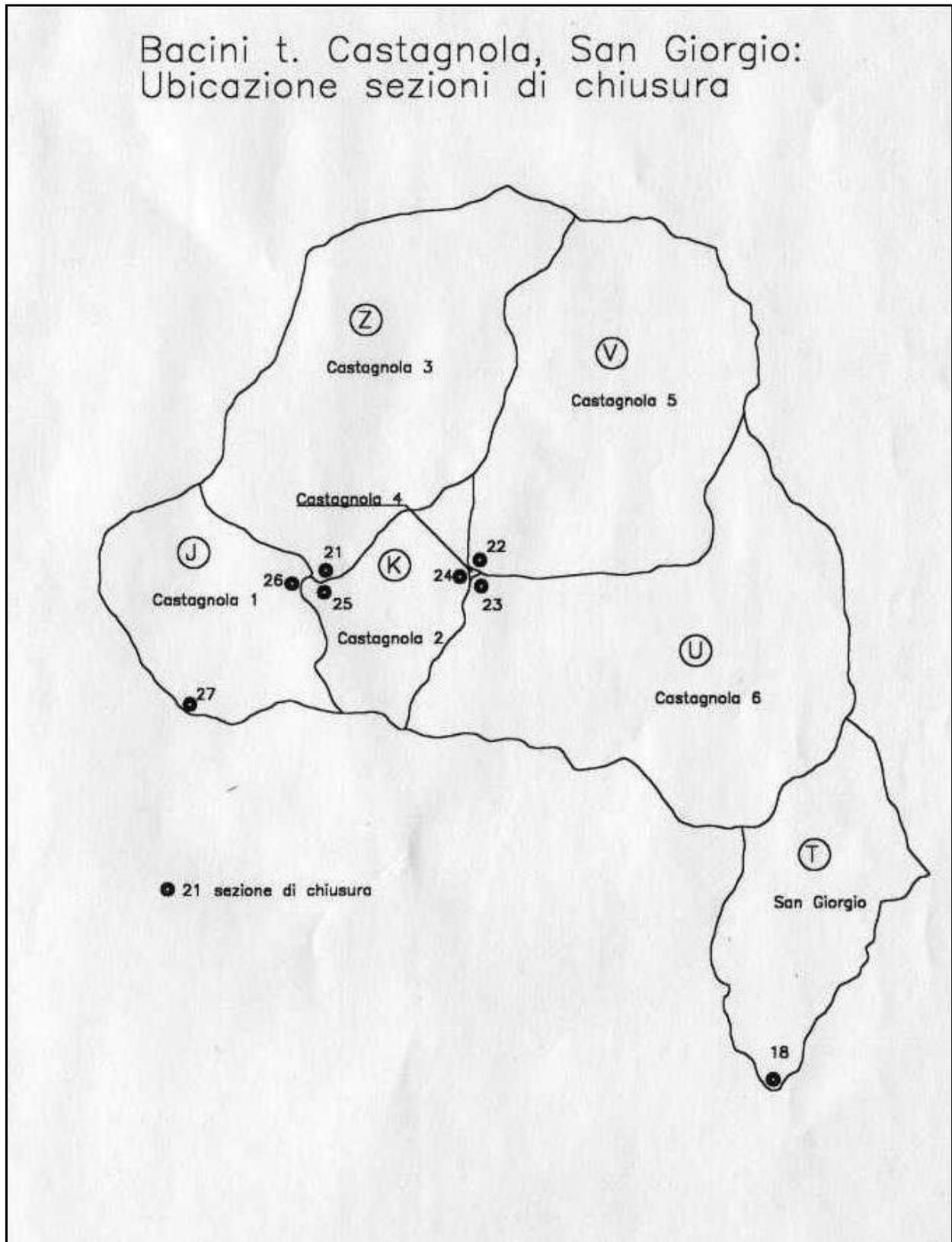


Fig. 2: Sezioni di chiusura sui bacini dei torrenti Castagnola e S. Giorgio

Piano di Bacino Ambito 18 – Ghiararo – Relazione Generale e Piano degli Interventi

N° sezione	Bacino	Superficie [kmq]	E(h) [mm]	H media [m s.l.m.]	Periodo di ritorno [anni]							
					5	10	20	30	50	100	200	500
1	Mulino 2	2.06	38.45	280	47.99	57.52	67.79	74.17	82.67	94.86	107.51	124.65
2	Mulino 3	1.89	38.50	305	48.05	57.60	67.88	74.27	82.78	94.98	107.65	124.82
3	Mulino	4.33	38.48	273	48.02	57.57	67.84	74.23	82.73	94.93	107.59	124.75
4	Fontana 2	4.57	38.09	244	47.54	56.98	67.15	73.48	81.89	93.97	106.50	123.49
5	Fontana	5.3	38.13	223	47.59	57.04	67.22	73.55	81.98	94.07	106.61	123.62
6	Ghiare 3	0.85	38.28	296	47.77	57.27	67.49	73.84	82.30	94.44	107.03	124.10
7	Ghiare 4	1.25	38.10	385	47.55	57.00	67.17	73.49	81.92	93.99	106.53	123.52
8	Ghiare 5	1.18	38.04	347	47.47	56.91	67.06	73.38	81.79	93.84	106.36	123.33
9	Ghiare 2-3-4	2.13	38.17	346	47.64	57.10	67.29	73.63	82.07	94.17	106.72	123.75
10	Ghiare 2-3-4-5-Ghiararo 3	3.94	38.17	303	47.64	57.10	67.29	73.63	82.07	94.17	106.72	123.75
11	Mulino-Ghiare-Fontana	13.57	38.25	271	47.74	57.22	67.43	73.78	82.24	94.36	106.95	124.01
12	Mulino-Ghiare-Ghiararo 3	8.27	38.33	305	47.84	57.34	67.58	73.94	82.41	94.56	107.17	124.27
13	Ghiararo	15.53	38.28	246	47.77	57.27	67.49	73.84	82.30	94.44	107.03	124.10
14	Cantarana	1.83	38.46	217	48.00	57.54	67.80	74.19	82.69	94.88	107.53	124.69
15	Cantarana 1-2	1.66	38.46	229	48.00	57.54	67.80	74.19	82.69	94.88	107.53	124.69
16	Cantarana 2	1.02	38.43	255	47.96	57.49	67.75	74.13	82.62	94.81	107.45	124.59
17	Redecascio	0.83	38.50	193	48.05	57.60	67.88	74.27	82.78	94.98	107.65	124.82
18	S. Giorgio	3.32	38.50	431	48.05	57.60	67.88	74.27	82.78	94.98	107.65	124.82
19	Gavazzo	0.12	38.50	75	48.05	57.60	67.88	74.27	82.78	94.98	107.65	124.82
20	Rossola	1.74	38.50	371	48.05	57.60	67.88	74.27	82.78	94.98	107.65	124.82
	Castagnola 1	2.91	38.90	166	48.55	58.19	68.58	75.04	83.64	95.97	108.76	126.11
	Castagnola 2	2.01	38.88	150	48.52	58.16	68.55	75.00	83.59	95.92	108.71	126.05
21	Castagnola 3	6.31	38.87	340	48.51	58.15	68.53	74.98	83.57	95.89	108.68	126.02
22	Castagnola 5	6.34	38.67	389	48.26	57.85	68.18	74.59	83.14	95.40	108.12	125.37
23	Castagnola 6	7.68	38.61	388	48.19	57.76	68.07	74.48	83.01	95.25	107.95	125.17
24	Cast. 5+Cast.6	14.02	38.64	388	48.22	57.81	68.12	74.54	83.08	95.32	108.04	125.27
25	Cast. 5+Cast.6+Cast.2	16.03	38.67	357	48.26	57.85	68.18	74.59	83.14	95.40	108.12	125.37
26	Cast. 5+Cast.6+Cast.2+Cast.3+Cast.4	22.34	38.73	353	48.34	57.94	68.28	74.71	83.27	95.55	108.29	125.56
27	Castagnola totale	25.25	38.76	332	48.37	57.98	68.33	74.77	83.33	95.62	108.37	125.66

Tab. 6: Curve di possibilità pluviometrica alle varie sezioni.

Supposto concentrato l'evento nel centroide del bacino e la stazionarietà del campo di pioggia, il volume affluito complessivamente sul bacino risulta generalmente inferiore, a causa dell'elevata variabilità spaziale del fenomeno meteorico, di quello che si otterrebbe considerando distribuita su tutto il bacino la stessa altezza di pioggia del centro di scroscio.

Per la definizione dell'attenuazione dei nubifragi e quindi del ragguaglio spaziale della sollecitazione meteorica sono state proposte solo formule di tipo empirico, non sempre corroborate da un solido impianto teorico.

Tra le formule empiriche appare raccomandabile per un prudente utilizzo, in quanto basata sul campione di dati di maggior estensione tra quelli allo stato disponibili, la seguente formula proposta dal NERC¹ che fornisce il fattore di attenuazione k^2 in funzione dell'area del bacino A (km²) e della durata t dell'afflusso (h):

$$k^2 = (1 + 0.02A^{0.37}t^{0.48})^{-2}.$$

Per gli ietogrammi di progetto sono stati considerati eventi della durata di 12 h con centro di scroscio posizionato alla metà temporale e step successivi posizionati alternativamente a destra e sinistra del centro di scroscio.

2.6.6 Il modello di rifiuto del terreno

Il modello di rifiuto del terreno consente di determinare il flusso di ruscellamento, ossia di depurare lo ietogramma lordo, dagli effetti dell'intercettazione da parte del manto vegetale, della detenzione superficiale nei piccoli invasi naturali, dell'infiltrazione nei suoli permeabili e della saturazione del terreno, valutando così l'intensità della pioggia netta, che affluendo in rete, da luogo al deflusso diretto.

Il modello di rifiuto del terreno adottato, *Metodo Curve Number del Soil Conservation Service* (di tipo empirico) è quello che sembra riprodurre più fedelmente il meccanismo di ruscellamento dei bacini idrografici in esame ed è stato validato per le applicazioni nel contesto geografico italiano da numerosi importanti studi.

Questo metodo, messo a punto dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, assume che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale, P , sia proporzionale a quello precipitato, I , in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato, $F (= P-I)$, e un volume specifico, S , che caratterizza la *massima ritenzione potenziale* del terreno.

Per consentire la generalizzazione anche nei quali ad afflussi non nulli corrispondano deflussi nulli si è posto che la suddetta proporzione sia corretta considerando i volumi di afflusso depurati dall'assorbimento iniziale I_a e pertanto:

$$\frac{F}{S} = \frac{P}{I - I_a}$$

Nella detta ipotesi il bilancio di massa ($F=I-I_a-P$) consente di ottenere la relazione

$$P = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + S}$$

Che definisce la stima del volume specifico di ruscellamento in funzione di quello di pioggia e di

¹ vedi NERC "Flood Studies Report" vol V, Natural Environmental research Council, London, 1975

due parametri caratteristici del bacino: la capacità di assorbimento iniziale, I_a , e la massima ritenzione potenziale, S .

Per un certo stato iniziale di imbibimento del bacino al verificarsi dell'evento di pioggia, la massima ritenzione superficiale, S , dipende fondamentalmente dalla combinazione di due fattori, la natura del terreno e l'uso del suolo; l'effetto combinato di questi due fattori viene rappresentato globalmente dal parametro adimensionale CN , legato a S dalla relazione:

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - I \right)$$

Dove $0 < CN < 100$, e S_0 è una costante di scala, che riflette l'unità di misura adottata e che, per valori di S , F , I e P misurati in mm, è pari a 254 mm, ovvero 10 pollici.

Il metodo Curve Number prevede la stima di due parametri, I_a e S , ovvero CN ; poichè l'assorbimento iniziale I_a (che rappresenta il volume specifico di pioggia che a priori non dà luogo a deflussi superficiali per effetto di complesse fenomenologie quali l'imbibimento iniziale del terreno, l'intercettazione della vegetazione ed altri) è di stima assai problematica, *USDA SCS* consiglia, sulla base di osservazioni sperimentali che indicano come questo parametro sia sempre abbastanza correlato con la massima ritenzione idrica potenziale (S), di porre $I_a = cS$, dove il coefficiente c viene generalmente assunto pari a 0.2.

Poichè il rifiuto del terreno è un fenomeno dinamico, che dipende dallo stato del sistema, si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in funzione di un indice di pioggia (ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni precedenti l'evento di piena) $API5$.; a seconda del valore di $API5$, vengono individuate tre classi AMC (Antecedent Moisture Condition) I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

Nota il valore di CN per le condizioni medie di imbibimento, ossia CN_{II} , i valori relativi alle classi AMC I e III si valutano rispettivamente tramite le relazioni

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.38 - 0.0138CN_{II}}$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

Il valore di CN varia, a seconda sia delle caratteristiche idrologiche del suolo (in relazione alla permeabilità), sia della tipologia di uso del suolo stesso (copertura vegetale, grado di antropizzazione).

Nelle tabelle seguenti si riportano i valori caratteristici di taratura del parametro CN_{II} , il cui valore si ottiene per incrocio delle caratteristiche idrologiche del suolo, secondo 4 tipi idrologici A-B-C-D e delle caratteristiche di uso prevalente del suolo.

La variabilità spaziale del suolo porta alla valutazione a scala di bacino del valore medio di S , partendo dai singoli valori di S , a causa della relazione non lineare che intercorre tra S e CN .

Per definire i valori di CN di ogni area omogenea si è fatto ricorso al procedimento di valutazione proposto da Borselli (Borselli L., Busoni E., Torri D. Applicabilità del SCS Curve Number method: il fattore lambda per la stima del deflusso superficiale, CNR GNDCl, Linea 1, Rapporto 1989, 1992) che ha validato per la realtà italiana le metodiche statunitensi.

Tale procedimento prevede la stima di un indice geopedologico II calcolato come somma di due indici, il primo dei quali $II1$ dipendente dalle caratteristiche strutturali e di tessitura del suolo ed il secondo $II2$ dalla permeabilità degli orizzonti superiori del terreno; i valori caratteristici dei suddetti indici sono riportati nelle tabelle seguenti.

TESSITURA	STRUTTURA Forte, incoerente	STRUTTURA Moderata	STRUTTURA Debole, lamellare, massiva
Grossolana	1	2	3
Media	4	5	6
Fine	7	8	9

Tab. 7: -Valori caratteristici indice $II1$.

Permeabilità Orizzonte Superiore [cm/h]	Riduzione Permeabilità Orizzonte Inferiore	Profondità < 25.4 [cm]	Inizio 25.4 ÷ 51 [cm]	Riduzione 51 ÷ 102 [cm]	Permeabilità > 102 [cm]
>12	Piccola	-	-	-	
	Moderata	5 ÷ 7	3 ÷ 4	2 ÷ 3	1 ÷ 2
	Pronunciata	10	8 ÷ 10	4 ÷ 5	1 ÷ 3
6 ÷ 12	Piccola	-	-	-	5 ÷ 6
	Moderata	6 ÷ 8	4 ÷ 5	3 ÷ 4	5 ÷ 6
	Pronunciata	10	8 ÷ 10	5 ÷ 7	7 ÷ 8
2 ÷ 6	Piccola	-	-	-	5 ÷ 6
	Moderata	7 ÷ 8	6 ÷ 7	5 ÷ 6	5 ÷ 6
	Pronunciata	9 ÷ 10	8 ÷ 9	7 ÷ 8	7 ÷ 8
0.5 ÷ 2	Piccola	-	-	-	7 ÷ 8
	Moderata	8 ÷ 9	7 ÷ 8	5 ÷ 6	5 ÷ 6
	Pronunciata	9 ÷ 10	8 ÷ 9	7 ÷ 9	7 ÷ 8
< 0.5	Piccola	-	-	-	9 ÷ 10
	Moderata	9 ÷ 10	9 ÷ 10	9 ÷ 10	9 ÷ 10
	Pronunciata	-	-	-	-

Tab 8: Valori caratteristici indice $II2$.

Sulla base dei suddetti indici è possibile calcolare l'indice geopedologico $P = P_1 + P_2$ e suddividere in base ad esso i suoli nei quattro tipi idrologici come indicato nella seguente tabella 9.

A (0< Π <5)	B (6< Π <10)	C (11< Π <15)	D (16< Π <20)
Sabbie profonde, terriccio mamoso profondo, aggregati limosi e sabbiosi	Sabbie argillose, terriccio mamoso sottile	Argille sabbiose, suoli poveri di contenuti organici, suoli ricchi di componenti argillosi	Suoli con tendenza al rigonfiamento in presenza di umidità, argille plastiche, suoli salini

Tab. 9: Tipi idrologici di suolo e relativi valori dell'indice geopedologico $\Pi = \Pi 1 + \Pi 2$.

Le classi litologiche individuate nel comprensorio in studio, sulla base della specifica cartografia fornita dalla Provincia di La Spezia, vengono elencate nella seguente tabella 10, con l'indicazione del tipo idrologico di suolo SCS, ai sensi della precedente tabella 9.

Classi Litologiche	Tipo
Rocce argillose	D
Rocce calcaree e dolomitiche	B
Rocce arenacee	C
Rocce silicee	B
Rocce conglomeratiche e breccioidi	B
Rocce ofiolitiche	B
<i>Coperture detritiche</i>	A
Sedimenti fluviali, lacustri, marini	B
Rocce cristalline acide	D
Rocce metamorfiche	C
Alluvioni terrazzate	B
Sedimenti di origine carsica	A

Tab. 10: Attribuzione del tipo idrologico di suolo alle classi litologiche individuate nel comprensorio

Nelle seguenti tabelle 11, 12, 13 si rappresentano i valori di CN_{II} al variare delle tipologie di uso del territorio, di coltivazione e di copertura vegetale.

Valori del parametro CN (adimensionale): zone urbanizzate	Tipo idrologico di suolo			
	A	B	C	D
Tipologia di Uso del Territorio				
Terreni coltivati, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Terreni coltivati, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo in buone condizioni	39	61	74	80
Terreno da pascolo in cattive condizioni	69	79	86	89
Prati	30	58	71	78
Boschi in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50% ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72 %)	81	88	91	93
Zone commerciale e industriali (area impermeabile 85 %)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area impermeabile 65 %)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti fino da 500 a 1000 m ² (area impermeabile 38 %)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti fino da 1000 a 1500 m ² (area impermeabile 30 %) Zone	57	72	81	86
residenziali, lotti fino da 1500 a 2000 m ² (area impermeabile 25 %) Zone	54	70	80	85
residenziali, lotti fino da 2000 a 5000 m ² (area impermeabile 20 %) Zone	51	68	79	84
residenziali, lotti fino da 5000 a 10000 m ² (area impermeabile 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,.....	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Tab. 11: Valori caratteristici del parametro CN_{II} nelle zone urbanizzate.

Valori del parametro CN _{II} : <i>zone rurali</i>	Tipo idrologico di suolo			
	A	B	C	D
Tipologia di Coltivazione				
Maggese nudo o arato a <i>rittochino</i>	77	86	91	94
Maggese residuo (almeno il 5%) in cattive/buone condizioni	76/74	85/86	90/88	93/90
Filari **a <i>rittochino</i> in cattive/buone condizioni*	72/67	81/78	88/85	91/89
Filari **per <i>traverso</i> in cattive/buone condizioni*	70/65	79/75	84/82	88/86
Filari **per <i>traverso e terrazzati</i> in cattive/buone condizioni*	66/62	74/71	80/78	82/81
Cereali ***a <i>rittochino</i> in cattive/buone condizioni*	65/63	76/75	84/83	88/87
Cereali *** per <i>traverso</i> in cattive/buone condizioni*	63/61	74/73	82/81	85/84
Cereali *** per <i>traverso e terrazzati</i> in cattive/buone condizioni*	61/59	72/70	79/78	82/81
Leguminose o prato a rotazione a <i>rittochino</i> in cattive/buone condizioni*	66/58	77/72	85/81	89/85
Leguminose o prato a rotazione per <i>traverso</i> in cattive/buone condizioni*	64/55	75/69	83/78	85/83
Leguminose o prato a rotazione per <i>traverso e terrazzati</i> in cattive/buone condizioni*	63/51	73/67	80/76	83/80

Tab. 12: Valori caratteristici del parametro CN_{II} per le zone rurali.

* condizioni dettate da: a) densità del manto vegetale, b) durata annuale della copertura, c) tipologia di rotazione, d) percentuale copertura del terreno, e) grado di rugosità della superficie.

** mais, vigneti, arboreti.

*** grano, sorgo.

Valori del parametro CN _{II} : <i>zone collinari e montane</i>	Tipo idrologico di suolo			
	A	B	C	D
Copertura vegetale in zone umide				
Pascolo in cattive/discrete/buone condizioni *	68/49/39	79/69/61	86/79/74	89/84/80
Pascolo per <i>traverso</i> in cattive/discrete/buone condizioni *	47/25/6	67/59/35	81/75/70	88/83/79
Prato protetto dal pascolo e soggetto a fienagione	<30	58	71	78
Sterpaglia in cattive/discrete/buone condizioni **	48/35/30	67/56/48	77/70/65	83/77/73
Combinazione bosco (50%) e prato (50%) cattive/discr//buone/cond**	57/43/32	73/65/58	82/76/72	86/82/79
Bosco ceduo in cattive/discrete/buone condizioni***	45/36/25	66/60/55	77/73/70	83/79/77
<i>Bosco conifere</i> ^{NB}	56	75	86	91
Zone aride e semiaride				
Manto erboso in cattive/discrete/buone condizioni****		80/71/62	87/81/74	93/89/85
Macchia boschiva in cattive/discrete/buone condizioni****		66/48/30	74/57/41	79/63/48
Cespugli in cattive/discrete/buone condizioni****		75/58/41	85/73/61	89/80/71
Macchia arbustiva in cattive/discrete/buone condizioni****		67/51/35	80/63/47	85/70/55
Vegetazione desertica in cattive/discrete/buone condizioni****	63/55/49	77/72/68	85/81/79	88/86/84

Tab. 13: Valori caratteristici del parametro CN_{II} per le zone collinari e montane.

* cattive condizioni: copertura inferiore al 50% e elevato sfruttamento; discrete condizioni: copertura tra 50% e 75% e modesto sfruttamento; buone condizioni: copertura superiore al 75% e sfruttamento saltuario.

** cattive condizioni: copertura inferiore al 50%; discrete condizioni: copertura tra 50% e 75%; buone condizioni: copertura superiore al 75%.

*** cattive condizioni: sottobosco a elevato sfruttamento e distruzione per via degli incendi; discrete condizioni: sottobosco a sfruttamento ma al riparo degli incendi; buone condizioni: sottobosco protetto.

**** cattive condizioni: copertura inferiore al 30%; discrete condizioni: copertura tra 30% e 70%; buone condizioni: copertura superiore al 70%. NB: valori dedotti con la procedura US Forest Service sulla base della stima dello spessore dello strato vegetale in fermentazione e dell'humus.

Si deve rilevare che la classificazione del tipo idrologico del suolo e delle tipologie di uso del territorio, di coltivazione e di copertura vegetale di cui alla adottata procedura CN SCS non coincidono con la classificazione di cui alla carta di uso del suolo e della vegetazione redatta nel quadro delle presenti attività pianificatorie; a tal fine si è previsto il criterio di corrispondenza tra le due classificazioni riportato nelle tabelle seguenti con l'avvertenza che, non essendo la classifica introdotta nel presente studio di Piano specificatamente finalizzata alla descrizione a fini idrologici, in caso di attribuzione di una stessa classe a valori di sostanziale difformità idrologica, è stato condotto uno studio aggiuntivo per valutare i parametri mediamente rappresentativi delle classi a fini idrologici.

L'uso del suolo è stato censito nel corso delle presenti attività di studio secondo i codici CORINE e le classi identificate nei bacini in esame sono le seguenti:

Tematismo	Codice
Aree industriali e residenziali continue	1.1.1
Aree industriali e residenziali discontinue	1.1.2
Aree commerciali	1.2.1
Aree in costruzione	1.2.2
Cave e miniere	1.3.1
Aree sportive	1.4.2
Terreni arabili asciutti	2.1.1
Aree bagnate	2.1.3
Vigneti	2.2.1
Frutteti	2.2.2
Oliveti	2.2.3
Prati	2.3.1
Aree coltivate compresse	2.4.2
Aree agricole e naturali	2.4.3
Aree agroforestali	2.4.4
Boschi di latifoglie	3.1.1
Boschi di conifere	3.1.2
Boschi misti	3.1.3
Pascoli naturali	3.2.1
Brughiere	3.2.2
Vegetazione di sclerofile	3.2.3
Zone di transizione bosco arbusteto	3.2.4
Sabbie	3.3.1
Rocce nude	3.3.2
Aree a vegetazione scarsa	3.3.3
Corsi d'acqua	5.1.1

Tab. 14 -Tematismi e codice CORINE.

Nella seguente tabella 15 vengono legati i codici CORINE ai codici SCS per una opportuna scelta dei parametri idrologici (CN), che in linea generale possono identificarsi come segue:

Tipologia di Uso del Territorio	Classe SCS	Uso Suolo CORINE	Copertura Suolo
Terreni coltivati, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	1	2.1.1/2.1.2	
Terreni coltivati, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	2	2.1.1/2.1.2	
Terreno da pascolo in buone condizioni	3	3.2.1	
Terreno da pascolo in cattive condizioni	4	3.2.1	
Prati	5	2.3.1/1.4.1/1.4.2	
Boschi in presenza di copertura rada e senza sottobosco	6	3.1/2.2.3/2.4.4	BR
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	7	3.1	BB
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	8		
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50% ed il 75% dell'area	9		
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	10	1.4.2	
Zone industriali (area impermeabile 72 %)	11	1.2.1	
Zone commerciale e industriali (area impermeabile 85 %)	12	1.2.1	
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area impermeabile 65 %)	13	1.1.1	

Zone residenziali, lotti fino da 500 a 1000 m ² (area impermeabile 38 %)	14	1.1.1	
Zone residenziali, lotti fino da 1000 a 1500 m ² (area impermeabile 30 %)	15	1.1.1	
Zone residenziali, lotti fino da 1500 a 2000 m ² (area impermeabile 25 %)	16	1.1.2	
Zone residenziali, lotti fino da 2000 a 5000 m ² (area impermeabile 20 %)	17	1.1.2	
Zone residenziali, lotti fino da 5000 a 10000 m ² (area impermeabile 12%)	18	1.1.2	
Parcheggi, tetti, autostrade,.....	19	1.2.2	
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	20	1.2.2	
Strade con letto in ghiaia	21	1.2.2	
Strade battute in terra	22	1.2.2	

Tab. 15: Codici CORINE e codice SCS corrispondenti alla tipologia del suolo.

Tipologia di Coltivazione	Classe SCS	USO Suolo CORINE
Maggese nudo o arato a <i>rittochino</i> e Incolti	40	1.3.1/3.31/3.3.2 3.3.3/5.1.1
Maggese residuo (almeno il 5%) in cattive/buone condizioni	411/412	2.1.1/2.1.2
Filari a <i>rittochino</i> in cattive/buone condizioni*	421/422	2.2.1/2.2.2/2.2.3 /2.4.12.4.2/2.4.3
Filari <i>per traverso</i> in cattive/buone condizioni*	431/432	2.2.1/2.2.2/2.2.3/2.4.12 .4.2/2.4.3
Filari <i>per traverso e terrazzati</i> in cattive/buone condizioni*	441/442	2.2.1/2.2.2/2.2.32.4.1/2 .4.2/2.4.3
Cereali a <i>rittochino</i> in cattive/buone condizioni*	451/452	2.1.1
Cereali <i>per traverso</i> in cattive/buone condizioni*	461/462	2.1.1
Cereali <i>per traverso e terrazzati</i> in cattive/buone condizioni*	471/472	2.1.1
Leguminose o prato a rotazione a <i>rittochino</i> in cattive/buone condizioni*	481/482	2.3.1
Leguminose o prato a rotazione <i>per traverso</i> in cattive/buone condizioni*	491/492	2.3.1
Leguminose o prato a rotazione <i>per traverso e terrazzati</i> in cattive/buone condizioni*	501/502	2.3.1

Tab. 16: Codici CORINE e codice SCS corrispondenti alla tipologia di coltivazione.

Copertura vegetale in zone umide	Classe SCS	Uso Suolo CORINE	Copertura Suolo
Pascolo in cattive/discrete/buone condizioni *	601/2/3	3.2.1	
Pascolo per trasverso in cattive/discrete/buone condizioni *	611/2/3	3.2.1	
Prato protetto dal pascolo e soggetto a fienagione	62	2.3.1	
Sterpaglia in cattive/discrete/buone condizioni **	631/2/3	3.2.2	BR/BB
Combinazione bosco (50%) e prato (50%) cattive/buone/condizioni**	641/2/3	3.2.4	BR/BB
Bosco ceduo in cattive/discrete/buone condizioni***	651/2/3	3.1.1/3.1.3	BR/BB
<i>Bosco conifere</i>	661	3.1.2	
Zone aride e semiaride			
Manto erboso in cattive/discrete/buone condizioni****	801/2/3	2.3.1/3.2.1	BR/BB
Macchia boschiva in cattive/discrete/buone condizioni****	811/2/3	3.1.1/3.1.2/3.1.3	BR/BB
Cespugli in cattive/discrete/buone condizioni****	821/2/3	3.2.2/3.2.3/3.2.4	BR/BB
Macchia arbustiva in cattive/discrete/buone condizioni****	831/2/3	3.2.2/3.2.4	BR/BB
Vegetazione desertica in cattive/discrete/buone condizioni****	841/2/3		

Tab. 17: Codici CORINE e codice SCS corrispondenti alla copertura vegetale.

Sulla base di successivi approfondimenti sulle caratteristiche dei bacini in esame è stata infine stabilita la seguente correlazione tra i due codici CORINE e SCS, relativamente all'ambito di applicazione:

TEMATISMO	CODICE CORINE	CODICE SCS
Aree industriali e residenziali continue	1.1.1	18
Aree industriali e residenziali discontinue	1.1.2	15
Aree commerciali	1.2.1	11
Aree in costruzione	1.2.2	22
Cave e miniere	1.3.1	40
Aree sportive	1.4.2	10
Terreni arabili asciutti	2.1.1	471
Aree bagnate	2.1.3	8
Vigneti	2.2.1	431
Frutteti	2.2.2	442
Oliveti	2.2.3	442
Prati	2.3.1	5
Aree coltivate complesse	2.4.2	441
Aree agricole e naturali	2.4.3	431
Aree agroforestali	2.4.4	803
Boschi di latifoglie	3.1.1	651/2/32
Boschi di conifere	3.1.2	661/2/3
Boschi misti	3.1.3	651/2/3
Pascoli naturali	3.2.1	802
Brughiere	3.2.2	631
Vegetazione di sclerofile	3.2.3	821
Zone di transizione bosco arbusteto	3.2.4	831
Sabbie	3.3.1	40
Rocce nude	3.3.2	40
Aree a vegetazione scarsa	3.3.3	841
Corsi d'acqua	5.1.1	=

Tab. 18: - Correlazione tra codici CORINE e SCS.

Con riferimento all'uso del suolo dei principali bacini in studio, le prevalenti classi CORINE sono quelle rappresentate dalle coperture forestali di cui agli indici 311 312 e 313, che costituiscono il 60% delle aree coperte e sono riconducibili a varie classi SCS.

Poichè dalle considerazioni seguenti appare ovvia l'importanza di una migliore identificazione di queste coperture forestali ai fini della corretta attribuzione dei CN, è stata utilizzata anche la

ulteriore documentazione di cui alle carte della vegetazione redatte nel corso del presente studio, che sono pervenute alla disaggregazione delle tre suindicate classi CORINE in numerose subclassi il cui dettaglio emerge dalla tabella 19 seguente.

Descrizione	Sigla	CN attribuito *
Corpo idrico	A	100
Formazioni riparie a dominanza di ontano nero	Aln	36-60-73-79
Formazioni arboree degradate con copertura arbustiva ed alberi sparsi	Arb	58-67-80-85
Formazioni a dominanza di castagno	Ca	38-62-75-81
Formazioni a dominanza di pino d'Aleppo	Pa	52-71-82-87
Formazioni a dominanza di pino domestico	Pd	52-71-82-87
Formazioni a dominanza di pino marittimo	Pm	52-71-82-87
Formazioni a dominanza di pino marittimo recentemente bruciate del tutto o in parte	Pmb	56-75-86-91
Formazioni rade (densità 20-50%) a dominanza di pino marittimo	Pmr	54-73-84-89
Formazioni rade (densità 20-50%) a dominanza di pino marittimo recentemente bruciate		
Formazioni arboree di ripa miste con pioppi, salici, ontano nero e robinia	Psa	36-60-73-79
Formazioni a dominanza di cerro	Qc	36-60-73-79
Formazioni a dominanza di leccio	Qi	36-60-73-79
Formazioni a dominanza di roverella	Qp	36-60-73-79
Formazioni di sostituzione a dominanza di robinia	Ro	38-62-75-81
Formazioni a codominanza di castagno e pino marittimo	Ca/Pm	51-70-81-86
Formazioni a codominanza di castagno e pino marittimo recentemente bruciate	Ca/Pm/b	56-75-86-91
Formazione a codominanza di castagno e leccio	Ca/Qi	37-61-74-80
Formazione a codominanza di leccio e pino marittimo	Qi/Pm	49-68-79-84
Formazione a codominanza di leccio e roverella	Qi/Qp	36-60-73-79
Formazione a codominanza di leccio e sclerofile	Qi/scl	36-60-73-79
Formazione a codominanza di pino marittimo e sclerofile	Pm/scl	50-69-80-85
Formazione a codominanza di pino marittimo e latifoglie	Pm/lat	50-69-80-85
Formazione a codominanza di pino marittimo e leccio	Pm/Qi	50-69-80-85
Formazioni a codominanza di castagno leccio e pino marittimo	Ca/Pm/Qi	44-66-78-83

Tab. 19: Disaggregazione delle classi CORINE 311, 312, 313 in funzione della vegetazione.

- i quattro valori indicati si riferiscono nell'ordine ai quattro tipi di suolo A,B,C,D. Le formazioni boschive sono classificabili in linea generale nella tipologia SCS indicata come discreta condizione in quanto la copertura è sempre compresa tra il 30 e 70% (le formazioni diradate vengono esplicitamente riconosciute e censite con l'indice r).

Si sottolinea che i rilievi della carta della vegetazione sono antecedenti agli eventi di fuoco verificatisi in loco nell'agosto 1998, che sono stati oggetto di successiva indagine con acquisizione di dati rilevati e censiti presso il competente Ispettorato Ripartimentale Forestale della Spezia.

Nelle successive tabelle 20 e 21 sono sintetizzati i valori definitivi dei CN calcolati sulla base del tipo idrologico di suolo e della classe rappresentativa della copertura stessa.

Codice	Descrizione	CNII			
		A	B	C	D
111	Aree industriali e residenziali continue	46	65	77	82
112	Aree industriali e residenziali discontinue	57	72	81	86
121	Aree commerciali	81	88	-	93
122	Aree in costruzione	72	82	87	89
131	Cave e miniere	77	86	-	-
142	Aree sportive	68	79	86	89
211	Terreni arabili asciutti	61	72	79	82
213	Aree bagnate	-	61	-	80
221	Vigneti	70	79	84	88
222	Frutteti	62	71	-	81
223	Oliveti	62	71	78	81
231	Prati	30	58	71	78
242	Aree coltivate compresse	66	74	80	82
243	Aree agricole e naturali	70	79	84	88
244	Aree agroforestali	40	62	74	85
311	Boschi di latifoglie	36	60	73	79
312	Boschi di conifere	56	75	86	91
313	Boschi misti	45	66	77	83
321	Pascoli naturali	50	71	81	89
322	Brughiere	48	67	77	83
323	Vegetazione di sclerofile	-	-	85	89
324	Zone di transizione bosco arbusteto	58	67	80	85
331	Sabbie	-	86	-	-
332	Rocce nude	-	86	-	94
333	Aree a vegetazione scarsa	63	77	85	88
511	Corsi d'acqua	98	98	98	98

Tab 20: Valori del CNII in funzione dei codici CORINE applicabili ai bacini in studio.

Classe copertura	Descrizione	CNII			
		A	B	C	D
Arb	Formazioni arboree degradate con copertura arbustiva ed alberi sparsi	58	67	80	85
Ca	Formazioni a dominanza di castagno	-	62	-	-
Pa	Formazioni a dominanza di pino d'Aleppo				
Pm	Formazioni a dominanza di pino marittimo	52	71	82	87
Pmb	Formazioni a dominanza di pino marittimo recentemente bruciate del tutto o in parte	56	75	-	91
Pmr	Formazioni rade (densità 20-50%) a dominanza di pino marittimo	54	73	84	89
Pmr/b	Formazioni rade (densità 20-50%) a dominanza di pino marittimo recentemente bruciate	56	75	-	91
Ps a	Formazioni arboree di ripa miste con pioppi, salici, ontano nero e robinia	36	60	73	79
Qc	Formazioni a dominanza di cerro	-	60	-	-
Qi	Formazioni a dominanza di leccio	36	60	73	79
Ro	Formazioni di sostituzione a dominanza di robinia	38	62	-	81
Ca/Pm	Formazioni a codominanza di castagno e pino marittimo	51	70	81	86
Ca/Pm/b	Formazioni a codominanza di castagno e pino marittimo recentemente bruciate	-	75	-	-
Ca/Qi	Formazione a codominanza di castagno e leccio	37	61	-	80
Qi/Pm	Formazione a codominanza di leccio e pino marittimo	44	68	-	84
Qi/Qp	Formazione a codominanza di leccio e roverella	-	-	73	79
Qi/scl	Formazione a codominanza di leccio e sclerofile	36	60	73	-
Pm/scl	Formazione a codominanza di pino marittimo e sclerofile	-	69	80	85
Pm/lat	Formazione a codominanza di pino marittimo e latifoglie	50	69	-	85
Pm/Qi	Formazione a codominanza di pino marittimo e leccio	50	69	80	85
Ca/Pm/Qi	Formazioni a codominanza di castagno leccio e pino marittimo	44	66	78	83
Ip	Ex coltivi, incolti erbai e prati	80	80	80	80
Ca/Pm/Qi/b	Formazioni a codominanza di castagno leccio e pino marittimo bruciate recentemente	-	75	-	91
Pm/Qi/b	Formazione a codominanza di pino marittimo e leccio recentemente bruciate	-	75	-	91

Tab 21: Valori del CNII in funzione delle classi CORINE 311, 312, 313 disaggregate in funzione della vegetazione.

N° sezione	Bacino	Superficie [kmq]	S [mm]	CN _{II}	CN _{III}
1	Mulino 2	2.06	49	84	92
2	Mulino 3	1.89	79	79	90
3	Mulino	4.33	58	81	91
4	Fontana 2	4.57	69	79	90
5	Fontana	5.3	71	78	89
6	Ghiare 3	0.85	61	81	91
7	Ghiare 4	1.25	63	80	90
8	Ghiare 5	1.18	77	77	88
9	Ghiare 2-3-4	2.13	62	80	90
10	Ghiare 2-3-4-5-Ghiararo 3	3.94	68	79	90
11	Mulino-Ghiare-Fontana	13.57	66	79	90
12	Mulino-Ghiare-Ghiararo 3	8.27	63	80	90
13	Ghiararo	15.53	69	79	90
14	Cantarana	1.83	111	70	84
15	Cantarana 1-2	1.66	113	69	84
16	Cantarana 2	1.02	112	69	84
17	Redescascio	0.83	87	74	87
18	S. Giorgio	3.32	99	72	86
19	Gavazzo	0.12	132	66	82
20	Rossola	1.74	94	73	86
	Castagnola 1	2.91	80	76	88
	Castagnola 2	2.01	56	82	91
21	Castagnola 3	6.31	95	73	86
22	Castagnola 5	6.34	102	71	85
23	Castagnola 6	7.68	89	74	87
24	Cast. 5+Cast.6	14.02	95	73	86
25	Cast. 5+Cast.6+Cast.2	16.03	90	74	87
26	Cast. 5+Cast.6+Cast.2+Cast.3+Cast.4	22.34	91	74	87
27	Castagnola totale	25.25	90	74	87

Tab 22: Valori dei Curve Number alle varie sezioni di chiusura.

2.6.7 Il metodo geomorfoclimatico indiretto

Il metodo geomorfoclimatico utilizza, per la stima della portata indice in una data sezione, il valore atteso della pioggia massima annuale, assunta come pioggia indice.

La stima della portata indice viene condotta con il metodo cinematico adottando il valore in corrispondenza del tempo di equilibrio.

Per la valutazione della risposta del terreno alle sollecitazioni meteoriche si è fatto riferimento al metodo CN SCS, per cui, tenendo conto del fattore di attenuazione k^2 e ponendo il valore precipitato I pari al valore atteso della pioggia massima annuale media nella durata t , risulta che il volume specifico di ruscellamento P sia esprimibile come:

$$P_t = \frac{(k^2 \cdot E[H_t] - I_a)^2}{(k^2 \cdot E[H_t] - I_a + S)}$$

Poichè la portata indice corrisponde al valore di equilibrio che si instaura dopo un tempo $t_c = (t - t_a)$ (indicato anche come tempo di corrivazione o di concentrazione del bacino), la portata specifica di ruscellamento potrà essere indicata da:

$$q_t = \frac{P_t}{(t - t_a)}$$

E quindi la portata indice Q_i , indicando con A l'ampiezza del bacino sotteso alla sezione considerata, sarà:

$$Q_i = \frac{A \cdot P_t}{(t - t_a)}$$

Da determinare al tempo t pari, come detto, alla somma dei tempi di corrivazione t_c e del tempo di rifiuto iniziale t_a ; poichè peraltro il tempo di rifiuto iniziale t_a può essere espresso come:

$$t_a = \frac{I_a \cdot t}{k^2 \cdot E[H_t]}$$

la durata t per la determinazione della pioggia indice vale pertanto

$$t = t_c + t_a = t_c + \frac{I_a \cdot t}{k^2 \cdot E[H_t]}$$

che viene risolta con l'iterazione Newton-Raphson.

Per la valutazione del tempo di corrivazione t_c si utilizza la seguente relazione (Giandotti):

$$t_c = \frac{(4A^{0.5} + 1.5 \cdot L)}{(0.8(H_m - H_0)^{0.5})}$$

dove con A [kmq] si indica la superficie del bacino, con L [km] la lunghezza dell'asta principale, con H_m [m s.l.m.] la quota media del bacino e con H_0 [m s.l.m.] la quota del bacino alla sezione di chiusura. In tabella 23 si riporta il tempo di corrivazione calcolato alle varie sezioni di chiusura.

N° sezion e	Bacino	Superficie bacino S [kmq]	Lunghezz a asta princ. L [km] [km]	Quota media bac. Hm [m s.l.m.]	Quota sez. di chiusura H ₀ [m s.l.m.]	tempo di corrivazio ne tc [ore]
1	Mulino 2	2.06	4.2	280	48	0.77
2	Mulino 3	1.89	2.1	305	49	0.78
3	Mulino	4.33	3.5	273	14	1.05
4	Fontana 2	4.57	2.7	244	21	1.05
5	Fontana	5.30	3.5	223	9	1.24
6	Ghiare 3	0.85	1.4	296	41	0.45
7	Ghiare 4	1.25	1.6	385	41	0.46
8	Ghare 5	1.18	2.0	347	49	0.53
9	Ghiare 2-3-4	2.13	2.1	346	30	0.63
10	Ghiare 2-3-4-5-Ghiararo 3	3.94	3.2	303	10	0.93
11	Mulino-Ghiare-Fontana	13.57	3.8	271	9	1.58
12	Mulino-Ghiare-Ghiararo 3	8.27	3.5	305	10	1.22
13	Ghiararo	15.53	5.0	246	0	1.86
14	Cantarana	1.83	2.5	217	0	0.78
15	Cantarana 1-2	1.66	2.2	229	11	0.71
16	Cantarana 2	1.02			15	
17	Redescascio	0.83			10	
18	S. Giorgio	3.32	3.9	431	0	0.79
19	Gavazzo	0.12	0.5	75	0	0.31
20	Rossola	1.74	2.7	371	0	0.60
	Castagnola 1	2.91	2.1	166	0	0.97
	Castagnola 2	2.01	3.8	150	21	1.25
21	Castagnola 3	6.31	4.3	340	30	1.17
22	Castagnola 5	6.34	4.5	389	40	1.13
23	Castagnola 6	7.68	4.4	388	40	1.18
25	Cast. 5+Cast.6	14.02	4.5	388	40	1.45
26	Cast. 5+Cast.6+Cast.2	16.03	6.1	359	21	1.71
27	Cast. 5+	22.34	6.1	354	21	1.92
	Cast.6+Cast.2+Cast.3+Cas t.4					
27	Castagnola totale	25.25	7.8	332	0	2.18

Tab. 23: Tempi di corrivazione alle varie sezioni di chiusura del bacino.

Una volta determinata la portata indice, le portate di massima piena per i voluti tempi di ritorno vengono determinate con l'ausilio della curva di crescita regionale relativa alla Liguria tirrenica, zona a comportamento omogeneo ai fini dell'analisi di frequenza delle piene come di recente autorevolmente dimostrato².

Per determinare le curve di crescita secondo la citata pubblicazione è stata presa in considerazione la legge probabilistica GEV rinormalizzata con stima dei momenti pesati in probabilità in quanto questa legge sembra meglio interpretare i comportamenti osservati per tempi di ritorno $T > 100$ anni.

In base alla citata pubblicazione la variabile normalizzata Q_T/Q_i che descrive la curva di crescita delle portate attese al colmo per un dato tempo di ritorno T in funzione della portata indice secondo la legge GEV può essere espressa come:

$$\frac{Q_T}{Q_i} = \xi + \alpha(1 - e^{-ky})$$

dove y indica la variabile ridotta di Gumbel e ξ , α e k sono i parametri della distribuzione GEV; la variabile ridotta di Gumbel, essendo funzione del tempo di ritorno T può essere espressa come segue:

$$y = y_T = -\ln\left[\ln\frac{T}{T-1}\right]$$

I valori determinati per i paragrafi sono i seguenti:

$$\xi = 0.619$$

$$\alpha = 0.369$$

$$k = -0.319$$

L'utilizzazione del metodo geomorfoclimatico con stima indiretta della portata indice appare degno di considerazione, per la metodologia ampiamente validata, per la relativa semplicità delle elaborazioni e per la generale cautelatività delle stime in tab 24 si riportano le portate di massima piena prevedibili con l'applicazione del modello geomorfoclimatico.

² vedi A. Brath, C. De Michele, G. Galeati, R. Rosso "Una metodologia per l'identificazione di regioni omogenee nel regime di piena" L'ACQUA 01/1998

Piano di Bacino Ambito 18 – Ghiararo – Relazione Generale e Piano degli Interventi

N° sezione	Bacino	Superficie bacino S [kmq]	Coeff. attenuaz. k'	Tempo di pioggia indice t [ore]	Valore att. di pioggia E[H ₁] [mm]	Portata indice Q _i [mc/s]	Portate per assegnati periodi di ritorno [mc/s]							
							5 anni	10 anni	20 anni	30 anni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni
1	Mulino 2	2.06	0.944	0.8	35.29	12.55	17	23	31	36	44	56	72	99
2	Mulino 3	1.89	0.944	0.75	34.43	10.16	13	19	25	29	35	46	58	80
3	Mulino	4.33	0.940	1.2	41.36	22.29	30	41	55	64	78	100	128	175
4	Fontana 2	4.57	0.939	1.2	40.83	20.36	27	37	50	58	71	91	117	160
5	Fontana	5.3	0.941	1.45	44.11	22.74	30	42	56	65	79	102	130	179
6	Ghiare 3	0.85	0.950	0.52	29.59	5.55	7	10	14	16	19	25	32	44
7	Ghiare 4	1.25	0.944	0.54	30.04	7.92	11	15	19	23	28	35	45	62
8	Ghare 5	1.18	0.949	0.63	31.76	6.02	8	11	15	17	21	27	34	47
9	Ghiare 2-3-4	2.13	0.942	0.75	34.21	12.7	17	23	31	36	44	57	73	100
10	Ghiare 2-3-4-5-Ghiararo 3	3.94	0.940	1.1	39.67	19.22	26	35	47	55	67	86	110	151
11	Mulino-Ghiare-Fontana	13.57	0.925	1.8	48.15	54.59	73	100	134	157	190	245	313	429
12	Mulino-Ghiare-Ghiararo 3	8.27	0.930	1.4	43.75	37.95	50	70	93	109	132	170	217	298
13	Ghiararo	15.53	0.927	2.13	51.37	56.55	75	104	138	162	197	253	324	444
14	Cantarana	1.83	0.953	1.05	39.24	6.68	9	12	16	19	23	30	38	53
15	Cantarana 1-2	1.66	0.953	0.97	37.99	6.07	8	11	15	17	21	27	35	48
16	Cantarana 2	1.02												
17	Redecascio	0.83												
18	S. Giorgio	3.32	0.941	1.03	1.03	13.07	17	24	32	37	45	59	75	103
19	Gavazzo	0.12	0.975	0.51	29.59	0.44	1	1	1	1	2	2	3	3
20	Rossola	1.74	0.947	0.79	35.14	7.76	10	14	19	22	27	35	44	61
	Castagnola 1	2.91	0.947	1.18	41.47	13.02	17	24	32	37	45	58	75	102
	Castagnola 2	2.01	0.957	1.41	44.46	10.26	14	19	25	29	36	46	59	81
21	Castagnola 3	6.31	0.937	1.45	44.96	22.97	31	42	56	66	80	103	132	181
22	Castagnola 5	6.34	0.937	1.43	44.48	22.02	29	40	54	63	77	99	126	173
23	Castagnola 6	7.68	0.932	1.45	44.58	28.83	38	53	71	83	100	129	165	227
24	Cast. 5+Cast.6	14.02	0.924	1.77	48.32	46.13	61	85	113	132	160	207	264	363
25	Cast. 5+Cast.6+Cast.2	16.03	0.925	2.05	51.12	52.01	69	95	127	149	181	233	298	409
26	Cast. 5+Cast.6+Cast.2+Cast.3+Cast.4	22.34	0.920	2.29	53.46	68.31	91	125	167	196	238	306	391	537
27	Castagnola totale	25.25	0.921	2.57	55.98	74.86	99	137	183	215	260	335	429	588

Tab. 24 Valori di portata calcolati con il modello geomorfoclimatico.

2.6.8 Cascata di invasi lineari

Come noto il funzionamento di un serbatoio lineare è descritto da una relazione che lega il volume immagazzinato $W(t)$ alla portata effluente $q(t)$ secondo una legge di proporzionalità e cioè, indicando con k la costante di immagazzinamento:

$$q(t) = \frac{W(t)}{k}$$

e quindi indicando con $p(t)$ gli afflussi al serbatoio ed essendo:

$$p(t) - q(t) = \frac{dW}{dt}$$

$$p(t) = (1 + k \cdot D_t) \cdot q(t)$$

con D_t operatore di derivazione d/dt

La risposta impulsiva o IUH è data dalla pdf esponenziale:

$$u(t) = k^{-1} \cdot e^{(-t/k)}$$

In caso di una successione di n invasi le equazioni suddette valgono:

$$p(t) = (1 + k \cdot D_t) \cdot n \cdot q(t)$$

$$u(t) = \left[\frac{1}{k \cdot (n-1)!} \right] \cdot \left(\frac{t}{k} \right)^{n-1} \cdot e^{(-t/k)}$$

Sulla base di studi condotti da R. Rosso i parametri k e n possono essere determinati, per bacini puramente erosivi e caratterizzati da unità geomorfologica, in base ai rapporti definiti da Horton e, per quanto attiene il parametro di scala k , anche in base alla velocità media della corrente lungo la rete³.

Con riferimento alla procedura di Strahler per la gerarchizzazione del reticolo, secondo la quale vengono classificati di primo ordine i tronchi che iniziano con una sorgente, due confluenti dello stesso ordine u formano un emissario di ordine $u+1$ (se i confluenti hanno ordine diverso l'emissario mantiene l'ordine del più elevato confluyente) sono stati individuati i seguenti parametri:

N_u = numero di aste di ordine u ;

L_u = lunghezza totale delle aste di ordine u ;

A_u = Area totale di pertinenza delle aste di ordine u ;

$L_u^* = L_u/N_u$ = lunghezza media delle aste di ordine u ;

$L_{cu}^* = \sum L_i^*$ = lunghezza media cumulata;

A_u^* = area media;

$R_b = N_u/N_{u+1}$ = rapporto di biforcazione⁴

³ Water Resource Research, Vol.20, 7, pagg. 914-920, 1984

⁴ Secondo la prima legge di Horton il numero di aste di ordine successivamente minore tende a formare una serie geometrica che inizia con una sola asta dell'ordine più elevato e cresce secondo un fattore di moltiplicazione uguale al rapporto di biforcazione

$R_L = L_u^*/L_{u-1}^* =$ rapporto di lunghezza⁵

$R_A = A_u^*/A_{u-1}^* =$ rapporto di area⁶

I valori di tali rapporti tendono ad una sostanziale costanza per bacini omogenei e sono stati assegnati effettuando la migliore possibile approssimazione delle prime tre leggi hortoniane; le aree sottese dalle aste superiore al primo vengono calcolate in base alla quarta legge di Horton secondo la quale è possibile correlare l'area A_u del generico sottobacino di ordine u con la lunghezza media cumulata delle corrispondenti aste secondo la relazione:

$$A_u = a \cdot L_{cu}^{*b}$$

dove a e b sono due parametri determinabili misurando le aree relative alle aste del primo e dell'ultimo ordine e le correlative lunghezze medie cumulate e disponendo poi i dati in un diagramma bilogarithmico dal quale si ricavano i parametri cercati.

Premesso quanto sopra i parametri n e K vengono individuati, per ogni bacino, dalle seguenti relazioni:

$$n = 3.29 \left(\frac{R_b}{R_a} \right)^{0.78} \cdot R_L^{0.07}$$

$$k = 0.70 \left(\frac{R_A}{R_b \cdot R_L} \right)^{0.48} v^{-1} \cdot L$$

oppure $k = 0.5 t_c / (n - 1)$

Con v = velocità di trasferimento lungo i versanti e le aste del bacino e t_c tempo di corrivazione secondo Giandotti.

In tabella 24 si riportano le portate di massima piena prevedibile con l'applicazione del modello degli invasi lineari.

2.6.9 Portate di progetto

La valutazione delle portate di progetto è stata fatta confrontando i valori calcolati con il modello geomorfoclimatico (tabella 24) e con il metodo di Nash (tabella 25), assumendo sempre a scopo cautelativo, per ogni sezione e per ogni periodo di ritorno, il maggiore valore disponibile.

In tabella 26 si riporta il quadro riassuntivo delle portate assunte per le successive verifiche idrauliche con l'indicazione dei contributi di piena per kmq di superficie.

⁵ In accordo con la seconda legge di Horton le lunghezze medie cumulate delle aste di ordine successivo tendono a formare una serie geometrica che inizia con la lunghezza media cumulata delle aste del primo ordine e cresce secondo un fattore di moltiplicazione uguale al rapporto di lunghezza.

⁶ Secondo la terza legge di Horton le aree medie dei bacini di ordine successivo tendono a formare una serie geometrica che inizia con l'area media dei bacini di primo ordine e cresce secondo un fattore di moltiplicazione costante pari al rapporto di area.

Piano di Bacino Ambito 18 – Ghiararo – Relazione Generale e Piano degli Interventi

N° sezione	Bacino	Superficie bacino S [kmq]	Rapporto di biforcazione R _b	Rapporto di area R _A	Rapporto di lunghezza R _L	K	n	Portate per assegnati periodi di ritorno [mc/s]							
								5 anni	10 anni	20 anni	30 anni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni
1	Mulino 2	2.06	5.75	7.12	3.28	0.19	3.03	24	30	35	39	44	51	58	67
2	Mulino 3	1.89	2.97	3.55	1.93	0.17	3.00	22	28	33	37	41	48	52	64
3	Mulino	4.33	3.82	4.72	2.34	0.27	2.96	44	54	65	71	80	93	106	123
4	Fontana 2	4.57	3.42	4.28	2.01	0.28	2.90	42	52	63	70	79	92	105	122
5	Fontana	5.30	3.50	4.39	2.12	0.33	2.90	46	57	69	76	86	100	114	134
6	Ghiare 3	0.85	3.33	4.78	2.41	0.14	2.64	8	10	12	13	15	17	19	23
7	Ghiare 4	1.25	2.08	4.23	2.44	0.23	2.01	15	19	22	25	28	32	37	43
8	Ghiare 5	1.18	2.43	3.19	1.91	0.15	2.79	15	18	22	24	27	32	36	42
9	Ghiare 2-3-4	2.13	2.68	4.08	2.13	0.21	2.50	26	31	38	42	47	54	62	72
10	Ghiare 2-3-4-5-Ghiararo 3	3.94	2.56	3.33	1.92	0.26	2.80	40	49	59	66	74	86	98	115
11	Mulino-Ghiare-Fontana	13.57	3.43	4.09	1.95	0.39	3.01	103	128	154	171	192	223	255	299
12	Mulino-Ghiare-Ghiararo 3	8.27	3.13	3.80	1.95	0.31	2.97	67	83	101	111	125	146	167	195
13	Ghiararo	15.53	3.49	4.26	2.08	0.47	2.96	106	131	158	175	198	230	263	308
14	Cantarana	1.83	4.75	7.94	3.46	0.28	2.40	17	21	26	29	33	39	45	53
15	Cantarana 1-2	1.66	4.63	7.51	3.41	0.24	2.46	16	20	25	28	32	37	43	51
16	Cantarana 2	1.02													
17	Redecascio	0.83													
18	S. Giorgio	3.32	4.58	6.35	2.98	0.23	2.75	33	43	51	56	64	75	86	101
19	Gavazzo	0.12													
20	Rossola	1.74	4.50	6.92	3.85	0.19	2.58	20	25	30	34	38	45	51	61
	Castagnola 1	2.91	4.58	6.44	2.40	0.21	2.68								
	Castagnola 2	2.01	4.75	6.26	2.86	0.17	2.85								
21	Castagnola 3	6.31	3.94	4.36	2.31	0.23	3.22								
22	Castagnola 5	6.34	3.46	4.97	2.42	0.33	2.64								
23	Castagnola 6	7.68	3.64	4.57	2.23	0.29	2.91								
24	Cast.5+Cast.6	14.02													
25	Cast.5+Cast.6+Cast.2	16.03													
26	Cast.5+Cast.6+Cast.2+Cast.3+Cast.4	22.34													
27	Castagnola totale	25.25	3.65	4.28	2.13	0.53	3.06	146	184	225	251	284	333	382	450

Tab. 25: Valori di portata calcolati con il modello degli invasi lineari (Nash).

Piano di Bacino Ambito 18 – Ghiararo – Relazione Generale e Piano degli Interventi

N° sezione	Bacino	Superficie bacino S [kmq]	Portate per assegnati periodi di ritorno [mc/s]								Contributi di piena per kmq di bacino [kmq]							
			5 anni	10 anni	20 anni	30 anni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni	5 anni	10 anni	20 anni	30 anni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni
1	Mulino 2	2.06	24	30	35	39	44	56	72	99	11.7	14.6	17.0	18.9	21.4	27.2	35.0	48.1
2	Mulino 3	1.89	22	28	33	37	41	48	58	80	11.6	14.8	17.5	19.6	21.7	25.4	30.7	42.3
3	Mulino	4.33	44	54	65	71	80	100	128	175	10.2	12.5	15.0	16.4	18.5	23.1	29.6	40.4
4	Fontana 2	4.57	42	52	63	70	79	92	117	160	9.2	11.4	13.8	15.3	17.3	20.1	25.6	35.0
5	Fontana	5.30	46	57	69	76	86	102	130	179	8.7	10.8	13.0	14.3	16.2	19.2	24.5	33.8
6	Ghiare 3	0.85	8	10	14	16	19	25	32	44	9.4	11.8	16.5	18.8	22.4	29.4	37.6	51.8
7	Ghiare 4	1.25	15	19	22	25	28	35	45	62	12.0	15.2	17.6	20.0	22.4	28.0	36.0	49.6
8	Ghiare 5	1.18	15	18	22	24	27	32	36	47	12.7	15.3	18.6	20.3	22.9	27.1	30.5	39.8
9	Ghiare 2-3-4	2.13	26	31	38	42	47	57	73	100	12.2	14.6	17.8	19.7	22.1	26.8	34.3	46.9
10	Ghiare 2-3-4-5-Ghiararo 3	3.94	40	49	59	66	74	86	110	151	10.2	12.4	15.0	16.8	18.8	21.8	27.9	38.3
11	Mulino-Ghiare-Fontana	13.57	103	128	154	171	192	245	313	429	7.6	9.4	11.3	12.6	14.1	18.1	23.1	31.6
12	Mulino-Ghiare-Ghiararo 3	8.27	67	83	101	111	132	170	217	298	8.1	10.0	12.2	13.4	16.0	20.6	26.2	36.0
13	Ghiararo	15.53	106	131	158	175	198	253	324	444	6.8	8.4	10.2	11.3	12.7	16.3	20.9	28.6
14	Cantarana	1.83	17	21	26	29	33	39	45	53	9.3	11.5	14.2	15.8	18.0	21.3	24.6	29.0
15	Cantarana 1-2	1.66	16	20	25	28	32	37	43	51	9.6	12.0	15.1	16.9	19.3	22.3	25.9	30.7
16	Cantarana 2	1.02																
17	Redecascio	0.83																
18	S. Giorgio	3.32	33	43	51	56	64	75	86	103	9.9	13.0	15.4	16.9	19.3	22.6	25.9	31.0
19	Gavazzo	0.12																
20	Rossola	1.74	20	25	30	34	38	45	51	61	11.5	14.4	17.2	19.5	21.8	25.9	29.3	35.1
	Castagnola 1	2.91																
	Castagnola 2	2.01																
21	Castagnola 3	6.31																
22	Castagnola 5	6.34																
23	Castagnola 6	7.68																
24	Cast.5+Cast.6	14.02																
25	Cast.5+Cast.6+Cast.2	16.03																
26	Cast.5+Cast.6+Cast.2+Cast.3+Cast.4	22.34																
27	Castagnola totale	25.25	146	184	225	251	284	335	428	587	5.8	7.3	8.9	9.9	11.2	13.3	17.0	23.2

Tab.26 Valori di portata assunti per le verifiche idrauliche e contributi di piena per Km² di bacino.

3. PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

3.1 Problematiche di tipo geomorfologico (susceptività al dissesto dei versanti)

Premessa

Lo studio della susceptività al dissesto del territorio interessato dal piano di bacino del T. Ghiararo (Ambito 18) è stato eseguito mediante l'applicazione del "metodo speditivo per la costruzione di mappe della stabilità naturale" basato sulla stima quali-quantitativa di acclività, litologia, vegetazione, antropizzazione e clima) sviluppato da (Piccione V, Guerrini A., Aiello M., Catalbiano F., Ficicchia F., Marinucci C., Salemi L.) e derivato dal progetto strategico -CNR "clima ed ambiente dell'area mediterranea", parzialmente modificato per la trasposizione degli algoritmi in ambiente di applicazione Matlab; tale scelta, nata nel corso dei lavori, deriva dalla necessità di adeguarsi ad un sistema già utilizzato dall'Amministrazione Provinciale della Spezia nell'ambito del PTC, in modo tale da permettere un agile confronto tra i dati derivanti da lavori analoghi, anche condotti a scale differenti e l'affinamento sul territorio della Provincia di La Spezia di una metodologia riconosciuta e validata da numerosi autori.

Il Problema della Instabilità dei Versanti

Lo studio degli aspetti inerenti la stabilità dei versanti è stato condotto analizzando i principali parametri che concorrono a questo fattore, prendendo in considerazione caratteristiche non solo di carattere geolitologico (litologia, giacitura, stato della roccia, acclività) ma anche fitoclimatico (copertura e stratificazione vegetale), climatico (precipitazioni intense) ed antropico (grado di antropizzazione), adottando, il "Metodo Speditivo Per La Costruzione Di Mappe Della Stabilità Naturale" proposto dalla collana del progetto strategico "clima ed ambiente nell'area mediterranea del consiglio nazionale delle ricerche" (autori : Piccione V., Guerrini A., Aiello M., Catalbiano F., Ficicchia F., Marinucci C., Salemi L.).

Secondo gli autori di tale metodologia il fenomeno d'instabilità dei versanti è influenzato da più fattori e cioè:

- caratteristiche della roccia;
- clima;
- vegetazione;
- azione dell'uomo;
- acclività;
- morfologia;
- precipitazioni intense.

Gli studi su tale problematica ricercano le leggi che guidano il fenomeno, al fine di prevederne il comportamento, e si basano sulla messa a punto di modelli (qualitativi, matematici o misti) che consentano, sulla base dei dati provenienti da processi in atto, di generalizzare il risultato rendendolo applicabile su qualunque area e riuscendo a tematizzarlo su base cartografica.

A questo scopo in Italia e all'estero numerosi studiosi sono impegnati nel censimento delle

frane tramite schede predisposte per il trattamento automatico (es. Fiche Questionnaire del B.R.G.M.) che constano di due parti: caratteristiche dell'area interessata dal dissesto, descrizione del fenomeno e delle condizioni idroclimatiche.

Generalità sulle Metodologie

Negli ultimi anni in Italia sono stati implementati numerosi metodi per l'elaborazione di carte di stabilità, che presentano approcci tecnici quanto mai disparati e quasi sempre affetti da limitazioni di varie tipologie.

Non essendo possibile proporre in questa sede una disamina dei modelli, peraltro desumibile da pubblicazioni specializzate, ci limitiamo a descrivere il metodo da noi utilizzato.

Il metodo utilizzato

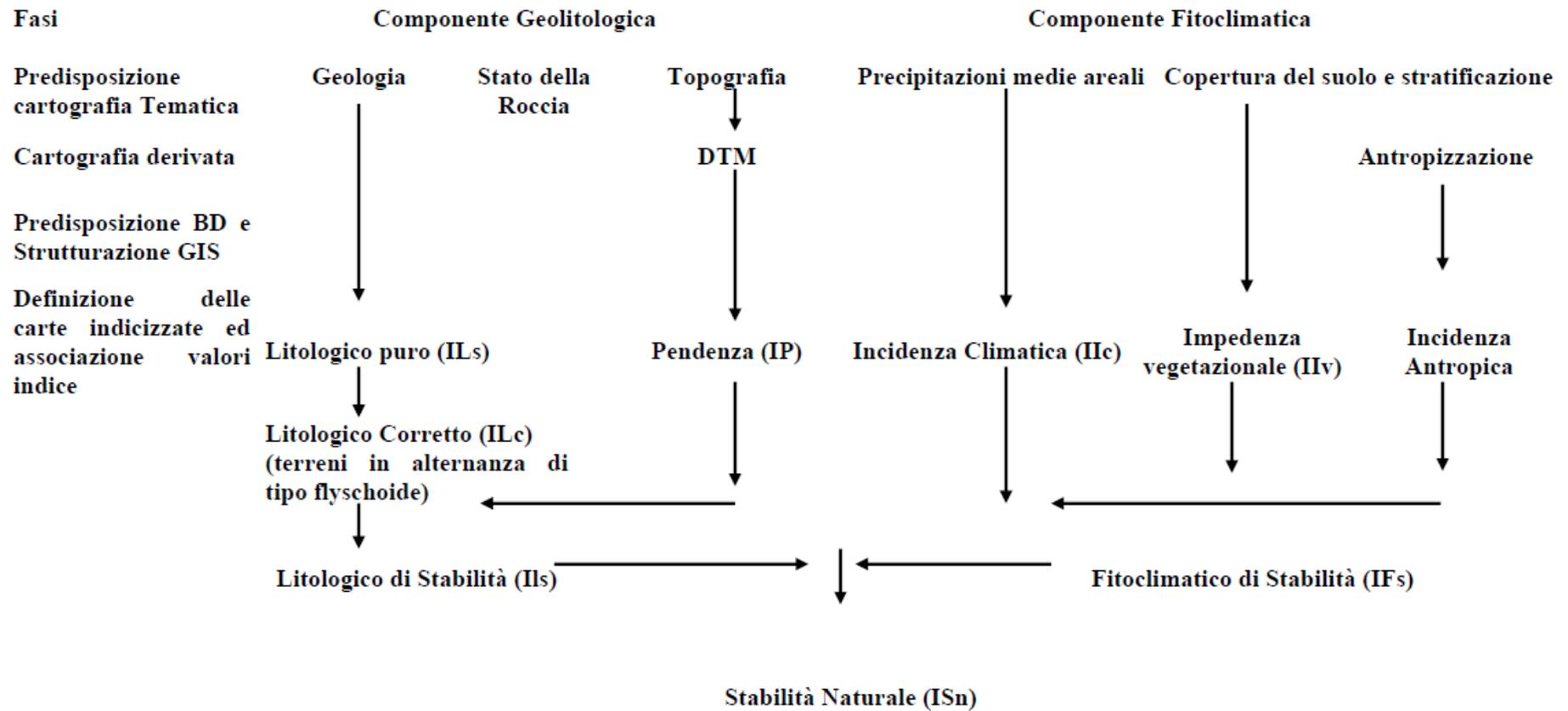
Il metodo per l'elaborazione della carta della stabilità naturale rientra tra le metodologie quali - quantitative, cercando di superare l'arbitrarietà di altri metodi attraverso procedure di calcolo statistico e matematico, al fine di rendere trasparente e ripercorribile il metodo in momenti differenti e da tecnici differenti.

Il modello utilizzato consente di stimare la stabilità naturale di un'area superando le difficoltà derivanti da input di difficile acquisizione, grazie alla scelta di parametri di agevole reperibilità e gestibilità; nel progetto in questione inoltre, la mole di dati rilevati in campo (richiesti dalle specifiche tecniche Regionali, riferite alla redazione della carta geolitologica e della geomorfologia), ha contribuito alla stesura dei documenti di base che intervengono nella elaborazione del modello stesso, permettendo una verifica puntuale dei fenomeni in atto.

Tale modello trova una corretta applicazione in studi con scala da 1:10.000 ad 1:100.000, fermo restando che tipo e quantità di dati devono essere congruenti con il dettaglio cercato.

L'elaborato cartografico prodotto in applicazione del metodo e cioè la carta della stabilità naturale, trova un naturale utilizzo nel campo tecnico-applicativo come documento a carattere generale soprattutto per la pianificazione territoriale.

SCHEMA DI FLUSSO DEL MODELLO



Schematizzazione metodologica e cartografica

La metodologia, seguendo il diagramma di flusso della tavola precedente, procede secondo le seguenti tappe:

- costruzione di carta tematica;
- estrazione di carta derivata;
- traduzione in carta numerica - predisposizione Banca Dati in apposito GIS;
- elaborazione e costruzione di carta fattoriale.

Le carte tematiche utilizzate sono:

1. carta Geologica;
2. carta dello Stato della Roccia;
3. carta Topografica;
4. carta delle Precipitazioni Medie Areali;
5. carta della Vegetazione;
6. carta Geomorfologica.

Le carte derivate sono mappe digitalizzate che, sulla base di apposite classificazioni ed attraverso opportune formule, esprimono il grado di propensione all'instabilità di porzioni omogenee di territorio. Le carte fattoriali (di sintesi) sono due e più precisamente la carta dell'Indice litologico di stabilità e la carta dell'indice fitoclimatico di stabilità.

Alla costruzione della prima concorrono le carte tematiche 1), 2) e 3), alla seconda la 4) e la 5); la carta geomorfologica viene utilizzata a posteriori al fine della taratura del modello.

La Carta dell'indice litologico di stabilità

La carta dell'indice litologico di stabilità, che esprime la potenzialità a franare di un ammasso roccioso, si ottiene attraverso una sequenza di codifiche e calcoli discretizzabili in 4 momenti:

Carta Geologica Codificata

Consiste nel tradurre una tradizionale Carta Geologica in Carta dei tipi e sottotipi di Roccia desunti da classificazioni appositamente elaborate sulla base dell'attitudine a franare dei litotipi.

Carta dell'Indice Litologico Puro

Assegna un indice (peso) ad ogni classe e sottoclasse di roccia. Se esistono terreni in alternanza il modello prevede un Indice Litologico Puro dell'Alternanza.

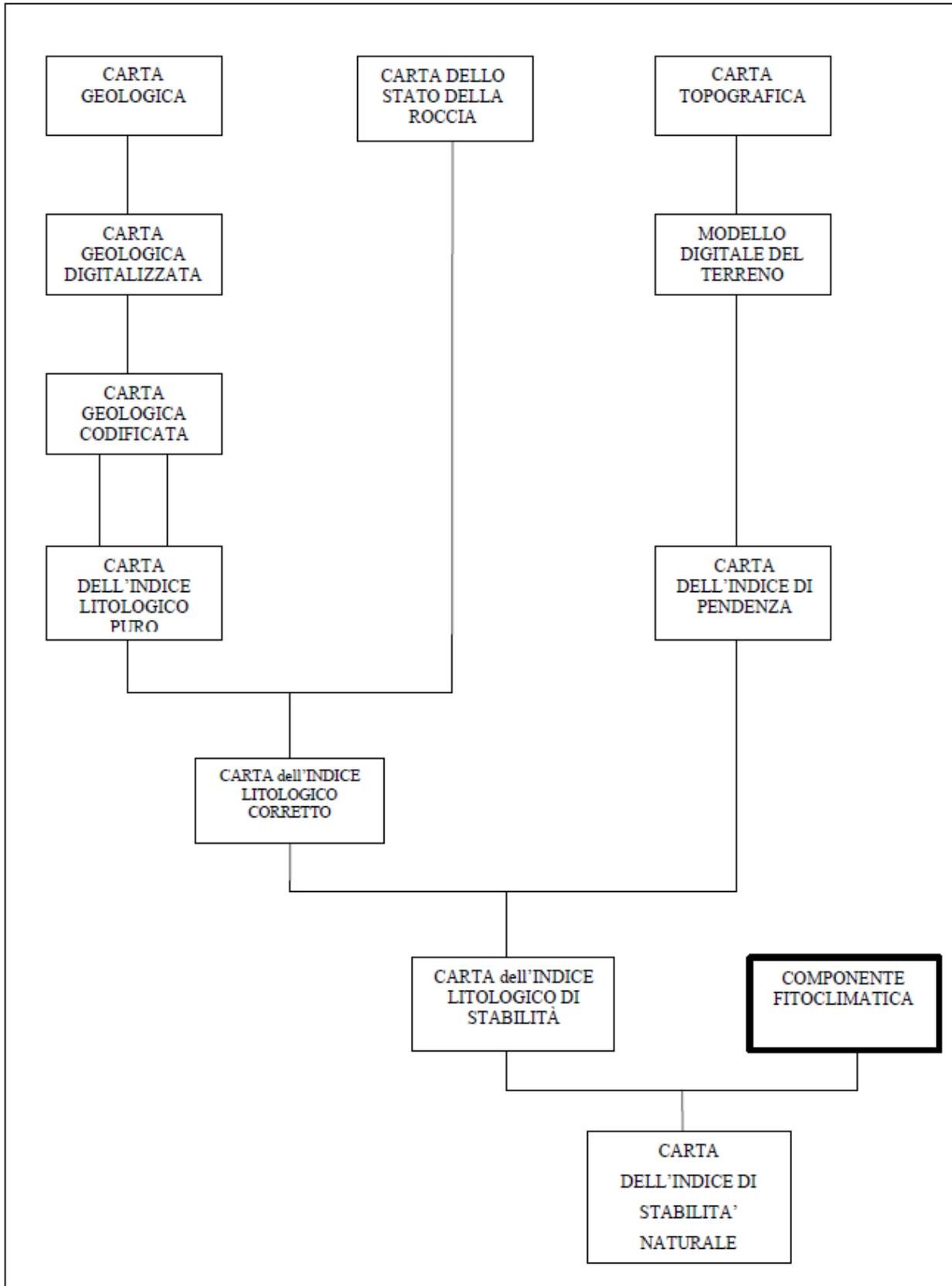
Carta dell'indice Litologico Corretto

Corregge l'Indice Litologico Puro sulla base della Carta dello Stato della Roccia (coacervo dei Gradi di: Integrità a, Discontinuità b, Allentamento c, Alterazione d e Fratturazione e).

Carta dell'indice Litologico di Stabilità (Ils)

Come schematizzato nel diagramma di flusso della pagina seguente la Carta dell'Indice Litologico di Stabilità compendia l'Indice Litologico Corretto con l'Indice di Pendenza.

Diagramma di flusso della componente geolitologica.



La carta dell'indice Fitoclimatico di stabilità (IFs)

La Carta dell'Indice Fitoclimatico di Stabilità, che esprime il contributo del clima e della vegetazione alla valutazione della stabilità naturale, si ottiene attraverso una sequenza di codifiche e calcoli discretizzabili in tre momenti:

Carta dell'Indice di Incidenza Climatica

Documenta il grado di intensità e durata della pioggia, computato in 5 gg. consecutivi, partendo dal principio che la lunghezza di un simile intervallo predispongono al dilavamento del terreno che si verifica allorquando viene superata la capacità di campo.

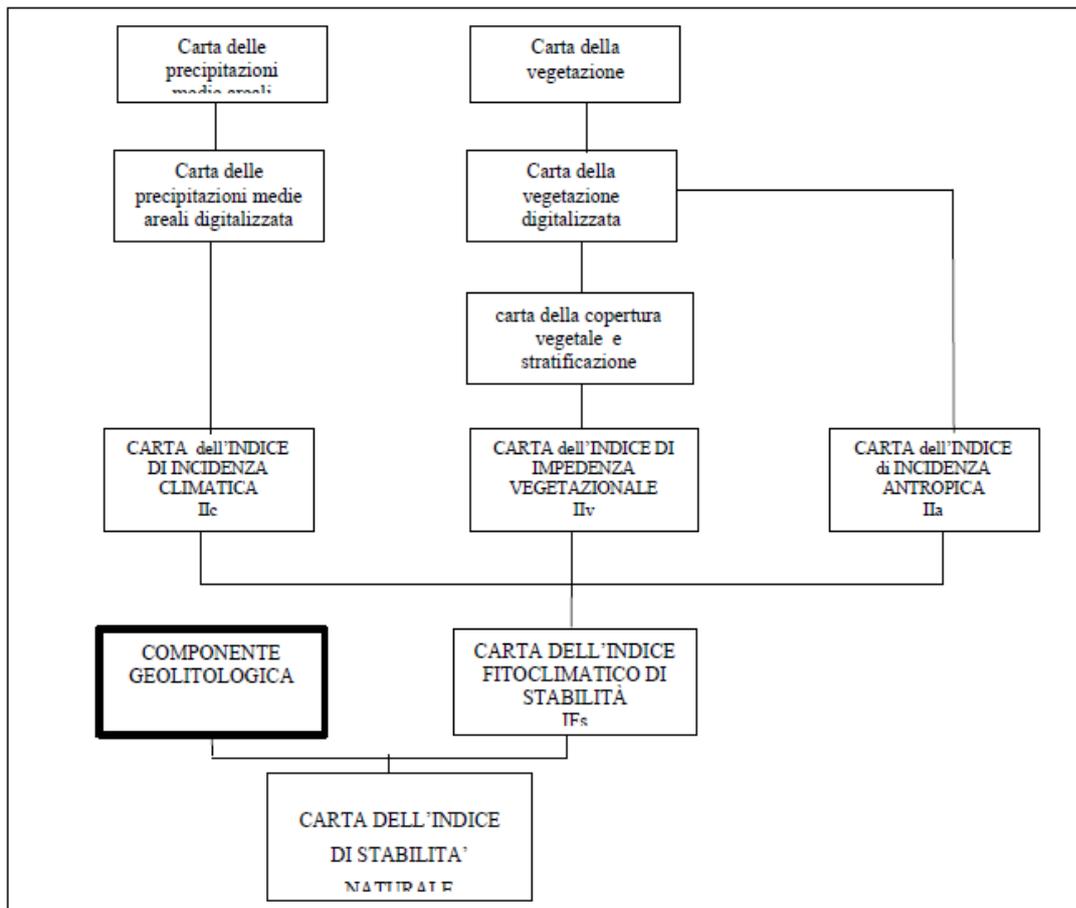
Carta dell'indice di Impedenza Vegetazionale

Esprime il grado di protezione antierosiva esercitato dalla vegetazione, ottenuto distinguendo la copertura degli strati delle cenosi vegetali attivi contro la pioggia battente e dilavante; in particolare vengono valutate le tre componenti arboree, arbustive ed erbacee quali parametri per la definizione dell'impedenza vegetazionale.

Carta dell'indice di Incidenza Antropica

Corregge il grado di protezione della vegetazione naturale in base al livello di artificialità indotto dall'uomo.

Diagramma di flusso della componente fitoclimatica



Carta dell'indice di stabilità naturale

La Carta dell'Indice di Stabilità Naturale è il prodotto dell'interazione della Carta dell'Indice Litologico di Stabilità con la Carta dell'Indice Fitoclimatico di Stabilità precedentemente descritte.

Il modello proposto contempla l'attribuzione ai fattori che intervengono nel modello (Geolitologia, Acclività, Vegetazione e Clima) per la definizione dell'indice di stabilità naturale di specifici pesi, come meglio definito nella tabella seguente.

Tabella dei pesi assegnati agli indici relativi ai fattori

Indici	COMPONENTE			
	GEOLITOLOGICA		FITOCLIMATICA	
	<i>ILs</i>		<i>IFs</i>	
Fattori	<i>ILc</i>	<i>IP</i>	<i>IIv</i>	<i>IIc</i>
GEOLITOLOGIA	25			
ACCLIVITA'		25		
VEGETAZIONE	5		20	
CLIMA	5	5	5	10
<i>Totale parziale</i>	35	30	25	10
TOTALE	65		35	

In particolare l'articolazione delle componenti e l'attribuzione dei pesi ai rispettivi indici, come evidenziato dalla precedente tabella ha seguito il seguente percorso concettuale:

- i fattori Geolitologia (ILc) e Acclività (IP) intervengono con un peso pari rispettivamente ad 1/4 del totale assegnato;
- il fattore Vegetazione (IIv) interviene con un peso pari ad 1/5 del totale assegnato poichè, 1/20 è stato attribuito all'Indice Litologico Corretto. Quest'ultima aliquota ricade nello stato della roccia in quanto è noto che gli apparati radicali intervengono sensibilmente nell'accentuare la disgregazione dell'ammasso roccioso;
- il fattore Clima (IIc) interviene con un peso intrinseco più basso, pari ad 1/10 del totale assegnato, in quanto il suo effetto è trasversale a tutti gli indici e più precisamente:
 - nella Geolitologia (stato della roccia) essendo la disgregazione spesso funzione dei cicli gelo-disgelo e delle escursioni termiche;
 - nell'Acclività essendo l'azione erosiva funzione delle piogge dilavanti;
 - nella Vegetazione essendo l'espressione dell'azione antierosiva alle piogge battenti e, con gli strati più bassi e gli apparati radicali, alle piogge dilavanti.

In definitiva i pesi assegnati rispettivamente agli Indici Litologico e Fitoclimatico di Stabilità sono 65 e 35. I suddetti pesi rappresentano la sintesi interpretativa dello stato attuale delle conoscenze.

La formulazione proposta è la seguente

$$ISn = 65ILs + 35Ifs / 100$$

dove:

ISn= Indice di Stabilità Naturale

ILs= Indice Litologico di Stabilità

IFs= Indice Fitoclimatico di Stabilità

Le precedenti definizioni analitiche del processo per la produzione della carta di stabilità naturale consente di ottenere un sistema "aperto", permettendone la riproducibilità in lavori analoghi e la possibilità di intervenire sull'attribuzione dei pesi per attuare ulteriori simulazioni del fenomeno indagato.

Definizione delle classi di stabilità e produzione della carta di stabilità naturale

La necessità di tradurre l'Indice di Stabilità Naturale, che copre un range 0-100, in una Carta di Stabilità Naturale impone l'individuazione di soglie che delimitano le varie classi.

L'applicazione del metodo ad alcune aree test, si è tradotta nel convincimento che cinque classi di stabilità naturale rappresentino una ragionevole suddivisione in quanto:

- se ulteriormente articolate rischiano di produrre aree di incertezza, rendendo difficile tradurre il significato nell'Indice di Stabilità Naturale;
- se ridotte non rendono apprezzabile il peso che ogni variabile gioca nel contesto del metodo.

In conclusione, si possono definire cinque classi tra loro equipotenti, dove 0 rappresenta la condizione limite di frana in atto e 100 un assetto naturale stabile che non presenta alcun elemento che possa presagire, in tempi ragionevolmente lunghi, una evoluzione verso la metastabilità.

Le classi sono caratterizzate come riportato nella tabella seguente, nella quale è stato introdotto il numero di fattori predisponenti che condizionano il valore assunto dall'Indice di Stabilità Naturale.

E' opportuno ricordare che il peso percentuale dell'Indice Geolitologico assume valori pari al 75 % in quanto dalle analisi effettuate risulta che l'insieme delle caratteristiche geolitologiche e strutturali degli ammassi rocciosi, con la pendenza dei versanti rappresentano l'elemento discriminante principale nel giudizio sulla stabilità del territorio; tale decisione è stata presa a seguito delle necessarie tarature del modello applicato.

Bisogna precisare che tenendo conto di quanto riportato nella carta geomorfologica e di quanto indicato nella linea guida n° 2 /2000 dei "criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino della Regione Liguria", sono state inserite le frane attive e quiescenti attribuendo loro classi a se, in particolare le frane attive sono state inserite in classe P4 (susceptività al dissesto molto alta) e le frane quiescenti sono state classificate P3 (susceptività al dissesto alta), con questa procedura si annullano le perimetrazioni in diverse classi di susceptività al dissesto ottenute con gli step precedenti riferiti alla sola intersezione delle Banche Dati .

Classe	Indice Stabilità Naturale	Classificazione della suscettività al dissesto	Numero dei fattori predisponenti	Descrizione
P4	0-20	MOLTO ALTA	4 - 3	Zone di frana attiva
P3	21-40	ALTA	3 - 2	Zone a pericolosità evolvente a medio-lungo termine in instabilità a causa della interazione di almeno due fattori predisponenti.
P2	41-60	MEDIA	2 - 1	Zone a pericolosità media che nel tempo possono evolvere in instabili per intervento di un ulteriore elemento predisponente.
P1	61-80	BASSA	1	Zone a pericolosità bassa; la mancanza di condizioni ideali, per la presenza di un fattore predisponente, induce alla prudenza il quanto il subentro di una turbativa al sistema in equilibrio può portare la zona ad un aumento della pericolosità
P0	81-100	MOLTO BASSA	0	Zone a pericolosità molto bassa, con assetto naturale stabile nelle condizioni attuali ed assenza di elemento predisponente che possano determinare fenomeni di instabilità

3.1.1 Commento alla carta della suscettività al dissesto dei versanti

A seguito dell'applicazione dell'analisi territoriale di tipo iterativo si è proceduto a un controllo generale e alla correzione manuale delle aree che non presentavano un risultato soddisfacente e corrispondente allo stato del territorio. Inoltre sono state modificate piccole aree che si presentavano come frammenti (*slivers*) con suscettività differente rispetto alle aree limitrofe.

Tale scelta persegue l'obiettivo di arrivare ad un risultato quanto più possibile attinente alla realtà del territorio che dipende anche dalla conoscenza e dall'esperienza del rilevatore e che non sia solo il prodotto di una procedura informatizzata.

Dall'analisi della carta ottenuta si vede che le aree a suscettività al dissesto molto alta e alta, corrispondono alle frane attive e quiescenti che sono state diffusamente descritte nel capitolo relativo alla geomorfologia, che sono principalmente: la frana di case Maestri, la frana di Castagnola, la frana della Francesca, e parte del territorio del Comune di Framura compreso tra gli abitati di Setta, Ravecca, Anzo, caratterizzato dalla presenza di varie frane quiescenti.

Si precisa che la zona di Pian delle Rose, appartenente alla frana di Case Maestri, descritta nel par. 2.3.4 e indicata nella carta geomorfologica in parte come frana quiescente e al piede come frana attiva, doveva essere classificata, per quanto detto nel paragrafo precedente, a suscettività al dissesto alta, in realtà, trovandosi in un'area pianeggiante, in leggera contropendenza, del corpo di frana quiescente, non avendo manifestato segni di attività, ma evidenziando una situazione di generale stabilizzazione, si è ritenuto di declassarla a classe P1 in quanto la pericolosità dell'area è bassa e può risentire solo di lievi assestamenti dovuti al movimento del piede della frana attiva (zona di Case Caraschi-Case Maestri), di conseguenza anche la carta del Rischio classifica l'area in R1 (Rischio Basso).

Per quanto riguarda la località Lavaggina, dato che la zona ha manifestato evidenze di stabilizzazione, si è ritenuto opportuno inserirla in classe P2, restano tuttavia escluse le aree di bordatura che risentono dell'azione erosiva dei corsi d'acqua che determinano uno scalzamento al

piede e quindi una suscettività al dissesto alta, per cui sono state classificate P3.

Risultano ad alta e molto alta suscettività al dissesto tutte le falesie costiere comprese tra Deiva Marina e Framura, tra Bonassola e Levanto, e il promontorio del Mesco, in quanto caratterizzate da versanti ad alta acclività, in roccia per lo più fratturata su cui insiste l'azione disgregatrice del moto ondoso. Da segnalare l'esistenza di aree ad alta suscettività al dissesto P3 diffuse nel Comune di Levanto, non sempre determinate dalla presenza di frane quiescenti, ma dall'intersezione di più fattori tra cui quello dominante è la presenza di litologie a composizione prevalentemente argillosa quali Il Complesso di Monte Veri che spesso si presentano in giacitura caotica, combinata all'alta acclività dei versanti. Tali aree sono localizzate nella parte montana del comune di Levanto in un'area che va dallo spartiacque, compreso tra la Foce di Dosso e il Colle di Gritta e scende da Fontona fino a Lavaggiorosso.

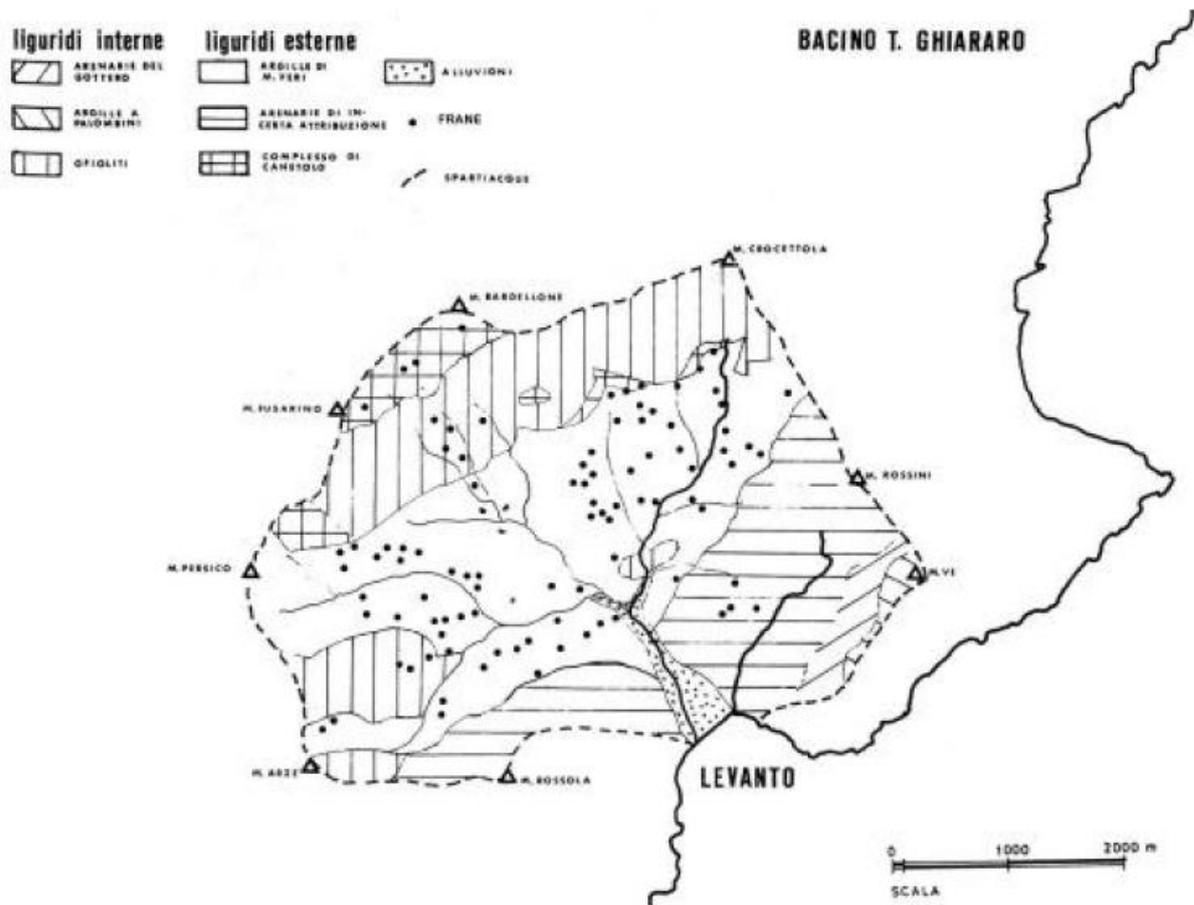


Fig. 1 Bacino del Torr. Ghiararo, assetto geologico schematico (da M. Del Soldato, S. Pintus & M. Iallonghi, 1985)

Per quanto riguarda la località Vallesanta, si fa presente che si tratta di un fronte roccioso, ad elevata acclività, posto a ridosso della passeggiata a mare di Levanto, dal quale per erosione superficiale ed in concomitanza di eventi meteorologici estremi è possibile il distacco di materiale lapideo di differente pezzatura attraverso anche fenomeni di *debris flow*. La zona è stata considerata frana attiva in ragione del continuo stillicidio di materiale dalla parete dovuto al grado di alterazione e alle caratteristiche fisiche della serpentinite (roccia presente in affioramento), ma inserita in P3 per la modestia delle dimensioni. Dal punto di vista del rischio la zona è stata inserita in classe R3 (come del resto era definita dalla D.G.R. n 1411 del 26 novembre 1999), in ragione della sola presenza di una strada comunale a valle. Pare opportuno rilevare che la Comunità Montana della Riviera Spezzina ha già ottenuto (novembre 2001) il finanziamento di

1.247.000.000 di Lit./2001 (circa 644.000 €) da parte del Ministero dell’Ambiente – Direzione per la Difesa del Territorio, finalizzato al Progetto definitivo per ripristino assetto ambientale ed idrogeologico del versante percorso da incendio nel luglio 1999 – Località Vallesanta. Tale progetto, approvato in sede di Conferenza dei Servizi, prevede la realizzazione di strutture di ritenzione del materiale di crollo e, una volta completato, consentirà di ridurre la categoria di rischio cui è soggetta la zona. Si propone di procedere alla riclassificazione del grado di pericolosità successivamente alla definizione degli interventi progettato e della verifica della loro funzionalità.

3.1.2 L’evoluzione della linea di spiaggia

Considerazioni basilari sull’evoluzione della linea di costa nell’ambito di interesse sono desumibili dalla documentazione allegata al “Piano di Bacino dei torrenti Ghiararo-Cantarana” redatto nel 1981 dalla Regione Liguria.

In quella sede è stata effettuata una esauriente ricostruzione storica appoggiata, per quanto riguarda l’antichità, agli studi di Schmiedt, autore nel 1972 di un ampio saggio sulla variazione del livello marino fino ad epoca romana, condotta sulla base dell’analisi di alcuni insediamenti costieri dalla Liguria alla Sicilia (i più vicini all’ambito in studio sono costituiti dalla Villa del Varignano e da Luni).

Si ritiene provato che il livello marino sia progressivamente aumentato per eustatismo a partire dal 600 a.C. (è documentata attorno all’800 a.C. un periodo sub-boreale con conseguenziale mitigazione del clima).

In particolare i risultati conseguiti da Schmiedt indicano che il livello marino nel 600 a.C. possa essere stimato inferiore all’attuale per circa 180 cm, e che tale livello possa essere progressivamente salito fino alla metà del I secolo a.C., quando era ancora inferiore di circa 50 cm rispetto all’attuale medio mare.

Il predetto “Piano di Bacino” della Regione Liguria così prosegue:

“Altri dati sono dedotti dalle pubblicazioni riguardanti gli scavi della necropoli preromana di Chiavari (Lamboglia); una stratigrafia eseguita durante gli scavi indica chiaramente che il livello della necropoli è stato ricoperto da un deposito di sabbia sicuramente marina (dato che contiene ciottoli di diaspro, roccia che non si trova in affioramento nel bacino del Torrente Rupinaro che scorre presso la necropoli).

Una valutazione altimetrica della zona riferita al livello del mare attuale ha evidenziato che per potersi formare quel livello sabbioso (databile sicuramente tra il 300 e il 1000 d.C.) il mare doveva avere una maggiore altezza difficilmente quantizzabile).

Dal punto di vista geologico è difficilmente spiegabile un evento del genere, soprattutto così rapido (il livello ha uno spessore compreso tra 40-60 cm) e violento, e che non ha lasciato tracce evidenti in altre aree, ma ciò è forse imputabile proprio alla rapidità e violenza con le quali si è verificato.

L’evento di Chiavari è ragionevolmente presumibile sia avvenuto anche sulla costa di Levante, in tavola è stato riportato il limite dell’“ingressione” considerando analogo all’attuale il pacco di alluvioni del torrente Ghiararo. E’ un’approssimazione eccessiva, ma non avendo alcun dato stratimetrico della piana alluvionale, si può solo supporre che, durante quell’avvenimento momentaneo, il mare penetrasse un po' più all’interno nella piana.

Successivamente il livello marino si è ritirato e stabilizzato su valori molto prossimi a quelli attuali, non egualmente è successo per la linea di costa di Levante dato che in questo è stata

condizionata dagli apporti detritici delle piene del Ghiararo.

Questo ritiro è storicamente documentato:

- anno 1051: il mare lascia scoperto la pianura fino all'attuale Via Garibaldi;
- nel XIII° secolo il Borgo raggiunge il suo massimo splendore; è cinto di mura (le mura vere e proprie corrono alle spalle dell'abitato fino al castello, mentre si interrompono nelle prospicienti l'attuale Via Martiri della Libertà e Piazza Staglieno dove sono sostituite da case a schiera disposte su due andamenti paralleli. E' questo un motivo molto ricorrente nei borghi medioevali costieri liguri, dove assume una funzione difensiva e comprende una darsena che si localizza nella piazzetta prospiciente la loggia;
- anno 1242: la linea di costa nell'ambito della piana alluvionale arriva a lambire l'odierna Piazza Cavour;
- nel XV° secolo la linea di battigia si arretra ancora giungendo a lambire l'odierna Via Jacopo da Levanto. Probabilmente in quest'ultima fase "regressiva" ha influito l'imbrigliamento del Torrente Ghiararo iniziata nel 1302 con la conseguente bonifica della pianura paludosa;
- verso la metà del XV° secolo è prolungata l'arginatura del Ghiararo, ma non è dato sapere fin dove fu spinta;
- anno 1605: viene costruito il Convento delle Clarisse (oggi sede comunale) in posizione prospiciente il mare.

Le variazioni della linea di costa sono riportate in tavola; relativamente alle epoche alle quali sono riferite le situazioni di costa relativa al XVIII° secolo la localizzazione è stata possibile in dettaglio dall'esame delle cartografie di M. Vinzoni: si tratta di tre planimetrie del borgo e zone finitime datate rispettivamente 1722, 1765, 1773.

L'ultimo evento che ha condizionato la posizione della linea di spiaggia è stato la costruzione del viadotto ferroviario (per la linea del 1869) con i conseguenti successivi ripascimenti artificiali.

Se da un lato si è venuta a condizionare artificialmente la linea di costa, bisogna però dire che essa ha subito variazioni composizionali, infatti gli apporti antropici sono sempre derivati da scavi locali ed hanno raggiunto il massimo con la discarica di parte dei materiali di risulta delle gallerie delle due linee ferroviarie (1869, 1963).

Essendo questi gli unici rimaneggiamenti subiti dal litorale, esso è da considerarsi ancora "naturale": questa è la conclusione cui sono pervenuti Del Soldato e Torre (1982) dopo aver esaminato campioni di sabbia provenienti dal litorale levantino e da campioni di intonaco raccolti su edifici del paese e databili fra la fine del 1700 e l'inizio del 1800 e quindi di epoca precedente ai rimaneggiamenti maggiori.

Il fatto che le malte esaminate fossero costituite con sabbie provenienti dalla spiaggia di Levanto è confortato da atti e documenti d'epoca (*Del Soldato -Pintus 1982*) oltre naturalmente dalla tradizione orale.

In conclusione quindi si può affermare che fino ad oggi i rimaneggiamenti subiti dal litorale di Levanto sono stati limitati ad apporti straordinari antropici che non hanno alterato l'equilibrio della spiaggia, ma che semmai ne hanno solo favorito il mantenimento. In quest'ottica è importante l'osservazione di Abbate (1969), secondo il quale: "... i detriti di gabbro provenienti dallo scavo delle gallerie per il raddoppio della sede ferroviaria ed impiegati per ripascere le spiagge di Monterosso e Levanto, risultano arrotondati dopo un periodo di due o tre anni.

Attualmente il loro grado di arrotondamento non sembra praticamente distinguibile da quello dei ciottoli preesistenti derivanti ..." dagli altri litotipi affioranti nell'area circostante".

Analoghe considerazioni possono essere estese agli altri siti dalle presenti attività, con particolare riferimento al litorale di Deiva; anche questo sito infatti è caratterizzato da un corso d'acqua che drena un vasto bacino, cementato da un notevole trasporto solido, e dalla situazione del nucleo storico di Deiva attualmente distante oltre 500 m dalla linea di costa.

Per analizzare l'evoluzione della linea di costa (spiaggia) nell'ultima metà del presente secolo, sono state acquisite le seguenti documentazioni fotografiche e cartografiche, allegate per opportuna conoscenza al presente testo:

- 1) foto aeree 1954 (Fonte IGM - Firenze)
- 2) foto aeree 1971 (Fonte IGM- Firenze)
- 3) foto aeree 1995 (Fonte Provincia di La Spezia).

Dal confronto tra i documenti 1954 e 1971 emerge con evidenza l'accrescimento generalizzato dei litorali a seguito dei massicci ripascimenti artificiali attuati in occasione dei lavori per l'escavo delle gallerie per la variante ferroviaria ultimata nel 1969, accrescimento evidente a Levanto e Bonassola (in dipendenza della dimensione del sito e del volume dei depositi), mentre la situazione di Deiva risultava già allora modificata per le discariche ferroviarie.

La situazione quale emerge dal confronto tra le documentazioni 1971 e 1979 appariva sostanzialmente consolidata (nei limiti delle apprezzabilità consentite dalla scala dei documenti disponibili) ma dal successivo esame della documentazione 1979-1995 e da esiti di specifici sopralluoghi condotti in occasione delle presenti attività, emerge la constatazione di una situazione erosiva in atto, riscontrabile in tutti i siti in esame, sia pure con diverso grado di progressione.

Situazioni erosive attualmente a limitato gradiente di progressione sono infatti riscontrabili a Deiva-Framura e a Bonassola (specie in corrispondenza dei margini orientali e occidentali della spiaggia) mentre la situazione si presenta con maggiore evidenza e gravità in corrispondenza di Levanto (come già desumibile dall'osservazione della documentazione 1995).

Tale situazione ha indotto l'Azienda che ha attualmente in gestione gli arenili di Levanto a provvedere a ripascimenti localizzati (con discarica di detriti di cava e materiali di risulta) in corrispondenza della ex stazione FS, a fronte di una situazione particolarmente critica e a programmarne altri (peraltro particolarmente difficoltosi in dipendenza della legislazione ambientale e igienico sanitaria attualmente vigente).

Le situazioni precedentemente elencate implicano una attenta valutazione dei fattori di rischio e della vulnerabilità dei siti e impongono, nel quadro dell'analisi dell'evoluzione del litorale (comprensivo delle possibili modifiche causate da interventi antropici) un oculato studio delle influenti condizioni locali del sito interessato (quali i venti, l'azione del moto ondoso e delle correnti, il trasporto litoraneo dei sedimenti, le condizioni geotecniche, l'andamento batimetrico ecc.).

In estrema sintesi lo stato di equilibrio dinamico determina, in un dato tratto di costa, situazioni di erosione ovvero di accrescimento (i cui tassi sono generalmente espressi in migliaia di metri cubi per unità di lunghezza della costa e per anno) che peraltro possono non essere stabili nel tempo, per cui, essendo tutto il sistema in delicato e precario equilibrio, occorre ricorrere al costante monitoraggio di coste e spiagge e allo studio di dettaglio delle condizioni meteo-marine, alla modellistica fisica e matematica.

La definizione delle strategie di intervento per i singoli siti interessati potrà compiersi solo a valle delle determinazioni precedentemente indicate, anche se, in presenza di fenomeni macroscopicamente erosivi, possa apparire del tutto evidente la necessità e l'urgenza di un intervento.

Peraltro solo recentemente il progresso della ingegneria costiera ha consentito di giungere a conclusioni che orientano in modo difforme dal passato i criteri di intervento delle strutture destinate a controllare l'erosione dei litorali, rivalutando il ruolo delle spiagge nella dissipazione dell'energia delle onde.

E' stato in merito autorevolmente sostenuto che "le spiagge, ed anche quelle artificiali ottenute depositando sabbia nella zona di interesse, risultano essere le più efficaci misure di preservazione dei litorali".

L'attuazione di come attuare i ripascimenti offre una vasta gamma di sperimentate applicazioni che vanno da semplici interventi di mantenimento della linea di costa con strutture a basso impatto e trappole di sabbia, fino a interventi più complessi e a significativo impatto che presuppongono la costruzione di celle rocciose (modulo formato da pennelli trasversali alla costa e berme a questa parallela vedi schemi qui riportati) all'interno delle quali viene trattenuta la sabbia importata, ovvero di soli pennelli trasversali o perpendicolari alla linea di costa atti a catturare quota parte della sabbia che, veicolata dalle correnti marine transita in sospensione.

Sembra comunque necessario procedere sistematicamente al controllo della evoluzione costiera che preveda, tra l'altro, periodici rilievi aerofotogrammetrici.

3.2 Problematiche di tipo idraulico

3.2.1 Aree storicamente inondate

Nella tavola 7 allegata al Piano di Bacino sono riportate le mappature delle Aree Storicamente Inondate come indicate nella D.G.R. 2615/98 e sue successive modificazioni, tali aree rivestono una notevole importanza nella Pianificazione di Bacino in quanto rappresentano criticità già note che devono essere meglio indagate ed approfondite e prioritariamente studiate, inoltre possono essere utilizzate per verificare i risultati della modellazione idraulica.

Dall'osservazione delle cartografie, emerge che le aree storicamente inondate sono le seguenti:

- Torrente Castagnola: dalla Foce fino al ponte ferroviario; sponda sinistra del T. Castagnola località Vone, sponda sinistra del T. Castagnola dalla Località Ghiare fino alla Località Pose;
- Torrenti S. Giorgio e Rossola : Centro abitato di Bonassola;
- Torrente Ghiararo: Centro abitato di Levanto dalla foce fino alla confluenza tra Ramo Ghiare e Ramo Fossato; Ramo Ghiare dalla confluenza fino alla località Ghiare; Ramo Fossato dalla confluenza fino alla località il Fattore;
- Torrente Cantarana: centro abitato di Levanto dalla foce fino alla confluenza con i tre affluenti minori;
- Affluenti del Cantarana.

Lo studio relativo alle aree storicamente inondate è stato completato attraverso una ricerca storica basata sull'analisi delle schede del progetto MAPPAVI ("Censimento delle aree vulnerate da calamità idrogeologiche" edito dal CNRGNDCI, 1994) da cui sono emerse le date dei principali eventi alluvionali che hanno interessato i corsi d'acqua presenti nell'Ambito 18.

- 5/9/1975 -Il Secolo XIX : evento meteorologico che ha interessato il Comune di Deiva Marina, l'acqua ha raggiunto i 30 cm di altezza nel centro abitato, gravi danni a edifici civili , infrastrutture di comunicazione e strada comunale;
- 4/10/1976 -D. Tropeano, M. Govi, O. Turitto, P. Sorzana, G. Negrini, M. Arattano "Eventi alluvionali e frane nell'Italia Settentrionale, Periodo 1975-1981" evento alluvionale provocato dal Torrente Castagnola;
- 24/8/1984 - Il Secolo XIX : Evento meteorologico che ha interessato il Comune di Deiva Marina per evento di piena del T. Castagnola Danni lievi a edifici e servizi pubblici, 1 vittima tra la popolazione;
- 14/10/1953 - La Stampa evento alluvionale prodotto dal T. Cantarana, a Levanto l'acqua ha raggiunto 1 metro di altezza, danni gravi a edifici civili e centro abitato, 1 vittima tra la popolazione;
- 3/10/1966 -La Nazione -La Stampa, evento meteorologico, pioggia per 14 ore consecutive, esondazione del T. Ghiararo e T. Cantarana, danni totali ad edifici civili e centri abitati, danni gravi ad ospedale, chiesa, strada statale, linee di telecomunicazione.
- 3/9/1981 La Nazione - Evento meteorologico, esondazione del T. Ghiararo, danni totale a ponti e viadotti, danno totale ad acquedotto danni gravi ad edifici civili, 3 feriti tra la

popolazione, il centro storico di Levanto allagato da 1 metro d'acqua.

Verifiche Idrauliche

Per la simulazione del comportamento idraulico dei vari corsi d'acqua interessanti i bacini in studio, limitatamente ai tratti ritenuti necessari o significativi, si è utilizzato il software applicativo del US Army Corps of Engineers -Hydrologic Engineering Center denominato HEC-RAS (River Analysis System) nella versione 2.2 del settembre 1998.

Detto software è finalizzato alla determinazione dei profili di pelo libero degli alvei a pendenza di fondo non superiore al 10%, per condizioni di moto stazionario, gradualmente variato, e flusso monodimensionale.

I profili di pelo libero sono calcolati tra due sezioni trasversali del corso d'acqua risolvendo la sottoriportata equazione dell'Energia con la procedura iterativa nota come *standard step method*.

$$1) \quad Y_2 + Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_e$$

ove:

Y_1, Y_2 = tirante del pelo libero (rispetto alla quota fondo alveo) alle estremità di tratto;

Z_1, Z_2 = quote di fondo alveo alle estremità di tratto;

V_1, V_2 = velocità medie nelle sezioni di estremità;

α_1, α_2 = coefficienti di velocità;

g = accelerazione di gravità;

h_e = perdite di carico totali nel tratto considerato.

Le perdite di carico h_e sono esprimibili come somma di due termini, il primo dei quali riferito alle perdite distribuite per attrito ed il secondo alle perdite per espansione o contrazione, legate queste all'energia cinetica, e precisamente:

$$2) \quad h_e = L \cdot i_f + C \left| \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} \right|$$

ove:

L = distanza tra le estremità del tratto pesata con la portata;

i_f = pendenza rappresentativa delle perdite di carico per attrito;

C = coefficienti delle perdite per espansione o contrazione.

Per la determinazione delle varie grandezze le sezioni trasversali sono partite in unità nelle quali la velocità risulti uniformemente distribuita riconoscendo un tratto corrispondente all'alveo principale (*main channel* indicato con la sigla *CH*) e le aree golenali laterali poste idrograficamente alla sinistra e alla destra del canale (rispettivamente *left overbank* indicata con la sigla *LOB* e *right overbank* indicata come *ROB*), suddividendo ulteriormente le aree golenali qualora in esse vari l'imposto valore "n" della scabrezza.

Definita capacità di deflusso o conduttanza (*conveyance*) della singola porzione areale e indicata con K la portata divisa per la radice quadrata della pendenza i_f (*slope friction*) pari quindi (in unità metriche) a:

$$\text{Approvato con } K = \frac{Q}{\sqrt{i_f}} = A \cdot \frac{R^{2/3}}{n} \quad)22$$

3)

ove:

Q = portata [m^3/s]

A = area bagnata [m^2]

R = raggio idraulico [m]

n = scabrezza di Manning [$sm^{-1/3}$]

e pertanto:

$$4) \quad i_f = \frac{Q^2}{K^2}$$

La capacità di deflusso per l'intera sezione K è definita e ottenuta come somma delle capacità delle varie porzioni e quindi, con il significato dei simboli già illustrato:

$$5) \quad K = K_{lob} + K_{ch} + K_{rob}$$

$$6) \quad L = \frac{(L_{lob}Q_{lob} + L_{ch}Q_{ch} + L_{rob}Q_{rob})}{(Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob})}$$

Il livello di pelo libero in una sezione trasversale del corso d'acqua è determinato, per ogni valore di assegnata portata Q , da una soluzione iterativa delle equazioni 1 e 2 secondo la seguente procedura:

1. Si assume, noto il livello idrico in una sezione, un livello idrico di primo tentativo nella sezione di monte (o in quella di valle se trattasi di corrente veloce, profilo supercritico);
2. Sulla base del valore assunto come precedentemente espresso, si calcolano per detta sezione i corrispondenti valori della capacità di deflusso totale e del carico cinetico;
3. Con i valori calcolati al precedente step 2 viene calcolato il valore di i_f e si ottiene il valore di h_e risolvendo l'equazione 2);
4. Con i valori ricavati ai precedenti step 2 e 3 si ottiene il livello nella sezione di calcolo risolvendo l'equazione 1);
5. Si confronta il livello idrico calcolato con quello assunto nello step iniziale e si ripete iterativamente la descritta procedura finchè lo scarto tra i due valori non risulti inferiore alla tolleranza imposta (usualmente 3 mm).

Il software HEC RAS consente di computare profili in corrente lenta (a partire da assegnate condizioni di valle), in corrente veloce (con condizioni assegnate a monte) e per condizioni "miste" in cui siano presenti passaggi dall'uno all'altro tipo di correnti (*mixed flow regime*).

In questo caso il programma procede come segue:

1. Viene inizialmente calcolato un profilo in corrente lenta a partire da assegnate condizioni di valle, accantonando per ulteriori analisi tutte le sezioni nelle quali il pelo libero raggiunge il valore dell'altezza critica;
2. Viene successivamente calcolato un profilo in corrente veloce a partire da assegnate

condizioni di monte; qualora le condizioni di corrente veloce si determinino sin dall'estremo di monte il programma procede al calcolo sin dalla sezione di monte, in caso contrario viene ricercata la prima sezione a valle ove si determinino le condizioni di corrente veloce e da questa sezione procede verso valle col calcolo del profilo.

3. Il programma procede verso valle nel calcolo in corrente veloce finchè perviene alla prima sezione in cui possano sussistere entrambe le condizioni lenta e veloce che vengono comparate calcolando le rispettive forze specifiche; qualora prevalga la condizione veloce il programma continua il calcolo in tali condizioni, mentre qualora fosse la condizione lenta a denotare maggiore forza specifica, il programma assume la formazione di un risalto idraulico tra questa e la precedente sezione.
4. Il programma va quindi alla successiva sezione valliva accantonata in seguito al primo step e continua il procedimento sopra delineato.

Il programma consente di simulare importanti situazioni quali le confluenze tra diversi rami del corso d'acqua e la presenza di strettoie per la presenza di ponti o altri manufatti idraulicamente significativi.

Per quanto attiene le confluenze fluviali (*stream junctions*) la simulazione viene ancora generalmente basata sull'equazione 1, in quanto nella maggior parte dei casi la perdita di carico dovuta all'angolazione dei confluenti, non considerata nella predetta equazione 1), non assume significativa rilevanza; nei casi in cui questo aspetto non possa invece essere trascurato il programma utilizza l'equazione del momento della quantità di moto, derivata direttamente dall'applicazione della seconda legge di Newton ad un corpo d'acqua delimitato da due sezioni trasversali 1,2:

$$7) \quad F_x = ma;$$

$$8) \quad P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x;$$

ove:

P = spinta idrostatica alle sezioni 1,2;

W_x = componente della forza peso del corpo d'acqua secondo la direzione del fondo;

F_f = forza dovuta alle perdite per attrito tra le sezioni 1,2;

Q = portata;

r = densità dell'acqua;

ΔV_x = variazione delle componenti lungo la direzione del fondo della velocità tra le sezioni 1,2.

Con il programma è pertanto possibile, con opportuna scelta delle procedure di calcolo, simulare condizioni di confluenza o divergenza sia in condizioni di corrente lente, che in caso di correnti veloci o miste.

Per quanto attiene la presenza di ponti o altri manufatti di attraversamento (*bridges or culverts*) il programma calcola le perdite di energia causate da dette strutture in tre parti; la prima concerne le perdite (generalmente per espansione del flusso) nel tratto di alveo immediatamente a valle del manufatto, la seconda le perdite causate dall'attraversamento della struttura vera e propria e la terza le perdite di carico nel tratto immediatamente a monte del manufatto, ove generalmente il flusso si contrae per consentire il successivo attraversamento della struttura.

Il programma è strutturato per affrontare, con opportune metodologie di calcolo, le molteplici situazioni che possono presentarsi in presenza di questi manufatti e che vengono sommariamente sotto richiamate:

1. Deflusso a pelo libero in corrente lenta (*Class A low flow*)
2. Deflusso a pelo libero con risalto idraulico (*Class B low flow*)
3. Deflusso a pelo libero in corrente veloce (*Class C low flow*)
4. Deflusso a battente (*Pressure flow*)
5. Deflusso a stramazzo (*Weir flow*)
6. Deflusso combinato a pelo libero e a stramazzo (*Low and weir flow*)
7. Deflusso combinato a battente e stramazzo (*Pressure and weir flow*).

Le condizioni di deflusso a pelo libero (*Low flow*) sussistono quando la superficie idrica non raggiunge la massima generatrice dell'impalcato inferiore del ponte (intradosso); quelle di deflusso a battente (*Pressure flow*) si stabiliscono quando il tirante d'acqua viene a contatto, a monte, con l'impalcato e il ponte consequenzialmente si comporta come un orifizio mentre le condizioni di deflusso a stramazzo (*Weir flow*) si attuano allorchè i tiranti idrici superano anche le generatrici superiori dell'impalcato (estradosso) e gli stessi piani stradali facenti capo alla struttura di attraversamento.

Nel caso di deflusso a pelo libero è possibile tener conto della presenza nell'alveo di pile di varia forma a mezzo di idonei coefficienti empirici (*drag coefficients*) e di varia posizione.

I deflussi a battente (*pressure flow*) sono calcolati tenendo conto che si possa verificare il caso che solo la soletta di monte dell'impalcato del ponte sia a contatto con il flusso ovvero che si determinino le condizioni di orifizio completamente riempito per l'intera lunghezza della struttura del ponte.

Nel primo caso viene utilizzata la seguente equazione determinata per efflussi sotto paratoie (*sluice gate*) (FHWA, 1978) :

$$9) \quad Q = C_d \cdot A_{BU} \left[2g \left(Y_3 - \frac{Z}{2} + \frac{\alpha_3 \cdot V_3^2}{2g} \right) \right]^{1/2}$$

ove:

Q = portata totale scorrente sotto il ponte [m^3/s];

C_d = coefficiente che dipende dall'altezza d'acqua a monte, variabile in funzione di Y/Z , con valori compresi tra 0.27 e 0.50 (valore usualmente assunto);

A_{BU} = area libera sotto il ponte alla sezione di monte (bridge upstream, BU);

Y = tirante d'acqua;

Z = distanza verticale tra l'intradosso del ponte e il fondo alveo alla sezione BU; *nota*: gli indici 3 si riferiscono alla sezione fluviale a monte del ponte ove inizia la contrazione del flusso.

Nel secondo caso (orifizio del ponte in pressione da monte a valle) viene utilizzata la formula classica del deflusso a battente:

$$10) \quad Q = CA (2gH)^{1/2};$$

ove:

C = coefficiente assunto pari a 0.8;

H = differenza tra il carico totale a monte e valle del ponte (zone di contrazione ed espansione incluse);

A = Area netta dell'orifizio del ponte.

Il deflusso a stramazzo viene calcolato con la formula classica elaborata per tali tipi di deflusso:

$$11) \quad Q = CLH^{3/2};$$

ove:

Q = portata totale stramazzone;

C = coefficiente di stramazzone;

L = ampiezza della lama stramazzone;

H = altezza del carico totale idraulico sull'estradosso di monte.

In caso di combinazione di due tipi di deflusso (ad esempio deflusso a battente e a stramazzone) il programma attiva un procedimento iterativo di calcolo atto a determinare l'entità di ognuno dei due tipi di deflusso, imponendo che nella sezione di monte del ponte questi presentino la stessa energia.

Le simulazioni idrauliche condotte sono sinteticamente contenute nei tabulati HEC RAS (allegato 2.1), nella Tavola 8 (planimetrie con ubicazione delle sezioni) e negli allegati 2.8 (profili situazione attuale), 2.9 (sezioni situazione attuale), 2.10 (profili in situazione di progetto) e 2.11 (sezioni in ipotesi di progetto).

Fasce di inondabilità

In base ai calcoli idraulici svolti avviene la perimetrazione delle aree inondabili con periodo di ritorno pari a quello della portata utilizzata nelle verifiche. Il tracciamento delle aree suddette è stato effettuato con il procedimento seguente:

- a) valutazione dei tratti e delle sezioni nei quali il profilo del pelo libero eccede la quota massima degli argini; le risultanze delle simulazioni condotte con HEC RAS individuano la quota del profilo di rigurgito e delle sommità arginali destra e sinistra, permettendo di specificare quale delle due sponde risulti soggetta all'eventuale esondazione;
- b) il contorno dell'area definita come inondabile è determinato come intersezione tra il piano rappresentativo del livello idrico calcolato e le superfici topografiche, o le opere spondali, adiacenti all'alveo;
- c) il procedimento puramente geometrico esposto al punto precedente richiede poi un attento sopralluogo di verifica della congruenza fra le aree tracciate e la morfologia e conformazione delle zone interessate;
- d) la perimetrazione definitiva delle fasce di inondabilità avviene infine sulla base della verifica suddetta;

Il metodo utilizzato per l'individuazione delle fasce di inondabilità trova giustificazione nella tipologia di bacino incassato tra ripidi versanti quasi fino allo sbocco in mare, caratteristica morfologica comune alla gran parte dei corsi d'acqua con recapito nel Mar Ligure. Purtroppo lo

step del procedimento riportato al punto b) presenta il suo limite maggiore quando il corso d'acqua, soprattutto nel suo tratto vallivo in prossimità della foce, si trova a scorrere in una piana alluvionale, sia pure di estensione quasi sempre modesta. Per questa ragione l'intersezione della quota di pelo libero con le superfici topografiche può originare fasce di inondabilità di dimensioni eccessive in relazione ai volumi d'acqua effettivamente esondabili. L'impiego di simulazioni più complesse, quale ad esempio una simulazione bidimensionale, può rappresentare una soluzione alle problematiche esposte. Tuttavia il procedimento impiegato in sede di Piano di Bacino è cautelativo e bilancia le incertezze da cui sono affette le valutazioni idrologiche, idrauliche ed inerenti il trasporto solido; inoltre il tracciamento delle fasce inondabili nelle ipotesi suddette conduce all'individuazione di aree potenzialmente inondabili che trovano riscontro anche nella mappatura delle aree storicamente inondate.

È stato inoltre verificato, sulla base degli idrogrammi di piena e della capacità di ricezione dei volumi esondabili da parte delle aree inondabili, che la schematizzazione scelta per la mappatura delle fasce di inondabilità risultasse idonea alla descrizione del fenomeno. Tale procedura è stata sviluppata calcolando che il prodotto tra la superficie inondabile ed il tirante idrico medio sulla stessa, fornisca un volume congruente con il quello desunto dall'idrogramma di piena depurato dal contributo smaltibile in alveo.

La metodologia descritta conduce al tracciamento sulle carte delle fasce di inondabilità (riportate in Tavola 9) che, secondo i criteri dell'autorità di Bacino Regionale, assumono le caratteristiche seguenti:

- **Fascia A:** aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo corrispondente a periodo di ritorno $T=50$ anni.

Essendo il grado di rischio particolarmente elevato, in fascia A dovranno essere autorizzati esclusivamente interventi di messa in sicurezza di tipo idraulico o idraulico ambientale. Non saranno in generale ammessi interventi di nuova edificazione, infrastrutture comprese, nè di ampliamento dell'esistente, fatte salve eventuali deroghe specificamente normate dal Piano stesso; potranno essere previsti, qualora contemplati in progetti di messa in sicurezza, interventi di delocalizzazione di volumi esistenti, in ragione del rischio totale cui essi sono soggetti e dell'ostacolo dagli stessi rappresentato al regolare deflusso. Saranno infine consentite opere di manutenzione ordinaria e straordinaria e di ristrutturazione edilizia finalizzate alla mitigazione delle condizioni di rischio.

- **Fascia B:** aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo corrispondente al periodo di ritorno $T=200$ anni.

Le misure da imporre sulle aree in fascia B devono tendere alla diminuzione, ove possibile, del rischio idraulico fino alla realizzazione degli interventi di messa in sicurezza previsti nel Piano di Bacino. La normativa dovrà dunque prevedere il divieto di:

- interventi di nuova edificazione, salvo modesti ampliamenti volti all'adeguamento igienico-tecnologico purchè non riguardanti piani interrati o seminterrati;
- interventi sul patrimonio edilizio che comportino cambiamenti di destinazione d'uso con aumento del carico insediativo.

Sono invece esclusi dai divieti suddetti:

- interventi idraulici ed idraulico ambientali finalizzati alla messa in sicurezza nelle modalità previste dal Piano e comunque tali da non incrementare il rischio di inondazione a valle

- nuove infrastrutture con tipologie e piani di protezione civile che le rendano compatibili con l'inondabilità dell'area e progettate in base a specifici studi di compatibilità idraulica
- manufatti non identificabili come volumi edilizi in senso stretto.
- **Fascia C: aree perifluviali, a loro volta esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con tempo di ritorno T=500 anni.**

In questa fascia si debbono predisporre appositi piani di informazione; le nuove edificazioni sono consentite con particolare riguardo nei confronti di tipologie costruttive volte alla riduzione del rischio.

- **Fascia ZA: zone di attenzione, potenzialmente allagabili a causa di insufficienze diffuse nella rete fognaria.**

La mancata determinazione della fascia di riassetto fluviale deriva dal fatto che le criticità idrauliche si riscontrano prevalentemente in corrispondenza dei tratti tombati dei corsi d'acqua posti all'interno dei centri abitati e pertanto racchiusi da schiere di abitazioni. All'assetto definitivo di tali situazioni, nel rispetto delle condizioni di sicurezza imposte dal piano, sono volti gli interventi puntuali previsti al cap. 5 (in termini di studio propedeutico o previsione di intervento).

La determinazione della fascia di riassetto fluviale viene peraltro rimandata alla fase di aggiornamento del Piano stesso, per la quale è previsto un progetto di rilevamento dei tratti d'alveo di corsi d'acqua non indagati con verifiche idrauliche estese. Tale progetto è volto alla modellazione idraulica dei Torrenti Castagnola e Ghiararo in ordine da completare le elaborazioni analizzate nel presente Piano.

3.3 Principali criticità del bacino e fasce di inondabilità

3.3.1 Corsi d'acqua interessanti il Comune di Levanto

(capitolo modificato con D.D.G. n. 4387 del 03/08/2020, ad eccezione delle parti relative ai torrenti Gavazzo e Gallona)

L'abitato di Levanto è attraversato da due corsi d'acqua principali, il torrente Ghiararo e il torrente Cantarana.

Il bacino del torrente Ghiararo sottende una superficie di circa 15.5 [km²] alla confluenza con il Mar Ligure nella parte nord-ovest dell'abitato di Levanto. L'asta principale del torrente Ghiararo, di lunghezza pari a circa 1.5 [km] con pendenza media del fondo pari a circa 0.8%, ha un andamento sostanzialmente rettilineo in direzione nord-est – sud-ovest. Le sezioni sono prevalentemente di forma rettangolare con larghezza variabile pari a circa 22-33 [m] e altezza media pari a circa 3.5 [m]. Gli argini sono prevalentemente in muratura di pietrame e malta; in alcune parti sono in calcestruzzo armato, in altre sono costituiti dalla struttura degli edifici che si affacciano sull'alveo. Il fondo è in parte in calcestruzzo e in parte naturale con vegetazione. Nell'asta sono presenti diversi ponti e passerelle di varia tipologia, anche con pile in alveo. Gli affluenti principali sono il torrente (o fosso) Mulino, il torrente (o ramo) Ghiare e il torrente Fontana (o Fontona).

Il bacino del torrente Cantarana sottende una superficie di circa 1.8 [km²] alla confluenza con il Mar Ligure nella parte sud-est dell'abitato di Levanto. Tale bacino ha una forma allungata con asse maggiore in direzione sud-est – nord-ovest. Il tratto terminale del corso d'acqua è tombinato per una lunghezza di circa 0.3 [km] con pendenza variabile circa 1%-1.4%. A poche decine di metri dallo sbocco a mare, la tombinatura ingloba il canale scolmatore del rio Gavazzo ed ha una sezione rettangolare pari a circa 10 x 2 [m²]. A monte, poco prima dell'imbocco della tombinatura, confluiscono in sponda sinistra il rio Prealba e il rio Acquadolce

L'analisi idraulica riportata nel presente capitolo è basata sullo studio idraulico di dettaglio predisposto dalla società ITEC engineering S.r.l. per conto del Comune nel 2018, successivamente integrato nel 2019 e nel 2020.

Rispetto alle precedenti analisi del Piano di Bacino, lo studio idraulico ha approfondito la modellazione monodimensionale del deflusso in alveo per i tratti terminali del torrente Ghiararo e dei relativi affluenti, torrenti Mulino, Ghiare e Fontana, e del torrente Cantarana e dei relativi affluenti, rii Acquadolce e Prealba. Nel contempo, lo studio ha fornito gli scenari di esondazione fuori alveo mediante specifica modellazione bidimensionale.

Le modellazioni idrauliche del deflusso in alveo sono state realizzate per tutti i corsi d'acqua impiegando lo schema di corrente monodimensionale in condizioni di moto permanente gradualmente variato, ricorrendo al software HEC-RAS (versione 5.0.4), noto modello di calcolo proposto dall'*Hydrologic Engineering Center* dello *U.S. Army Corps of Engineers*, sulla base della geometria dedotta dalle antecedenti verifiche idrauliche del Piano di Bacino e da specifici rilievi e sopralluoghi.

La portata dei corsi d'acqua è stata valutata in conformità all'Allegato 2 delle Norme di Attuazione del Piano di Bacino per i tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni, come riepilogato nella seguente tabella.

Corso d'acqua	A [km ²]	Q₅₀ [m ³ /s]	Q₂₀₀ [m ³ /s]	Q₅₀₀ [m ³ /s]
Ghiararo	15.50	198	324	444
Fontana	5.30	86	130	179
Ghiare	3.94	74	110	151
Mulino	4.33	80	128	175
Cantarana	1.83	33	45	53
Acquadolce	0.24	7	10	11
Prealpa	0.37	11	15	17

Inoltre, relativamente al tratto terminale della tombinatura del torrente Cantarana, è stato considerato un ulteriore contributo di 15 [m³/s] per il canale scolmatore del rio Gavazzo.

Il profilo di rigurgito è stato integrato per entrambe le condizioni di corrente lenta da valle e di corrente veloce da monte, imponendo come condizioni al contorno la profondità critica nella sezione di estremità di monte e di valle. Per quanto riguarda i parametri di scabrezza, è stato fatto riferimento all'Allegato 3 alle Norme di Attuazione del Piano di Bacino, effettuando modellazioni con diversi valori in modo da verificare l'influenza del parametro di scabrezza sui profili di rigurgito. Sono state inoltre effettuate modellazioni con altre ipotesi quali la riduzione delle sezioni di deflusso, per tener conto di un adeguato franco idraulico, e la sistemazione parziale dei corsi d'acqua.

Per le modellazioni definitive sono stati assunti i valori di scabrezza più cautelativi, riepilogati nella seguente tabella.

Corso d'acqua	Coefficiente di Manning n [s/m ^{1/3}]	Coefficiente di Gauckler-Strickler K_s [m ^{1/3} /s]
Ghiararo - tratto a valle ferrovia	0.028	35
Ghiararo - tratto a monte ferrovia	0.033	30
Affluenti Ghiararo	0.033	30
Cantarana - tratto tombinato	0.025	40
Cantarana - tratto a monte	0.033	30
Affluenti Cantarana	0.033	30

I risultati delle modellazioni idrauliche relative al torrente Ghiararo, evidenziano svariate

criticità idrauliche per il deflusso delle portate con tempo di ritorno 200 e 500 anni, collegate in particolare al ponte sulla S.S. 1 – Aurelia, al cosiddetto “ponte romano” e al ponte di Via Tagliacarne presso la chiesa di N.S. della Guardia.

Relativamente agli affluenti esaminati, i risultati confermano la principale criticità del torrente Mulino relativa al manufatto di attraversamento a monte dell’abitato di S. Gottardo, insufficiente già nei confronti della portata con tempo di ritorno 50 anni.

Per il torrente Ghiare, si evidenziano le carenze idrauliche rispetto alle portate con tempo di ritorno 200 e 500 anni in corrispondenza dell’abitato di Ghiare e nel tratto a valle fino alla confluenza con il torrente Mulino.

Per quanto riguarda il torrente Cantarana, le recenti modellazioni tengono conto sia parziale adeguamento idraulico della stessa tombinatura, realizzato per circa metà della sua lunghezza partendo da valle, sia del canale scolmatore del rio Gavazzo che confluisce nella stessa tombinatura in prossimità dello sbocco a mare. I risultati confermano l’insufficienza idraulica del tratto di monte della tombinatura rispetto alle portate con tempo di ritorno 200 e 500 anni.

Per quanto riguarda i due affluenti in sponda sinistra, Rio Prealpa e Rio Acquadolce, le modellazioni confermano la criticità dovuta al rigurgito indotto dal loro afflusso nel Torrente Cantarana per le portate con i tempi di ritorno 50, 200 e 500 anni.

Le portate con gli stessi tempi di ritorno, 200 e 500 anni, connotano la principale criticità del torrente Fontana, rappresentata dal ponte a servizio della strada comunale Levanto-Colle di Gritta.

Gli scenari di esondazione riguardanti i tratti terminali dei corsi d’acqua sono stati ottenuti da modellazioni idrauliche bidimensionali con il software *Infoworks ICM 9.0*. Il dominio di calcolo è stato ottenuto a partire dalle diverse basi topografiche disponibili, in particolare il modello digitale del terreno (DTM) derivato dai dati LiDAR del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Il dominio è stato discretizzato con una mesh triangolare a differente superficie, considerando gli edifici come “poligoni vuoti”, cioè non attraversabili dal flusso della corrente. Come condizioni al contorno, sono state considerate barriere verticali impermeabili ad eccezione degli sbocchi a mare per i quali è stata impostata la condizione di moto uniforme. Come condizioni di input, sono stati assegnati gli idrogrammi di esondazione ottenuti dalle modellazioni monodimensionali del deflusso in alveo, secondo i criteri e gli indirizzi tecnici definiti dalla D.G.R. 357/2008 per la verifica e la valutazione delle portate e degli idrogrammi di piena attraverso studi idrologici di dettaglio nei bacini idrografici liguri. Sono state effettuate diverse modellazioni per tener conto delle esondazioni separate e concomitanti dei torrenti Ghiararo e Cantarana, e per verificare l’influenza del parametro di scabrezza. Per le modellazioni definitive delle aree inondabili è stato assunto il coefficiente di scabrezza di Manning pari a $0.025 [s/m^{1/3}]$, corrispondente al coefficiente di Gauckler-Strickler pari a $40 [m^{1/3}/s]$.

Sulla base delle modellazioni idrauliche bidimensionali, sono state ripериметrate le fasce di inondabilità A, B e C, cioè le aree perifluviali inondabili al verificarsi di eventi con portata al colmo di piena corrispondente, rispettivamente, a periodi di ritorno di 50, 200 e 500 anni. Si rileva che la ripериметrazione ha riguardato solo i tratti terminali del torrente Ghiararo e dei relativi affluenti, torrenti Mulino, Ghiare e Fontana, e del torrente Cantarana e dei relativi affluenti, rii Acquadolce e Prealpa. Per gli altri tratti, è stata mantenuta la perimetrazione previgente con opportune valutazioni.

La carta delle fasce di inondabilità individua fasce di tipo B estese lungo i due corsi d’acqua e i relativi affluenti principali, interessando la maggior parte dell’abitato di Levanto e dell’immediato entroterra. Sono inoltre individuate tre fasce A:

- strada in sponda destra subito a monte del ponte dell'ex linea ferroviaria in prossimità della foce del torrente Ghiararo;
- area in sponda sinistra del torrente Cantarana in cui si immettono i due affluenti rio Prealba e rio Acquadolce in corrispondenza del Camping "Acqua Dolce" (altrimenti detto "Stefanini");
- aree in sponda destra e sinistra del torrente Mulino a monte dell'abitato di S. Gottardo.

La carta individua inoltre alcune fasce C in varie zone, tra cui la parte più a valle dell'abitato di Levanto delimitata dal rilevato dell'ex linea ferroviaria. Si evidenzia altresì che nei tratti non rivisti del torrente Cantarana e dei relativi affluenti, la carta individua tre sottili fasce B*, in quanto trattasi di aree storicamente inondate non indagate con adeguate verifiche idrauliche. La mappatura di tali aree, come riportato nelle precedenti versioni del Piano di Bacino, è da imputarsi al danneggiamento delle fasce montane dovuto a fenomeni di erosione spondale in concomitanza dell'evento alluvionale del 1966.

Nel recente studio idraulico sono state inoltre determinati i tiranti idrici e le velocità di scorrimento secondo le classi definite dalla D.G.R. 91/2013 per l'individuazione delle aree a minor pericolosità relativa alla fascia B e, conseguentemente, sono stati perimetrati gli ambiti normativi BO e BB.

Nel corso dell'istruttoria relativa alla ripermetrazione delle fasce di inondabilità con individuazione degli ambiti normativi, il Settore Assetto del Territorio della Regione Liguria ha eseguito specifici sopralluoghi nelle aree interessate, durante i quali sono stati visionati alcuni muri d'argine in pietrame scarsamente connesso in corrispondenza di due punti dell'asta principale del torrente Ghiararo:

- area in sponda sinistra a valle del ponte di Via Tagliacarne;
- area in sponda destra in prossimità della confluenza tra il torrente Mulino e il torrente Ghiare.

Considerato che la scarsa consistenza di tali strutture arginali potrebbe modificare lo scenario di esondazione elaborato nello studio idraulico, per le suddette aree la carta individua, in via cautelativa, l'ambito BB, eventualmente modificabile a seguito di adeguate verifiche strutturali degli stessi argini e, se necessario, del relativo consolidamento o rifacimento.

• **Torrente Gavazzo**

Le problematiche dei deflussi facenti capo al torrente Gavazzo sono state ben configurate nel piano di bacino approvato nel 1989 e ad esso si fa integrale riferimento per la stima della pericolosità in atto e per le soluzioni delineate.

Queste soluzioni consistevano essenzialmente nella creazione di due scolmatori, uno con recapito autonomo a mare ed uno con recapito in sinistra Ghiararo, in modo da lasciare ai vecchi condotti del Gavazzo, opportunamente razionalizzati, le sole funzioni proprie di un normale sistema di fognature meteoriche.

Non tutto il programma come sopra configurato è stato ad oggi realizzato e pertanto in questa sede se ne auspica il sollecito completamento; conseguentemente le infrastrutture in argomento potrebbero essere declassificate dall'ambito delle opere idrauliche a quello proprio dei manufatti fognanti, dei quali comunque si raccomanda un'adeguata razionalizzazione.

Si deve infine rilevare come il centro abitato di Levanto sia limitato a mare dal rilevato della ex

linea ferroviaria e quindi eventuali esondazioni che potrebbero interessare l'abitato avrebbero il loro smaltimento ostacolato dalla barriera a mare, superabile solo attraverso i radi varchi presenti nel rilevato, quali quelli in corrispondenza di piazza Staglieno ed altri minori; tali varchi devono pertanto essere adeguatamente salvaguardati ed eventualmente potenziati.

- **Torrente Gallona**

Si tratta di un corso d'acqua che drena un bacino di estensione pari a circa 1.2 Km².

Mediante il metodo C.I.M.A. sono state determinate le portate seguenti:

T [anni]	Q_T [m³/s]
30	20
50	24
200	34
500	41

Il Rio Gallona è un affluente di destra del Torrente Ghiararo -Ramo Fontana; presenta un andamento in generale piuttosto ripido, con valore medio della pendenza attorno al 4% per il tratto rilevato.

L'alveo è di tipo naturale con difese spondali localizzate: in riva sinistra è presente un muro d'argine in c.a. che si estende per circa 140 m a monte del ponte della strada provinciale Levanto - Monterosso mentre in sponda destra si ha un vecchio muro in pietrame che si estende verso monte dalla sez. 8 riportata in cartografia.

Le verifiche idrauliche sono state condotte in moto permanente misto, assumendo come coefficiente di scabrezza di Manning $m = 0.033 \text{ m}^{-1/3}$ s, adeguato per un corso d'acqua con presenza di vegetazione in alveo e movimento di materiale sul fondo.

Le verifiche idrauliche sono state eseguite imponendo, come condizione al contorno di monte, l'attraversamento della profondità critica, stante l'elevato valore di pendenza ed il carattere torrentizio del corso d'acqua.

Il passaggio per la profondità critica è stato assunto anche come condizione al contorno di valle, per la presenza di un salto di fondo in corrispondenza della sezione 1 sotto il ponte della strada provinciale.

Dai risultati dei calcoli condotti si evidenzia una situazione di sufficiente sicurezza per le portate con tempo di ritorno fino a T=200 anni; fa eccezione la sezione più a monte fra quelle rilevate, che si presenta insufficiente al deflusso della portata duecentennale; l'evento di esondazione corrispondente non interessa comunque manufatti o insediamenti, peraltro assenti nel tratto di corso d'acqua oggetto di sopralluogo, rilievo e verifica.

3.3.2 Corsi d'acqua interessanti il Comune di Bonassola (capitolo modificato con D.D.G. n. 1663 del 05/03/2020)

L'abitato di Bonassola è attraversato da due corsi d'acqua principali, il torrente San Giorgio e il torrente Rossola, che sono stati indagati nell'ambito di uno studio idraulico di dettaglio predisposto dal Comune nel 2018.

Tale studio è aggiornato alla luce di alcuni interventi realizzati sui corsi d'acqua, indicativamente tra gli anni 1999 e 2012; più in dettaglio sono stati esaminati i seguenti

documenti:

- il progetto esecutivo di Sistemazione del torrente San Giorgio nel Comune di Bonassola 1° Lotto, redatto dall’Ing. A. Fallani (capogruppo) - dicembre 1999;
- l’as built dei Lavori di completamento dello scatolare del torrente San Giorgio in comune di Bonassola, redatto dall’Ing. A. Fallani (capogruppo) - giugno 2005;
- il progetto esecutivo per l’adeguamento della sezione idraulica del rio Bonassola, redatto da EPTAConsult - giugno 2007;
- il progetto esecutivo dei Lavori di messa in sicurezza idraulica dell’abitato di Bonassola mediante interventi strutturali sui corsi d’acqua San Giorgio e Rossola (3° Lotto), redatto dall’Ing. A. Fallani (capogruppo) - maggio 2009;
- i lavori di somma urgenza a seguito degli eventi alluvionali del 25 ottobre 2011 - Messa in sicurezza del dissesto avvenuto alla copertura del rio Carpeneggio in Via sant’Erasmus, redatto dall’Ing. R. Gianmarini - aprile 2012;

Inoltre, sono stati effettuati dei sopralluoghi e rilievi speditivi all’interno delle tombinature dei due corsi d’acqua, al fine di rilevare lo stato dei luoghi e confermare i dati dei vari progetti esaminati.

Le portate utilizzate nelle verifiche sono quelle già individuate nel piano di bacino, come riportate nella tabella seguente:

	Area [km ²]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q ₅₀ [m ³ /s]
rio San Giorgio allo sbocco a mare	3.32	86	64
rio San Giorgio a monte della confluenza con il rio Bonassola	3.10	77	57
rio Rossola	1.74	51	38

Le verifiche idrauliche sono state effettuate con il software di calcolo *Hec-Ras 5.0.3*, implementando un modello monodimensionale gradualmente variato in moto permanente.

La verifica è stata eseguita integrando il profilo nelle due condizioni di corrente lenta da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle, imponendo come condizioni al contorno la profondità critica nella sezione di monte e il livello di 1 m s.l.m. nella sezione di valle, per tener conto del livello massimo di marea e dell’innalzamento dovuto al moto ondoso.

Le verifiche sono state effettuate in condizioni di sponde infinite qualora il livello dell’acqua superasse il limite arginale.

Il coefficiente di scabrezza n di Manning è stato assunto pari a $0.025 \text{ sm}^{-1/3}$ per il tratto tombinato del rio San Giorgio, corrispondente a tratti urbanizzati di corsi d’acqua con argini cementati e in buono stato e pari a $0.028 \text{ sm}^{-1/3}$ per il rio Rossola e per i tratti non tombinati del rio San Giorgio, corrispondente alla condizione di corsi d’acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo.

La geometria del tratto d’alveo indagato e dei manufatti interferenti è stata ricavata dai rilievi speditivi realizzati a gennaio 2018 omogeneizzati con i progetti a disposizione.

Ai fini del calcolo sono state individuate una serie di sezioni trasversali numerate in senso crescente da valle verso monte dalla -3 alla 12 per il rio San Giorgio e dalla sezione 0 alla 3.1 per il rio Rossola, in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, curve, presenza di manufatti ecc.) con l'aggiunta di alcune sezioni di calcolo intermedie in corrispondenza di variazioni di sezione significative e dei manufatti.

• **Risultati**

Dalle verifiche idrauliche effettuate risulta che il tratto centrale della tombinatura (in corrispondenza dell'inizio del controcanale) del t. San Giorgio risulta insufficiente al deflusso delle portate 50-ennale e 200-ennale con la messa in pressione della tombinatura; il deflusso della portata 200-ennale all'imbocco della tombinatura avviene in corrente lenta con franco rispetto all'intradosso pari a 0.8 m, mentre il deflusso della portata 50-ennale avviene in corrente lenta con franco rispetto all'intradosso pari a 1.4 m. Il tratto terminale della tombinatura, prima dello sbocco a mare, è sufficiente al deflusso della portata 50-ennale e 200-ennale con franco minimo rispettivamente pari a 1.25 m e 1.0 m.

La portata massima smaltibile dalla tombinatura è pari a circa 55 m³/s.

Relativamente al t. Rossola, le verifiche hanno confermato l'insufficienza del tratto terminale della tombinatura al deflusso delle portate di piena con tempo di ritorno inferiore a 50 anni, con la messa in pressione della tombinatura. L'imbocco e il primo tratto della tombinatura (tra le sez. 2 e 3) per una lunghezza di circa 50 m sono in grado di smaltire la portata 50-ennale con franco minimo all'imbocco pari a 0.3 m. La portata 200-ennale transita all'imbocco con quote prossime all'intradosso della copertura.

La portata massima smaltibile dalla tombinatura nel tratto terminale è pari a circa 25 m³/s.

Pertanto, tenuto conto dell'inadeguatezza delle opere presenti al deflusso della portata in alveo, è stata condotta un'analisi di dettaglio sulla dinamica di esondazione, tramite una modellazione idraulica bidimensionale, al fine di individuare più nel dettaglio le aree a diversa pericolosità.

Per ciascun rio, le portate di esondazione sono state calcolate come differenza fra le portate 50-ennale e 200-ennale e la massima portata transitabile senza messa in pressione delle rispettive tombinature come indicato nella tabella seguente.

	Q ₅₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q _{soglia} [m ³ /s]	Q _{esond.50} [m ³ /s]	Q _{esond.200} [m ³ /s]
San Giorgio	64	86	55	9	22
Rossola	38	51	25	13	26

L'analisi del rischio idraulico ha riguardato l'abitato di Bonassola compreso tra il rilevato ferroviario e il mare, nell'ipotesi cautelativa che non avvengano esondazioni a monte, ma che tutta la portata di piena possa raggiungere, senza perdita di volume lungo il tragitto, l'imbocco delle tombinature.

La portata esonda lungo le viabilità principali (Via Risorgimento e Via C. Colombo) defluendo progressivamente verso mare interessando anche le viabilità secondarie pedonali. Il vecchio rilevato ferroviario costituisce un ostacolo allo scorrimento che può procedere verso mare solo

attraverso i sottopassi presenti.

Al fine della modellazione idraulica della dinamica dell'esondazione sono stati valutati gli idrogrammi di piena secondo le procedure previste dalla linee guida DGR 357/2008, *Criteri di verifica e valutazione delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena nei bacini idrografici liguri*; in particolare si è utilizzato il *metodo indiretto dell'evento idrometeorologico critico* finalizzato alla valutazione degli idrogrammi di riferimento condizionati dal valore della portata al colmo di progetto, assunta in questo caso pari a quella del Piano di Bacino.

Lo studio relativo all'allagamento delle aree adiacenti ai rii San Giorgio e Rossola è stato effettuato implementando un modello idraulico bidimensionale con il software *Infoworks ICM5*. Il software consente il calcolo in moto vario monodimensionale e bidimensionale di alvei fluviali, reticoli di bonifica e fognature urbane utilizzando la metodologia dei volumi finiti. Tra i principali risultati fornisce per ciascun dominio di calcolo (maglia di discretizzazione) i massimi tiranti idrici e la massima velocità di scorrimento.

Il modello digitale del terreno utilizzato per la modellazione deriva dal DTM regionale a maglia 5x5 m, opportunamente integrato con gli edifici estratti dalla CTR e integrato con la carta dei Centri di interesse storico artistico ambientale in scala 1:500.

A completamento del lavoro di integrazione sono state aggiunte una serie di condizioni interne, quali arginature, muri perimetrali di edifici per rappresentare in modo più dettagliato e preciso la realtà urbana indagata.

Infine è stato individuato e creato il dominio 2D di allagamento sulla base delle dinamiche di esondazione dell'area e delle mappature risultanti dal Piano di Bacino. Il dominio 2D individuato ha un'estensione di circa 33 ha. Il dominio di calcolo è stato discretizzato generando una mesh triangolare a differente superficie, allo scopo di seguire più fedelmente possibile la geometria dei luoghi.

Il coefficiente di scabrezza (coefficiente di Manning) adottato è costante in tutto il dominio e pari a $0.03 \text{ sm}^{-1/3}$. Tale scelta è dovuta al fatto che l'area indagata è costituita da un'area urbana caratterizzata da viabilità carrabili e marciapiedi.

Al dominio di calcolo sono state assegnate le seguenti condizioni al contorno:

- *Condizioni di input*: sono costituite dagli idrogrammi di esondazione individuati ubicati in corrispondenza dell'imbocco delle tombinature.
- *Condizioni di output*: in corrispondenza dell'estremità est della maglia di calcolo (lato mare, in corrispondenza della spiaggia) si è assunta come condizione la profondità critica ("*Critical Depth*").
- *Condizioni generali della maglia*: nei restanti tratti del dominio di calcolo non interessati dalle condizioni di Input e di Output si è assunta, a favore di sicurezza, la condizione al contorno di "*vertical wall*" che corrisponde all'inserimento di una barriera verticale impermeabile infinitamente alta che non lascia uscire l'acqua dal dominio di calcolo qualora in simulazione si verificasse presenza d'acqua al suo perimetro.

Ai fini della simulazione idraulica, sono stati adottati i seguenti parametri:

- Passo temporale di integrazione utilizzato durante il calcolo (*timestep*) pari a 10 s.
- Durata della simulazione pari a 400 min. corrispondente a circa 4 volte la durata degli idrogrammi in input.

La simulazione è stata effettuata sia considerando i rivi singolarmente che di seguito

considerando le esondazioni su entrambi i corsi d'acqua.

I risultati della modellazione bidimensionale, sintetizzati nelle carte dei tiranti massimi e delle velocità massime per gli eventi 200-ennale e 50-ennale, sia nello scenario che prevede l'esondazione del singolo corso d'acqua che nello scenario con l'esondazione di entrambi i corsi d'acqua, sono riportati nell'allegato "Verifiche idrauliche".

3.3.3 Corsi d'acqua interessanti i Comuni di Deiva Marina e Framura

- **Torrente Castagnola**

Notizie storiche di esondazioni concernono essenzialmente il tratto focivo e in particolare il territorio in destra in corrispondenza del centro storico di Deiva, (dove nel 1729 fu lamentata la distruzione della chiesa di S. Antonio Abate) e il tratto litoraneo, mentre a monte furono parzialmente interessati un campeggio ed alcuni edifici sparsi (località Vone) in comune di Framura.

Sono state eseguite verifiche in moto permanente sull'asta terminale del torrente Castagnola, per un tratto di 1500 m circa. La condizione di monte, sez. 32.1, è il passaggio della profondità critica, determinato dalla presenza di un guado, che è idraulicamente assimilabile ad una briglia; la condizione di valle è il livello imposto $h=1.2$ m, con $Y=3.2$ m nella sez. fociva (sez. 0.5), comprendente una striscia di spiaggia della larghezza di circa 100 m. La disposizione delle sezioni su CTR è rappresentata nella Tavola 8 "Planimetria con ubicazione delle sezioni – t.Castagnola", mentre le relative sezioni idrauliche sono riportate in allegato 2.9.9. Il profilo allo stato attuale è disponibile in allegato 2.8.7. Le tabelle riassuntive dei risultati sono raccolte nell'allegato 2.1 "Tabelle di HEC-RAS"

Gli studi e le simulazioni condotte nell'ambito delle presenti attività hanno sostanzialmente confermato le determinazioni registrate da una precedente elaborazione progettuale disposta dalla Regione Liguria che avevano già evidenziato la criticità del tratto focivo, caratterizzato dalla presenza di un manufatto di attraversamento da ritenere inadeguato e dalla occupazione a vari fini (strade, parcheggi) di alcune luci del nuovo ponte ferroviario.

Il profilo relativo alla simulazione dello stato di progetto è riportato in allegato 2.10.5, le sezioni modificate negli allegati 2.11.6/7/8/9.

Le fasce di inondabilità relative al torrente Castagnola rispecchiano le problematiche emergenti dai risultati delle verifiche idrauliche; il tratto focivo presenta in sponda sinistra, nel Comune di Framura, una zona di fascia A occupata al momento da una strada e da parcheggi. Parte dell'abitato di Deiva Marina e delle strutture alberghiere in Comune di Framura ricadono in fascia di inondabilità B.

Una trattazione particolare meritano poi alcune aree situate in un tratto più a monte del corso d'acqua, in una zona non densamente urbanizzata ma nella quale sorgono insediamenti commerciali ed industriali ed attività turistico ricettive, nella fattispecie campeggi.

Il tratto esaminato si estende per circa 600 m, da poco a monte del campeggio Valdeiva fino alla confluenza del torrente Castagnola con il Rio di Piazza. Il campeggio si trova in sponda sinistra del Castagnola, nel territorio appartenente al Comune di Framura. Si è eseguita la verifica idraulica in quanto la zona appartiene alle aree storicamente inondate mappate nella delibera 2615/98 della Regione Liguria. Dopo un primo studio di dettaglio è stato recepito l'approfondimento presentato nella fase di inchiesta pubblica, il quale dettaglia in modo più preciso la situazione

topografica dei luoghi, assumendo correttamente i valori di portata e di scabrezza previsti dal Piano di Bacino. Tale studio si riporta in *Appendice 2* con il titolo “*Torrente Castagnola – Campeggio Valdeiva*”, in un fascicolo che contiene le ipotesi di calcolo, le sezioni topografiche con i livelli ipotizzati del pelo libero e i profili di rigurgito per le tre condizioni di portata considerate (T=50, T=200 e T=500).

Il primo livello di approfondimento è stato studiato con i seguenti criteri.

Il calcolo idraulico è stato effettuato in condizioni di moto permanente, calcolando la portata del Castagnola alla sezione di confluenza a partire dalla portata dell'intero bacino; si è rapportata tale valore di Q al sottobacino con sezione di chiusura della confluenza con il Piazza, ricavando i valori riportati, insieme a quelli relativi al Rio di Piazza, nella seguente tabella:

	Q(T=50) m ³ /s	Q(T=200) m ³ /s	Q(T=500) m ³ /s
Castagnola	80	120	164
Rio di Piazza	90	130	150

Per la verifica si impongono come condizione di monte la profondità del moto uniforme a monte del campeggio e come condizione di valle il valore della profondità determinata dal rigurgito alla confluenza, in prossimità della quale il torrente ha sezione idraulica parzialmente ostruita da un'isola con vegetazione arbustiva. Le equazioni applicate per studiare la confluenza sono:

$$Q(x) = Q_0 + q_A \cdot x$$

$$\left(\frac{Y}{Y_R}\right)^3 - (1 + 2Fr^2) \frac{Y}{Y_R} + 2Fr^2 \left(\frac{Q}{Q_R}\right)^2 = 0$$

dove x è la coordinata longitudinale del torrente, q_A è la portata in afflusso a ml, Q₀ la portata del corso d'acqua in esame a monte della confluenza, Y_R la profondità del moto indisturbato dal fenomeno di afflusso e Q_R la portata associata a tale profondità. Data l'entità della portata in afflusso, in questo caso la Y_R coincide con la profondità critica, attraversata nella sezione terminale di afflusso, e Q_R con la portata totale a valle della confluenza. Risultano i seguenti valori di profondità di rigurgito:

Y_v=2.6 m (T=50anni)

Y_v=3.4 m (T=200 anni)

Y_v=3.9 m (T=500 anni).

Data l'elevata tendenza al deposito del torrente, si è assunta pressochè nulla la pendenza del breve tratto esaminato a monte del guado.

Il profilo di rigurgito a monte del guado, sia per la portata cinquantennale sia per la duecentennale, è una debole corrente lenta; per la portata cinquecentennale, la lenta è limitata a un breve tratto in corrispondenza del guado, proseguendo poi verso monte come corrente critica. Dalla briglia, cui è idraulicamente assimilabile il guado (sez. 1.9), si diparte, per ogni tempo di ritorno analizzato, una corrente veloce, dovuta alla forte pendenza dell'alveo –intorno al 5%, in base ai dati della CTR- che prosegue pressochè indisturbata fino alla briglia successiva (sez. 4.5); oltre questa, la confluenza con il Rio di Piazza determina una corrente lenta che si raccorda, tramite risalto idraulico, alla veloce da monte. All'altezza della briglia 4.5 si estende, in sponda destra, una zona di espansione, sopraelevata di circa 1.5 m da fondo alveo, larga 3□4 m, che contiene l'effetto del rigurgito della confluenza in prossimità delle propaggini di valle del

campeggio sito in sponda destra, La Sfinge.

Le verifiche sono state eseguite utilizzando i dati disponibili da CTR, integrati con una serie di misure speditive; inoltre, i rilevamenti sono stati effettuati in un periodo in cui l'alveo è soggetto a lavori (completamento dell'arginatura, allargamento in un tratto vallivo). Pertanto, i dati utilizzati e, quindi, i risultati, possono essere precisati e/o aggiornati.

A seguito di tali considerazioni è stato verificato ed in seguito recepito un secondo livello di approfondimento, che riprendendo le considerazioni sopra riportate circa la modellazione idraulica del corso d'acqua si fonda su una base topografica maggiormente dettagliata.

A quanto emerso dal calcolo, si possono aggiungere poi una serie di valutazioni solo parzialmente modellabili fisicamente, ma comunque molto significative della pericolosità del sito. La situazione può essere infatti ulteriormente peggiorata dall'innalzamento del livello di fondo alveo, data la notevole tendenza dell'alveo al deposito e tanto più probabile e consistente durante un evento di piena. La presenza del guado, funzionante come una briglia, incentiva ulteriormente il pericolo di deposito di materiale lapideo. Inoltre il campeggio, nella sua estremità di monte, comporta un brusco restringimento: l'aggetto in alveo determina un innalzamento dei livelli liquidi e rende, in più, la sponda soggetta ad erosione. A questo proposito, si può anche notare che gli argini sono strutture a gravità, realizzate con la posa di massi e materiale sciolto inserito negli interstizi. Non è quindi da escludersi che una piena possa scavare gli argini o che, comunque, l'acqua possa filtrare oltre l'argine, sopraelevato di oltre 2 m rispetto al piano di campagna del campeggio.

Si nota che l'area in sponda destra del Castagnola non risulta, in base ai calcoli approssimati qui condotti, inondabile per $T=200$ ed è stata quindi inserita in fascia C, poichè appartenente alle aree storicamente inondate mappate nella D.G.R. 2615. Si deve però richiamare l'attenzione proprio sull'approssimazione dei dati di campagna utilizzati; al fine di poter motivatamente escludere l'area dal pericolo di inondazione, si ritiene necessaria la realizzazione di idonee indagini su rilievo di dettaglio. Fanno eccezione le immediate vicinanze della confluenza, dove la portata duecentennale minaccia sia i capannoni industriali siti in sponda destra, a quota inferiore a quella stradale e quindi della sommità d'argine, sia le propaggini vallive del campeggio La Sfinge.

- ***Affluenti del torrente Castagnola***

- Rio di Piazza

- La presenza di alcuni fabbricati industriali (si vedano le Figg. 39-40 della relazione di sopralluogo), non riportati su CTR, in destra del Castagnola, in corrispondenza della confluenza, e la loro appartenenza alle aree storicamente inondate (DGR 2615/98) hanno dettato la necessità di una verifica idraulica sulla confluenza.

- Il Rio di Piazza confluisce nel torrente Castagnola, in prossimità di località Case Ghiara. Il bacino sottende una superficie di estensione pari a 6 km^2 .

- Le verifiche in corrispondenza della confluenza sono state eseguite secondo la modellazione delle confluenze esposta nel paragrafo dedicato alle verifiche idrauliche lungo il campeggio Valdeiva.

- Il rigurgito determinato dal torrente Castagnola sul Rio della Piazza è pari ad una profondità $Y=4.5 \text{ m}$ circa per $T=50$ anni, contenuti dai presidi arginali del Rio di Piazza; per $T=200$ anni $Y=6.3 \text{ m}$ circa, con esondazione su entrambe le sponde. L'area su cui sorgono i fabbricati risulta quindi

inondabile per T=200 anni, come peraltro già risultava dalla precedente verifica.

Rio Mezzema

Il Rio Mezzema è un affluente in sponda destra del Castagnola, dell'estensione di circa 6 kmq, posto circa 1.5 km a valle della confluenza tra Castagnola e Rio di Piazza. Lungo l'alveo, in sponda destra nella sua parte valliva, su ambo le sponde in corrispondenza della località Molino di Varese, sorge il campeggio Arenella. Si sono svolti due tipi di verifiche: la prima, nella sopraccitata località, dove il campeggio è esteso su ambo le sponde, collegate da un guado, e dove il Rio di Pragalea confluisce nel Mezzema. La seconda verifica è estesa ad un tratto di poco più di 300 m del torrente, tra Molino Varese e la confluenza del Rio Pian del Lupo nel Mezzema. La collocazione del campeggio e le foto relative sono riportate in relazione di sopralluogo.

La prima verifica è quella del rigurgito determinato dalla confluenza del Rio di Pragalea (1.09 kmq) e del Mezzema. I valori di profondità determinata sono:

$Y_v=3$ m (T=50anni)

$Y_v=3.87$ m (T=200 anni)

$Y_v=4.21$ m (T=500 anni)

I presidi arginali in corrispondenza dell'affluente sono circa di 2.5 m; a ciò si aggiunge la disconnessione arginale determinata da un piccolo guado abbinato ad una soglia, per cui il deflusso della portata non è contenuto entro gli argini.

Analogamente a quanto descritto per il Torrente Castagnola in corrispondenza del Camping Valdeiva, anche per il Campeggio Arenella è stato presentato, nella fase di inchiesta pubblica, un approfondimento di studio volto a definire la modellazione idraulica del corso d'acqua con un livello di dettaglio superiore. A seguito della verifica degli elaborati presentati è stato recepito tale approfondimento in quanto basato su rilievo topografico di dettaglio. Le considerazioni di tale studio circa la pericolosità idraulica dei siti sono sostanzialmente coincidenti con quelle riportate nella prima stesura del piano, confermando pertanto sostanzialmente la perimetrazione delle fasce inondabili così come riportato in Tavola 9.

La verifica in moto permanente sul tratto a valle di tale affluente assume come condizione di monte la profondità di moto uniforme (alveo torrentizio, con pendenza media del 3%). La condizione di valle è il rigurgito determinato dalla confluenza con il Rio Pian del Lupo (0.4 kmq). Per T=30/50 anni l'immissione di portata non è tale da determinare rigurgito; per T=200 anni la profondità di rigurgito è $Y=3.11$ m, per T=500 anni $Y=3.38$ m; in entrambi i casi il rigurgito determina una corrente lenta non contenuta entro gli argini, attestati mediamente sui 2.5 m.

Si precisa che la seconda verifica, causa mancanza di un opportuno rilievo, si basa su misure di campo approssimate e su deduzioni dalla CTR; nel caso particolare, data una certa regolarità del corso d'acqua, si è assunta sezione costante per i 300 m in esame. Si rimanda a eventuali analisi successive di dettaglio per un raffinamento del calcolo.

Lo studio idraulico realizzato a seguito dei lavori effettuati dal Comune negli anni 2009 – 2010 ha consentito di estendere a monte l'analisi del T. Mezzema e di avere una definizione topografica più congruente con l'effettivo stato dei luoghi.

5. RISCHIO IDROGEOLOGICO

(capitolo modificato con D.D.G. n. 1665 del 05/03/2020)

4.1 Determinazione del rischio idrogeologico

Nell'ambito della pianificazione di bacino stralcio, ed in particolare dell'attuale attività volta all'adempimento del comma 1, art. 1 del D.L. 180/98, il rischio **R** può essere determinato attraverso una procedura semplificata con l'obiettivo di individuare i fattori essenziali che lo determinano e di darne una valutazione relativa anche qualitativa. Innanzitutto si può assumere uniforme, e quindi pari a 1, la vulnerabilità degli elementi a rischio, ritenendo cioè, almeno in questa fase, prioritarie le caratteristiche degli elementi a rischio rispetto alla loro capacità di sopportare le sollecitazioni esercitate dall'evento.

La definizione delle classi di elementi a rischio si basa sull'analisi della carta di uso del suolo ed è sostanzialmente in accordo con quanto previsto dall'Atto di indirizzo e coordinamento del D.L. 180/98. Tale definizione viene qui brevemente ricordata per completezza:

E0: aree disabitate o improduttive

E1: edifici isolati, zone agricole

E2: nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori

E3: centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, principali infrastrutture e servizi

Per i dettagli sugli elementi derivanti dalla carta di uso del suolo si rimanda alla raccomandazione n. 4; nel caso di elementi non esplicitamente compresi, si procederà inserendo l'elemento in analogia a quelli previsti nel senso del rischio a loro connesso.

Il citato atto di indirizzo e coordinamento del D.L. 180/98 prevede la determinazione delle seguenti quattro classi di rischio a gravosità crescente

R1 Rischio moderato

R2 Rischio medio

R3 Rischio elevato

R4 Rischio molto elevato

Al fine di estrarre dalla classificazione le situazioni a rischio più lieve in ragione di pericolosità estremamente basse o di completa assenza di valenze socioeconomiche, si è prevista l'aggiunta di una quinta classe R0 di rischio lieve o trascurabile, che può non essere riportata sulla cartografia.

Si fornisce di seguito una procedura che, attraverso la definizione di una semplice matrice, permette di ottenere le quattro classi di rischio a partire dalla carta degli elementi a rischio e della pericolosità. Poiché si è constatato che il concetto di pericolosità **P** che si adotta nei casi di rischio di inondazione e rischio geomorfologico può assumere un significato fisico diverso, le due matrici di rischio sono fornite separatamente per i due casi. I risultati indicati nelle matrici di incrocio sono comunque da considerarsi valori minimi suggeriti.

Il procedimento è necessariamente semplificato, ma permette di raggiungere un risultato comunque significativo a scala di bacino e soprattutto uniforme su tutto il territorio regionale. Nel caso siano disponibili già a livello di pianificazione di bacino elementi di dettaglio o la conoscenza di casi peculiari che permettano di associare a particolari elementi un diverso grado di

vulnerabilità e di diversificare quindi all'interno delle classi predefinite elementi non ritenuti omogenei con la classe stessa nel senso del rischio, la classificazione degli elementi a rischio può essere particolarizzata e le relative classi di rischio modificate al fine di renderle maggiormente rappresentative della situazione reale.

In occasione della variante del 2019 si sono redatte le nuove carte del rischio, utilizzando le matrici già citate e separando in due cartografie differenti il rischio idraulico e quello geomorfologico (di versante).

4.1.1 Rischio geomorfologico

Secondo la definizione del Comitato Tecnico Regionale i diversi gradi di rischio di carattere geomorfologico si determinano attraverso matrici nelle quali vengono poste in relazione le classi di pericolosità con le classi degli elementi a rischio, così come desunte dalla carta di uso del suolo. La relativa carta del rischio geomorfologico ha pertanto come finalità principale l'evidenziazione (mediante una legenda di tipo semaforico) delle situazioni di maggior criticità che possono produrre danno all'uomo e/o ai suoi beni.

Peraltro la carta del rischio idrogeologico fa parte degli elaborati fondamentali di un Piano sollecitato dal D.L. 180/98 come fase attuativa "Piano stralcio" della L. 183/89 e, come tale, deve essere congrua e coerente con i principi del Piano di Bacino. In questo quadro, pertanto, la determinazione del livello di criticità deve essere commisurata non solo al livello del danno diretto ed immediato cui sono soggetti l'uomo ed i suoi beni (criterio specifico ed esaustivo per la Protezione Civile), ma anche all'incidenza che la situazione di pericolosità ha sull'assetto complessivo del bacino e alla rilevanza che la rimozione o l'attenuazione della situazione di pericolosità assume nel quadro organico delle strategie e delle opzioni di tutela dello stesso.

Un piano di bacino stralcio per la difesa idrogeologica e geomorfologica, per la salvaguardia della rete idrografica ai sensi della L. 9/93 deve quindi sviluppare la pianificazione degli interventi traguardando la mitigazione del rischio attraverso soluzioni strutturali e non, che non prescindano dalla necessaria tutela degli equilibri naturali del bacino. In questa prospettiva, quindi, il rischio rappresenta la componente principale nell'individuazione e localizzazione degli interventi, ma non l'unica, poichè si dovrà portare a termine questo compito ragionando alla scala di bacino e valutando le reazioni del sistema nel suo insieme ed in tutti i suoi aspetti.

Tornando alla definizione del rischio geomorfologico ai sensi del piano stralcio sul rischio idrogeologico (D.L. 180/98), esso può essere preliminarmente affrontato ponendo a confronto gli elementi a rischio con le aree di bacino caratterizzate da una certa suscettività al dissesto dei versanti.

Si tratta tuttavia di un approccio differente per vari aspetti rispetto a quello adottato per la pericolosità idraulica. Si consideri ad 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 fattori innescanti. Per tale ragione, a differenza di quanto avviene per le fasce fluviali, le aree a minore pericolosità geomorfologica sono aree del bacino in cui si prevede che il dissesto abbia la minore possibilità di verificarsi, 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 pericolosità non implica automaticamente che se ne verifichino altri nelle zone a maggior pericolosità.

Nell'ottica di uniformare i risultati relativi a differenti bacini, si propone la seguente matrice di

riferimento per la redazione della carta del rischio geomorfologico; verranno comunque tenute nella massima considerazione:

- osservazioni di tipo puntuale derivate dal rilevamento geologico e geomorfologico e dalla conoscenza generale del territorio
- possibili interazioni del dissesto non solo sugli elementi direttamente interessati ma anche nell'intorno (ripercussioni a valle e a monte del dissesto, possibili ostruzioni di corsi d'acqua, ...)

ELEMENTI A RISCHIO	PERICOLOSITÀ (susceivibilità al dissesto dei versanti)				
	P ₀ Pericolosità molto bassa	P ₁ Pericolosità bassa	P ₂ Pericolosità media	P ₃ Pericolosità elevata	P ₄ Pericolosità molto elevata
E₀	R ₀	R ₀	R ₀	R ₁	R ₁
E₁	R ₀	R ₁	R ₁	R ₂	R ₃
E₂	R ₀	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
E₃	R ₀	R ₁	R ₂	R ₄	R ₄

4.1.2 Rischio idraulico

Per quanto riguarda il rischio di inondazione nell'ambito sia della pianificazione di bacino di rilievo regionale sia delle prescrizioni progettuali, la portata di massima piena con assegnato periodo di ritorno viene generalmente assunta come parametro rappresentativo del rischio idraulico; la probabilità annua di superamento di tale portata individua la pericolosità P nel senso sopra definito.

L'obiettivo generale a medio-lungo termine della pianificazione di bacino di rilievo regionale è attualmente quello della riduzione del rischio di inondazione a tempo di ritorno T pari a 200 anni, che rappresenta quindi il livello al quale ci si prefigge di ricondurre il rischio idraulico attraverso gli interventi strutturali. Così come previsto dalla raccomandazione sulle fasce di inondabilità già approvata dal Comitato Tecnico Regionale dell'Autorità di Bacino, vengono individuati essenzialmente tre livelli di pericolosità idraulica, uno elevato (T=50 anni), uno medio (T=200 anni) ed uno basso (T=500 anni).

Il rischio idraulico sarà determinato dalla sovrapposizione delle tre fasce suddette con gli elementi a rischio, secondo i risultati indicativi riportati nella matrice seguente

ELEMENTI A RISCHIO	PERICOLOSITÀ (aree inondabili)			
	P ₀ T>500	P ₁ 200<T<500 fascia C	P ₂ 50<T<200 fascia B	P ₃ T<50 Fascia A
E₀	R ₀	R ₀	R ₁	R ₁
E₁	R ₀	R ₁	R ₂	R ₃
E₂	R ₀	R ₂	R ₃	R ₄
E₃	R ₀	R ₂	R ₄	R ₄

La classe di pericolosità P₀ è stata inserita per uniformità con i criteri dell'Autorità di Bacino regionale, benché non rilevante per le elaborazioni di carattere idraulico.

5. PIANO DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

5.1 Premessa

La pianificazione degli interventi fa riferimento 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”, pubblicato sulla G.U. del 05/01/1999.

Tale documento prevede l'individuazione dell'insieme di interventi atti a ridurre il rischio a livelli prefissati; gli interventi vengono classificati come strutturali e non strutturali, attivi e passivi.

Il piano degli interventi costituisce l'insieme dei provvedimenti da adottare in relazione alle criticità individuate in precedenza; la priorità da assegnare a ciascun intervento deriva dall'analisi dell'urgenza e del grado di rischio per persone e beni. In particolare l'ordinamento degli interventi è basato sulle carte di pericolosità, carta di suscettività al dissesto e carta delle fasce di inondabilità, e sulla carta del rischio idrogeologico, elaborata sulla base dell'uso del territorio.

Gli interventi vengono dunque individuati in riferimento alle criticità presenti ed ordinati secondo priorità in base alle classi di rischio in accordo con la seguente tabella:

	Classi di Rischio				
	R4	R3	R2	R1	R0
PRIORITA'	1	2	3	4	5

Il presente piano degli interventi assume come struttura quella proposta dalla raccomandazione del Comitato Tecnico Regionale dell'Autorità di bacino di rilievo regionale relativamente alle “Indicazioni metodologiche per la redazione del piano di interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico nei Piani di bacino ex D.L. 180 e ss. mm. e ii.”.

In base ai suggerimenti della suddetta linea guida, il piano degli interventi espone le possibili soluzioni alle criticità riscontrate, relazionandole con le condizioni di rischio, e valuta l'efficacia dei provvedimenti da assumere in un'ottica a scala di bacino; nell'elaborazione del presente piano vengono svolte le verifiche idrauliche relative allo stato di progetto per le sistemazioni proposte ed è quindi immediata la valutazione dell'efficacia delle misure proposte.

La classificazione degli interventi è schematizzabile nel modo seguente:

- I. mitigazione del rischio con interventi strutturali, finalizzati a ridurre la pericolosità; in particolare, per gli interventi sui corsi d'acqua e sui versanti, si considerano:
 - interventi strutturali puntuali: opere di sistemazione che agiscono localmente sul fenomeno e che hanno lo scopo di una soluzione definitiva della criticità o perlomeno di una significativa riduzione del rischio, senza determinare tuttavia influssi negativi sul resto del bacino
 - interventi strutturali areali: opere di sistemazione articolate e di carattere estensivo che interessano porzioni rilevanti di territorio
- II. mitigazione del rischio con interventi non strutturali, atti a minimizzare l'impatto di eventi calamitosi e ridurre così il danno atteso; in particolare, per gli interventi sui corsi d'acqua e sui versanti, si considerano:

- misure non strutturali di prevenzione e mitigazione, quali misure di protezione civile e misure normative, alle quali è dedicata una specifica sezione del Piano di bacino stralcio
- monitoraggi dei principali corpi franosi e più in generale delle criticità individuate

III. manutenzione ordinaria degli alvei e dei versanti

IV. demolizione/rilocalizzazione degli elementi a rischio. Questo tipo di soluzione viene proposta in primo luogo nei casi particolari in cui gli elementi stessi siano causa del dissesto idrogeologico o aggravino il grado di rischio (D.L. 180/98, art. 1, comma 5); si tratta però di un intervento attuabile anche qualora le opere strutturali realizzabili non consentano la riduzione del rischio a livelli compatibili

Ciascun intervento proposto dal Piano presenta una stima di massima dell'onere finanziario ad esso legato; la precisione della stima dovrà inevitabilmente tenere conto dell'ottica di pianificazione a scala di bacino seguita in questa sede; in fase di progettazione esecutiva si potranno affrontare con maggiore precisione le problematiche che si presenteranno, non ultimo l'aspetto finanziario, attraverso un rilievo di dettaglio adeguato alla scala di ciascun intervento.

Un altro aspetto che verrà affrontato è la competenza per la realizzazione e la manutenzione delle opere; essa deve essere stabilita in base a quanto indicato nella Legge Regionale 18/99 artt. 92-93, la quale investe la Provincia della Spezia del compito di eseguire le opere, in assenza di altri soggetti tenuti alla realizzazione delle stesse, quali i concessionari, pubblici o privati, o i proprietari frontisti.

Il bacino considerato nel presente Piano è interessato da criticità di carattere sia idraulico, sia geomorfologico, come visibile nella carta del rischio idrogeologico; in via generale si può dire che la maggiore concentrazione di criticità, e quindi di interventi di mitigazione del rischio, è localizzata nella fascia costiera, in quanto più densamente urbanizzata.

Per quanto specificamente attiene alle problematiche di carattere prettamente idraulico, nel presente piano vengono rilevate diverse situazioni di rischio connesse allo smaltimento delle portate di piena in tutti i corsi d'acqua interessanti i bacini dell'ambito in esame.

Gli interventi prescritti sono pertanto volti alla risoluzione delle criticità riscontrate attraverso opere di tipo strutturale, e di conseguenza puntuale, integrate con sistemazioni estensive delle porzioni di monte dei bacini e con la manutenzione diffusa degli alvei; l'azione combinata di interventi puntuali ed areali permette di non vanificare i benefici localmente indotti dagli interventi strutturali a causa del cattivo stato di manutenzione dell'alveo e dei versanti a monte degli stessi.

In considerazione della presenza di campeggi in aree identificate come inondabili, nelle more della realizzazione degli interventi sotto dettagliati per singola struttura ricettiva, si rende indispensabile:

- evidenziare tali pericolosità ai soggetti preposti all'attuazione di misure di protezione civile;
- predisporre opportune misure di autoprotezione e di evacuazione per ogni struttura a rischio;
- coordinare ed inserire tali misure nei piani di protezione civile comunali e provinciali.

La manutenzione degli alvei e dei manufatti necessita di un'attenta programmazione da parte degli Enti competenti, soprattutto con sopralluoghi e realizzazione di interventi dopo gli eventi di piena significativi; la manutenzione si prefigge come compito la sicurezza derivante dallo

sgombero da ostacoli che potrebbero ingenerare ostruzioni di ponti e tombinature, nel rispetto delle caratteristiche naturali degli alvei.

Gli interventi, già identificati a livello puntuale, possono essere suddivisi in quattro categorie:

Interventi lungo i corsi d'acqua,

Interventi sui versanti,

Interventi di manutenzione,

Monitoraggi.

Di seguito si riporta l'elenco delle opere individuate accompagnate da una breve descrizione.

5.2 Interventi lungo i corsi d'acqua

L'individuazione delle criticità idrauliche dei corsi d'acqua dell'ambito 18, e delle cause che le determinano, deriva dallo studio della carta del rischio, che si ricorda essere la sovrapposizione della carta della pericolosità e di quella degli elementi a rischio. Sempre per mezzo della carta del rischio viene assegnata la priorità che compete a ciascun intervento; nell'esposizione degli interventi l'ordine seguito sarà quindi quello dalla maggiore urgenza alla minore.

Le misure previste si propongono di ridurre il rischio a livelli socialmente compatibili, avendo come obiettivo, anche se a lungo termine, il transito senza esondazioni delle portate con tempo di ritorno duecentennale; a tale finalità dovrà essere associata, nei limiti delle possibilità, la riqualificazione e rinaturalizzazione del corso d'acqua. Quest'ultimo traguardo è forse il più difficile da raggiungere a causa dello sviluppo dei centri abitati che, nella parte terminale dei corsi d'acqua interessati dal presente Piano, ha sottratto ai torrenti spazi ormai non più recuperabili se non a costo di onerose risoluzioni.

Per gli interventi proposti in seguito sono forniti, negli allegati idraulici sezioni idrauliche e profili sia dello stato di fatto che dello stato di progetto, a titolo di verifica del beneficio ottenuto; una volta di più si rammenta che la scala di bacino, alla quale si è operato nella presente pianificazione, non permette di raggiungere la precisione necessaria a livello di progettazione; in sede progettuale dovranno quindi essere svolte accurate analisi idrauliche in grado di valutare, oltre ai benefici puntuali di una qualsiasi opera, le conseguenze indotte a monte ed a valle della stessa e le problematiche legate alla capacità di erosione, con particolare attenzione all'instaurarsi di profili di corrente veloce a seguito di opere di ampliamento e regolarizzazione delle sezioni di deflusso. Quando, a livello di progettazione, dovessero presentarsi come opportune soluzioni differenti da quanto previsto nel Piano di Bacino, dovranno essere giustificate accuratamente le scelte effettuate.

5.2.1 Corsi d'acqua interessanti il comune di Levanto

Piano degli interventi sul torrente Ghiararo

Interventi strutturali

- a) Demolizione ponte di collegamento alla S.S. n° 1 Aurelia (sez. 3.05 in allegato idraulico 2.9.1 "Sezioni t. Ghiararo" relative allo stato attuale) in località Levanto con ricostruzione idraulicamente ininfluenza dello stesso.

La zona interessata dall'intervento si trova in zona densamente urbanizzata, il centro abitato di

Levanto; dalle verifiche idrauliche risulta che le sezioni sono in grado di smaltire la portata cinquantennale ma presentano gravi insufficienze nei confronti della duecentennale; per queste ragioni tale area viene quindi a ricadere nella classe di rischio R4. – **PRIORITA' 1**

- b) Eliminazione dell'ostruzione in luce destra a monte del vecchio ponte FF.SS. (sez. 1.05 in allegato idraulico 2.9.1 "Sezioni t. Ghiararo" relative allo stato attuale)

L'area è la stessa interessata anche dall'intervento precedente e rimangono dunque valide le stesse considerazioni. Classe di rischio R4. – **PRIORITA' 1**

- c) Adeguamento ponte a valle del ponte FF.SS. (sez. 4.05 in allegato idraulico 2.9.1 "Sezioni t. Ghiararo" relative allo stato attuale)

Di nuovo valga quanto detto in precedenza trovandosi l'area in zona densamente antropizzata, fattore che, associato alla mappatura in fascia di inondabilità con $Tr=200$ anni, pone la zona in classe di rischio R4. – **PRIORITA' 1**

- d) Sovralzo delle sommità arginali al fine di contenere la portata duecentennale per tutto il tratto di torrente che attraversa il centro abitato, con eliminazione dei varchi nelle difese stesse (tra le sez. 0.5 e 13 in allegato idraulico 2.7.1-tav.13 "Sintesi degli interventi puntuali proposti – t. Ghiararo t. Cantarana")

Dall'esame dei profili e delle sezioni si rileva una situazione di insufficienza delle difese arginali nei confronti degli eventi di portata con tempo di ritorno pari a 200 anni; in particolare si presentano inadeguate le sezioni dalla 2 alla 4.1, dalla 7.2 alla 8 e le sezioni 12.1 e 12.2, come rilevabile dall'allegato idraulico 2.9.1 "Sezioni t. Ghiararo" relativo allo stato attuale. – **PRIORITA' 1**

- e) Demolizione del ponte in località N.S. della Guardia, sez. 14.05 in allegato idraulico 2.9.2 "Sezioni t. Ghiararo" nello stato attuale.

Rispetto agli interventi precedenti questo assume priorità inferiore in quanto l'opera idraulica in questione si trova in una zona a limitata urbanizzazione e quindi precisabile come area di classe R3 nella carta del rischio idrogeologico. – **PRIORITA' 2**

Manutenzioni

- f) Manutenzione periodica dell’ecosistema e dell’alveo nel tratto Foce – S. Antonio (sezz. 0.5 – 19 Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni – t. Ghiararo t. Cantarana”
- g) Rimozione delle barre focive
- h) Azione costante di manutenzione sulle opere idrauliche

Valutazione del risultato atteso

Il calcolo del profilo di rigurgito alla luce degli interventi suddetti conferma la validità delle misure proposte; dall’analisi dell’allegato idraulico 2.11.1 “Sezioni t. Ghiararo” nello stato di progetto, si vede come, attraverso le sistemazioni proposte, la portata duecentennale riesca a transitare senza esondazioni.

Estensione indicativa degli interventi

Il complesso degli interventi suddetti interessa praticamente l’intera asta terminale del torrente Ghiararo, tra la foce e la confluenza con il torrente Fontana, rispettivamente sezz. 0.5 e 16 in Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni t. Ghiararo t. Cantarana”, per un’estensione in lunghezza di circa 1300 m.

Stima di massima dei costi ed Enti competenti

COSTO INTERVENTO	£	€	ENTE COMPETENTE
a	3.500.000.000	1.807.599,15	A.N.A.S.
b	70.000.000	36.151,98	Provincia della Spezia
c	900.000.000	464.811,21	Provincia della Spezia
d	1.500.000.000	774.685,35	Provincia della Spezia
e	1.000.000.000	516.456,9	Provincia della Spezia
f	130.000.000	67.139,4	Comune di Levanto
g	20.000.000	10.329,14	Comune di Levanto
h	Rientra nel punto f)		
totale	7.120.000.000	3.677.173,13	

5.2.2 Piano degli interventi sugli affluenti del torrente Ghiararo

Interventi strutturali

- a) Adeguamento delle sezioni di deflusso del fosso del Mulino fino alla confluenza con il torrente Ghiare (sezz.1-11 in Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni - t. Ghiararo t. Cantarana”).

Il provvedimento in questione, consistente nel sopralzo delle difese arginali, assume urgenza primaria stante l’insufficienza delle sezioni di deflusso, che determina la mappatura della zona come inondabile con Tr= 50 anni (sez. 11.05 allegato idraulico 2.9.4 “Sezioni t. Ghiararo ramo Mulino”), combinata con la presenza di edifici di abitazione; la classe di rischio cui appartiene l’area in esame è quindi R4. – **PRIORITA’ 1**

- b) Adeguamento (demolizione e ricostruzione) del ponte sulla SS 370 lungo il fosso del Mulino

in località S. Gottardo (sez. 5.05 in Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni t. Ghiararo”)

Il manufatto di attraversamento sul quale si deve intervenire presenta un’insufficienza a smaltire la portata duecentennale e, trovandosi in un’area a limitata urbanizzazione, determina per la zona circostante una classe di rischio R3. – **PRIORITA’ 2**

- c) adeguamento ponte sul **torrente Fontana** lungo la strada comunale Levanto - Colle di Gritta (sez. 4.05 in in Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni t. Ghiararo”)

Ancora, l’insufficienza idraulica e la limitata urbanizzazione della zona conducono ad assegnare all’area la classe di rischio R3. – **PRIORITA’ 2**

- d) sopralzi difese spondali a monte del ponte romano sul **torrente Fontana** (sez. 6.05 in Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni t. Ghiararo”)

Questo intervento ha ottenuto già un parziale finanziamento ai sensi della L. 183/89 / D.P.R. 27.07.99 di cui alla D.G.R. 466 del 07.04.2000, per l’anno 2001 – C.M. Riviera Spezzina: rifacimento tratto di argine in sponda dx Rio Fossato –Comune di Levanto – Lit. 76.000.000; classe di rischio R3. – **PRIORITA’ 2**

- e) adeguamento sezioni di deflusso del **ramo Ghiare** in località Ghiare (sezz. 29-33 in in Tavola 8 Planimetria con ubicazione delle sezioni t. Ghiararo”) – **PRIORITA’ 3**
- f) sopralzi spondali del **ramo Ghiare** in corrispondenza della confluenza col Fosso del Mulino (sezz. 17-20 in Tav. 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni t. Ghiararo”) – **PRIORITA’ 3**
- g) risagomatura tratto terminale del **torrente Redacascio** con realizzazione di briglie di trattenuta del materiale – **PRIORITA’ 2**

Manutenzioni

- h) Manutenzione periodica dell’ecosistema e dell’alveo del torrente Fontana dalla confluenza fino al mulino di Fontana (sezz. 1 -31 in Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni t. Ghiararo t. Cantarana”)
- i) Manutenzione periodica dell’ecosistema e dell’alveo del ramo Ghiare nel tratto Ghiare – S. Antonio (sezz. 19 -33 in Tavola 8 Planimetria con ubicazione delle sezioni t. Ghiararo t. Cantarana”)

Questo intervento ha ottenuto già un parziale finanziamento ai sensi della L. 183/89 / D.P.R. 27.07.99 di cui alla D.G.R. 466 del 07.04.2000, per l’anno 2000 – C.M. Riviera Spezzina: pulizia e taglio vegetazione del ramo Ghiare del t. Ghiararo, dalla località Ghiare alla località San Gottardo - Comune di Levanto – Lit. 200.000.000;

- j) Manutenzione periodica dell’ecosistema e dell’alveo del **torrente Casella**
- k) Manutenzione periodica dell’ecosistema e dell’alveo del **torrente Redacascio**
- l) Manutenzione delle opere idrauliche
- m) Controllo erosione spondale sul torrente Redacascio

Valutazione del risultato atteso

Il calcolo del profilo di rigurgito alla luce degli interventi suddetti conferma la validità delle

misure proposte; dall'analisi dell'allegato idraulico 2.11.1 "Sezioni t. Ghiararo" nello stato di progetto, si vede come, attraverso le sistemazioni proposte, la portata duecentennale riesca a transitare senza esondazioni.

Estensione indicativa degli interventi

Gli interventi elencati interessano gli affluenti del torrente Ghiararo, ovvero la parte di monte della rete idrografica.

Stima di massima dei costi ed Enti competenti

COSTO INTERVENTO	£	€	ENTE COMPETENTE
a*	2.500.000.000	1.291.142,25	Comune di Levanto
B	1.500.000.000	774.685,35	Comune di Levanto
C	2.500.000.000	1.291.142,25	Comune di Levanto
D	1.500.000.000	Parzialmente	finanziato anno 2001 (76 mil.)
E	750.000.000	387.342,67	Comune di Levanto
F	350.000.000	180.759,91	Comune di Levanto
G	200.000.000	103.291,38	Comune di Levanto
H	170.000.000	87.797,67	Comune di Levanto
I	100.000.000	Finanziato anno 2000 (200 mil.)	
J	80.000.000	41.316,55	Comune di Levanto
K	50.000.000	25.822,84	Comune di Levanto
L	Rientrano nei punti g), h), i), j), k)		
M			
Totale	9.700.000.000	5.009.631,92	

a*: nelle zone adiacenti l'alveo nei pressi della confluenza sono anche da prevedersi interventi di delocalizzazione su edifici di tipo produttivo.

5.2.3 Piano degli interventi sul torrente Cantarana

Interventi strutturali

- a) Rifacimento della tombinatura nel tratto compreso fra le sez. 1 e 4 in Tavola 8 "Planimetria con ubicazione delle sezioni – t. Ghiararo t. Cantarana"
- b) Realizzazione di un piccolo bacino per la ritenuta dei materiali solidi trasportati a valle a monte della copertura

La tombinatura del torrente Cantarana risulta inadatta a smaltire la portata cinquantennale; la zona interessata dal torrente, nel suo tratto terminale tombinato, è la porzione orientale dell'abitato di Levanto, che deve pertanto essere considerata di classe di rischio R4. – **PRIORITA' 1**

Nel piano del 1981 veniva indicata l'opportunità di creare un piccolo bacino immediatamente a monte della copertura (zona del Tiro a Segno) per la ritenuta dei materiali solidi trasportati a valle e lo spostamento ad est dello sfocio in mare per far luogo ad un canale scolmatore del torrente Gavazzo; in questa sede oltre a riprendere le conclusioni del precedente studio si raccomanda un'accurata opera di manutenzione e il miglioramento dell'efficacia idraulica dell'imbocco della copertura.

Tale intervento acquisisce particolare urgenza in seguito al manifestarsi di lesioni, seppure

modeste, alla struttura del vecchio scatolare.

Durante il rifacimento ed adeguamento dello scatolare si ritiene necessario allineare la soletta di base con quella del nuovo scolmatore del Gavazzo.

- c) Messa in sicurezza del Campeggio Stefanini mediante realizzazione di interventi di sopralzo arginale degli affluenti del Torrente Cantarana

Tale intervento, non coerente con l’ottica pianificatoria di bacino, dovrà essere realizzato a carico del titolare della struttura ricettiva. Classe di rischio R4, **PRIORITA' 1**.

Manutenzioni

- d) Manutenzione periodica dell’ecosistema e dell’alveo del tratto montano del torrente
- e) Manutenzione della tombinatura

Valutazione del risultato atteso

Il deflusso della portata di piena potrà avvenire in condizioni più favorevoli in virtù dell’adeguamento delle sezioni della tombinatura.

Estensione indicativa degli interventi

Gli interventi elencati, per quanto riguarda le opere strutturali e la manutenzione della tombinatura, si collocano nel tratto finale del torrente tra le sezz. 1 e 7 in Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni t. Ghiararo t. Cantarana”, per un’estensione in lunghezza di circa 500 m; la manutenzione interesserà poi anche la parte montana del corso d’acqua.

Stima di massima dei costi ed Enti competenti

COSTO INTERVENTO	£	€	ENTE COMPETENTE
A	1.700.000.000	877.976,73	Comune di Levanto
B	300.000.000	154.937,07	Comune di Levanto
C	30.000.000	15.493,71	Comune di Levanto
D	30.000.000	15.493,71	Comune di Levanto
Totale	2.060.000.000	1.063.901,21	

5.2.4 Corsi d’acqua interessanti il comune di Bonassola

Piano degli interventi sul torrente S. Giorgio

Interventi strutturali

Adeguamento geometrico-strutturale del tratto centrale della tombinatura del torrente S. Giorgio in corrispondenza dell’inizio del controcanale; per il grado di urbanizzazione della zona, la classe di rischio assegnata all’area in questione risulta essere R4. – **PRIORITA' 1**

Manutenzioni

Manutenzione periodica dell'ecosistema e dell'alveo del tratto montano del torrente

Piano degli interventi sul torrente Rossola

Interventi strutturali

- a) adeguamento del tratto urbanizzato tombinato del t.Rossola per garantire il deflusso della portata duecentennale; per il grado di urbanizzazione della zona, la classe di rischio assegnata all'area in questione risulta essere R4. – **PRIORITA' 1**
- b) adeguamento, con valvole clapet, delle immissioni nella rete fognaria tombinata sul torrente Rossola in corrispondenza dell'abitato di Bonassola o dotazione della rete di fognatura bianca di autonomo recapito a mare. – **PRIORITA' 2**

Manutenzioni

Manutenzione periodica dell'ecosistema e dell'alveo del tratto montano del torrente

5.2.5 Corsi d'acqua interessanti i comuni di Deiva Marina e Framura

Piano degli interventi sul Torrente Castagnola

Interventi strutturali

Gli interventi di mitigazione del rischio riportati nel presente Piano fanno riferimento allo studio commissionato dalla Regione Liguria e alla sua successiva integrazione; le misure proposte negli studi suddetti sono state in questa sede integrate alla luce dei risultati delle nuove verifiche idrauliche condotte che, peraltro, confermano la validità delle prescrizioni precedenti.

Al momento sono in corso di realizzazione i lavori previsti nel progetto di cui si è fatta menzione nel paragrafo 5.5.1 del presente Piano di Bacino.

Si ritiene necessario eseguire gli interventi di seguito descritti:

- a) demolizione ponte in prossimità della foce con ricostruzione dello stesso con la spalla sinistra spostata verso il Comune di Framura di almeno 16 m propedeuticamente all'intervento seguente (sez. 2.05 in Tavola 8 "Planimetria con ubicazione delle sezioni – t. Castagnola"). Il manufatto è insufficiente al transito della portata cinquantennale e si trova in prossimità della foce del torrente, dove si ha in sponda destra l'abitato di Deiva Marina.
- b) allargamento dell'alveo a valle del ponte FF.SS. fino ad una larghezza di circa 60 m (sezz. 0.5 – 5 in Tavola 8 "Planimetria con ubicazione delle sezioni – t. Castagnola")
- c) allargamento del deflusso a tutte e quattro le arcate del ponte FF.SS., o soluzione idraulicamente equivalente, (sez. 5.05 in Tavola 8 "Planimetria con ubicazione delle sezioni – t. Castagnola")
- d) allargamento dell'alveo a monte del ponte FF.SS. fino ad una larghezza di almeno 50 m (sezz. 5.1 – 8 in Tavola 8 "Planimetria con ubicazione delle sezioni – t. Castagnola")

Per le prescrizioni di cui ai punti b), c) e d) dovrà essere inderogabile il franco minimo di sicurezza pari ad 1 metro per quanto concerne la sicurezza degli argini e delle difese spondali del corso d'acqua;

- e) ripristino della soglia di fondo a protezione del ponte carrabile a monte del ponte FF.SS.

(sezz. 8.1 – 8 in Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni – t. Castagnola”);

- f) verifica e consolidamento delle opere di fondazione del parcheggio a sbalzo sull'alveo (sezz. 10 – 29 in Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni – t. Castagnola”);
- g) eliminazione delle ostruzioni sottostanti il parcheggio suddetto
- h) ripristino della continuità del muro d'argine in riva destra da prolungare verso monte (sezz. 29 -30 in Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni – t. Castagnola”);
- i) messa in sicurezza del camping “Valdeiva”. Collocato in classe di rischio R4.

Per tutti gli interventi elencati valgono le considerazioni riguardanti l'intervento a), a causa della diffusa insufficienza delle sezioni di deflusso e dell'elevata antropizzazione della sponda destra.

Per quanto concerne l'intervento di cui alla lettera i), a fronte dell'estrema pericolosità connessa alle attività del campeggio l'intervento ottimale risulta quello della realizzazione di un ponte che elimini il guado e la corrispondente criticità in quanto unico accesso alla struttura. Nelle more della realizzazione di tale intervento strutturale la messa in sicurezza del Campeggio dovrà prevedere la realizzazione di sopralzi arginali in ordine da consentire il deflusso della portata duecentennale con franco di sicurezza pari ad un metro di altezza, in considerazione della forma e delle condizioni del bacino in corrispondenza di tale struttura. Tali interventi, non coerenti con l'ottica pianificatoria di bacino, dovranno essere realizzati a carico del titolare della struttura ricettiva. Classe di rischio R4, **PRIORITA' 1**.

Manutenzioni

- j) Rimozione delle barre focive
- k) Manutenzione periodica dell'ecosistema e dell'alveo del torrente tra la foce e la località Molino di Siona
- l) A seguito della realizzazione di opere strutturali di messa in sicurezza idraulica e di opere connesse alla viabilità carrabile effettuate nel tratto terminale del T. Castagnola è stato redatto nell'anno 2011 uno studio idraulico di approfondimento, finalizzato alla migliore definizione delle aree esondabili. Dal suddetto studio è emersa che il tratto terminale del corso d'acqua esaminato è soggetto ad una lieve tendenza alla modifica del fondo alveo sia per apporti da monte che per tendenza al deposito od all'erosione di taluni tratti che lo compongono. Pertanto si ritiene necessario verificare periodicamente e con cadenza annuale la geometria delle sezioni rilevate al fine di effettuare gli interventi di manutenzione ordinaria dell'alveo da inserire nei piani provinciali annuali di cofinanziamento redatti ai sensi della L.R. 20/2006.

Enti attuatori: Comune di Deiva Marina e Comune di Framura.

Valutazione del risultato atteso

Dalle verifiche idrauliche condotte nella situazione di progetto, gli interventi elencati risultano idonei a garantire lo smaltimento della portata duecentennale, con abbattimento significativo del rischio.

Estensione indicativa degli interventi

Le misure proposte nel presente Piano di Bacino, per quanto riguarda l’asta principale del torrente Castagnola, interessano il tratto di torrente, della lunghezza di circa 1 Km, compreso tra le sez. 0.5 e 29 come riportate in Tavola 8 “Planimetria con ubicazione delle sezioni – t. Castagnola”.

Stima di massima dei costi ed Enti competenti

INTERVENTO	£	€	ENTE COMPETENTE
a	2.500.000.000	1.291.142,25	Comuni di Deiva Marina e Framura
b	350.000.000	180.759,91	Comuni di Deiva Marina e Framura
c	160.000.000	82.633,1	Comuni di Deiva Marina e Framura
d	120.000.000	61.974,83	Comuni di Deiva Marina e Framura
e	250.000.000	129.114,22	Comuni di Deiva Marina e Framura
f	400.000.000	206.582,76	Comune di Deiva Marina
g	25.000.000	12.911,42	Comune di Deiva Marina
h	500.000.000	258.228,45	Comune di Deiva Marina
j	20.000.000	10.329,14	Comuni di Deiva Marina e Framura
k	150.000.000	77.468,53	Comuni di Deiva Marina e Framura
l	Da stabilire		Comuni di Deiva Marina e Framura
totale	4.475.000.000	2.311.144,61	Finanziate £ 1.190.000.000.

Con successivi provvedimenti la Regione Liguria ha finanziato interventi differenti che la Comunità Montana ha chiesto ed ottenuto di omogeneizzare in un unico intervento in corso di esecuzione.

In particolare i finanziamenti sono quelli di seguito dettagliati:

- D.G.R. n.4464 del 20.12.1996 - C.M. Riviera Spezzina: Lavori di pulizia dell'alveo e ripristino delle sezioni di deflusso del T. Deiva - Comuni di Deiva M. e Framura – Lit. 200.000.000;
- L. 183/89 / D.G.R. 09.10.97, art. 31, anno 1996 -C.M. Riviera Spezzina: sistemazione del T. Deiva e dei suoi affluenti in Comune di Framura – Lit. 190.000.000;
- L. 183/89 / D.G.R. 09.10.97, art. 31, anno 1997 -C.M. Riviera Spezzina: sistemazione idraulica del tratto terminale del T. Castagnola a valle della località Vone - Comuni di Deiva M. e Framura – Lit. 800.000.000;

Totale £ 1.190.000.000.

In realtà il progetto approvato ricalca parzialmente alcune delle diverse linee progettuali individuate nel presente Piano e sopra dettagliate con le relative stime economiche. Si ritiene quindi opportuno, una volta ultimati i lavori in corso, eseguire una dettagliata verifica del nuovo assetto, secondo i principi di analisi del presente Piano, al fine di valutare esattamente e dettagliatamente le opere ancora necessarie per conseguire l’adeguamento alle indicazioni del presente Piano.

5.2.6 Piano degli interventi sugli affluenti del torrente Castagnola

Interventi strutturali

- a) demolizione vecchio ponte sul **Torrente Mezzema** in località Molino Roassa (vicino al Camping Arenella); classe di rischio R4; – **PRIORITA' 1**
- b) delocalizzazione delle aree del campeggio ricadenti in alveo, unitamente alla verifica ed eventuale sostituzione delle opere di presidio arginale non aventi le caratteristiche strutturali idonee. Tali interventi, non coerenti con l'ottica pianificatoria di bacino, dovranno essere realizzati a carico del titolare della struttura ricettiva. Classe di rischio R4; – **PRIORITA' 1**

Manutenzioni

- c) Controllo erosione al piede del muro d'argine destro sul **Torrente Mezzema** in località Molino Roassa;
- d) Manutenzione periodica dell'ecosistema e dell'alveo del **rio di Piazza** tra la confluenza col torrente Castagnola e l'abitato di Piazza;
- e) Progetto delle opere di sistemazione idraulica del **torrente Mezzema** tra la confluenza col torrente Castagnola e l'abitato di Vaccarezza

Valutazione del risultato atteso

Le verifiche idrauliche nella situazione di progetto confermano i benefici indotti dagli interventi previsti, in termini di deflusso almeno della portata con tempo di ritorno T=200 anni.

Estensione indicativa degli interventi

Gli interventi, sia strutturali che manutentivi, sugli affluenti del Castagnola interessano in prevalenza la zona montana del reticolo idrografico.

Stima di massima dei costi ed Enti competenti

INTERVENTO	£	€	ENTE COMPETENTE
a	200.000.000	103.291,38	Comune di Deiva Marina
b*			
c	15.000.000	7.746,85	Comune di Deiva Marina
d	80.000.000	41.316,55	Finanziato 2000
e	60.000.000	30.987,41	
totale	355.000.000	183.342,19	

Gli interventi di manutenzione hanno già ottenuto i relativi finanziamenti:

- L. 183/89 / D.P.R. 27.07.99 – C.M. Riviera Spezzina: taglio vegetazione e rimozione rifiuti T. Mezzema - Comune di Deiva Marina – Lit. 50.000.000;
- D.G.R. 622/05.06.2000 – C.M. Riviera Spezzina: taglio vegetazione e rimozione rifiuti T. Piazza - Comune di Deiva Marina – Lit. 130.000.000;

5.3 Interventi sui versanti

5.3.1 Consolidamento versante in corrispondenza dell'Abitato di Montale

In corrispondenza del versante posto a est/sud-est dell'abitato di Montale è in atto un fenomeno di erosione superficiale che produce un'instabilità generale dell'area a causa dell'alta acclività del versante e delle caratteristiche geolitologiche dell'ammasso roccioso presente. Pertanto a difesa dell'abitato si ritiene necessario procedere ad un consolidamento con opere di sostegno che andranno valutate in sede progettuale. Classe di rischio R3 – **PRIORITA' 2**

5.3.2 Consolidamento dell'Abitato di Casella

In corrispondenza dell'abitato di Casella è presente una coltre detritica di frana quiescente che è da ritenersi, almeno in parte, soggetta a fenomeni di riattivazione.

La causa più probabile del movimento, che crea problemi all'abitato, è l'erosione al piede da parte del torrente Casella unita al cattivo drenaggio delle acque di dilavamento superficiale.

Oltre a questa situazione intrinseca l'abitato di Casella è potenzialmente soggetto anche alla fenomenologia in atto lungo il versante prospiciente e prodotta dalla presenza di grossi olistoliti ofiolitici inseriti più o meno profondamente nelle argilliti, soggetti ad erosione laterale con conseguente possibile movimentabilità. L'intervento di consolidamento dell'abitato non può prescindere anche da un contemporaneo studio/monitoraggio del versante prospiciente (vedi paragrafo 5.4.3.). Classe di rischio R4. – **PRIORITA' 1**

5.3.3 Consolidamento strada provinciale n° 40 (Bivio Baracca Deiva Marina)

La strada che collega la Frazione di Piazza con Castagnola presenta zone con vistosi ribassamenti, questo è da collegare al movimento dei grandi complessi detritici di frana attiva di Case Maestri. In questa area è necessario effettuare un monitoraggio e una manutenzione continua per mantenere la funzionalità della strada provinciale. Classe di rischio R4. – **PRIORITA' 1**

Stima dei costi

INTERVENTO	€ euro	ENTE COMPETENTE
Consolidamento abitato di Montale	440.000.	Comune di Levanto
Consolidamento abitato di Casella	400.000.	Comune di Levanto
Consolidamento Strada Provinciale n 40	75.000	Provincia della Spezia

5.4 Monitoraggi

5.4.1 Monitoraggio della frana di Castagnola

L'abitato di Castagnola si trova su un potente ammasso detritico caratterizzato da diffusi fenomeni di movimentazione che hanno causato lesioni negli edifici presenti e lungo la strada

provinciale.

Si ritiene necessaria un'attività di monitoraggio di tutto il corpo detritico che comprenda anche lo studio delle frazioni di Passano e Lazzino, attraverso monitoraggio satellitare, piezometrico e inclinometrico finalizzato alla definizione del modello geologico della frana di Castagnola tramite il quale si possano determinare le diverse velocità di movimento del corpo detritico e le sue caratteristiche geologiche.

Questo intervento di monitoraggio è stato finanziato ai sensi del D.L. 180/98(D.G.R. 1269/99 - C.M. Riviera Spezzina: indagini geognostiche e progettazione preliminare volta al consolidamento della situazione di dissesto di elevate dimensioni in loc. Castagnola - Comune di Framura) con la somma di Lit. 200.000.000. Le opere risultano eseguite e le risultanze sono state illustrate nel paragrafo 2.3.5., descrittivo della frana.

Si ribadisce, che i dati fino a questo momento raccolti appaiono insufficienti a definire specifiche indicazioni progettuali che dovrebbero essere indirizzate ad un'attenta e precisa zonazione delle fasce di pericolosità, all'interno delle quali individuare zone suscettibili di bonifica e zone in cui dovrà essere imposto un regime vincolistico di mantenimento.

Data la tipologia dei risultati attesi viene individuata la Provincia della Spezia quale Ente Attuatore ed il fabbisogno finanziario stimato in 227.000 €. Tale somma comprenderà sia il monitoraggio satellitare che strumentale che la predisposizione di nuovi tubi inclinometrici anche a sostituzione di quelli divenuti inutilizzabili. Classe di Rischio R4, **PRIORITA' 1**.

A seguito degli eventi alluvionali del novembre 2000, sono stati concessi gli ulteriori sottoindicati finanziamenti:

- Ordinanza n. 3110/2001 – art. 1, comma 5: Tabella definitiva delle categorie e delle priorità finanziarie allegata alla circ. prot. APC/501/2001/D.i.r. del 09.04.2001 – 1° Revisione Piano Generale Interventi OO.PP., 4° Piano Stralcio Finanziamento. Comune di Framura, località Castagnola-Pianelli: cedimento piano stradale (comunale) e intasamento tombino e cunette – Lit. 72.000.000;
- Ordinanza n. 3110/2001 – art. 1, comma 5: Tabella definitiva delle categorie e delle priorità finanziarie allegata alla circ. prot. APC/501/2001/D.i.r. del 09.04.2001 – 1° Revisione Piano Generale Interventi OO.PP., 4° Piano Stralcio Finanziamento. Comune di Framura, località Castagnola-Rovereto: cedimento sede stradale (comunale) – Lit. 300.000.000;
- Ordinanza n. 3110/2001 – art. 1, comma 5: Tabella definitiva delle categorie e delle priorità finanziarie allegata alla circ. prot. APC/501/2001/D.i.r. del 09.04.2001 – 1° Revisione Piano Generale Interventi OO.PP., 4° Piano Stralcio Finanziamento. Comune di Framura, località Castagnola-cimitero: cedimenti e lesioni alle strutture– Lit. 240.000.000

Stima del costo del monitoraggio 227.000 €.

Ente Attuatore: Provincia della Spezia.

5.4.2 Monitoraggio delle situazioni di stabilità della zona compresa tra gli abitati di Setta, Ravecca, Roma, Chiappa e Costa in Comune di Framura

La vasta area identificata è caratterizzata dalla presenza di vari accumuli detritici di frana, sospesi su versanti ad alta acclività. Sono visibili alcuni dissesti puntuali sugli edifici che indicano

movimento degli accumuli detritici. Appare quindi opportuna una campagna di monitoraggio all'interno di tutta l'area con inclinometri, al fine di valutare l'entità dei movimenti presenti. Classe di Rischio R2, R3, **PRIORITA' 2- 3.**

Stima del costo del monitoraggio 200.000 €.

Ente Attuatore: Provincia della Spezia.

5.4.3 Monitoraggio delle condizioni di stabilità del versante compreso tra l'alveo del t. Casella e il cimitero di Montale.

Tale versante è caratterizzato dalla presenza di un corpo detritico di frana quiescente in cui sono immersi grossi trovanti in movimenti. Tale situazione è causa di pericolo sia per la strada statale 370 che per una possibile ostruzione del t. Casella. Si ritiene opportuno effettuare un monitoraggio tramite metodo topografico (anche con utilizzo di satellite) o inclinometrico. Classe di Rischio R3, **PRIORITA' 2. Stima del costo del monitoraggio 130.000 €.** Ente Attuatore: **Provincia della Spezia.**

5.4.4. Monitoraggio frana di Solarolo.

L'area in frana di Solarolo si trova in posizione contigua al più ampio sistema geomorfologico di Case Maestri. Seppure di modeste dimensioni la frana ha prodotto nel tempo, vistosi dissesti in corrispondenza degli edifici ivi presenti. **Stima del costo del monitoraggio 200.000 €.** Ente Attuatore: **Provincia della Spezia.**

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. Società Geologica Italiana, 1994 Guide geologiche regionali Appennino Ligure-Emiliano vol. 6.

E. Abbate (1969) Geologia delle Cinque Terre e dell'entroterra di Levante (Liguria orientale) Mem. Soc. Geol. It. VIII (4).

L.Cortesogno, B.Galbiati, G. Principi, G. Vercesi del Castellazzo, (1981)Carta geologica delle ofioliti del Bracco tra Levante e Velve C.N.R. _ Centro di Studi per la Geologia dell'Appennino - Gruppo di lavoro per le Ofioliti mediterranee.

L.Cortesogno, B.Galbiati, G. Principi 1981 Descrizione dettagliata di alcuni caratteristici affioramenti di breccie serpentinitiche della Liguria Orientale ed interpretazione in chiave geodinamica. Ofioliti, 6, 1, pp 47-76.

Decandia, P. Elter (1972) La zona ofiolitifera del Bracco nel settore compreso tra Levante e la Val Graveglia Mem. Soc. Geol. Ital. Vol XI.

Del Soldato, S. Pintus, 1984, Studio geotettonico e storico sull'evoluzione di una Piana alluvionale (Levanto -Liguria Orientale): applicazione del metodo geofisico per l'identificazione e la definizione di strutture sepolte. Quaderni dell'Istituto di Geologia dell'Università di Genova, a.5, n 5. Tortona.

Del Soldato, S. Pintus, 1984 Levante: Geologia, ambiente, evoluzione storica catalogo della mostra omonima a cura di M. Del Soldato, S. Pintus. La Spezia.

Del Soldato, S. Torre, 1985 Approccio allo studio di una metodologia da impiegarsi nel restauro degli intonaci murari. Rilievo ed analisi critico -storiche, architettoniche e geologico -applicative di un organico edilizio. In atti del congresso "I Liguri dall'Arno all'Ebro". Istituto Internazionale di Studi Liguri, Rivista di Studi Liguri n13 Gennaio settembre 1985. Bordighera.

Del Soldato, S. Pintus, 1985, studio geologico-storico delle attività e delle tecniche estrattive nella Liguria Orientale. Mem. Acc. Lunig. Sci. Capellini Vol. XLV-XLVII. La Spezia.

Del Soldato, S. Pintus, M. Iallonghi, 1988, Le alluvioni di Levante e dell'Alta Val di Vara: meccanismi, ripetitività, implicazioni geologiche, morfologiche e pluviometereologiche. Mem. Soc. Geol. Ital. Vol. XXX Roma.

Del Soldato, S. Pintus, P. Zuffardi, 1993 Le risorse estrattive della Provincia della Spezia. Mem. Acc. Lunig. Sci. Capellini Vol. LXII-LXIII. La Spezia.

Principi, Cortesogno et alii, 1992. Le ofioliti dell'Appennino Settentrionale. Guida all'escursione- 76^ Riunione estiva della SGI convegno SIMP. Firenze 21 -23 Settembre 1992.

PROVINCIA DELLA SPEZIA. 1996. Piano provinciale di protezione civile. Carta del rischio da inondazione in area urbana di pertinenza fluviale dei torrenti della Provincia della Spezia

REGIONE LIGURIA 1989. Piano di Bacino del Torrente Ghiararo - Cantarana

REGIONE LIGURIA 1989 Ricerche in materia di Protezione Civile relative ai Bacini Idrografici vol. 3 Bacino del T. Ghiararo - Cantarana a cura di Geosarc.

REGIONE LIGURIA Studio finalizzato ad interventi di ripristino ambientale di alcune aree fluviale e foci di corsi d'acqua in Regione Liguria. Torrente Castagnola.