REGIONE LIGURIA

AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE

PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

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

Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

RELAZIONE

Ambiti di Bacino di rilievo regionale:
MERULA-CENTA

Bacino:
LA LIGGIA

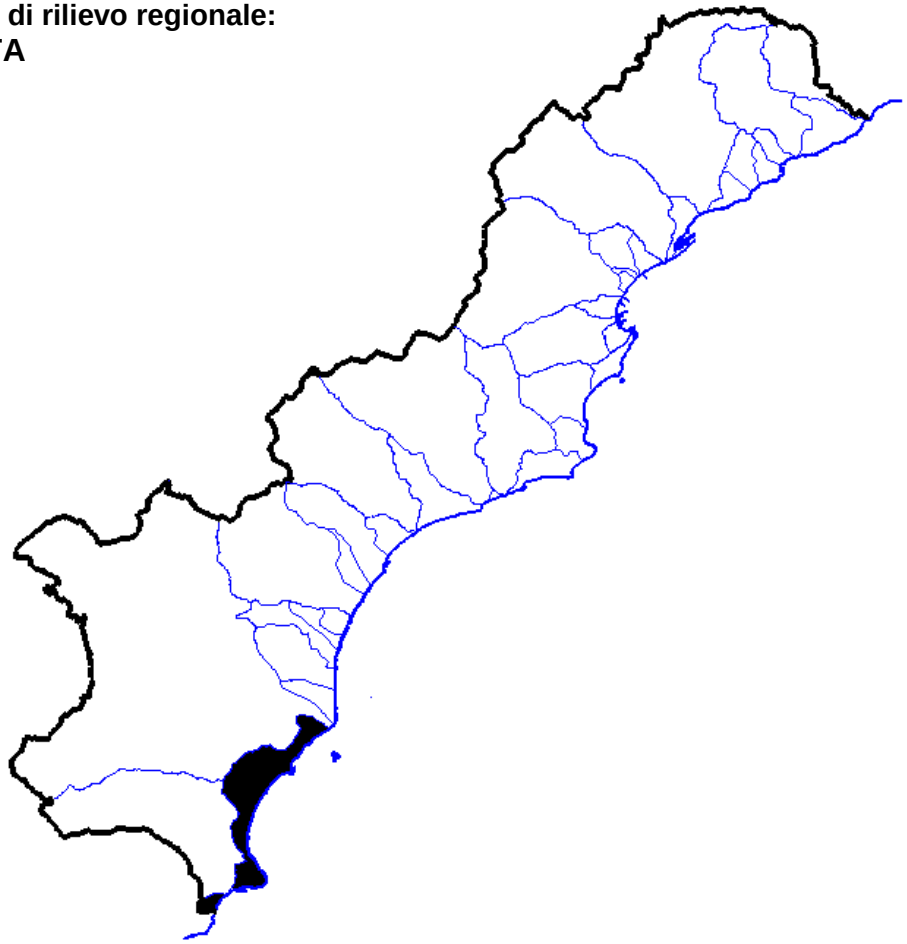
Comuni:

ALASSIO

ALBENGA

ANDORA

LAIGUEGLIA



APPROVAZIONE	**Delibera del Consiglio Provinciale di Savona n. 43 del 28/10/2002**
ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO	**Delibera di Giunta Regionale n. 1324 del 30/12/2016**
ENTRATA IN VIGORE	**Pubblicazione sul BURL n. 5 parte II del 01/02/2017**

PREMESSA 3

1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO 4
1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento 4
1.2 Strumenti di pianificazione vigenti 5
1.2.1 Altri strumenti di pianificazione 6
1.3 Dati utilizzati 6

2 CARATTERISTICHE DEL BACINO 7
2.1 Geografia 7
2.2 Geologia 7
2.2.1 Metodologia di studio 8
2.2.2 Litostratigrafia 8
2.2.3 Tettonica e assetto strutturale 9
2.3 Geomorfologia 10
2.3.1 Metodologia di studio 10
2.3.2 Considerazioni relative allo stato della roccia 10
2.3.3 Caratterizzazione delle coperture 10
2.3.4 Movimenti franosi 11
2.3.5 Franosità diffusa e fenomeni erosivi 11
2.3.6 Fenomeni carsici 11
2.3.7 Riporti artificiali e discariche 11
2.3.8 Cave 11
2.3.9 Acclività 12
2.4 Idrogeologia 12
2.4.1 Reticolo idrografico 12
2.4.1.1 Tavola del Reticolo idrografico (tav. 13) 12
2.5 Uso del suolo 13
2.5.1.Territori modellati artificialmente 13
2.5.2 Territori agricoli 14
2.5.3 Territori boscati ed ambienti seminaturali 14
2.6 Descrizione della rete idrografica 15
2.6.1 RIO CROSO 15
2.6.2 RIO MEZZACQUA 17
2.6.3 RIO FOSSO FASCE GRASSE 21
2.6.4 RIO SAROSA 24
2.6.5 RIO SAN SEBASTIANO 24
2.6.6 RIO CARDELLINO 25
2.6.7 RIO CAUDI-GONGHE 28
2.6.8 RIO TIENNA-LIGGIA 32
2.6.9 RIO TORTORE E RIO PALMERO 36
2.6.10 RIO AVARENNA 39
2.7 Idrologia di piena 45

2.7.1 Premessa..... 45
2.7.2 Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri. Valori di portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, per i bacini idrografici con foce al mar Tirreno – luglio 1999 - (C.I.M.A.) Università degli Studi di Genova.. 45
2.7.3 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica..... 49
2.7.4 Portate di piena 53
2.7.5 Portate di piena di progetto per il bacino La Liggia (Rif. Normativa di Piano) .. 60
2.8 Rii nel Comune di Alassio – Studio idraulico ai fini della perimetrazioni delle aree inondabili..... 61
2.8.1 Premessa..... 62
2.8.2 Caratteristiche tecniche dello studio idraulico di dettaglio 62
2.8.3 Carta delle fasce di inondabilità..... 63

3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO 67
3.1 Premessa..... 67
3.2 Problematiche di tipo geomorfologico..... 68
3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti 68
3.3 Problematiche di tipo idraulico 73
3.3.1 Aree storicamente inondate 73
3.3.2 Fasce di inondabilità..... 73
3.3.3 Fascia di riassetto fluviale..... 74
3.3.5 Evento alluvionale autunno 2014..... 75
3.4 Principali criticità del bacino..... 77
3.4.1 Criticità puntuali 78
3.5 Considerazioni sul trasporto solido..... 101

4 RISCHIO IDROGEOLOGICO..... 103
4.1 Premessa..... 103
4.2 Determinazione del rischio idrogeologico..... 104
4.3 Carta del rischio idraulico..... 106
4.4 Carta del rischio geomorfologico 107

PREMESSA

La presente Relazione Tecnica di Piano è stata revisionata a seguito del parere vincolante della Regione Liguria espresso tramite D.G.R. n°1068/2002 e D.G.R. n° 1158/2002.

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

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

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

1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento

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

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

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

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

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

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

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

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

idrogeologica e del quale sarà quindi parte integrante, così come del piano di bacino nella sua stesura completa.
Esso è quindi approvato con le procedure ordinarie previste dalla L. R. 18/99.
I criteri seguiti per l'elaborazione dei suddetti piani stralcio sul rischio idrogeologico sono quelli già adottati dall'Autorità di bacino regionale per la redazione dei piani stralcio per la difesa idrogeologica.
In particolare i criteri generali per l'elaborazione dei piani di bacino regionali sono stati formalizzati, così come previsto dalla L.9/93, nel documento "Criteri per l'elaborazione dei piani di bacino" approvati dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino di rilevo regionale nella seduta del 20.12.1994. Tali criteri sono stati poi integrati da una serie di raccomandazioni e documenti relativamente a specifiche problematiche.
Nell'ambito del presente piano stralcio per il rischio idrogeologico, oltre ai citati criteri generali, e a quelli relativi all'"Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98", sono stati seguiti i criteri contenuti nelle seguenti raccomandazioni o linee guida:

- raccomandazione n.1 "*Metodologie per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione*"
- raccomandazione n. 3bis "*Documento propedeutico all'informatizzazione dei dati e delle cartografie di base per la redazione dei piani di bacino*",
- raccomandazioni n. 4 "*Standard cartografici relativi in particolare alle legende per la carta di copertura e d'uso del suolo, carta di dettaglio dei movimenti franosi, censimento dei movimenti franosi*"
- raccomandazione n. 4 "*Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico e idrogeologico-Carte derivate*"
- raccomandazione n. 7 "*Definizione delle fasce di inondabilità e di riassetto fluviale"*
- raccomandazione n. 8 "*Redazione della carta del rischio idrogeologico nei piani stralcio di bacino*"
- linea guida 1/1999 *"Nota sul rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale*"
- linea guida 2/2000 "*Indicazioni metodologiche per la costruzione della carta di suscettività al dissesto dei versanti*"
- linea guida 3/2000 *"Schema di struttura e dei contenuti essenziali di un piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico (ai sensi del comma 1, art.1, del Dl180/98 e ss.mm.ed ii, convertito il Legge 267/98)"*

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

1.2 Strumenti di pianificazione vigenti

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

1.2.1 Altri strumenti di pianificazione

Relativamente alla Direttiva CEE 92/43/ CEE istitutiva dei siti "bioitaly", si osserva che nell'ambito del bacino La Liggia è presente il seguente sito individuato come "SIC" (siti di importanza comunitaria):

IT 1325624 Capo Mele

1.3 Dati utilizzati

Nella presente relazione sono riportate, per quanto riguarda la parte generale descrittiva le informazioni dedotte dai sopralluoghi effettuati dal C.I.M.A. nei mesi di maggio, giugno, luglio 2000 nel comprensorio dei Comuni di Andora, Laigueglia, Alassio, Alberga, Ceriale con l'obiettivo di effettuare valutazioni idrauliche di massima delle aste terminali dei rii principali presenti nella zona. Il criterio seguito nell'effettuare i sopralluoghi è stato il seguente:

- identificazione degli sbocchi a mare, delle sezioni di inizio copertura dei corsi d'acqua o di eventuali sezioni che presentino particolari criticità idrauliche;
- misurazione speditiva della geometria delle sezioni prese in esame;
- fotografie sia delle sezioni interessanti per lo studio e sia del tessuto urbano circostante.

Dal punto di vista idraulico, è stata approfondita la valutazione del rischio idraulico presente nel Comune di Alassio. A tal fine sono state utilizzate le verifiche idrauliche e la mappatura delle aree inondabili dello studio idraulico commissionato dal Comune di Alassio ai professionisti Dr. Ing. Emilio Brovelli e Dr. Ing. Renato Bertolino.

L'incarico ha avuto per oggetto l'effettuazione di uno studio idraulico specialistico riguardante i corsi d'acqua e le tombinature compresi nel territorio comunale di Alassio, e finalizzato alla perimetrazione delle aree a differente pericolosità idraulica che non erano state individuate nella prima fase di redazione dal presente "*Piano di Bacino Stralcio sul rischio idrogeologico*". Lo stesso studio è stato inviato dal Comune di Alassio come Osservazione al Piano di Bacino Stralcio durante la fase di adozione e risulta conforme all'allegato A della D.G.R. n. 357 del 23/3/2001 "*Approvazione dei criteri per la redazione della normativa di attuazione dei Piani di Bacino per la tutela dal rischio idrogeologico e relativi allegati tecnici*" e nell'Allegato 3 della Normativa di Piano sui criteri di redazione degli studi idraulici.

Verificato l'elevato grado di approfondimento dello studio degli ingg. Brovelli e Bertolino, le risultanze di tale studio integrano e sostituiscono, dove sono in contrasto, i risultati delle valutazioni speditive svolte dal Cima nell'ambito comunale alassino. Per la redazione dello studio infatti, è stato eseguita una rappresentazione plano-altimetrica del Comune di Alassio ricavata dall'unione di un rilievo topografico di dettaglio, che ha riguardato direttamente lungo le aste principali dei rii tombinati, sia nei tratti a cielo libero che nelle tombinature stesse, ed è stato esteso all'intero ambito urbano a valle della ferrovia, con i dati desunti dalla carta tecnica numerica regionale, acquisita in formato informatico vettoriale tridimensionale. Questa approfondita base cartografica ha pertanto favorito una più precisa perimetrazione delle aree inondabili.

Per quanto riguarda la parte geologica per la cartografia di base del piano vengono utilizzati gli studi disponibili presso i vari Enti Pubblici. Tali dati sono stati integrati da verifiche sul terreno ed in base all'esperienza lavorativa maturata dai professionisti nella zona di studio.

La base cartografica utilizzata è la carta tecnica regionale in scala 1:5.000 e scala 1:10.000 (in formato raster e vettoriale), che riporta il bacino nei fogli n° 245150, 245140, 259020+030, 259060.

2 CARATTERISTICHE DEL BACINO

2.1 Geografia

Il bacino denominato La Liggia comprende una numerosa serie di rii minori afferenti direttamente a mare nel territorio dei Comuni di Andora, Laigueglia, Alassio e Albenga lato idrografico destro al Centa.
Per quanto riguarda il Comune di Andora si tratta di rii minori situati nelle zone di Capo Cervo e Capo Mele, per quanto riguarda il Comune di Albenga si tratta del rio Avarenna e degli scolatori minori afferenti a mare tra detto rio ed il confine comunale con Alassio.
Oltre ai piccoli compluvi afferenti a mare in Andora e Albenga è possibile riconoscere due compluvi principali che in gran parte corrispondono ai limiti dei Comuni di Laigueglia e Alassio.
Il compluvio di Laigueglia (rii principali San Sebastiano, Sarosa e Fosso Fasce Grasse) è delimitato a ovest dal crinale del promontorio di Capo Mele e a nord dal crinale del Poggio Ebrea.
Il compluvio di Alassio è delimitato a sud ovest dalla linea di crinale Poggio Ebrea – Bric Alpicella, a nord-ovest dalla linea di crinale Bric Alpicella, Madonna della Guardia, Punta Vegliasco , Monte Castellaro, M. Bignone, Capo S. Croce.
Tra Capo S. Croce ed il confine Comunale Alassio – Albenga (loc. Colombera) sono presenti modesti impluvi afferenti direttamente a mare; lo spartiacque con la retrostante valle del Centa è rappresentato dalla direttrice M. Bignone – M. Rosso.
Inoltre, per ragioni amministrative, vengono inclusi i bacini minori del rio delle Armi eqx rio Pigna ubicati ad ovest dell'abitato di Andora e i bacini dei rii Mezzacqua e Croso siti tra capo Mele e l'abitato di Andora.
Per quanto riguarda i dati climatici all'interno del Bacino è presente una stazione di monitoraggio termo-pluviometrico: Alassio (cod. 2032, quota 10 m).
Dal punto di vista climatico in analogia con i territori circostanti il comprensorio rientra nella zona climatica mediterranea ed in particolare nella sottoregione mesomediterranea, con una distribuzione bimodale delle precipitazioni, con massimo principale autunnale e secondario primaverile, e unimodale delle temperature che registrano il massimo in agosto ed il minimo in gennaio.
All'incirca Il 62 % delle precipitazioni annue è mediamente distribuito nei mesi invernali ed autunnali, manifestandosi spesso sotto forma di bruschi rovesci concentrati in autunno, periodo nel quale si sono in genere avute le principali piene e gli episodi alluvionali.

2.2 Geologia

Partendo da Albenga verso Andora il compresorio in esame comprende una serie di unità tettoniche prepiemontesi e piemontesi:

- Unità Arnasco - Castelbianco
- Unità di Alassio – Borghetto
- Unità Moglio – Testico
- Unità di San Remo – Monte Saccarello

I rapporti tra le unità sono di natura tettonica per faglie e sovrascorrimenti con una direttrice preferenziale NNO-SSE.
Nella fascia pedemontana sono presenti alcuni lembi di depositi quaternari antichi di origine eolica e/o marina, Laigueglia loc. Punta Tacuara, e detrito di falda debolmente cementato sul confine con Alassio.
Le porzioni costiere di fondovalle sono caratterizzate da depositi alluvionali recenti ed attuali ormai completamente coperti dal tessuto urbano (Laigueglia, Alassio).

2.2.1 Metodologia di studio

L'elaborato grafico di riferimento è la Carta Geolitologica. La definizione stessa indica il risalto che si è voluto dare ai caratteri litologici rispetto all'attribuzione formazionale delle rocce in quanto più rispondente alla caratterizzazione fisica del materiale.
La suddivisione della roccia in base allo stato di conservazione viene tuttavia affrontato nell'elaborazione della Carta Geomorfologica, secondo le specifiche regionali (Raccomandazione 3 bis).
Pertanto in questo elaborato sono state verificate e raggruppate le formazioni ed i vari membri delle stesse, in funzione della litofacies dominante; allo stesso tempo sono stati inseriti gli acronimi formazionali, riportati negli standards di inserimento dei tematismi geologici nel sistema informativo regionale di bacino. I terreni alluvionali sono stati primariamente suddivisi per tipologia.
Sono state cartografate le giaciture, i sovrascorrimenti fra le unità principali e le discontinuità tettoniche principali.
I dati bibliografi di partenza sono costituiti da varie pubblicazioni scientifiche, e dalla consultazione di lavori precedenti (P.R.G. Comunali). I dati di base, ove necessario, sono stati integrati e verificati dal rilevamento geologico sul terreno.

2.2.2 Litostratigrafia

Rimandando alla bibliografia scientifica ed alla cartografia geologica ufficiale per l'inquadramento paleogeografico e tettonico generale delle unità affioranti all'interno del bacino, in questa sede sembra doveroso soffermarci esclusivamente sui caratteri litostratigrafici e tettonici che più sono legati agli aspetti di difesa del suolo ovvero maggiormente influenti sulle condizioni di stabilità del territorio.
Le formazioni affioranti nell'ambito del Comprensorio sono:

- FORMAZIONE DI ALBENGA (Eocene – Paleocene) suddivisibile nei seguenti membri:
  Arenarie di Leuso: "Areniti da grossolane a fini, quarzoso-feldspatiche, molto micacee, a cemento calcitico, di colore grigio, in strati di spessore variabile (10-50 cm), alternate a siltiti fini quarzoso-micacee, in strati sottili (2-15 cm); verso la base, intercalazioni di calcari quarzosi...". Dalla "*Carta Geologica dei terreni compresi tra il Brianzonese ligure ed il Flysch ad Elmintoidi s.s.",* A. Boni e M. Vanossi, 1972.-
  Arenarie di Quartarole: "Torbiditi arenaceo-pelitiche massicce, riferibili ai lobi di una conoide sottomarina...; ".
  Da *"Alpi Liguri" - Guide Geologiche Regionali* - BE-MA Ed.- 1991.
  Calcari di Curenna: "Calcari chiari, (localmente rossastri-verdastri),...in strati sottili, di aspetto scistoso, separati da livelli millimetrici grigi o verdini; verso la sommità ... banchi di areniti quarzoso-micacee ... " (Paleocene- Eocene inf.); dalla "Carta geologica dei terreni compresi tra il brianzonese ligure s.l. ed il Flysch ad Elmintoidi s.s." (A. Boni, M. Vanossi, 1972).

- FORMAZIONE DI TESTICO (Eocene – Paleocene): alternanze ritimiche in strati per lo più sottili, di arenarie quarzoso micacee gradate bruno giallastre e di peliti di colore ocraceo (membro di Cesio); intercalzione di strati di calcari marnosi e marne grigio chiare; transizione graduale verso il basso ad una successione monotona e mal stratificata di marne (membro di Pieve di Teco) più o meno argillose, calcaree e arenacee, grigio azzurra con caratterista patina di alterazione giallo grigiastra.

- CALCARI DI UBAGA (Eocene inferiore): alteranze spesso ritmiche di calcari marnosi

grigio-azzurri e di marne calcareo-argillose di colore grigio cenere; nella parte superiore prevalgono le marne con intercalazione di straterelli di conglomerati fini poligenici; nella parte inferiore prevalgono i calcari con intercalzione di calcari arenacei.

- PELITI DI MOGLIO (Paleocene-Cretaceo sup. ?): peliti manganesifere brune, talora parzialmente silicizzate, con intercalazioni frequenti di siltiti quarzose manganesifere e di rocce silicee a grana minuta, finemente laminate, nerastre in strati sottili, assai dure; rare intercalazioni di calcari quarzosi siltosi grigio-nerastri ... ; gli strati duri sono per lo più ridotti da fenomeni di "boudinage", a noduli con caratteristiche cariature a spalmatura nerastra di ossidi metallici "; dalla *"Carta geologica dei terreni compresi tra il brianzonese ligure s.l. ed il Flysch ad Elmintoidi s.s."* (A. Boni, M. Vanossi, 1972)

- QUARZITI DI MONTE BIGNONE (Cretaceo superiore) suddivisibile nei seguenti membri:
  Quarziti superiori e inferiori: quarziti di colore grigio chiaro con patine verdastre o rossastre con sottili interstrati pelitici ed intercalazioni di strati e lenti di conglomerati poligenici
  Conglomerati mediani e inferiori: da fini a medi poligenici spesso a contatto diretto con i paraconglomerati delle Peliti di Ranzo; intercalati entro livelli delle quarziti inferiori.

- PELITI DI RANZO (Cretaceo superiore): argilliti scistose talora marnose di colore nerastro con subordinate intercalzioni di siltiti ed areniti fini, verso il tetto della Formazione compaiono strati di paraconglomerato (Cretaceo superiore)

- FORMAZIONE DEL FLYSCH DI SAN REMO (Cretaceo superiore): litofacies A megatorbiditi marnoso arenacee; litofacies B strati marnoso arenacei e pacchi di strati arenaceo siltosi.

- FORMAZIONE DI SAN BARTOLOMEO (Cretaceo superiore): alternanze ritimiche in strati sottili di arenarie fini quarzoso micacee bruno chiare e di peliti grigio giallastre; peliti a luoghi manganesifere per lo più rosso verdine, mal stratificate, scagliose con rare intercalzioni di strati sottili di arenarie finissime a cemento siliceo con impregnazioni manganesifere di color bruno nerastro.

I depositi quaternari sono costituiti da sedimenti alluvionali da antichi a recenti, e da depositi mobili attuali, fluviali e di spiaggia.
Sui versanti sono ampiamente diffuse le coperture detritiche, di natura sia eluviale che colluviale.
Le coperture verranno trattate nella descrizione geomorfologica.
Si ricorda che la Carta Geolitologica riporta le sole coperture di potenza stimata superiore ai 3 m.

2.2.3 Tettonica e assetto strutturale

La Zona dei Flysch della Liguria occidentale è costituita da un gruppo di quattro Unità sradicate, in posizione sommitale ed esterna. Il suo affioramento forma un grosso triangolo con vertice nella zona del Colle di Tenda e base parallela alla costa, fra Albenga e Bordighera; lungo il lato settentrionale la falde flyschioidi sono globalmente sovrapposte ad Unità piemontesi e brianzonesi; lungo il lato sud-occidentale esse si sovrappongono alla Zona delfinese-provenzale.
Da NE a SW e dal basso all'alto si distinguono le Unità di Colla Domenica-Levarone, Borghetto d'Arroscia-Alassio (di incerta pertinenza paleogeografica) e le Unità di Moglio-Testico e S.Remo-Monte Saccarello.
Il confronto tra l'ipotizzata posizione iniziale e quella attuale conduce ad ammettere che durante la traslazione tettonica verso l'esterno ognuna delle quattro falde abbia scavalcato quelle che la la precedevano. A questo evento vanno collegate le strutture interne alle Unità inferiori, caratterizzate

da anticlinali sinformi ("à tête plongeante") sudvergenti, ed il metamorfismo di epizona che interessa le più profonde.
Questa notevole complessità tettonica, ai fini del presente lavoro, si manifesta con fasce di territorio caratterizzate da rocce estremamente fratturate e sviluppo di potenti coltri detritiche, in tali ambiti si sviluppano alcuni dei più significativi dissesti.

2.3 Geomorfologia

Il comprensorio La Liggia presenta nella sua estensione aspetti assai diversificati dal punto di vista morfologico:

- Le strette fasce di piana costiera totalmente urbanizzate,
- la fascia pedemontana è praticamente assente,
- la zona di versante acclive, caratterizzata da insediamenti sparsi e terrazzamenti ormai solo in parte coltivate ad uliveto.

Il paesaggio morfologico è in gran parte determinato dalle condizioni geologiche e dipende dalla litologia, dallo stato di conservazione della roccia e dalle strutture tettoniche.
La zona montana è caratterizzata da forti pendenza con substrato roccioso affiorante o subaffiorante, il litosuolo calcareo non permette un consistente sviluppo di vegetazione.
La fascia di versante acclive è caratterizzata spesso da elevate pendenze, fortemente incisa dai corsi d'acqua.

2.3.1 Metodologia di studio

Per la redazione della carta geomorfologica e di quella della franosità ad essa legata ci si è avvalsi della consultazione dei P.R.G. Comunali e segnalazioni da parte di Comuni e Comunità Montana, della consultazione del Piano Territoriale delle Attività di Cava, della Carta Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Liguria e del Catasto Regionale delle Cavità Carsiche. Il rilevamento è stato effettuato tramite la visione delle foto aree disponibili presso la Provincia di Savona, integrato e completato dal rilevamento sul terreno.
La cartografia è stata redatta secondo le specifiche regionali.

2.3.2 Considerazioni relative allo stato della roccia

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

Rf	roccia in cattive condizioni di conservazione
R0	roccia subaffiorante e/o con caratteristiche strutturali non ben rilevabili
R	roccia in buone condizioni di conservazione e giacitura favorevole al pendio
Rs	roccia in buone condizioni di conservazione e giacitura sfavorevole al pendio

2.3.3 Caratterizzazione delle coperture

Le coltri eluvio-colluviali sono ampiamente diffuse lungo i versanti, nelle aree boscate, nei tratti sistemati a fasce e coltivati, ed in tutte le aree in cui la morfologia e l'acclività consentono di trattenere una sia pur sottile copertura.
Sulla carta geomorfologica vengono cartografate distintamente le coltri significative di potenza stimata fino a 3 m e le coperture detritiche di potenza stimata superiore ai 3 m. La carta geologica riporta le sole coperture di potenza superiore ai 3 m.
In assenza di dati sulla caratterizzazione geotecnica dei materiali non è stato possibile operare una distinzione in base alla granulometria.
Le coperture sono diffuse su tutto il territorio. Tuttavia si nota una prevalenza nella zone caratterizzate da substrato fratturato e facilmente alterabile e da contatto tettonico fra le Unità flyschoidi. Coperture e nella fascia di passaggio tra la base dei versanti e la piana costiera.
La carta geomorfologica riporta altresì le coperture originate da movimenti franosi, con l'indicazione relativa allo stato di attività.

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

2.3.4 Movimenti franosi

Nell'ambito del comprensorio La Liggia non risultano presenti fenomeni franosi, già censiti ai sensi del D.L. 180/98 e contraddistinti sulla "*Carta inventario*" e nei relativi "*Estratti*".
Sono state cartografate diverse zone in frana attiva o potenziale o quiescente, la numerazione di queste nuove aree avviene a partire da valle verso monte in senso orario. Sono state individuate sulla carta della franosità aree caratterizzate da accumuli detritici di paleofrana indicati sulla carta con la lettere "p".
L'esame delle carte evidenzia che la maggior parte delle frane e paleofrane interessa le zone dove sono cartografate rilevanti coperture detritiche su versante e aree con roccia intensamente fratturata; dalle esperienze acquisite le zone in movimento attivo a livello areale sono caratterizzate da una intensa circolazione idrica sotterranea e da zone di impregnazione superficiale.

2.3.5 Franosità diffusa e fenomeni erosivi

Sono estesamente rappresentati i processi erosivi superficiali ed i movimenti franosi di ridotte dimensioni prevalentemente impostati nei suoli o nei livelli di maggiore alterazione del substrato roccioso. Sono rappresentati anche fenomeni di erosione lungo i corsi d'acqua, che spesso innescano piccoli franamenti.
Un discorso particolare meritano le zone di Capo Cervo, Capo Mele e Capo S. Croce dove sono presenti pareti in roccia subverticale anche di notevole altezza in cui si originano fenomeni di crollo di blocchi e talora scoscendimenti delle sottili coltri di copertura; per cui anche se l'area non presenta caratteristiche tali da poter essere classificata come frana areale, nella redazione della carta della suscettività al dissesto si è tenuto conto della generale condizione di pericolosità della zona.
Durante i sopralluoghi effettuati per l'aggiornamento dei dati del 2004 (aggiornamenti geologici ex D.G.R.1592/03), sono state rilevate tre frane puntuali nel Comune di Alassio: due in loc. Solva ed una nell'alta valle Ligia.

2.3.6 Fenomeni carsici

Sono assenti fenomeni carsici significativi.

2.3.7 Riporti artificiali e discariche

Nell'ambito del bacino sono stati rilevati undici riporti relativi, per lo più, alla realizzazione di aree pianeggianti ottenute mediante il parziale o totale tombinamento di piccoli tratti di impluvi secondari. Si segnalano, inoltre, le due grandi colmate a mare realizzate per la costruzione del porto di Andora e Alassio.
Nel bacino non sono presenti **discariche attive o dismesse**.

2.3.8 Cave

Non vi sono **cave attive**.
Nel bacino sono presenti tre **cave dismesse.**
La cava "Capo Mele" nel Flysch di San Remo in corrispondenza di Capo Mele nel comune di Laiguglia, tale cava è in forte stato di degrado e dalle sue pareti si originano spesso distacchi di blocchi anche di grandi dimensioni che hanno a più riprese investito la sede della SS. N° 1 Aurelia. Attualmente sono in corso lavori di bonifica e consolidamento a cura dell'ANAS.
Stessa situazione di degrado si segnala per la cava dismessa situata su Capo S. Croce nel comune di Alassio ancorché i possibili fenomeni di instabilità rimangono circoscritti all'area della cava in corrispondenza della zona di raccordo tra il piazzale e il fronte di cava stesso.
La terza cava denominata "Cava Tagliaferro" è, infine, localizzata nel comune di Andora e attualmente il piazzale è adibito a rimessaggio di piccole imbarcazioni.

Per quanto riguarda le cave dismesse o abbandonate la perimetrazione è stata indicata tramite rilevamento visivo o visione di foto aeree.

2.3.9 Acclività

La carta dell'acclività ricavata per via informatica, è stata acquisita dalla Regione Liguria tramite la Provincia di Savona.
Il procedimento seguito ha impiegato il modello digitale del terreno, con maglia 20 x 40 m.
Il grid di campionamento utilizzato è di 10 x 10 m tramite il software Terrain Analyst di Intergraph.
Dopo l'elaborazione sono stati eliminati i poligoni elementari aventi un'area minore di 50 m^2 al di sotto della tolleranza accettabile con maglia di tale ampiezza.
Il bacino è stato suddiviso nelle seguenti classi di acclività:

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

2.4 Idrogeologia

La carta idrogeologica è stata derivata dalla sovrapposizione delle carte geologica e geomorfologica integrate dalle informazioni relative alle fonti di prelievo idrico disponibili (Comuni e studio Italgas).
Sulla carta è stata definita la permeabilità dei vari settori di bacino in riferimento al substrato.
Alle coperture detritiche potenti, alle alluvioni, corrisponde *permeabilità per porosità.*
Ai calcari marnosi, alle arenarie, alle quarziti ed ai conglomerati corrisponde *permeabilità per fratturazione.*
I calcari marnoso arenacei, le alternaze di arenarie e peliti delle Formazioni di San Bartolomeo e di Testico, le peliti di Moglio e di Ranzo sono stati classificati come *semipermeabili*, in quanto sempre caratterizzati da presenza di livelli di peliti e argilliti.

2.4.1 Reticolo idrografico

Sulla carta idrogeologica è evidenziato lo sviluppo della rete idrografica.
Tale sviluppo può essere caratterizzato attraverso la gerarchizzazione del reticolo che permette di definire l'ordine del bacino, ossia l'ordine dell'asta fluviale terminale. La classificazione del reticolo idrografico è stata condotta secondo la metodologia proposta da Horton Strahler, pertanto l'ordine delle varie aste si determina in base al seguente schema:

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

La gerarchizzazione è stata condotta sulla base CTR raster alla scala 1:10.000
In base all'esame delle carte si rileva che le aste raggiungono in un solo caso il 4° ordine nella gerarchizzazione. Si tratta sempre di corsi d'acqua di limitato bacino e lunghezza che nelle zone di attraversamento dei centri urbani sono stati tombinati.

2.4.1.1 Tavola del Reticolo idrografico (tav. 13)

La Carta del Reticolo Idrografico non costituisce elaborato contenente le previsioni di Piano ma è da considerarsi parte degli elaborati di analisi al Piano stesso. La tavola 13 comprende i corsi

d'acqua già iscritti negli elenchi delle acque pubbliche, (fermo restando che il valore di ufficialità può essere attribuito unicamente all'elenco delle acque pubbliche del territorio della Provincia di Savona pubblicato sulla G.U. n. 244 del 15/10/1941 ed integrato con D.P.R. del 30/06/1954), gli ulteriori tratti che rivestono significativa rilevanza idraulica nonché tutti i tratti individuati dalla base topografica della cartografia della Carta Tecnica Regionale.

2.5 Uso del suolo

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

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

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

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

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

2.5.1.Territori modellati artificialmente

2.5.1.1 ZONE URBANIZZATE

2.5.1.1.1 Tessuto urbano continuo è rappresentato dalle concentrazioni dei centri comunali posti tra la piana di Albenga, Laigueglia e Andora.

2.5.1.1.2 Tessuto urbano discontinuo è formato da piccoli agglomerati e da case sparse.

2.5.1.2 ZONE INDUSTRIALI, COMMERCIALI, RETI DI COMUNICAZIONE

2.5.1.2.1 Aree industriali o commerciali comprendono porzioni del territorio concentrate in prossimità dei centri abitati principali della ferrovia e lungo la strada statale Aurelia.

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

2.5.1.3 AREE VERDI ARTIFICIALI NON AGRICOLE

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

2.5.1.3.2 Aree sportive e ricreative: si identificano negli impianti sportivi quali i campi di calcio e sono generalmente ben visibili.

2.5.2 Territori agricoli

2.5.2.1 SEMINATIVI :

2.5.2.1.2. Seminativi irrigui: comprendono porzioni della piccole porzioni di territorio poste quasi esclusivamente in prossimità della Piana di Albenga. Trattasi di coltivazioni ortive a ciclo continuo molte volte consociate a frutteti ed anche vigneti. Per la maggiore importanza sono unificati tutti nei seminativi irrigui.

2.5.2.1.2.2. Seminativi, vivai, colture in serra: situate soprattutto in prossimità della piana di Albenga, ma diffuse pressochè in tutto il territorio del bacino, anche se mai con le estensioni che si possono riscontrare nel vicino bacino del Centa. L'assetto produttivo della pratica agricola si presenta diversificato con dominanza dell'indirizzo orto-floricolo sia in pieno campo sia in serra.

2.5.2.2 COLTURE PERMANENTI ARBOREE

2.5.2.2.1 Oliveti terrazzati: la coltivazione è praticata sulle pendici meglio esposte dei rilievi del piccolo entroterra ed è rappresentata da oliveti coltivati o in stato di abbandono. L'impianto olivicolo terrazzato con muretti a secco è sempre ben leggibile, anche laddove il bosco e gli incendi boschivi hanno determinato la ricolonizzazione della flora spontanea. Tuttavia la sistemazione ad oliveto terrazzato determina un fitto sistema capillare per la regimazione delle acque meteoriche.

2.5.2.3 PRATI, PASCOLI

Comprendono esigue porzioni di territorio localizzate nelle zone alte del bacino.
Trattasi in genere di formazioni naturali ricavate in zone pseudopianeggianti, ove può essere praticato il pascolo libero da parte di allevatori dei comuni limitrofi dell'entroterra che sfruttano le zone dell'alta collina nei mesi primaverili-estivi. Assai limitata ed in disuso è la pratica dello sfalcio per la fienagione.

2.5.2.4. EX COLTIVI

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

2.5.3 Territori boscati ed ambienti seminaturali

2.5.3.1 PRATERIE

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

2.5.3.2 ZONE BOSCATE

Comprendono porzioni limitate di territorio e sono occupate da cedui misti invecchiati, cedui semplici da fustaie di latifoglie e conifere termofile derivanti da impianti artificiali con un buon grado di copertura (dal 50 al 100%) con funzione principalmente protettiva.

2.5.3.3 *ZONE CARATTERIZZATE DA VEGETAZIONE ARBUSTIVA*
Rappresentano zone di transito da coltivi - prativi, zone comunque sfruttate, a forme naturali quali il bosco: comprendono noccioleti, calluna, sorbo, cisto e ginestre. Sono molto estesi popolamenti a prevelenza di macchia e gariga, sia a causa dei fattori stazionali e climatici, sia a causa del ripetersi degli incendi.

2.5.3.4 *ZONE CON VEGETAZIONE*

2.5.3.4.1 Spiagge, dune.

2.5.3.4.2 Rocce nude. Comprende superfici molto limitate e difficilmente cartografabili.

2.5.3.4.3 Aree con vegetazione rada è limitata tra le formazioni rocciose affioranti ove l'esiguo spessore del suolo ed il ripetersi degli incendi non permettono la crescita di vegetazione importante.

2.6 Descrizione della rete idrografica

2.6.1 RIO CROSO

Il bacino idrografico del rio Croso si estende nella zona a levante dell'abitato di Andora, per una superficie complessiva di circa 1km^2.
Esso è per circa il 75% della sua lunghezza tombinato; il condotto di regimazione corre parallelo alla strada, con sezione rettangolare media di 180X160 cm, tranne un tratto subito a valle dell'incrocio con Via S. Martino dove l'altezza del condotto si riduce a 110 cm. Prima dell'attraversamento della Via Aurelia, la sezione varia per un tratto a 150X250 cm dove passava la vecchia Aurelia, per poi aumentare a circa 180X300 cm ed oltre in altezza sfociando quindi a valle dell'attuale S.S. Aurelia a fianco del complesso Rocce di Pinamare. Detto condotto risulta in gran parte ostruito all'imbocco per cui allo stato attuale non è in grado di raccogliere efficacemente i deflussi da monte. La criticità del tratto esaminato è incrementata inoltre dalla limitata ampiezza della sezione di copertura.

Figura 2.6.1: Rio Croso - imbocco copertura

Figura 2.6.2: Rio Croso – sbocco copertura nei pressi dello stabilimento balneare Rocce di Pinamare

Figura 2.6.3: Rio Croso – foce: da notare la completa ostruzione dello sbocco a mare dovuta alla presenza dello stabilimento balneare.

2.6.2 RIO MEZZACQUA

Il bacino idrografico del rio Mezzacqua, si estende nella zona a levante dell'abitato del comune di Andora, nel tratto compreso tra la sponda sinistra del torrente Merula e le pendici della collina di Capo Mele, per una superficie complessiva di circa 1,3 km^2.

Il corso d'acqua, lungo circa 1 km, si articola per circa metà della sua lunghezza sulle pendici collinari di regione Mezzacqua dove scorre a pelo libero. Nell'ultimo tratto, invece, il rio Mezzacqua scorre tombinato sotto il tessuto viario della città sino alla sua sezione di sbocco a mare, nei pressi del molo Tortuga.

La geomorfologia presenta forti pendenze nel tratto di monte collinare, e pendenze di minor entità nel breve tratto tombinato.

La copertura vegetale è abbastanza fitta sulle pendici collinari che costituiscono i versanti del tratto più a monte, mentre lascia spazio ad un'intensa urbanizzazione già nel tratto antistante la copertura in regione Mezzacqua.

Il sopralluogo effettuato ha evidenziato che le criticità idrauliche del rio Mezz'acqua sono legate soprattutto alla limitata ampiezza della sezione di copertura e alla scarsa pulizia dell'alveo nella parte subito a monte della copertura stessa.

L'asta terminale del rio Mezzacqua è stata percorsa da monte verso valle, dall'imbocco della copertura in corrispondenza di regione Mezzacqua fino allo sbocco a mare.

Procedendo da monte verso valle, si riconosce un primo tratto con fondo irregolare ricoperto da fitta vegetazione e ciottoli di discreta pezzatura a forte pendenza, un tratto in curva coperto per circa 40 m (fig.2.6.4), che immette nel successivo tratto rettilineo a sezione rettangolare (fig. 2.6.5) rivestito in calcestruzzo, che prelude alla copertura di valle (fig. 2.6.6 e fig. 2.6.7).

Figura 2.6.4 – Rio Mezzacqua: veduta verso monte del raccordo tra il tratto collinare e il tratto antecedente la copertutra di valle. Si notino la strada che ricopre il tratto in curva per circa 40 m di lunghezza e la sezione rettangolare del canale rivestito in calcestruzzo. Le dimensioni della sezione di imbocco e di sbocco di questo tratto misurano 170 cm in altezza e 220 cm in larghezza.

Figura 2.6.5 – Rio Mezzacqua: veduta verso valle del raccordo tra il tratto collinare e il tratto antecedente la copertura di valle. Si noti la intensa urbanizzazione sviluppatasi in entrambe le sponde del corso d'acqua.

Procedendo verso valle, il corso d'acqua si presenta prima della copertura con un breve tratto rettilineo nel quale la pendenza si è ridotta rispetto alla situazione di monte, mentre la geometria della sezione rimane rettangolare (fig. 2.6.6). La sezione di imbocco della copertura (fig. 2.6.7) si presenta sempre a geometria rettangolare, ma con sezione ridotta in altezza.

Figura 2.6.6 – Rio Mezzacqua: tratto antistante la tombinatura. Da evidenziarsi la presenza di tubazioni in alveo che possono essere causa di ostacolo al deflusso delle acque di piena e il deposito di materiale grossolano dovuto alla diminuzione di pendenza e alla successiva restrizione di sezione all'imbocco della copertura.

Figura 2.6.7: Rio Mezzacqua: sezione di inizio del tratto tombinato. Da notare la ridotta apertura in altezza della sezione di imbocco, le cui dimensioni sono di 220 m di larghezza per 130 cm di altezza.La corrente di piena trova quindi un non trascurabile ostacolo al deflusso dal restringimento di sezione in cui è costretta a passare.

Il rio Mezzacqua nello sbocco a mare

Dopo aver percorso circa 500 m in copertura sotto il reticolo viario, il rio Mezzacqua sfocia in corrispondenza del lato a levante del molo Tortuga, sotto la passeggiata a mare. Come si può apprezzare in fig. 2.6.8 e in fig. 2.6.9 la sezione è sempre rettangolare con dimensioni che si riducono verso l'interno. Il fondo alveo e le pareti sono rivestiti in calcestruzzo e la pendenza è piuttosto modesta.

Figura 2.6.8- Rio Mezzacqua: sbocco a mare. Da notare l'adiacenza con uno stabilimento balneare. Dim: 260 cmx340 cm.

Figura 2.6.9– Rio Mezzacqua: particolare interno sezione di sbocco. Da notare il restringimento: 100 cm x 340 cm.

2.6.3 RIO FOSSO FASCE GRASSE

Il bacino idrografico del rio Fosso Fasce Grasse, si estende nella zona orientale dell'abitato del comune di Laigueglia, per una superficie complessiva di circa 1 km^2.
Il corso d'acqua è composto da due rami che confluiscono circa 200 m a monte dello sfocio a mare e si articola per gran parte della sua lunghezza sulle pendici collinari dove scorre a pelo libero. L'ultimo tratto di ciascun ramo, invece, scorre tombinato sotto il tessuto viario della città sino alla sua sezione di sbocco a mare, nei pressi del molo Bastione Saraceno.
La geomorfologia presenta forti pendenze nel tratto di monte collinare e pendenze elevate seppur di minor entità nel tratto tombinato.
La copertura vegetale è abbastanza fitta sulle pendici collinari che costituiscono i versanti del tratto più a monte, mentre lascia spazio ad un intensa urbanizzazione già nel tratto antistante la copertura in regione Fosso Fasce Grasse.
Il sopralluoghi effettuati nel maggio 2000 e nel marzo 2004 hanno messo in evidenza le criticità idrauliche del rio Fosso Fasce Grasse, legate soprattutto all'ampiezza delle sezioni di copertura che si riducono dall'imbocco delle stesse procedendo verso mare, alla notevole lunghezza dei tratti tombinati e alla scarsa pulizia dell'alveo nella parte subito a monte della copertura stessa.
L'asta terminale del rio Fosso Fasce Grasse è stata percorsa da valle verso monte, dallo sbocco a mare all'imbocco della copertura in Via Summit nel ramo di levante (rio Fasce Grasse) e all'imbocco della copertura presso l'Hotel Mediterraneo nel ramo di ponente (rio Fosso Vecchio).

Il rio Fosso Vecchio: ramo di ponente
L'imbocco della copertura nei pressi dell'hotel è a sezione rettangolare di 220 cm in larghezza e 130 cm in altezza (fig. 2.6.10).
Il tratto antistante questa sezione presenta geometria rettangolare con sponde in pietrame e calcestruzzo (fig. 2.6.11).

Figura 2.6.10 – Fosso Vecchio: sezione inizio copertura del ramo di ponente.

Figura 2.6.11 – rio Fasce Grasse: tratto a monte della copertura del ramo di ponente.

Il rio Fasce Grasse: ramo di levante

Figura 2.6.12 – rio Fasce Grasse: sezione di ingresso della copertura del ramo di levante.

L'imbocco della copertura in via Summit è una volta a botte di 3 m di base e 2 m di altezza massima (fig. 2.6.12). La sezione è caratterizzata dalla presenza di un salto di fondo alto circa 2,5 m, a circa 2 m dall'ingresso della copertura, che porta l'altezza della volta in copertura a 4,5 m.

Il rio Fosso Fasce Grasse: sbocco a mare e imbocco copertura a valle

La geometria della sezione dello sbocco a mare è caratterizzata da una volta di dimensioni 400 cm di base e 130 cm di altezza massima (fig. 2.6.13), che è situata a circa 20 m dall'effettivo sbocco che si vede dalla spiaggia, che presenta forma rettangolare (fig.2.6.14).

Figura 2.6.13 – Fosso Fasce Grasse: particolare all'interno dello sbocco dalla copertura. In rosso è evidenziato il contorno della volta a botte che caratterizza la copertura.

Figura 2.6.14 – Fosso Fasce Grasse: particolare dello sbocco a mare. La volta di fig. 2.6.13 si trova circa 20 m all'interno.

2.6.4 RIO SAROSA

Il bacino idrografico del rio Sarosa è ubicato nella zona centro-orientale dell'abitato di Laigueglia, dove drena un'area inferiore al km^2.
Il reticolo idrografico del bacino è formato nella parte di monte da quattro rami che confluiscono gradualmente in un'unica asta non appena il tratto urbano lascia spazio al breve tratto pianeggiante prima del mare.
Nel tratto urbano, il rio scorre tombinato, con pendenza media attorno al 3%, con geometria delle sezioni variabile procedendo verso valle.
Nei primi 150 m la sezione ha forma di volta con larghezza media e altezza massima media di circa 2 m. Successivamente fino a via Vittorio Emanuele, la sezione della tombinatura prende forma rettangolare con larghezza media di circa 4 m e altezza di circa 1.5 m.
Negli ultimi 50 m prima dello sbocco, situato presso piazza Camosso la sezione si presenta ristretta a circa 3.5 m di larghezza e 1 m di altezza, sfociando poi direttamente sulla spiaggia antistante (fig. 2.6.15).

Figura 2.6.15 – Rio Sarosa: sezione di sbocco sulla spiaggia.

2.6.5 RIO SAN SEBASTIANO

Il bacino imbrifero del rio San Sebastiano misura una superficie inferiore al mezzo km^2, ed è ubicato nella parte a ponente della città di Laigueglia, nella zona omonima di regione San Sebastiano.
Il corso d'acqua che in assenza di precipitazioni risulta asciutto, è tombinato nell'attraversamento di via Monaco da una griglia raccordata ad un pozzetto di raccolta mediante un tubo di diametro 15 cm.
Come riportato negli studi cortesemente forniti dallo studio Geosilt di Alassio, il non corretto dimensionamento dell'attraversamento di via Monaco sul rio S. Sebastiano è una delle cause del dissesto idraulico della stessa via Monaco.

A valle di via Monaco il rio S. Sebastiano attraversa dapprima la proprietà di Coppa e la proprietà Libardi, ove è stato tombinato al di sotto di un terrazzo, quindi prosegue a cielo aperto a valle della pensione Adriana, lungo un alveo caratterizzato da piccole briglie, realizzate per limitare la capacità erosiva e l'elevato trasporto solido. All'altezza del campeggio S. Sebastiano si rileva che che la tombinatura di via S. Sebastiano tende ad essere occlusa dal trasporto solido del corso d'acqua, che in questo modo, durante una piena presenta una situazione di criticità.

Il versante sovrastante a via Monaco, che non è compreso nel bacino imbrifero del rio S. Sebastiano, si estende fino allo spartiacque principale ed è caratterizzato dall'assenza di linee di

impluvio. Le precipitazioni defluiscono mediante ruscellamento diffuso lungo le linee di massima pendenza del versante, scarsamente trattenute dai versanti di origine antropica , che risultano in gran parte trascurati.
La realizzazione del tracciato di via Monaco ha comportato una cesura nell'assetto idrologico del versante, creando una sorta di cunettone in grado di intercettare tutti i deflussi provenienti da monte, che defluiscono principalmente lungo la strada per la mancanza di adeguate regimazioni.

2.6.6 RIO CARDELLINO

Il bacino idrografico del rio Cardellino si sviluppa nella zona a levante del Comune di Alassio per una superficie complessiva nella chiusura allo sbocco sulla spiaggia di 0.90 km^2, mentre l'area sottesa dalla sezione di deflusso all'imbocco della tombinatura (in corrispondenza del sottopasso F.S.) ha una estensione di circa 0.85 kmq.
La Carta Tecnica Regionale in scala 1: 5000 evidenzia la forma allungata in direzione N-S, con caratteristica predominanza dell'asta fluviale principale ed assenza di tributari significativi, delimitato ad ovest dalla dorsale che da Poggio Scofferi scende fino al centro abitato e ad est dalla dorsale parallela che si diparte dalla Punta di Vegliasco.
I versanti che interessano il bacino, con una acclività media compresa tra il 55% e il 75 %, sono in parte allo stato naturale, ed in parte sistemati a fasce terrazzate, di cui buona parte versa in stato di abbandono, specie alle quote più elevate. La vegetazione che ricopre le aree allo stato naturale è formata da macchia mediterranea o arborea e si innesta sulle numerose coltri detritiche di origine eluviale e/o colluviale e di natura limo-sabbiosa, presenti sui versanti, con spessori generalmente inferiori ai 3 metri. Il sopralluogo effettuato nel maggio 2000 ed il successivo rilievo di dettaglio effettuato nel novembre 2001 dai tecnici incaricati dal Comune di Alassio, ha messo in evidenza le criticità idrauliche del rio Cardellino, legate soprattutto alla limitata ampiezza della sezione di copertura e al particolare contesto urbano in cui il corso d'acqua si trova.
Nella tabella 2.6.6.1 sono riassunte le principali caratteristiche idrografiche e geomorfologiche del Rio Cardellino.

Tabella 2.6.6.1 - Principali caratteristiche idrografiche e geomorfologiche del rio Cardellino.

⇒ *Superficie del bacino di dominio 0,95 km^2 sotteso allo sbocco a mare*
⇒ *Lunghezza dell'asta principale circa 560 m nel tratto combinato, dal sottopasso F.S. sino allo sbocco a mare*
⇒ *Pendenza media tratto tombinato 3.5 % circa*
⇒ *Litologie presenti: coltre di materiale detritico di origine eluviale e/o colluviale e di natura limo-sabbiosa*
⇒ *Caratteristiche idraulico-morfologiche: ambito montano o collinare a basso livello di artificializzazione, tratto urbano costituito da tombinatura con struttura a volta in muratura e con struttura scatolare in c.a.*

L'asta terminale del rio Cardellino è stata percorsa dal Cima nel corso dei sopralluoghi del 2000, da valle verso monte, dallo sbocco a mare sino alla sezione di imbocco della copertura, che si trova a circa 600 m dallo sbocco a mare.

Rio Cardellino sbocco a mare

Dai sopralluoghi effettuati, è emersa la singolare configurazione dello sbocco a mare del rio Cardellino.
Infatti, come si può apprezzare dalla figura n. 2.6.16, il rio Cardellino sfocia nei pressi di Piazza Partigiani, proprio sotto la passeggiata che costeggia l'edificio sede di una sala giochi.
La sezione di sbocco ha geometria rettangolare; per lo smaltimento delle acque di magra, che potrebbero stagnare dato che di fronte alla sezione di sbocco si trova la spiaggia, è stata costruita

una tubazione ricoperta dalla sabbia che collega la sezione rettangolare al mare, come si può vedere in fig. 2.6.17.

Figura 2.6.16 – Rio Cardellino: sezione di sbocco a mare. Si noti la presenza della spiaggia subito di fronte alla sezione di sbocco. La geometria è rettangolare con dimensioni 265 cm X 145 cm.

Figura 2.6.17 – Rio Cardellino: particolare del canale di raccolta delle acque di magra. Il piccolo canale, lungo circa 10 m, corre sotto alla spiaggia collegando la sezione di sbocco con il mare.

Rio Cardellino: sezione di imbocco della copertura

Prima di raggiungere la sezione da cui ha inizio la copertura del rio Cardellino è possibile percorrere un tratto del rio tombinato, in quanto il sottopassaggio ferroviario di Via Hanbury corre proprio accanto al corso d'acqua (fig. 2.6.18).

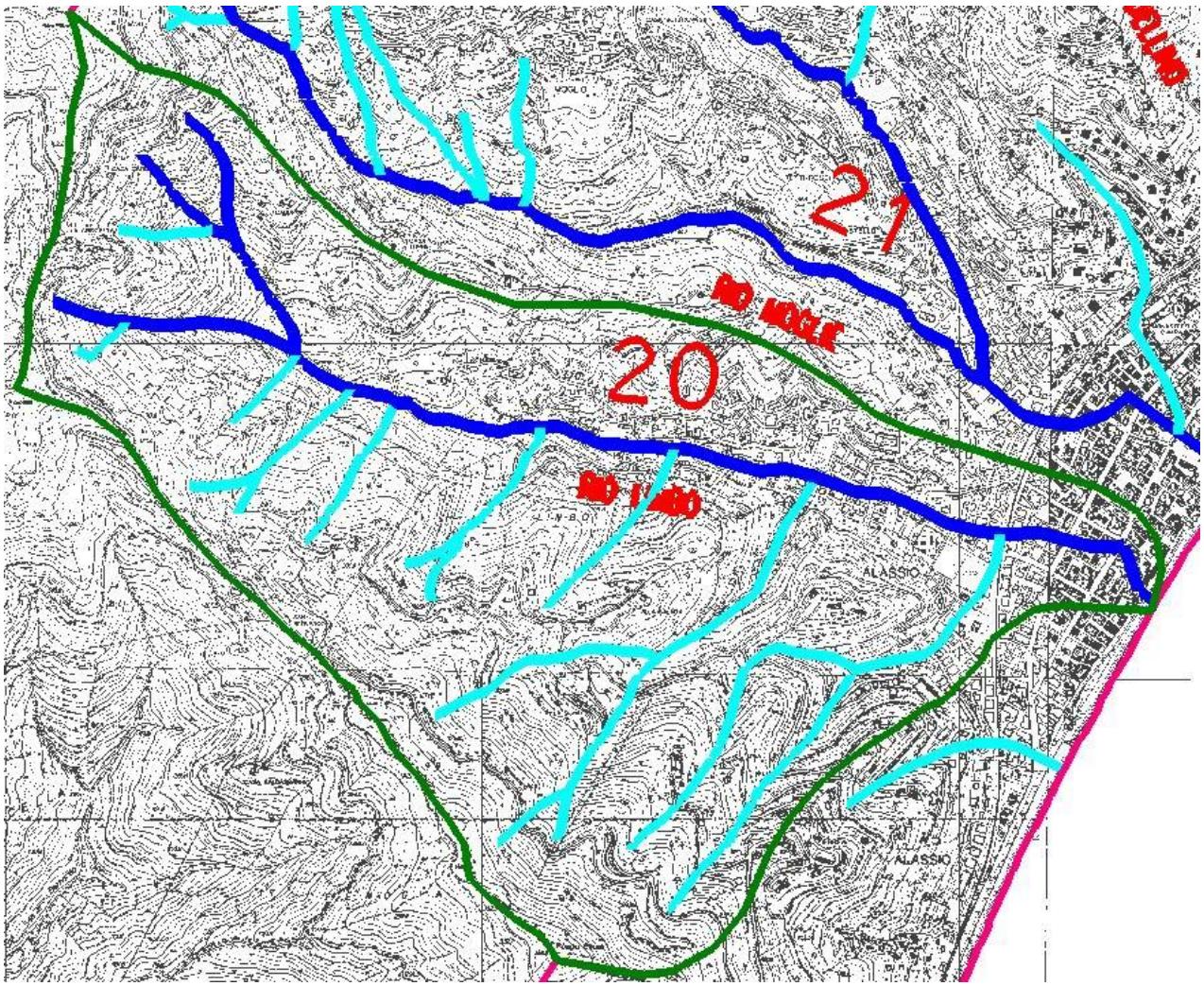
Figura 2.6.18 – Rio Cardellino: tratto del sottopassaggio ferroviario.In rosso è evidenziato il verso della corrente.

La sezione di inizio della copertura ha geometria rettangolare, con ampiezza ristretta rispetto alla sezione di sbocco a mare. A monte di questa, l'alveo ha pendenza elevatissima tanto da prendere quasi la fisionomia di una parete verticale.
L'imbocco del rio è ubicato proprio sotto ad un edificio a più piani, che attualmente è in ristrutturazione. Come si può vedere dalla fig. 2.6.19, lo stato di pulizia dell'alveo è molto scarso.

Figura 2.6.19 – Rio Cardellino: sezione da cui inizia la copertura. Le dimensioni della sezione sono di 170 cm X 120 cm.

2.6.7 RIO CAUDI-GONGHE

Il bacino idrografico del rio Caudi-Gonghe, si estende nella zona a ponente dell'abitato di Alassio; l'area sottesa dalla sezione di deflusso all'imbocco della tombinatura, misura una superficie di circa 0,98 kmq, mentre dalla sezione di deflusso lungo l'intersezione tra via Neghelli e via San Giovanni Battista, il bacino sotteso misura una superficie pari a 1,685 Kmq. Considerando infine la sezione di sbocco sul litorale si raggiungono complessivamente i 2,11 kmq.
Il bacino ha forma subrettangolare, delimitato ad Ovest dalla dorsale Torre Pisana (449.5 metri s.l.m.) - Bric Alpicella (384.2 metri s.l.m.), a Nord dalla dorsale che lo separa dal bacino del rio Tienna ed a Sud dalla dorsale di San Bernardo che lo separa dal bacino del Torrente Merula.
Il corso d'acqua, si articola per circa metà della sua lunghezza sulle pendici collinari di dove scorre a pelo libero. Nell'ultimo tratto, compreso tra regione Limbo fino allo sbocco a mare, corrispondente ad un percorso di circa 1300 mt di lunghezza, invece, il rio scorre in gran parte tombinato sotto il tessuto viario della città sino alla sua sezione di sbocco a mare.
Il bacino è caratterizzato da un corso d'acqua principale, il rio Caudi, e da diversi affluenti prevalentemente in destra orografica. Tra questi si distinguono per estensione il rio Limbo (confluente dalla Chiesa di San Giovanni Battista) ed il rio Gonghe (confluente prima dell'attraversamento ferroviario)



Stralcio C.T.R (fogli 245140-245150-259020) con indicazione del rio Caudi e relativo bacino idrografico chiuso alla confluenza con il Mar Ligure

In particolare, muovendosi da monte verso valle, si distinguono per il rio Caudi, i seguenti tratti:

- Tratto 1: tombinatura tra l'imboccatura a monte (regione Limbo) e la confluenza con il rio Gonghe (intersezione con via dell'Oro), per una lunghezza di circa 870 metri;
- Tratto 2: a cielo libero, compreso tra lo sbocco della tombinatura in via dell'Oro e l'attraversamento della linea ferroviaria;
- Tratto 3: compreso tra l'attraversamento FFS e la s.s. n. 1 "Aurelia" in parte tombinato ed in parte a cielo libero;
- Tratto 4: compreso tra l'attraversamento della s.s. n. 1 "Aurelia" e lo sbocco a mare, completamente tombinato.

Il bacino idrografico è caratterizzato da un'asta principale che, nella parte medio-alta del bacino (a quota di circa 125 metri s.l.m.) tende a biforcarsi rispettivamente in direzione Bric Alpicella - Torre Pisana. Nel complesso, il bacino idrografico presenta una certa asimmetria geomorfologica; i versanti settentrionali, esposti a Sud-SudEst, presentano acclività da basse a medie (dal 10% al 60%) e sono esposti per la maggior parte verso i settori meridionali.
Sul versanti settentrionali sono presenti numerosi paleoaccumuli detritici di origine eluviale - colluviale. Gran parte dei versanti sono sistemati a fasce terrazzate sostenute da muretti in pietra a secco, con coltivazioni sparse ed uliveti. I versanti meridionali si presentano più acclivi e costituiti essenzialmente da substrati rocciosi affioranti o subaffioranti.
Anche in questo caso i terreni risultano essere frequentemente sistemati a fasce terrazzate; in quanto solo alle quote più elevate, prossime allo spartiacque principale, le fasce coltivate tendono a lasciare il posto a tratti di macchia mediterranea.
La permeabilità del bacino è da considerare medio-bassa ed è dovuta principalmente alla percolazione delle acque di infiltrazione lungo i piani di discontinuità della roccia (piani di stratificazione, di frattura, ecc.), mentre le coltri detritiche presenti sui versanti e gli spessori di terreno sui piani terrazzati presentano valori di "permeabilità" per porosità abbastanza elevati.

Tabella 2.6.7.1 - Principali caratteristiche idrografiche e geomorfologiche del rio Caudi-Gonghe.

⇒ *Superficie del bacino di dominio 2,11 km^2 sotteso allo sbocco a mare*
⇒ *Lunghezza dell'asta circa 1300 m nel tratto indagato*
⇒ *Pendenza media nel tratto a monte 2.9 % circa.*
⇒ *Litologie presenti: paleoaccumuli di materiale detritico di origine eluviale e/o colluviale*
⇒ *Caratteristiche idraulico-morfologiche: ambito montano o collinare a basso livello di artificializzazione,con versanti sistemati a terrazzamenti, tratto urbano costituito da tombinatura con struttura a volta in muratura e con strutture scatolari in c.a.*

Il sopralluogo effettuato nel maggio 2000 dal Cima, lo studio idraulico specialistico degli Ingg. Brovelli-Bertolino per conto del Comune di Alassio e le successive analisi svolte dagli uffici della Provincia di Savona hanno messo in evidenza che le criticità idrauliche del rio sono legate soprattutto alla limitata ampiezza della sezione di copertura, alla scarsa pulizia dell'alveo e alla singolare sezione di sbocco, la cui larghezza coincide con quella di uno stabilimento balneare sorto proprio in corrispondenza del tratto focivo del corso d'acqua.
Il corso d'acqua è stato analizzato dalla sezione di sbocco a mare verso monte sino alla sezione da cui hanno inizio i tratti tombinati.

Lo sbocco a mare del Rio Caudi-Gonghe
Lo sbocco a mare del rio Caudi-Gonghe è irriconoscibile al passante ignaro della sua presenza. Infatti, la sezione di sbocco appare "camuffata" da un tendone di legno e plastica che uno

stabilimento balneare, situato proprio di fronte al termine della tombinatura del rio, ha inserito per nascondere alla vista dei bagnanti il corso d'acqua (fig. 2.6.20).

Figura 2.6.20 – Rio Gonghe: sezione dello sbocco a mare nascosta dal tendone dello stabilimento balneare. La sezione ha geometria simile ad una volta a botte con altezza al centro alveo di 2.20 m e larghezza pari a 5.95 m. L'altezza dei piedritti all' imposta della volta è di 90 cm.

Nell'ultimo tratto che corre sotto allo stabilimento balneare, il rio Gonghe scorre incanalato in una sezione rettangolare (fig.2.6.21) con altezza pari a 60 cm e larghezza pari a quella della sezione di fig. 2.6.20: questa sezione consente comunque solo lo scolo delle acque di magra, dato che le portate di piena transitano liberamente sulla spiaggia.

Figura 2.6.21 - Rio Gonghe: particolare della sezione rettangolare per lo scolo delle acque di magra al di sotto della spiaggia.

Rio Caudi: tratto intermedio

Nei pressi del Palasport di Alassio, il Rio Caudi scorre per un brevissimo tratto a pelo libero con sezione rettangolare. All'uscita del tratto tombinato a monte la sezione ha dimensioni di 380 cm X 100 cm: l'alveo è rivestito in calcestruzzo, ma dalle pareti proliferano arbusti e piante (fig. 2.6.22).
Dopo circa 50 m il rio attraversa un tratto in cui è di nuovo coperto, con sezione di imbocco rettangolare (fig. 2.6.23), per poi scorrere ancora a pelo libero per successivi 50 m, prima della copertura dell'ultimo tratto prima dello sbocco a mare (fig. 2.6.24).
Il rivestimento del fondo è sempre in calcestruzzo e le condizioni di pulizia dell'alveo appaiono discrete.

Figura 2.6.22 – Rio Caudi-Gonghe: sezione di uscita dalla copertura nel tratto intermedio. Dim: 380 cm x 100 cm.

Figura2.6.23 – Rio Caudi-Gonghe: sezione di ingresso copertura dopo il breve tratto scoperto. Dim: 310 cm x 280 cm.

Figura 2.6.24 – Rio Caudi-Gonghe: sezione di ingresso della copertura del tratto finale. Geometria: volta con altezza centrale di 1.3 m, larghezza 4 m e altezza piedritti di imposta di 0.60 m.

Rio Caudi: copertura di monte

A circa 1,3 km dalla foce si raggiunge la sezione in cui ha inizio la copertura del rio.
Osservando il corso d'acqua verso monte (fig. 2.6.25) si nota un alveo tipicamente collinare con pendenze accentuate e fitta vegetazione sulle sponde. Come si può ravvisare dalla foto la pulizia dell'alveo è in pratica inesistente.
La sezione di inizio della copertura (fig. 2.6.26) ha geometria quadrata con larghezza e altezza pari a 2.45 m; l'apertura della sezione di imbocco della copertura non prende tutta la larghezza dell'alveo poiché tra l'apertura e l'argine destro vi è circa 1 m di muro in calcestruzzo.
Da notare, come si vede dalla figura 2.6.25, la presenza di una strada carrabile in sponda sinistra il cui muro di contenimento è proprio costituito dall'argine sinistro.

Figura 2.6.25 – Rio Caudi: visione del tratto a monte in ingresso alla copertura

Figura 2.6.26 – Rio Caudi: sezione di ingresso della copertura.

2.6.8 RIO TIENNA-LIGGIA

Il principale bacino idrografico presente sul territorio comunale è costituito dal reticolo idrografico dei rii S. Gerolamo, Liggia, Barbona, Castello e Tienna, per un'area complessiva misurata allo sezione di chiusura allo sbocco a mare di circa 3.8 kmq. Il bacino si estende nella zona orientale dell'abitato del comune di Alassio, nel tratto compreso tra il rio Caudi-Gonghe e prima del rio Cardellino ed è caratterizzato da una dorsale che dalla Madonna della Guardia discende verso

Moglio e prosegue fino all'area cimiteriale; tale dorsale separa i sottobacini idrografici del rio Liggia e del rio Barbona, dalla cui intersezione ha origine il rio Tienna. L'asta principale del bacino è costituita dal rio Liggia a monte e dal rio Tienna a valle.
L'asta del rio Barbona ha una lunghezza di circa 1,75 km, mentre l'asta fluviale del rio Liggia ha una lunghezza di circa 2,60 km. Fra gli affluenti principali vi sono il rio S. Gerolamo, in sponda sinistra della Liggia, ed il rio Castello, tributario in sponda sinistra del Tienna che nasce dalle pendici in località Vegliasco fino a confluire in corrispondenza di Via Dante Alighieri.
Il bacino è delimitato ad ovest dalla dorsale Torre-Pisana e dal Poggio Vallega a nord.
A nord-ovest il bacino è delimitato dal crinale principale (torre Pisana -Madonna della Guardia - Poggio Vallega), a sud-ovest dallo spartiacque che lo separa dal rio Caudi-Gonghe, ed ad nord-est dallo spartiacque che lo separa dal rio Cardellino.
L'asta principale studiata è per la maggior parte del suo percorso tombinata, con brevi tratti a cielo libero. I versanti che interessano il bacino imbrifero presentano un'acclività media variabile tra il 30 ed il 75%. La maggior parte di essi è sistemata a fasce terrazzate e coltivate, con muretti di pietra a secco, mentre alle quote superiori in corrispondenza dello spartiacque, predomina il terreno a vegetazione spontanea tipicamente mediterranea.
Numerose sono le coltri detritiche di origine eluviale e/o colluviale e di natura limo-sabbiosa presenti sui versanti, con spessori inferiori ai 3 m.
La permeabilità del bacino è da considerare medio-bassa ed è dovuta principalmente alla percolazione delle acque di infiltrazione lungo i piani di discontinuità della roccia (piani di stratificazione, di frattura, ecc.), mentre le coltri detritiche presenti sui versanti e gli spessori di terreno sui piani terrazzati presentano valori di "permeabilità" per porosità abbastanza elevati.

Tabella 2.6.8.1 - Principali caratteristiche idrografiche e geomorfologiche del rio Tienna-Liggia.

- ⇒ *Superficie del bacino di dominio 3,80 km^2 sotteso allo sbocco a mare*
- ⇒ *Lunghezza dell'asta principale circa 1400 m nel tratto indagato (rii Tienna e Liggia)*
- ⇒ *Affluenti principali: rio S.Gerolamo, rio Barbona, rio Castello*
- ⇒ *Pendenza media nel tratto a monte 6.9 % circa.*
- ⇒ *Litologie presenti: coltri di materiale detritico di origine eluviale e/o colluviale*
- ⇒ *Caratteristiche idraulico-morfologiche: ambito montano o collinare a basso livello di artificializzazione,con versanti sistemati a terrazzamenti, tratto urbano costituito da tombinatura con struttura a volta in muratura e con strutture scatolari in c.a.*

Il bacino, a forte sviluppo collinare, presenta forti pendenze nel tratto di monte e pendenze di minor entità nel breve tratto tombinato. La porzione di bacino a monte è costituita da suolo prevalentemente allo stato naturale con copertura boschiva, anche se parzialmente compromessa da frequenti incendi, mentre a valle risulta pressoché sistemata a terrazzi con muretti di pietre a secco.
Infine si lascia spazio ad un'intensa urbanizzazione nel resto dell'asta.
Il sopralluogo effettuato nel maggio 2000 dal Cima e lo studio idraulico specialistico degli Ingg. Brovelli-Bertolino hanno evidenziato le criticità idrauliche del rio Liggia – rio Tienna, legate soprattutto alla limitata ampiezza della sezione di copertura e alla scarsa pulizia dell'alveo nella parte subito a monte della copertura stessa.
L'asta terminale del rio Tienna è stata percorsa da valle verso monte: dallo sbocco a mare si arriva all'altezza del ponte ferroviario dove il rio rimane a pelo libero e successivamente all'imbocco della copertura più a monte.

Il rio Tienna allo sbocco a mare

La sezione di sbocco a mare del rio Liggia diventato rio Tienna si trova proprio sotto l'Hotel Milano, nella zona centrale della città.
La geometria della sezione (fig. 2.6.27) è simile ad una volta a botte con altezza massima di 140 cm, larghezza 660 cm e altezza piedritti 50 cm.
La sezione è parzialmente ostruita da una porta di legno posta trasversalmente al senso della corrente e da una scaletta di collegamento tra il ristorante dell'Hotel e la spiaggia.

Figura 2.6.27 – Rio Tienna – Liggia: sezione di sbocco a mare. Da notare la scaletta che dalla spiaggia porta nel soprastante ristorante dell'Hotel Milano e la porta di legno che ostruisce parzialmente la sezione.

Il rio Tienna nel tratto intermedio

In corrispondenza del rilevato ferroviario la copertura del rio Tienna si interrompe. Per circa 30-40 m il rio scorre quindi a pelo libero sotto il pontino della ferrovia.
In corrispondenza del pontino, è situato un attraversamento pedonale che corre proprio sulla sponda destra del corso d'acqua, che comunque non è visibile perché nascosto da paratoie in vetroresina.
La sezione che si osserva guardando verso monte (fig. 2.6.28), che segna la continuazione della copertura verso monte, è caratterizzata da una forma rettangolare avente dimensioni di 490 cm x 105 cm che si sviluppa sotto un massiccio impalcato di calcestruzzo della strada sovrastante.
L'alveo e le pareti sono rivestiti in calcestruzzo.
A valle, la sezione che segna la ripresa della copertura mantiene sempre la stessa forma con altezza 120 cm e larghezza 575 cm. Però, come si può notare osservando la figura 2.6.26, la sezione è parzialmente ostruita da un tubo in acciaio di dimensioni non trascurabili e da rovi e arbusti che si sono sviluppati intorno.

Fig. 2.6.28 – Rio Tienna: sezione verso monte del tratto intermedio sotto il pontino della ferrovia.

Fig.2.6.29 – Rio Tienna: sezione di ingresso alla copertura nell'ultimo tratto terminale.

Il rio Tienna- Liggia a monte

Il tratto a monte del rio Liggia (fig. 2.6.30) è caratterizzato dalla folta vegetazione che copre le colline circostanti al corso d'acqua e le sponde. Come si osserva dalla fig. 2.6.30, la vegetazione è folta anche nel letto dell'alveo. Le pendenze nel tratto considerato sono elevate.

Fig. 2.6.30 – Rio Liggia: visione del tratto di monte, prima della copertura.

La sezione di inizio copertura si trova poco a monte di via Oleandri. La geometria è rettangolare, con dimensioni di 5 m per 2 m di altezza, con pareti e fondo rivestito in calcestruzzo. La sezione, da una prima valutazione speditiva, non ha franco di sicurezza per tempi di ritorno duecentennali.

2.6.9 RIO TORTORE E RIO PALMERO

Nei sopralluoghi effettuati nel maggio 2000 dal Cima e nel successivo studio idraulico specialistico fornito dal Comune di Alassio sono stati indagati questi ulteriori bacini presenti nel territorio comunale.

Rio Tortore

Il rio Tortore è stato indagato dallo studio idraulico specialistico nel tratto urbano compreso tra il sottopassaggio della linea ferroviaria fino allo sbocco a mare, corrispondente ad un percorso di circa 90 mt di lunghezza.
Il bacino idrografico del rio Tortore sotteso dalla sezione di deflusso allo sbocco a mare misura una superficie pari a 0,4 Kmq.
Dalla cartografia emerge la forma allungata del bacino, orientata secondo l'asse nord-sud, con versanti di acclività media compresa tra il 20% ed il 60% sistemati in parte a terrazze in stato di abbandono ed in parte coltivate ad olivo.
Alle quote superiori, in corrispondenza dello spartiacque principale, si ha la prevalenza di terreni allo stato naturale con vegetazione a macchia mediterranea o arborea.
Il bacino imbrifero è delimitato ad ovest dal bacino dei rio Palmero e ad est dal bacino del rio S. Anna.
I litotipi prevalenti che costituiscono il substrato roccioso del bacino imbrifero sono la formazione dei calcari di Ubaga, costituita da sequenze torbiditiche di calcari marnosi grigio-azzurri e marne compatte, da calcaree argillose, e formazione di quarziti di monte Bignone, costituite da arenarie quarzose a granulometria media.
Si evidenzia che la permeabilità del bacino è medio-bassa e dovuta esclusivamente alla percolazione delle acque di infiltrazione lungo i piani di discontinuità della roccia.
Nel tratto indagato il rio Tortore si presenta totalmente coperto con tratti di tombinatura di forma diversificata visti gli interventi di copertura effettuati nel corso degli anni.

Lo sbocco a mare si trova nella zona a ponente della città, nelle vicinanze del porto. La sezione del rio prima della spiaggia ha forma rettangolare con dimensioni di 320 cm X 190 cm e pareti rivestite interamente di calcestruzzo (fig. 2.6.31).

Figura 2.6.31 – Rio Tortore: interno della sezione di sbocco. Da notare l'impalcato in travi di acciaio in sommità della copertura.

Di fronte a questa sezione si trova la strada di accesso al porto e agli stabilimenti balneari adiacenti. Per attraversare la strada e la spiaggia antistante, il rio è incanalato in una sezione rettangolare di 50 cm X 200 cm, che sulla spiaggia si presenta come in figura 2.6.32.

Figura 2.6.32 – Rio Tortore: sbocco a mare.

L'ingresso della copertura si trova circa 150 m più a monte: si tratta di una sezione a forma d'arco, situata proprio sotto ad un complesso di edifici (fig. 2.6.33).

Figura 2.6.33 – Rio Tortore: sezione di inizio della copertura.

Rio Palmero

Il rio Palmero è stato indagato dallo studio idraulico specialistico nel tratto tra l'inizio della tombinatura fino allo sbocco a mare, corrispondente ad un percorso di circa 450 mt di lunghezza, al fine di evidenziare eventuali criticità idrauliche in relazione allo smaltimento delle portate di massima piena di progetto.

Il bacino idrografico del rio Palmero sotteso dalla sezione di deflusso all'imbocco della tombinatura misura una superficie di circa 1,76 Kmq, mentre immediatamente a valle del rio Boccari, emissario in sponda destra, il bacino sotteso misura una superficie pari a 2,003 Kmq. Considerando infine la sezione di sbocco sul litorale si raggiungono complessivamente 2,1 Kmq.

Il bacino ha forma subrettangolare, delimitato ad ovest dalla dorsale di Punta Vegliasco e ad est dalla dorsale di Solva che lo separa dal bacino dei rio Tortore.

Nel tratto urbano il rio Palmero si presenta quasi totalmente coperto, ad eccezione di un breve tratto a cielo libero di lunghezza pari a circa 70 metri, ove scorre in adiacenza ad alcuni fabbricati abitativi.

La sezione di sbocco a mare è situata proprio a lato dello storico Bastione di Alassio (fig. 2.6.34). E' una sezione di discreta ampiezza con forma di arco di volta con spallette alte circa 120 cm.

La sezione nel punto più alto, nella parte centrale, è alta 170 cm, mentre la larghezza è di 400 cm. La bocca è protetta dall'insabbiamento da una da una gettata di massi naturali nella zona antistante lo sbocco.

Figura 2.6.34 – Rio Palmero: sezione di sbocco. Sulla sinistra si intravede la massicciata disposta per evitare l'insabbiamento della bocca e per accrescere la spiaggia verso ponente.

2.6.10 RIO AVARENNA

Il bacino idrografico del rio Avarenna si sviluppa nella zona a ponente dell'abitato di Albenga, in località Vadino.

La superficie del bacino occupa un area inferiore al km^2 e attraversa una zona densamente urbanizzata. Il rio scorre per quasi tutto il suo percorso a pelo libero, tranne che per il tratto attraversante regione Campolau, fino all'inizio di via Piave, dove scorre tombinato sotto il tessuto urbano per circa 100 m.

Rio Avarenna alla foce

Nell'ultimo tratto del suo percorso il rio Avarenna scorre a pelo libero, con andamento sensibilmente rettilineo e modesta pendenza, stimabile a circa il 2 per mille.

L'alveo mantiene così una sezione regolare di forma trapezia (fig. 2.6.35), con fondo e pareti rivestiti in calcestruzzo, senza particolari singolarità fino al rilevato ferroviario. Le dimensioni della sezione sono le seguenti:

- larghezza alla base: 5 m
- larghezza in sommità: 7 m
- altezza totale: 2 m

Da questi valori è possibile stimare la pendenza delle scarpate laterali di circa 26° rispetto alla verticale.

Le condizioni di pulizia dell'alveo sono buone; il materiale trasportato è costituito da ciottoli di ridotta pezzatura, che sono principalmente depositati negli ultimi 10-15 m prima del mare, dove l'alveo e le sponde non sono più rivestiti dal calcestruzzo (fig. 2.6.35).

Prima dello sbocco a mare si incontra il ponte di figura 2.6.36 senza pile in alveo le cui dimensioni sono le seguenti: altezza all'intradosso 1.50 m, larghezza trasversale 6.80 m, spessore impalcato 70 cm, larghezza longitudinale 5.25 m

Figura 2.6.35 – Rio Avarenna: sbocco a mare.

Figura 2.6.36 – Rio Avarenna: visione dell'ultimo tratto che precede la sezione di sbocco a mare. Si osservi la struttura di attaversamento tra il campeggio in sponda sinistra e la strada in sponda destra.

Subito a valle dell'attraversamento ferroviario si trova un ponte senza pile in alveo di altezza all'intradosso pari a 1.60 m, larghezza trasversale 5.40 m, spessore impalcato 65 cm, larghezza longitudinale 5.2 m (fig. 2.6.37).

Figura 2.6.37 – Rio Avarenna: attraversamento a valle della ferrovia

Rio Avarenna tra il rilevato ferroviario copertura di regione Campolau

A monte del ponte della ferrovia l'Avarenna si presenta con sezione rettangolare, con pareti alte 200 cm rivestite, come il fondo, in calcestruzzo in buone condizioni.

A monte dell'attraversamento ferroviario si trova un piccolo ponte alto circa 2.40 m all'estradosso, 1.90 m all'intradosso, larghezza trasversale di 5.20 m e larghezza longitudinale di 7.00 m (fig. 2.6.38).

Figura 2.6.38– Rio Avarenna: attraversamento a monte della ferrovia

Proseguendo verso monte per circa 50 m le sponde mantengono la stessa altezza, per poi variare in sponda destra dove si innalzano a circa 2.20 m, quota dell'estradosso della successiva passerella che si incontra.

La sezione di deflusso del rio in prossimità di tale passerella, che si trova circa 250 m più a monte del precedente ponte, è approssimativamente 5 m x 1.5 m.
Proseguendo per altri 50 m il percorso dell'alveo curva leggermente verso ponente poco prima di incontrare la copertura. La sezione in quel tratto è sempre rettangolare con larghezza però ristretta a 5.30 m e altezza delle pareti variabile, essendo in sponda destra pari a 2.70 m e in sponda sinistra pari a 2.50 m.
Proseguendo per circa 30-40 m più a monte si incontra il tratto in copertura del rio Avarenna, che attraversa l'incrocio che porta a via Piave.
La sezione che si osserva sotto la copertura ha forma rettangolare con altezza delle sponde pari a 2.70 m e larghezza dell'alveo pari a 5.30 m. L'intradosso della strada statale si trova a circa 2.10 m, mentre l'estradosso a circa 2.90 m. All'interno della copertura si osserva la presenza di una briglia spessa poco più di 40 cm e all'interno di un setto in c.a. di larghezza di circa 50 cm.

Rio Avarenna in regione Campolau
Il tratto del rio Avarenna che precede la sezione da cui ha inizio la copertura tra regione Campolau e via Piave, è caratterizzato da un forte grado di urbanizzazione, che già di per sé è indice di criticità idrauliche.
Il corso d'acqua, infatti, si trova incassato tra gli edifici, le cui mura, come si può vedere in figura 2.6.39, vengono ad essere una sorta di argine.
La sezione ha forma rettangolare e subito prima della copertura ha sponde alte 3.00 m e larghezza di 4.50 m, ed è rivestita da calcestruzzo in discrete condizioni.
In caso di forti piene è plausibile pensare che tale zona si trovi in forte rischio idraulico e che sia pertanto interessata da fenomeni di inondazione.
D'altro canto la zona risulta storicamente inondata e numerose sono state le segnalazioni di danni a seguito dell'inondazione del novembre 1994.
La sezione di imbocco della copertura ha forma di arco (fig. 2.6.40); essa non risulta accessibile per via delle recinzioni delle abitazioni private limitrofe e della strada situata subito sopra.

Figura 2.6.39 – Rio Avarenna: vista del tratto antecedente la copertura in regione Campolau. Si noti l'intenso grado di urbanizzazione sulle sponde del rio.

Figura 2.6.40 – Rio Avarenna: sezione da cui ha inizio la copertura tra regione Campolau e via Piave. Dimensioni: larghezza 4.5 m, altezza max. 1.5 m.

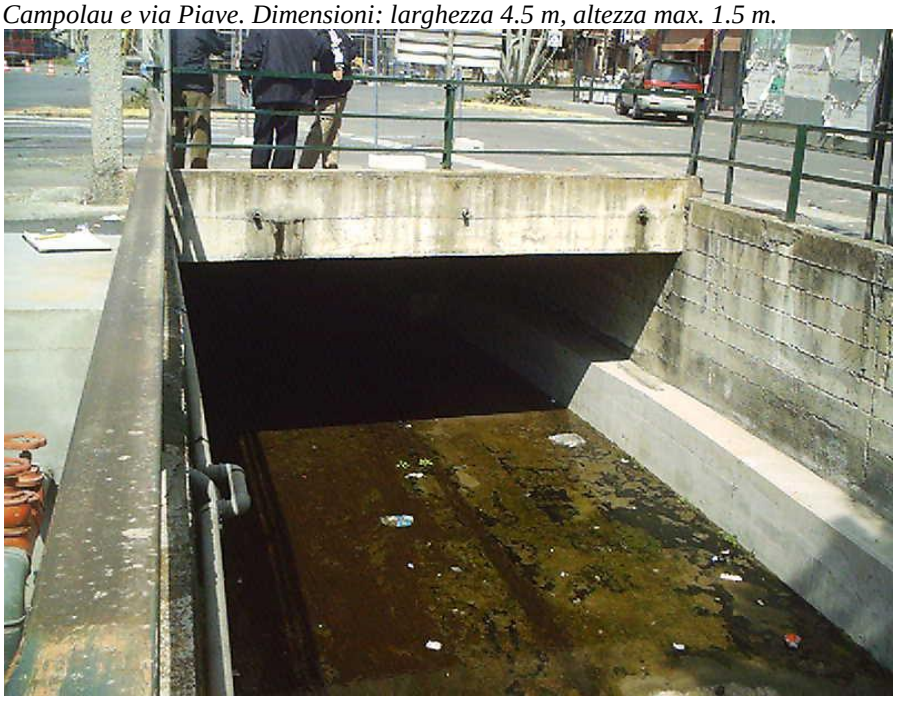


Figura 2.6.41 – Rio Avarenna: sezione di sbocco della copertura di via Piave. Dimensioni: larghezza 5 m, altezza max. 2.2 m, spessore impalcato 0.60 m.

Rio Avarenna a monte della copertura di regione Campolau

Nei pressi del palasport di Albenga tutt'ora in costruzione, il rio Avarenna mantiene sezione rettangolare con larghezze variabili tra i 4 e 5 m.
Le strutture di attraversamento che si incontrano procedendo verso monte sono:

- passerella pedonale 120 m a monte della tombinatura: altezza all'intradosso 2.15 m, larghezza ristretta a circa 4.10 m (fig. 2.6.42).
- ponte carrabile 165 m a monte della tombinatura: altezza all'intradosso 2.6 m, larghezza trasversale 4.60 m, spessore impalcato 58 cm, larghezza longitudinale 4.5 m (fig. 2.6.43).

Figura 2.6.42 – Rio Avarenna: passerella a monte della tombinatura, vista da monte verso valle

Figura 2.6.43 – Rio Avarenna: ponte carrabile a monte della tombinatura, vista da monte verso valle

Proseguendo verso monte l'alveo, rivestito in calcestruzzo, si mantiene rettangolare con larghezze variabili tra i 4 e 5 m. Anche l'altezza delle sponde è variabile: nei primi 50 m a monte della passerella si hanno 4 m di altezza in sponda destra e 2.20 m in sponda sinistra, mentre successivamente la sponda destra scende a 1.80 m con la sponda sinistra che rimane a 2.20 m.
In località Miranda si segnala un brusco restringimento della sezione di deflusso del rio dovuto alla presenza di una tombinatura assolutamente inadeguata, come si vede dalla figura 2.6.44.

Figura 2.6.44 – Rio Avarenna: tombinatura il località Miranda, vista da valle verso monte

Proseguendo ulteriormente verso monte, uno studio idraulico di dettaglio del 2016, prodotto a seguito degli eventi alluvionali dell'autunno 2014 in coerenza con il disposto delle misure di salvaguardia ex DGR 59/2015, ha consentito di identificare il reticolo di drenaggio che, a monte della SS1, recapita le acque nel Rio Avarenna, distinguendole da quelle presenti in zona che, invece, scolano direttamente nel Fiume Centa o defluiscono verso mare attraverso altri rii minori; questo ha consentito di estendere il tratto indagato di ulteriori 700 metri .

2.7 Idrologia di piena

2.7.1 Premessa

Nell'ambito della pianificazione di bacino, ai sensi del D.L. 180/98, al fine di individuare aree a diversa pericolosità idraulica e di determinare le portate di progetto, è necessario associare ai valori di portata al colmo di piena una probabilità di accadimento, o in altri termini, un tempo di ritorno.
Al fine di descrivere in termini probabilistici le portate di piena la Regione Liguria ha stipulato con l'Università di Genova - Centro di Ricerca in Monitoraggio Ambientale (CIMA) una convenzione relativa alla "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri (luglio 1999)"; lo studio fornisce i valori al colmo di piena relativi a diversi periodi di ritorno dei corsi d'acqua con foce sul litorale tirrenico, ed è la base dati su cui si fondano le successive analisi idrauliche di questo piano stralcio. Per bacini con superficie compresa tra 0 e 10 km^2, viene utilizzato il metodo semplificato come riportato nello studio suddetto e nella presente relazione di piano.

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

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

- attraverso un'analisi statistica regionale, che fa uso di tutta l'informazione fornita dalle stazioni pluviometriche dislocate sull'intero territorio Regionale e su alcuni bacini limitrofi, sono state

definite le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per ogni sito non strumentato all'interno della regione;

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

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

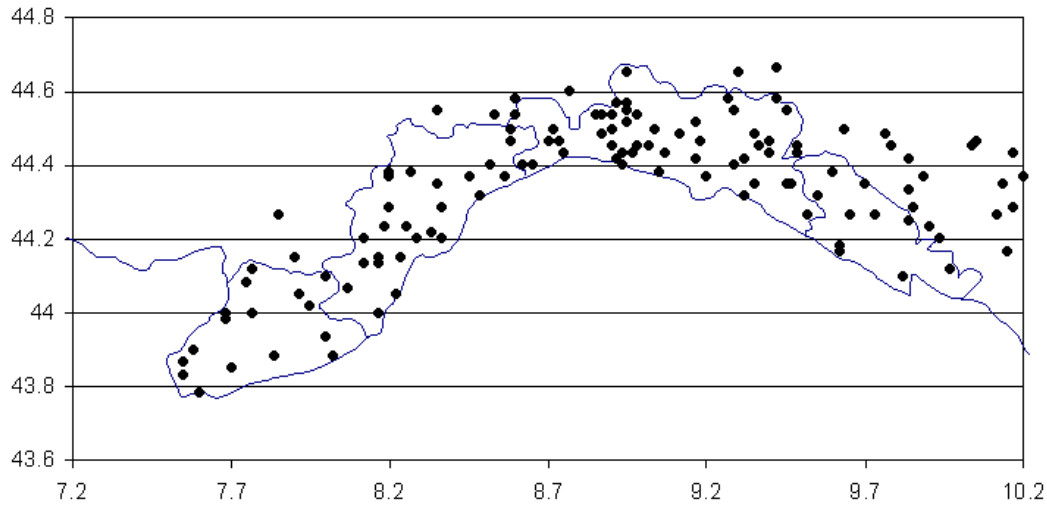
	STAZIONE	**Lat.**	**Long.**	**Quota**	**N**
1	GENOVA CASTELLACCIO	44.26	3.31	379	24
2	GENOVA SERV. IDROGRAFICO	44.24	3.31	2	27
3	NERVI	44.23	3.24	45	16
4	GENOVA PONTECARREGA	44.26	3.29	26	31
5	PRATO	44.27	3.26	89	22
6	SCOFFERA	44.29	3.2	678	29
7	S. EUSEBIO	44.27	3.28	240	21
8	S. ILARIO	44.23	3.24	210	27
9	VIGANEGO	44.26	3.23	400	34
10	ALASSIO	44	4.17	10	47
11	ALBENGA	44.03	4.14	5	39
12	ALTO	44.06	4.27	630	33
13	CALICE LIGURE	44.12	4.1	70	22
14	CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA	44.08	4.2	350	50
15	COLLE DEL MELOGNO	44.14	4.16	1000	37
16	FEGLINO	44.13	4.07	160	26
17	MANIE	44.12	4.05	297	19
18	MONTAGNA	44.17	4.05	256	43
19	PIEVE DI TECO	44.03	4.32	240	25
20	POGLI DI ORTOVERO	44.04	4.23	90	48
21	RIALTO	44.14	4.12	976	31

22	FIORINO	44.28	3.45	236	29
23	MADONNA DELLE GRAZIE	44.26	3.42	159	25
24	MELE	44.28	3.43	278	24
25	COLONIA ARNALDI	44.25	3.17	600	37
26	CASSAGNA	44.21	3	432	19
27	CHIAVARI	44.19	3.08	5	57
28	CICHERO	44.25	3.08	480	21
29	GIACOPIANE	44.28	3.03	1016	60
30	NEIRONE	44.28	3.16	332	30
31	PANESI	44.21	3.06	25	46
32	PIANA DI SOGLIO	44.24	3.1	75	40
33	SAN MICHELE	44.26	3.03	170	57
34	SAN PIETRO DI NOVELLA	44.22	3.15	13	32
35	STATALE	44.21	2.59	570	47
36	TIGLIOLO	44.27	3.05	293	55
37	BESTAGNO	43.56	4.27	300	42
38	COLLE S.BARTOLOMEO	44.01	4.3	621	21
39	IMPERIA	43.53	4.26	15	50
40	SAVONA	44.19	3.58	5	36
41	SELLA DI SAVONA	44.21	4.06	473	14
42	ARLIA	44.16	2.2	385	53
43	BOLA DI TRESANA	44.14	2.33	400	47
44	CALICE AL CORNOVIGLIO	44.15	2.37	402	24
45	CHIUSOLA	44.21	2.45	630	42
46	EQUI TERME	44.1	2.18	300	40
47	GUINALDI (Presa Verde)	44.25	2.37	371	31
48	LA SPEZIA	44.06	2.38	5	48
49	LEVANTO	44.1	2.5	2	33
50	MATUCASO	44.17	2.17	581	34
51	MONTALE DI LEVANTO	44.11	2.5	149	35
52	NOVEGINO (già Aulla)	44.12	2.31	55	34
53	PARANA	44.17	2.36	695	29
54	ROCCHETTA (già Tarassola)	44.2	2.37	426	50
55	SARZANA	44.07	2.29	26	54
56	SERO' DI ZIGNAGO	44.16	2.43	630	46
57	S. MARGHERITA VARA	44.16	2.48	200	39
58	S.S. ANNUNZIATA DI PONTREMOLI	44.22	2.34	215	51
59	TAVARONE	44.19	2.54	603	44
60	VARESE LIGURE	44.23	2.51	347	43
61	COLLA MELOSA	43.59	4.46	1600	21
62	COLLE BELENDA	43.45	4.45	1350	31
63	ROCCHETTA NERVINA	43.54	4.52	225	32
64	VALLE TANE	44	4.46	1405	30
65	CASTIGLIONE CHIAVARESE	44.16	2.56	300	39
66	CROCETTA D'ORERO	44.32	3.28	460	31

67	GENOVA UNIVERSITA'	44.25	3.32	21	59
68	ISOVERDE	44.32	3.35	270	57
69	MADONNA DELLA GUARDIA	44.29	3.35	814	35
70	MIGNANEGO	44.32	3.33	250	53
71	MONTE CAPELLINO	44.33	3.3	660	33
72	AIROLE	43.52	4.54	103	38
73	CALVO (gia Torri)	43.5	4.54	57	26
74	VENTIMIGLIA	43.47	4.51	9	32
75	ELLERA	44.22	4	75	15
76	CENTRALE ARGENTINA	43.53	4.37	70	36
77	TRIORA	44	4.41	780	27
78	LERCA	44.24	3.48	110	33
79	SCIARBORASCA	44.24	3.5	112	34
80	STELLA S. MARTINO	44.24	3.56	330	29
81	VARAZZE	44.22	3.53	22	37
82	BALESTRINO	44.08	4.17	370	43
83	CARPE	44.09	4.17	400	22
84	VERZI LOANO	44.09	4.13	95	46
85	ISOLA DI PALANZANO C.LE	44.26	2.17	575	46
86	PADULI DIGA	44.21	2.19	1139	33
87	SELVANIZZA C.LE	44.26	2.13	468	40
88	SUCCISO	44.22	2.15	911	13
89	BOSCO DI CORNIGLIO	44.27	2.25	842	49
90	MARRA C.LE	44.28	2.24	635	50
91	BUSALLA	44.34	3.3	360	17
92	CHIAPPARI	44.34	3.32	535	8
93	VAL NOCI DIGA	44.3	3.25	544	33
94	ISOLA DEL CANTONE	44.39	3.3	300	42
95	TORRIGLIA	44.31	3.17	764	25
96	BARDINETO	44.12	4.2	711	29
97	CAIRO MONTENOTTE	44.23	4.11	328	36
98	OSIGLIA (Diga Cavallotti - Osiglia)	44.17	4.15	620	41
99	CENGIO	44.23	4.15	450	30
100	CORSAGLIOLA (C.LE MOLLINE)	44.16	4.36	620	45
101	LAVAGNINA C.LE	44.36	3.41	245	51
102	LAVEZZE LAGO	44.32	3.36	652	38
103	MASONE	44.3	3.44	433	36
104	MILLESIMO	44.22	4.15	427	47
105	ORMEA C.LE	44.09	4.33	730	39
106	ORTIGLIETO	44.35	3.51	300	38
107	PIAGGIA	44.05	4.42	1310	39
108	PIAMPALUDO	44.28	3.52	857	32
109	PIANCASTAGNA	44.32	3.55	732	34
110	SPIGNO MONFERRATO	44.33	4.06	476	2
111	TIGLIETO	44.32	3.51	500	15

112	URBE	44.3	3.52	500	24
113	VIOZENE	44.07	4.41	1248	22
114	BEDONIA	44.3	2.49	544	44
115	BORGO VAL DI TARO	44.29	2.41	411	21
116	S. MARIA DEL TARO	44.26	2.58	744	37
117	STRINABECCO	44.27	2.58	800	27
118	VALDENA C.LE	44.27	2.4	611	24
119	BOSCHI D'AVETO DIGA	44.35	3.02	630	51
120	BRUGNETO	44.4	3.02	903	19
121	CABANNE	44.29	3.06	812	33
122	LOCO CARCHELLI C.LE	44.33	3.1	610	51
123	LOSSO C.LE	44.39	3.09	416	37
124	ROVEGNO	44.35	3.11	660	16
125	SANTO STEFANO D'AVETO	44.33	3	1014	24

"



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

2.7.3 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Tali curve consentono, per assegnato periodo di ritorno, di definire come variano le altezze massime annuali di precipitazione in funzione della durata considerata.
La forma più comune delle LSPP è:

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

con:

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

Nel caso in esame è stato mostrato come per tutte le durate fino a 24 ore la distribuzione di probabilità possa essere ritenuta costante nella sua forma adimensionale. Ciò significa che, una

volta fissato il periodo di ritorno, il rapporto tra il quantile corrispondente a tale periodo di ritorno ed il valore atteso è costante per qualunque durata. In tali condizioni quindi il coefficiente a(T) può essere espresso nella forma:

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

con:

$E[H_{d1}]$	valore atteso della altezza di precipitazione massima annuale per la durata di riferimento d_1
K_T	coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno.

Inoltre è stato messo in luce che le differenze tra i diversi valori assunti da $E[H_{d_1}] / d_1^n$ sono riconducibili alla variabilità campionaria e che per congruenza con il metodo di valutazione delle portate al colmo di piena si è scelto come pioggia indice $E[H_{12}]$. La forma da utilizzare della LSPP risulta quindi:

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

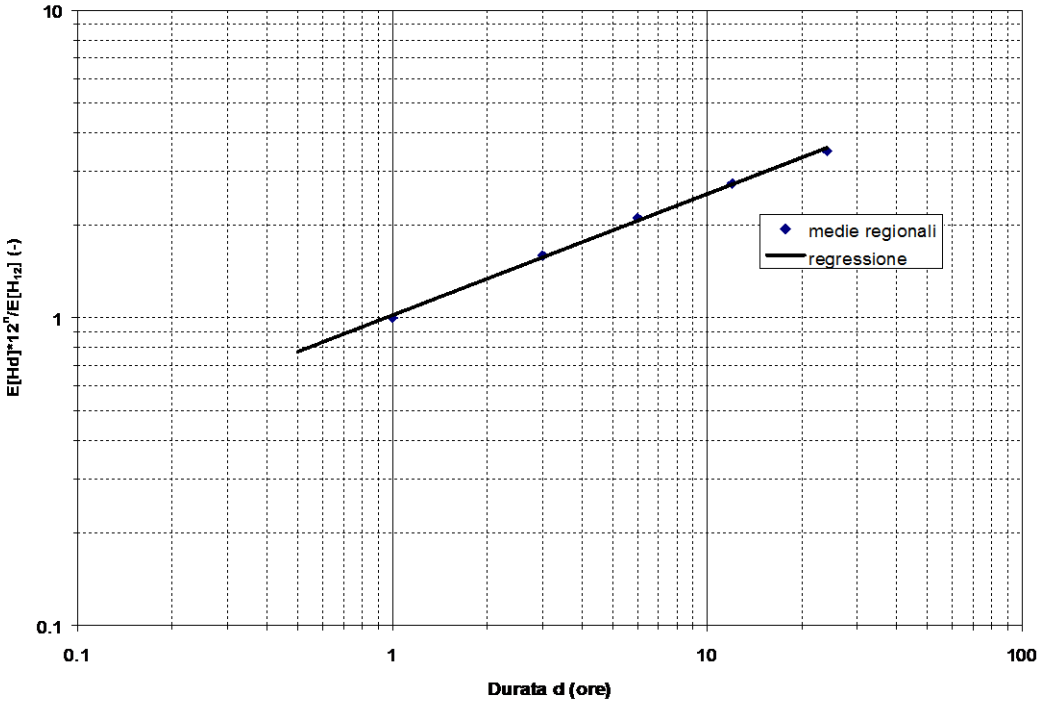
Il valore dell'esponente n si ricava tenendo conto del fatto che per i valori attesi l'equazione precedente assume la forma:

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

con:

d	durata di interesse in ore.

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



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

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

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

$$h(d,T) = \mathrm{KT} * \mathrm{E[H1]} * d^{0.39} \qquad (1)$$

Qualora si volesse stimare la LSPP per un periodo di ritorno non presente in *Tabella 2* il parametro legato al tempo di ritorno K_T può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita

regionale. Entrando con il tempo di ritorno T sulle ordinate (ad esempio T=10 anni) si incrocia la curva e si legge sulle ascisse il valore cercato del parametro, che in questo caso risulta essere pari a K_{10}=1.5.

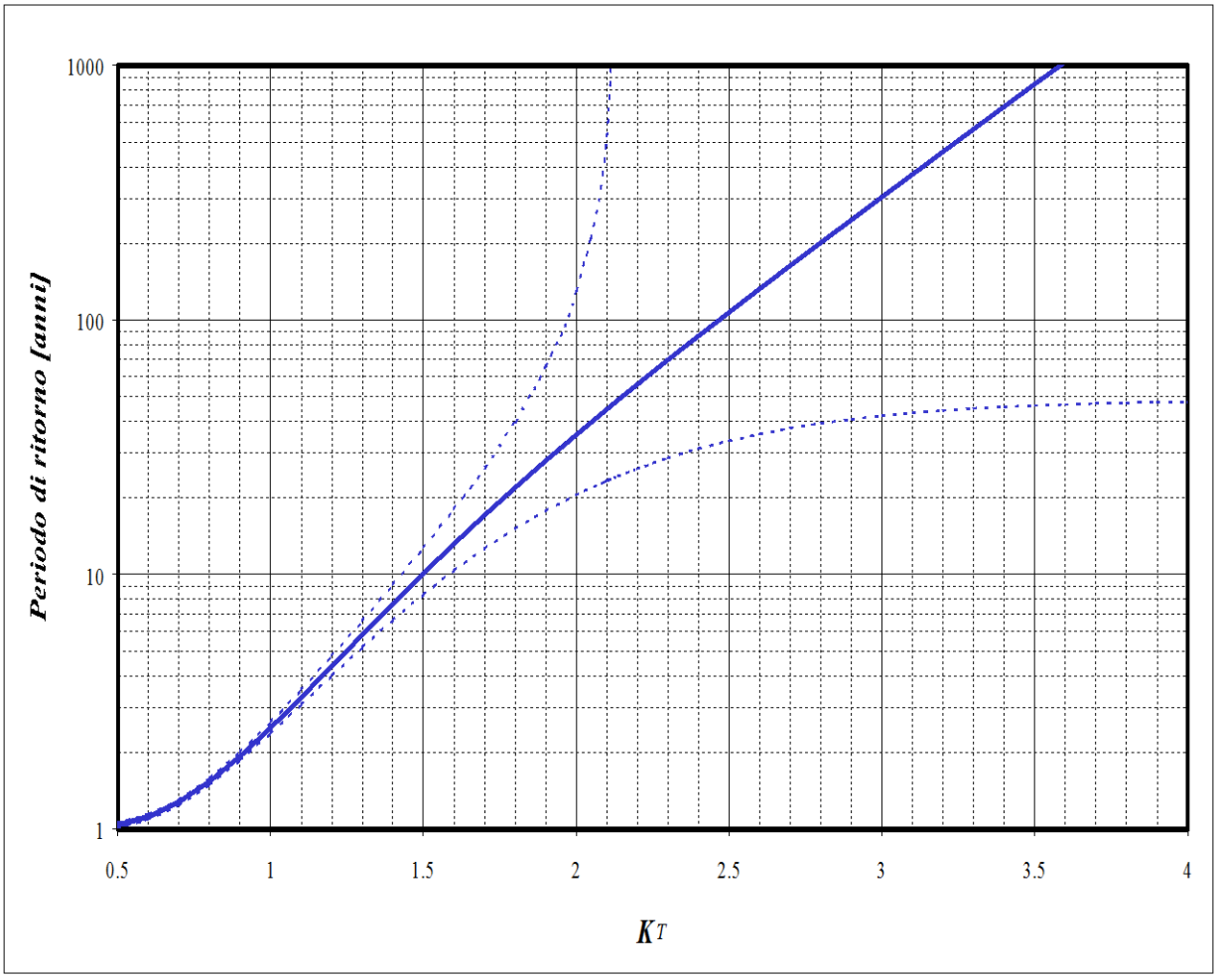
Tabella 1: valore del parametro pioggia indice per il Bacino La Liggia Esso è tabellato in funzione della longitudine. Per valori di longitudine intermedi il valore pioggia indice si può ottenere per interpolazione lineare.

Longitudine		**E[H_1]**
Gradi	primi	mm
8	5	36.2
8	7.5	36.6
8	10	37
8	12.5	37.4
8	15	37.8

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

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

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



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

2.7.4 Portate di piena

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

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

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

L'unica valutazione di tipo statistico che è associabile ad una tale procedura si fonda sull'assunto che la popolazione di bacini, nella regione per cui la procedura vale, costituisca un insieme climatologicamente omogeneo, cioè tale che le altezze massime annue di pioggia per le diverse durate abbiano la stessa distribuzione di probabilità, nonché la stessa struttura di ragguaglio areale, e costituisca altresì un insieme morfologicamente omogeneo, cioè tale che i coefficienti di deflusso

che caratterizzano gli eventi estremi dipendano soltanto dalle precipitazioni antecedenti, dall'entità delle altezze di pioggia che caratterizzano l'evento e dall'estensione del bacino. Da studi idrologici recenti emerge con evidenza che tali ipotesi non possono essere ritenute valide nella nostra regione, per cui l'utilizzazione della curva inviluppo nella sua forma attuale deve essere abbandonata come strumento progettuale perché induce condizioni di rischio non omogenee nelle diverse zone della regione e non consente valutazioni del periodo di ritorno associato alla portata di progetto.
La relazione analitica che descrive la curva di inviluppo aggiornata in conseguenza della piena dell'ottobre 1970 a cura dell'ing. Cati è la seguente:

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

dove:

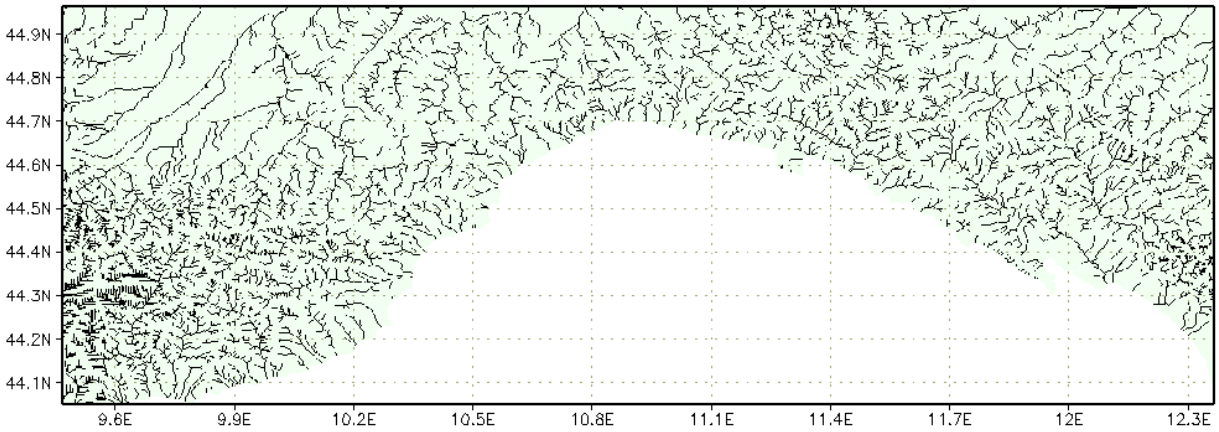
q: contributo unitario	$[m^3/s \cdot km^2]$
A: superficie del bacino	$[km^2]$

Per bacini di estensione minore di 2 Km^2 si applica il massimo contributo unitario pari a 40 $[m^3/s \cdot km^2]$

2.7.4.2 Determinazione delle portate al colmo di piena (CIMA 1999)
Il modello afflussi deflussi, chiamato DRiFt (Discharge River Forecast), utilizzato nello studio "C.I.M.A." è stato sviluppato nell'ambito dell'analisi della risposta idrologica a scala di bacino, incentrata principalmente sulla simulazione e previsione di idrogrammi di piena. La tendenza attuale della modellazione è indirizzata verso modelli sempre più complessi il cui intento è quello di riprodurre con maggiore accuratezza i processi fisici di interesse; spesso però una sofisticata descrizione di tali processi porta a benefici non paragonabili alla complessità dei modelli. D'altra parte bisogna riconoscere che l'eccessiva semplificazione di alcuni metodi tradizionali (formula razionale) e i metodi usualmente utilizzati per la progettazione (curva inviluppo dei contributi unitari delle portate al colmo di piena) non tengono in conto aspetti importanti quali la variabilità spaziale delle piogge, delle caratteristiche del suolo e della struttura topografica del sistema. Il modello si propone come uno strumento di semplice utilizzo, in grado comunque di interpretare le caratteristiche ritenute di principale importanza nella regione ligure, per la modellazione al colmo di piena. Il modello è stato sviluppato dal CIMA per soddisfare alle esigenze di alcuni ambienti naturali quali quello dell'arco alpino-appenninico caratterizzati da particolari strutture drenanti di dimensioni spaziali ridotte, la cui parte montana risulta preponderante nei processi di formazione della piena rispetto a quella con caratteristiche spiccatamente vallive.
Il modello è costituito da tre moduli distinti:

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

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



Individuazione reticoli idrografici della Regione Liguria.

Il secondo modulo utilizza come ingresso i risultati del primo modulo e, attribuendo nella cella-canale una velocità di scorrimento del deflusso superficiale stimata pari a 2.5 m/s e nella cella-versante una velocità stimata pari a 0.16 m/s, determina per ogni cella il relativo tempo di corrivazione individuando l'idrogramma istantaneo unitario. L'IUH è calcolato sommando il contributo di ogni cella, alla quale è associato un tempo di corrivazione calcolato come somma dei tempi trascorsi dal ruscellamento prodotto in quella cella rispettivamente sul versante e nel canale lungo il tragitto che lo collega alla sezione di chiusura.
Il terzo modulo accetta come ingresso le piogge e i tempi di corrivazione determinati dal secondo modulo e, sfruttando le proprietà dei sistemi lineari, effettua la convoluzione degli idrogrammi istantanei unitari. La pioggia lorda viene trasformata in pioggia efficace attraverso la metodologia proposta dal Soil Conservation Service, attraverso il parametro sintetico detto Curve Number (CN) in grado di riassumere informazioni quali litologia, urbanizzazione e uso del suolo. Nell'effettuare la convoluzione si hanno alcune differenze fondamentali rispetto al metodo classico dell'IUH in quanto la variabilità temporale della pioggia in ingresso e spaziale delle caratteristiche del terreno conducono ad un idrogramma istantaneo variabile nel tempo anziché ad un idrogramma istantaneo tempo invariante: l'uscita di questo terzo modulo è l'idrogramma di piena nella prefissata sezione di chiusura.
Si può definire il modello come un modello lineare, semi-distribuito, parziale (non gestisce il deflusso sub-superficiale), in grado di effettuare simulazioni a scala di evento.
L'approccio lineare è stato adottato in quanto, pur semplificando la modellazione, bene si presta a descrivere la realtà morfologica studiata. Il modello gestisce l'evento di piena focalizzando l'interesse sui valori di portata al picco e tempo in cui tale picco si manifesta e non tratta il moto sotterraneo di infiltrazione. Viene definito semi-distribuito in quanto accetta e gestisce l'informazione in ingresso spazialmente distribuita sul territorio e fornisce il risultato concentrato in una sezione specifica. Il bacino in analisi viene grigliato con un reticolo georeferenziato a maglia quadrata e suddiviso pertanto in un certo numero di celle aventi dimensione corrispondente a quella del modello digitale di elevazione del terreno elaborato dal CNR e pari a 10 secondi di longitudine e 7.7 secondi di latitudine, corrispondenti a circa 225m per 225m. Tutti i dati necessari al modello sono contenuti in matrici di informazione: ogni elemento della matrice rappresenta l'informazione specifica relativa al cella in questione. Pertanto le informazioni in ingresso sono distribuite e hanno la stessa definizione della maglia della griglia.
L'operatività del modello è stata raggiunta dopo una preliminare analisi di sensibilità dei parametri e una successiva calibrazione dei parametri stessi, effettuata valutando il set di parametri che meglio riproduceva i diversi idrogrammi osservati. Il modello è versatile e bene si presta a differenti scopi; effettua la simulazione a scala di evento rappresentando la situazione relativa ad un periodo di

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

2.7.4.3 Piccoli bacini con dimensioni da 2 a 10 Kmq (CIMA 1999)
La stima della portata al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno per le sezioni di corsi d'acqua che sottendano bacini imbriferi di ridotta dimensione areale è stata oggetto di una modellazione numerica a parte rispetto alla metodologia sopra proposta.
Si riportano di seguito i singoli elementi che concorrono alla definizione della stima della portata al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno per le sezioni di corsi d'acqua che sottendano bacini imbriferi di ridotta dimensione areale, indicativamente compresa fra 2 e 10 km^2:

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

Dei parametri necessari per l'applicazione pratica del metodo sopra sintetizzato, sembra di poter individuare, come passibile di valutazioni soggettive, il valore assegnato al coefficiente assunto a rappresentare la capacità del suolo di assorbire parte della precipitazione. Di stima più semplice, e sicuramente meno soggettiva, è la posizione del bacino in esame nell'ambito del territorio regionale e la dimensione areale del bacino sotteso dalla sezione per la quale si vuole calcolare il valore di portata per assegnato tempo di ritorno. Si suggerisce conseguentemente che la scelta del valore da assegnare al parametro assunto a rappresentare la capacità del suolo ad assorbire la precipitazione sia ristretta ad un insieme estremamente limitato, in grado di rappresentare le caratteristiche estreme per quattro diverse possibili classi in cui suddividere i bacini regionali, come in *Tabella 1*.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Longitudine		**Bacino Tipo**			
Gradi	**primi**	**A**	**B**	**C**	**D**
8	5	6.53	5.45	4.17	3.66
8	7.5	6.63	5.54	4.24	3.72
8	10	6.73	5.62	4.3	3.77
8	12.5	6.82	5.7	4.36	3.83
8	15	6.92	5.77	4.42	3.88

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

2.7.4.4 Piccoli bacini con dimensioni minori di 2 Kmq (CIMA 1999)

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

In questo caso il valore di portata è pari a:

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

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

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

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

Longitudine		**Bacino Tipo**			
Gradi	**primi**	**A**	**B**	**C**	**D**
8	5	8.14	6.80	5.20	4.57
8	7.5	8.27	6.90	5.28	4.64
8	10	8.39	7.00	5.36	4.70

8	12.5	8.51	7.10	5.43	4.77
8	15	8.62	7.20	5.51	4.84

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

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

La fase di verifica della documentazione tecnica relativa ai Piani 180/98 approvati con D.C.P. 43 del 28/10/2002, svolta a seguito del parere vincolante di Regione Liguria e dell'attuazione delle linee di pianificazione previste nel piano stesso, ha determinato la necessità di riordinare la metodologia di calcolo delle portate al colmo di piena, cui fa riferimento la Normativa di Piano, in alcuni casi specifici che presentavano difformità del valore di portata rispetto alla metodologia suggerita nel piano stesso. Si riportano di seguito i valori di portata al colmo di piena approvati dal Comitato Tecnico Provinciale nella seduta dell'11/09/2003.

BACINI IDROGRAFICI CON FOCE AL MAR TIRRENO CON AREA TRA I 5 E 10 Km^2								
PORTATA AL COLMO DI PIENA, Q[m^{3}s^{-1}]								
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			**VALORI DI Q [m^{3}s^{-1}]**					
Torrente	SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA [Km^2]	T_{indice}	T=30 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
~~Rio La Liggia~~	~~Mar Tirreno~~	~~6~~	~~20~~	~~60~~	~~70~~	~~80~~	~~100~~	~~120~~

Corso d'acqua	**Sezione**	**Superficie bacino [Km.^{2}]**	**Classe bacino**	**Longitudine Gradi Sessagesimali**	**C_Q**	**Portata [m^3 s^{-1}]**		
						T=50 anni	**T=200 anni**	**T=500 anni**
Rio Tienna - Liggia	12	3.80	C	8°10'00''	4.30	60	85	105

Valori delle portate al colmo di piena per il Rio Tienna - Liggia (C.T.P. seduta del 11/09/2003)

PICCOLI BACINI IDROGRAFICI LOCALIZZATI IN PROVINCIA DI SAVONA								
PORTATA AL COLMO DI PIENA, Q[m^{3}s^{-1}]								
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			**VALORI DI Q [m^{3}s^{-1}]**					
Torrente	SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA [Km2]	Tindice	T=30 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
~~Rio Cardellino~~	~~Mar Tirreno~~	~~1~~	~~6~~	~~8~~	~~11~~	~~18~~	~~21~~	~~26~~

Corso d'acqua	**Sezione**	**Superficie bacino [Km.^{2}]**	**Classe bacino**	**Longitudine Gradi Sessagesimali**	**U_A**	**Portata [m^3 s^{-1}]**		
						T=50 anni	**T=200 anni**	**T=500 anni**

Rio Cardellino	8	0.95	D	8°10'15''	4.70	17	21	26

Valori delle portate al colmo di piena per il Rio Cardellino (C.T.P. seduta del 11/09/2003)

PICCOLI BACINI IDROGRAFICI LOCALIZZATI IN PROVINCIA DI SAVONA								
PORTATA AL COLMO DI PIENA, Q[m^3s^{-1}]								
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			**VALORI DI Q [m^3s^{-1}]**					
Torrente	SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA [Km2]	Tindice	T=30 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
~~Rio Fascegrasse~~	~~Mar Tirreno~~	~~1~~	~~5~~	~~6~~	~~9~~	~~14~~	~~17~~	~~21~~

Corso d'acqua	**Superficie bacino [Km.^{2}]**	**Classe bacino**	**Longitudine Gradi Sessagesimali**	**U_A**	**Portata [$m^3 s^{-1}$]**		
					T=50 anni	**T=200 anni**	**T=500 anni**
Rio Fascegrasse	1	D	8°10'00''	4.70	16	24	28

Valori delle portate al colmo di piena per il Rio Fasce Grasse (C.T.P. seduta del 11/09/2003)

PICCOLI BACINI IDROGRAFICI LOCALIZZATI IN PROVINCIA DI SAVONA								
PORTATA AL COLMO DI PIENA, Q[m^3s^{-1}]								
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			**VALORI DI Q [m^3s^{-1}]**					
Torrente	SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA [Km2]	Tindice	T=30 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
~~Rio Limbo~~	~~Mar Tirreno~~	~~2~~	~~13~~	~~17~~	~~24~~	~~40~~	~~47~~	~~58~~

Corso d'acqua	**Superficie bacino [Km.^{2}]**	**Classe bacino**	**Longitudine Gradi Sessagesimali**	**U_A**	**Portata [$m^3 s^{-1}$]**		
					T=50 anni	**T=200 anni**	**T=500 anni**

Rio Limbo	1.8	D	8°10'00''	4.70	30	42	50

Valori delle portate al colmo di piena per il Rio Limbo (C.T.P. seduta del 11/09/2003)

La scelta della classe del bacino è stata effettuata secondo le caratteristiche di assorbimento del bacino imbrifero sulla base della verifica sulla Cartografia Tecnica Regionale.

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

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

Corso d'acqua	**Sup. Bacino [km^2]**	**Long. Gradi sessagesimali**	**Classe bacino**	**U_A**	**Portata [m^{3}s^{-1}]**		
					T=50	**T=200**	**T=500**
Caudi	1.70	8°9'	C	5.33	31.4	45.5	54.7
Gonghe	0.33	8°9'30	C	5.33	6.1	8.8	10.6

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Caudi a monte confluenza rio Gonghe

Corso d'acqua	**Sup. Bacino [km^2]**	**Long. Gradi sessagesimali**	**Classe bacino**	**c_Q**	**Portata [m^{3}s^{-1}]**		
					T=50	**T=200**	**T=500**
Caudi-Gonghe	2.00	8°9'	C	4.27	37.5	54.3	65.4
Caudi-Gonghe	2.11	8°9'	C	4.27	38.7	56.0	67.4

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Caudi a valle confluenza rio Gonghe

Corso d'acqua	**Sezione (carta aree inondabili)**	**Superficie bacino [Km.^{2}]**	**Classe bacino**	**Longitudine Gradi Sessagesimali**	**C_Q**	**Portata [m^3 s^{-1}]**		
						T=50 anni	**T=200 anni**	**T=500 anni**
Rio Tienna - Liggia	12	3.80	C	8°10'00''	4.30	60	85	105

Valori delle portate al colmo di piena per il Rio Tienna – Liggia

Corso d'acqua	**Sezione (carta aree inondabili)**	**Superficie bacino [Km.^{2}]**	**Classe bacino**	**Longitudine Gradi Sessagesimali**	**U_A**	**Portata [m^3 s^{-1}]**

						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Cardellino	8	0.95	D	8°10'15''	4.70	17	21	26

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Cardellino

Corso d'acqua	**Sezione (carta aree inondabili)**	**Superficie bacino [Km.^{2}]**	**Classe bacino**	**Longitudine Gradi Sessagesimali**	**C_Q**	**Portata [$m^3 s^{-1}$]**		
						T=50 anni	**T=200 anni**	**T=500 anni**
Rio Palmero	8	2.10	C	8°10'30''	4.30	36	55	65

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Palmero

Corso d'acqua	**Sezione (carta aree inondabili)**	**Superficie bacino [Km.^{2}]**	**Classe bacino**	**Longitudine Gradi Sessagesimali**	**U_A**	**Portata [$m^3 s^{-1}$]**		
						T=50 anni	**T=200 anni**	**T=500 anni**
Rio Tortore	6	0.40	C	8°11'00''	5.40	7	11	13

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Tortore

Corso d'acqua	**Sezione (carta aree inondabili)**	**Superficie bacino [Km.^{2}]**	**Classe bacino**	**Longitudine Gradi Sessagesimali**	**C_Q**	**Portata [$m^3 s^{-1}$]**		
						T=50 anni	**T=200 anni**	**T=500 anni**
Rio Avarenna	24	1	C	8°11'00''	4.36	19	27	33

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Avarenna

2.8 Rii nel Comune di Alassio – Studio idraulico ai fini della perimetrazioni delle aree inondabili

2.8.1 Premessa

Lo studio è stato prodotto in conformità alle indicazioni previste dalla D.G.R. n. 2615 del 28/12/98 e s.m.i. ed alle recenti prescrizioni riguardo la pianificazione di bacino, le quali intendono la mappatura delle aree a rischio di inondazione come la "rappresentazione delle aree perifluviali soggette ad inondazione da parte delle acque non più contenute nell'alveo dei corsi d'acqua in corrispondenza di tratti insufficienti al deflusso di portate di piena relative a fissate probabilità di evenienza, corrispondenti cioè a specificati periodi di ritorno".
Più in dettaglio, i criteri suggeriti dalla normativa, seguiti nello studio sono i seguenti:

- la determinazione delle portate di massima piena per probabilità di evenienza relative a tempi di ritorno T pari almeno a 50, 200 e 500 anni;
- la determinazione dei livelli di massima piena con modellazione in condizioni di moto permanente, per i periodi di ritorno T= 50, 200 e 500 anni;
- la determinazione delle aree inondabili nei tratti in cui la portata considerata non trova più capienza certa nell'alveo e si prevedono quindi fenomeni di esondazione.

I bacini imbriferi indagati sono quelli principali costituenti la rete di drenaggio del comune di Alassio dal punto di vista generale nei paragrafi precedenti:

- Rio Caudi-Gonghe nel tratto compreso tra l'inizio della tombinatura in regione Limbo fino allo sbocco a mare per una lunghezza di circa 1300 m;
- Rio Tienna-Liggia nel tratto compreso tra l'inizio della tombinatura sino allo sbocco a mare per una lunghezza di circa 1400 m. E' stato considerato nella modellazione anche l'apporto di portata sull'asta principale degli affluenti, Rio Barbona e Rio Castello per il Tienna e Rio S. Gerolamo per il Rio Liggia;
- Rio Cardellino, nel tratto compreso tra l'inizio della tombinatura sino allo sbocco a mare per una lunghezza di circa 560 m;
- Rio Palmero, nel tratto compreso tra l'inizio della tombinatura sino allo sbocco a mare per una lunghezza di circa 450 m;
- Rio Tortore nel tratto compreso tra il sottopassaggio della linea ferroviaria sino allo sbocco a mare per una lunghezza di circa 90 m;

2.8.2 Caratteristiche tecniche dello studio idraulico di dettaglio

Le verifiche idrauliche relative allo studio idraulico di dettaglio, espletato sul territorio comunale di Alassio e riguardante i principali rii tombinati in ambito urbano, sono state condotte in ipotesi di **moto permanente gradualmente variato**, utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center; versione 2.2 – settembre 1998).
La procedura utilizzata dal software è basata sulla risoluzione dell'equazione del moto delle correnti a pelo libero nella schematizzazione monodimensionale. Il calcolo delle perdite di carico è effettuato mediante l'equazione di Manning. Nella letteratura anglosassone la procedura in questione è indicata come Standard Step Method.
Il calcolo è eseguito iterativamente a partire da una condizione al contorno (all'estremo di monte o di valle del tronco fluviale); la soluzione si propaga alla sezione successiva dopo aver bilanciato il carico fra due sezioni contigue con uno scarto assegnato, che nel caso in esame si è posto inferiore a 1 centimetro.
Per i dettagli computazionali si rimanda alla documentazione del codice di calcolo (U.S. Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center: HEC - RAS River Analysis System, HYDRAULIC REFERENCE MANUAL; Davis, 1998).

I **parametri di scabrezza** utilizzati nei calcoli idraulici, ai fini sia delle verifiche sia della determinazione delle aree inondabili sono stati adottati in considerazione delle condizioni in cui

versano corsi d'acqua esaminati, in termini di stato di manutenzione generale, di ingombro delle sezioni di deflusso e di variazioni longitudinali della geometria delle stesse, aspetto quest'ultimo comunque già considerato dalla modellazione di moto permanente.
In particolare, i valori scelti per i corsi d'acqua studiati sono i seguenti:

- per il rio Caudi-Gonghe, il rio Palmero, il rio Tortore si è adottato il valore di K_S=40 $m^{1/3}$/s pari a 0.025 in termini del coefficiente n di Manning (in $m^{-1/3}$s);
- per il rio Tienna-Liggia, viste le non omogenee condizioni della tombinatura si è adottato il valore di K_S=40 $m^{1/3}$/s (n=0.025 $m^{-1/3}$s) per il tratto a valle della ferrovia, mentre K_S=45 $m^{1/3}$/s (n=0.022 $m^{-1/3}$s) per il tratto a monte della ferrovia;
- per il rio Cardellino, nella configurazione di progetto della tombinatura si è adottato il valore di K_S=45 $m^{1/3}$/s (n=0.022 $m^{-1/3}$s), mentre nello stato attuale si è usato il valore di K_S=40 $m^{1/3}$/s (n=0.025$m^{-1/3}$s),
- per il rio Avarenna si è adottato il valore di K_S=40 $m^{1/3}$/s (n=0.025 $m^{-1/3}$s).

I valori sopra illustrati risultano conformi, ai valori suggeriti nella tabella 2.8.2.2 seguente, la quale è riportata nell'allegato A della D.G.R. n. 357 del 23/3/2001 "*Approvazione dei criteri per la redazione della normativa di attuazione dei Piani di Bacino per la tutela dal rischio idrogeologico e relativi allegati tecnici*" e nell'Allegato 3 della Normativa di Piano.

Descrizione corso d'acqua	*Coeff. di scabrezza di Gauckler-Strickler Ks (m1/3s-1)*
tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	*25-30*
corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	*30-35*
tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	*35-40*
corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc.) o discontinuità interferenti con le acque	*40-45*
tombinature perfettamente lisciate e dotate a monte di dispositivi atti ad assicurare la trattenuta di trasporto solido di fondo e in sospensione (briglie selettive, vasche di sedimentazioni, ecc.)	*45-55*

Tabella 2.8.2.2: parametri di scabrezza suggeriti dalle norme regionali e di pianificazione di bacino.

2.8.3 Carta delle fasce di inondabilità

Rio Caudi (Dall'imbocco alla confluenza con il rio Schifi):
Non essendo presenti opere di trattenuta del trasporto solido a monte dell'imbocco della tombinatura si è ritienuto opportuno mappare in cinquantennale tutte le aree a valle dello stesso ed estedere l'attuale mappatura della duecentennale. In questo tratto il limite delle fasce è sempre in corrispondenza di un considerevole salto di quota del terreno, per la presenza di terrazzamenti o quote diverse di imposta degli edifici

Rio Caudi (dalla confluenza con il rio Schifi alla confluenza con il rio Gonghe):
Il tratto risulta essere completamente tombinato e densamente urbanizzato. La principale via di esondazione è via Neghelli che risulta essere in declivio verso valle. Sono state mappate in cinquantennale tutte le case che hanno accesi diretti (porte, finestre od interrati) da via Neghelli e

tutte le vie laterali. La duecentennale è estesa, rispetto alla cinquantennale, ai palazzi posti a monte rispetto a via Neghelli.

Rio Caudi (dalla confluenza con il rio Gonghe alla foce):
L'attuale studio conferma sostanzialmente il quadro esondativo già approvato in precedenza ad eccezione dell'eliminazione di un'isola, sulla passeggiata, ora mappata in fascia cinquantennale. Il tratto risulta essere insufficiente allo smaltimento delle tre portate di riferimento e genera esondazione su entrambe le sponde. L'area è densamente urbanizzata e la dinamica esondativa segue le vie principali di comunicazione.

Rio Tienna-Liggia
La simulazione in moto permanente per il rio Tienna-Liggia è stata condotta su tutto il tratto dell'asta principale, dall'inizio della tombinatura del rio Liggia a monte della confluenza con il rio S. Gerolamo sino allo sbocco a mare del rio Tienna per una lunghezza di circa 1400 m. Per quanto riguarda il tipo di corrente, si è proceduto ipotizzando la presenza di una corrente mista, con eventuali transizioni da corrente lenta a corrente veloce.
Sono state quindi assegnate le seguenti condizioni al contorno:

- all'estremo di monte del tratto oggetto di studio (a monte dell'imbocco della tombinatura), la condizione al contorno è rappresentata dall'instaurarsi della profondità di moto uniforme sulla pendenza media del fondo nel tratto in esame, che risulta essere intorno al valore di 6.9%;
- all'estremo di valle del tratto oggetto di studio (nel tratto nei pressi dello sbocco a mare), la condizione al contorno è rappresentata dalla profondità di moto uniforme sulla stessa pendenza media del 0.045%.

La portata di piena con tempo di ritorno T=50 anni nel primo tratto del rio Tienna non viene smaltita dalla tombinatura che va in pressione poco più a valle della confluenza tra la Liggia ed Barbona (bivio Via Gastaldi-Via Pera), provocando esondazioni dal tombino posto trasversalmente alla direttrice di Via Gastaldi e dalle sezioni in corrispondenza del sottopasso ferroviario. La corrente di piena risulta lenta con velocità di 2÷3 m/s nel tratto subito prima del sottopasso ferroviario, dove forte è il rigurgito indotto dalla tombinatura in pressione a valle.
Infatti, a valle della ferrovia, a causa della bassa pendenza del fondo e della limitata sezione di deflusso si instaura un profilo di corrente lenta e la tombinatura risulta in pressione; il rigurgito provocato genera una situazione di esondazione in corrispondenza dei tombini dislocati nelle adiacenze del rio.
Le sezioni critiche per la portata duecentennale sono localizzate nei pressi della confluenza con il rio Barbona, alla biforcazione tra Via Gastaldi e Via Pera. Il tratto a valle della tombinatura risulta in pressione e le caditoie ed i tombini lungo Via Gastaldi rigurgitati. I volumi d'acqua esondati inondano le aree adiacenti Via Gastaldi, seguendone la pendenza verso la ferrovia, che si configura anche in questo caso come una zona di esondazione.
L'acqua fuoriuscita a monte dell'attraversamento ferroviario è portata a valle principalmente lungo Via Diaz. I volumi fuoriusciti determinano comunque allagamenti verso est sino a Piazza Paccini e verso Ovest sino a Via Londra.
Le sezioni critiche e l'andamento del profilo di moto permanente per T=500 anni sono pressoché simili a quello per la portata duecentennale, con la presenza di ampi tratti in pressione che generano ampie fuoriuscite di volumi d'acqua. L'estensione delle aree inondate nel tratto a valle della ferrovia ha andamento simile a quello per T=200 anni, comprendendo però un territorio più ampio.

Rio Cardellino
Il rio Cardellino è stato indagato in tutto il tratto urbano compreso tra l'inizio della tombinatura fino allo sbocco a mare, corrispondente ad un percorso di circa 560 mt di lunghezza, al fine di

evidenziare eventuali criticità idrauliche in relazione allo smaltimento delle portate di massima piena di progetto.
Nella situazione di stato attuale la tombinatura del rio non risulta verificata per tutti e tre i tempi di ritorno. In particolare, la tombinatura va in pressione nell'ultimo tratto nei pressi del sottopasso FS, dalla quale hanno inizio le fuoriuscite dei volumi d'acqua.
La situazione di inondabilità rilevata allo stato attuale, è comunque destinata a scomparire non appena verranno completati i lavori di adeguamento della tombinatura nel tratto compreso tra Via Dante e la foce, approvati ed appaltati alla data odierna (si veda autorizzazione di deroga alla distanza di rispetto dai limiti demaniali spondali rilasciata dal Settore Assetto Idrogeologico del Territorio della Provincia di Savona in data 18/06/1998, Prot. N. 51854, intestata alla ditta CON.I.COS. S.p.a. di Mondovì), in seguito al progetto di costruzione di un centro talassoterapico e di parcheggio interrato in Piazza Partigiani, nel contesto del progetto per la ristrutturazione e riqualificazione del Grand Hotel di Alassio.
Infatti, la modellazione effettuata nello stato di progetto, nella quale sono state inserite le sezioni di progetto di adeguamento, consente di verificare l'assenza di esondazione per tutti i tempi di ritorno considerati.

Rio Palmero
Il Rio Palmero è stato indagato nel tratto tra l'inizio della tombinatura fino allo sbocco a mare, corrispondente ad un percorso di circa 450 mt di lunghezza. I risultati della modellazione riportati nei profili allegati mettono in evidenza la modesta condizione di rischio idraulico per il Rio Palmero.
La tombinatura consente lo smaltimento della portata di piena con T=50 anni con il rispetto dei minimi franchi di legge.
Per portate superiori T=200 anni e T=500 anni la tombinatura va in pressione nell'ultimo tratto per circa 100 m a monte dello sbocco: si prevedono in questo caso esondazioni dai tombini nei pressi di Piazza S. Francesco con modesti allagamenti, illustrati nella carta delle fasce di inondabilità
E' comunque consigliabile un adeguamento di sezione della tombinatura all'imbocco, in quanto nel caso di portata cinquecentennale o con eventi caratterizzati da elevato trasporto solido si possono avere rigurgiti a monte che esporrebbero a situazioni di rischio particolarmente gravoso le abitazioni sovrastanti la tombinatura.

Rio Tortore
Il Rio Tortore è stato indagato nel tratto urbano compreso tra il sottopassaggio della linea ferroviaria fino allo sbocco a mare, corrispondente ad un percorso di circa 90 mt di lunghezza.
I risultati della modellazione riportati nei profili allegati mettono in evidenza che il Rio Tortore risulta verificato con franco adeguato per tutte le portate di verifica esaminate.
Per tutti i tempi di ritorno la corrente di piena si mantiene veloce e con tiranti idrici contenuti.

Rio Avarenna
Il Rio Avarenna è stato indagato nel tratto urbano compreso tra la SS Aurelia e lo sfocio a mare, corrispondente ad un percorso di circa 1.1 km di lunghezza.
La verifica è stata condotta assumendo le seguenti condizioni al contorno:

- Condizione di valle: la condizione di valle per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari alla profondità di moto uniforme determinata con una pendenza media del fondo alveo pari a 0.08%
- Condizione di monte: la condizione di monte per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari alla profondità di moto uniforme determinata con una pendenza media del fondo alveo pari a 0.3%.

Il calcolo del profilo di rigurgito evidenzia una insufficienza dell'alveo e di tutte le opere di attraversamento (si veda par. 2.6.10) già per T=50 anni.
Per ulteriori dettagli a proposito delle criticità idrauliche si invita il lettore alla visione dell'Allegato "Verifiche idrauliche" contenente profili di rigurgito in moto permanente per i diversi periodi di ritorno e le sezioni trasversali utilizzate per le elaborazioni.
Nel 2016, a seguito della variante di recepimento delle aree inondate nell'evento alluvionale dell'autunno 2014, è stato inoltre elaborato uno studio idraulico di dettaglio su un tratto di circa 700 metri a monte del rio Avarenna, in regione Miranda, finalizzato anche a individuare il bacino idrografico afferente al rio stesso alla luce della complessa rete di canali di drenaggio presente . Lo studio si è basato pertanto su un rilievo di dettaglio delle aree interessate (lidar) e di una modellazione 2D con il codice di calcolo Mike Flood. In particolare nel modello sono stati schematizzati il rio Avarenna e 6 fossi secondari. In considerazione alle ridotte dimensioni e delle diverse tipologie delle sezioni, nonché del cattivo stato di manutenzione delle stesse, è stato assunto il valore del coefficiente di scabrezza pari a Ks= 20 $m^{1/3}s^{-1}$.

Tale studio ha condotto alla perimetrazione delle aree inondabili del tratto di monte rio Avarenna, presentando elementi di approfondimento sia in termini di determinazione del reticolo idrografico minore, sia in riferimento alla topografia dei luoghi. Si noti che nella carta delle fasce di inondabilità, tenuto conto della parzialità dell'area considerata nella modellazione e in mancanza di elementi idonei ad escludere interferenze –in termini di inondabilità– con le altre aree del comprensorio attualmente non indagate, si è comunque mantenuta la perimetrazione di aree A* fino a che l'intera porzione di territorio estesa fino al Fiume Centa venga studiata con analogo grado di approfondimento.

3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

3.1 Premessa

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

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

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

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

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

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

Il concetto di pericolosità geomorfologica può essere, di massima, definito come:

Pericolosità = (suscettività x cinematica e dimensione del fenomeno)

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

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

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

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

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

3.2 Problematiche di tipo geomorfologico

3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti

Nell'ambito dell'analisi del comprensorio La Liggia è stata valutata la suscettività al dissesto dei versanti applicando la metodologia proposta dalla Autorità di Bacino.
Oltre a questo metodo è stata effettuata una reinterpretazione del dato di sintesi, in funzione della approfondita conoscenza del territorio, da parte dei professionisti incaricati degli studi.
La metodologia predisposta per la realizzazione della CSDV, prevede l'analisi incrociata dei seguenti tematismi di base:

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

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

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

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

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

A ciascuna variabile considerata viene attribuito un peso quantitativo indicativo della relativa incidenza sulla suscettività al dissesto di versante.
La sovrapposizione degli strati informativi determina una discretizzazione di elementi poligonali elementari ognuno dei quali è caratterizzato da un numero che costituisce la somma algebrica di tutti i pesi relativi a ciascun elemento associato al poligono. Maggiore è il peso totale, maggiore sarà la suscettività al dissesto connessa al poligono elementare.
Di seguito si riporta lo schema procedurale della metodologia utilizzata.

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

$$\psi = (1 / K) \times \varphi$$

dove:

$$K = \Sigma A''n / A_T$$

$$\varphi = A''n / A'n$$

A'n=Aree parziali di primo ordine: area totale di presenza della litologia *n* [km^2]
A"n = Aree parziali di secondo ordine*:* aree interessate da movimenti franosi in atto o recenti all'interno delle A'n. [km^2]
A_T = Area totale del bacino [km^2]

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

Tipo	***Peso attribuito***
CALCARI MARNOSI ARENACEI (cm-ar)	2
CALCARI MARNOSI (cm)	2
ARENARIE E PELITI (ar-as)	10
ARENARIE (ar)	5
QUARZITI (qz)	4
PELITI as	10
CONGLOMERATI (cg)	4
ALLUVIONI	0

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

CARTA GEOMORFOLOGICA - STATO DELLA ROCCIA

Peso	***Stato della roccia***
0	**R** roccia in buone condizioni di conservazione con giacitura favorevole al pendio
1	**Rs** roccia in buone condizioni di conservazione con giacitura sfavorevole al pendio
1	**Rs** roccia subaffiorante e/o con strutture non ben rilevabili
2	**Rf** roccia fratturata in cattive condizioni di conservazione

CARTA GEOMORFOLOGICA - COLTRI

Peso	***Tipo coltre***
8	Coltri potenti (maggiori 3 m) su rocce semipermeabili o imp.
7	Coltri potenti (maggiori 3 m)
4	Coltri minori di 3 m di spessore su rocce semipermeabili o imp.
3	Coltri minori di 3 m di spessore

CARTA DELL'ACCLIVITA'

Peso	***Classe di acclività***
0	Acclività < 50% su substrato affiorante
1	Acclività > 50% su substrato affiorante

0	Acclività < 35% su coltre affiorante
1	Acclività > 35% < 50% su coltre affiorante
2	Acclività > 50% su coltre affiorante
0	Acclività < 35% su alluvioni
1	Acclività > 35% < 50% su alluvioni
2	Acclività > 50% su alluvioni

CARTA DELL'USO SUOLO

Peso	***Classe uso del suolo***
1	Urbanizzato continuo e discontinuo
1	Cave
0	Terreni agricoli
1	Serre
0	Prati e pascoli
1	Vegetazione rada o assente, aree con vegetazione arbustiva
0	Boschi

FATTORI AGGRAVANTI

Peso	***Fattore peggiorativo***
1	Forte contrasto di permeabilità
2	Franosità diffusa e frane puntuali
1	Scarpate attive e quiescenti
1	Coni detritici attivi
1	Erosione concentrata di fondo
2	Ruscellamento diffuso
1	Contatti tettonici
2	Erosione spondale

I pesi attribuiti ai fattori di uso del suolo derivano da un'analisi delle fonti bibliografiche e dalla taratura effettuata in campagna sulla loro reale consistenza e rappresentatività. In particolare ci si è basati su una valutazione di massima dell'efficienza idrogeologica, per cui aree urbanizzate e fortemente alterate dall'uomo corrispondono ad un fattore negativo (impermeabilizzazione dei terreni, insufficienza nella rete di raccolta delle acque ecc.), aree coltivate o boscate sono da considerarsi maggiormente efficienti dal punto di vista idrogeologico. L'uso del suolo non appare un elemento preponderante nel determinare la franosità. Si è notato invece come nell'ambito del bacino siano estremamente importanti i "fattori aggravanti" nel determinare la suscettività al dissesto. E' stata inclusa la voce "franosità diffusa", che non è presente nelle Raccomandazioni cui si è fatto fino ad ora riferimento, in quanto si è ritenuto importante per la finalità del presente lavoro tenere in debito conto le aree interessate da un buon numero di frane di piccole dimensioni (non cartografabili). Nel considerare questi fattori ci si è trovati di fronte a variabili di tipo puntuale o lineare; siccome si è ritenuto difficile, se non impossibile, stabilire a priori una fascia standard di influenza di ciascun parametro anche nell'ambito della procedura informatica, i pesi indicati in tabella sono stati assegnati ad una fascia di larghezza e forma variabile a seconda dei casi. Tali pesi sono stati pertanto attribuiti arbitrariamente in base all'esperienza maturata dagli estensori del piano, anche in funzione di quanto rilevabile direttamente sul territorio a mezzo di indagine diretta o aerofotogrammetrica**.**

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

Dopo aver esaminato la suddetta carta si sono estrapolati i valori massimo e minimo fra i diversi poligoni, quindi il range di valori dato dalla loro differenza viene suddiviso in 4 classi di suscettività

(ALTA, MEDIA, BASSA e MOLTO BASSA) tramite la fusione e l'accorpamento dei poligoni contenuti nella carta.

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

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI			
VALORE SOMMATORIA PESI ATTRIBUITA / AREE CON ASSOCIAZIONE DIRETTA CON CLASSE DI SUSCETTIVITÀ	SPECIFICHE	SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO	CLASSE
< 2	Aree prive di movimenti gravitativi e/o quiescenti sui versanti e lungo i corsi d'acqua in cui sono presenti indicatori indiretti di suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo.	**MOLTO BASSA**	**Pg0**
2 - 6		**BASSA**	**Pg1**
7 -14		**MEDIA**	**Pg2**
> 14	Aree prive al momento di movimenti gravitativi e/o quiescenti sui versanti e lungo i corsi d'acqua in cui sono presenti indicatori indiretti di elevata suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo. Sono comprese in tali aree le frane stabilizzate e relitte (paleofrane) e le zone a franosità diffusa.	**ALTA**	**Pg3 B**
Per le seguenti tipologie di aree vi è una associazione diretta alla classe di suscettività:			
Aree di frana Quiescente	Comprende aree in cui vi è la presenza di indicatori geomorfologici diretti, quali le frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi sui versanti e sui corsi d'acqua.	**ALTA**	Pg3 A
Aree in Frana Attiva	Aree interessate da movimenti gravitativi in atto.	**MOLTO ALTA**	Pg4
Cave e miniere attive - Discariche in esercizio	Aree di cava attiva, miniera attiva e discarica in esercizio sulle quali è vigente una specifica norma di settore.	**Aree speciali**	tipo A
Ex Cave, ex Miniere	Aree come individuate ai sensi della DGR 1208/2012 con la quale è stato approvato l'aggiornamento dei criteri per la redazione della normativa di attuazione dei piani di bacino a riguardo dell'assetto geomorfologico (individuate in Tav. 8 con retino trasparente). All'interno delle aree speciali di tipo B1 e B2 è rappresentata la classificazione di suscettività al dissesto (Pg0,Pg1, Pg2, Pg3A, Pg3B, Pg4) come da legenda.		tipo B1
Ex Discariche e riporti antropici.	Comprende aree in cui vi è la presenza di indicatori geomorfologici diretti, quali le frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi sui versanti e sui corsi d'acqua.		tipo B2

Nel caso di aree di cava, discariche e riporti ove non esista o non sia vigente una normativa "speciale" è stata attribuita la corrispondente classe di suscettività al dissesto mediante l'aggiornamento della legenda della cartografia tematica di Piano. Tale aggiornamento è avvenuto a seguito di osservazioni di carattere puntuale, esaminate caso per caso, in merito alle caratteristiche di pericolosità dei singoli areali (Rif. D.G.R. 1068/02 e 1158/02), così come riportato al Cap. 2.3.7 Riporti e discariche e al Cap. 2.3.8 Cave.

3.3 Problematiche di tipo idraulico

3.3.1 Aree storicamente inondate

L'analisi delle aree già sede di eventi alluvionali nel passato riveste una particolare importanza nell'ambito di un piano stralcio per il rischio idraulico. Tali dati, infatti, evidenziano criticità già note, ed è ipotizzabile che, laddove si sia verificato un evento di inondazione, possano presentarsi problemi di capacità di smaltimento del corso d'acqua. Una precisa definizione delle aree storicamente inondate rappresenta quindi un elemento di riferimento fondamentale sia per la scelta dei tratti di alveo da indagare in maniera approfondita, sia per verificare i risultati della modellazione idraulica.
Il dato relativo alle aree storicamente inondate per il bacino in considerazione deriva dalla mappatura riportata nella DGR n° 2615/98 e sue successive modifiche (ultimo aggiornamento DGR n° 594/01).
Le ricognizioni, effettuate hanno permesso di ricostruire con sufficiente dettaglio le aree che sono state maggiormente interessate da eventi alluvionali negli ultimi anni.

3.3.2 Fasce di inondabilità

Sulla base delle verifiche idrauliche effettuate per le portate prescelte si individuano le aree perifluviali inondabili in caso di eventi di piena. Tale determinazione può essere effettuata con diverse metodologie a diverso grado di approssimazione e complessità.
Nel presente piano, il tracciamento delle linee che delimitano le aree inondabili con i diversi periodi di ritorno, è stato svolto a partire da :

- una valutazione dei tratti e delle sezioni in cui il pelo libero ha quota superiore alla quota delle sponde come da profilo di rigurgito, determinato tramite le precedenti verifiche idrauliche. Le verifiche condotte con il software utilizzato permettono di visualizzare oltre al livello di pelo libero, anche le linee indicative della sponda destra e sinistra, pertanto è possibile distinguere l'eventuale esondazione nelle due sponde pertanto è possibile distinguere l'eventuale esondazione nelle due sponde. E' utile ribadire che, data la necessaria schematizzazione nel tracciamento dei limiti di sponda, nel definire le fasce si è tenuto in debito conto di quanto rilevato in occasione dei sopralluoghi effettuati in sito. La determinazione delle aree inondabili, cioè le superfici che vengono sommerse dal relativo ipotetico evento di piena, è stata condotta essenzialmente sulla base dei criteri per l'elaborazione dei piani di bacino, suggeriti dall'Autorità di Bacino di rilievo regionale della Regione Liguria al punto 3 della Raccomandazione n°1 "Metodologia per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione" (1995). Si è inoltre proceduto all'individuazione dei tratti critici del corso d'acqua (quali ponti, tombinature, coperture, ecc.) e alla loro verifica con i dovuti franchi di sicurezza. E' utile ribadire che, data la necessaria schematizzazione nel tracciamento dei limiti di sponda, nel definire le fasce si è tenuto in debito conto di quanto rilevato in occasione dei sopralluoghi effettuati in sito;
- qualora gli argini non fossero continui perché danneggiati, o perché costituiti da edifici inframmezzati da varchi, si è considerato il defluire delle acque attraverso di essi e di conseguenza l'inondabilità delle aree limitrofe;
- una analisi di verifica in campagna in modo tale da verificare la congruenza delle fasce tracciate con la morfologia dei luoghi (operazione importante per il controllo di particolari situazioni puntuali).

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

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

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

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

I tratti d'asta indagati sono evidenziati negli ALLEGATI "VERIFICHE IDRAULICHE". Dalla carta delle fasce si evincono analogamente i tratti indagati in accordo con i profili delle condizioni di moto permanente allegate.
Le zone ricadenti in aree storicamente inondate ed esterne alla fascia C dedotta dal modello di individuazione delle aree inondabili, derivate dalla mappatura allegata alla DGR n° 2615/98 e sue successive modifiche (ultimo aggiornamento DGR n° 594/01), sono state comunque inserite nel perimetro della fascia C della quale seguono il regime vincolistico.
Successivi studi potranno in seguito analizzare eventuali fenomeni di allagamento dovuti non ad inondazioni fluviali ma a fenomeni la cui dinamica oggi non rientra nelle specifiche di questo studio.

A fini di applicazione normativa, inoltre, le aree inondate nell'evento 2014, approvate con DGR 59/2015, laddove più esterne alle vigenti aree di fascia A e non adeguatamente approfondite sulla base di studi idraulici aggiornati, sono state classificate come "*aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altra evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche*", con normativa associata di tipo A* (cfr art. 12, c.2, lett a1, punto 4) delle NdA).
A seguito del recepimento delle aree di cui sopra, e coerentemente con il disposto delle misure ex DGR 59/2015, è stato prodotto uno studio idraulico di dettaglio in regione Miranda, come richiamato nel seguito, sostituendo la precedente fascia A* con le fasce in termini di tempo di ritorno. Resta fermo che, sulla base di ulteriori studi ed approfondimenti, circa la cause e gli effetti delle inondazioni avvenute, possano essere apportati eventuali ulteriori aggiornamenti degli scenari di inondabilità in termini di tempo di ritorno.

3.3.3 Fascia di riassetto fluviale

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

La sua determinazione non è effettuabile allo stato attuale delle conoscenze tecniche e programmatorie e sarà effettuata in fasi successive sulla base di approfondimenti in sede di aggiornamento di Piano o in fase progettuale.

3.3.5 Evento alluvionale autunno 2014

Nei mesi di ottobre e novembre 2014 sul territorio regionale si sono verificati rilevanti eventi alluvionali, con estese aree soggette ad esondazioni ed ingenti danni connessi.
A seguito di tali eventi, con DGR 59 del 28/01/2015, ad oggetto "L.r. 9/2000, artt. 3 e 17. Approvazione della cartografia delle aree interessate da inondazione negli eventi alluvionali dell'autunno 2014 e connesse disciplina di salvaguardia e misure di protezione civile", come aggiornata con DGR 412/2015, sono state approvate le mappature delle aree inondate sul territorio regionale negli eventi alluvionali, sulla base delle segnalazioni degli enti competenti, congiuntamente a misure di salvaguardia per la tutela della pubblica e privata incolumità, e a indirizzi di protezione civile.

Per quanto riguarda il territorio relativo al presente Piano, in particolare, nella mattinata del giorno 14/11/2014 l'areale del bacino de La Liggia è stato colpito da un intenso evento meteorologico che ha fatto registrare, nei pluviometri dell'area, un'altezza complessiva di pioggia pari a circa 185 mm in 18 ore, con un'intensità massima di 144 mm/h concentratasi per la gran parte in circa mezzora nelle prime ore della mattinata.
L'altezza di precipitazione oraria massima è stata di 54 mm e quella di 3 ore pari a 92 mm.
Le precipitazioni si sono concentrate lungo la costa ed in particolare hanno messo in crisi i corsi d'acqua minori immediatamente a monte del centro urbano di Alassio e Albenga.
Le conseguenti elevate portate di piena hanno prodotto diffusi fenomeni di richiamo di materiali inerti lungo le sponde ed i versanti prospicienti i corsi d'acqua.
Le tipologie di dissesti che si sono manifestate comprendono fenomeni franosi sui versanti, fenomeni franosi incanalati, evolventi in colate detritiche, erosioni incanalate ed esondazioni coinvolgenti le piane di fondovalle.
In particolare l'intensità di precipitazione unita al trasporto solido hanno determinato la tracimazione ed il sovralluvionamento di diversi corsi d'acqua, ciò ha comportato diffusi allagamenti nella piana alluvionale di Albenga con il coinvolgimento di diverse aziende agricole e numerosi fabbricati con scantinati allagati.

Nello specifico per quanto riguarda il Comune di Alassio, come riportato nella relazione del tecnico comunale, l'evoluzione del fenomeno e le aree interessate dall'alluvione hanno interessato i seguenti rii:

1. rio Serre: il fenomeno esondativo si è verificato in corrispondenza di un sottopasso ferroviario a causa del trasporto a valle del materiale dei terreni incolti attraversati dal rio.
2. rio Caudi – Gonghe: l'evento ha allagato tutta l'area a valle della ferrovia fino al mare grossomodo nelle aree già individuate dal piano di bacino in fascia A. L'evento è stato causato dalla enorme quantità di materiale roccioso e vegetale distaccatosi a monte ove entrambi i rii scorrono a cielo aperto quindi alla confluenza tombinata si è creato un tappo di materiale.
3. rio Tienna: l'area oggetto di esondazione corrisponde all'incirca con l'attuale fascia A del Piano di Bacino. Anche in questo caso il punto di esondazione si è verificato nei pressi di un sottopasso ferroviario dove il rio scorre a cielo aperto per poi intubarsi nuovamente subito a valle del rilevato ferroviario. L'esondazione è stata causata da una quantità elevatissima di materiale proveniente da monte poiché l'inizio del rio avviene subito sotto l'abitato della fraz. Moglie in una ampia vallecola attualmente inedificata

4. rio Castello: scende dalla vallecola Val d'Olivo a cielo aperto fino al rilevato ferroviario dove è esondato in corrispondenza del tratto tombinato che scorre sotto il sedime ferroviario. L'esondazione anche in questo caso ha avuto come concausa la presenza di detriti e materiale vegetale oltre alla presenza all'interno del letto del rio, proprio sotto i binari, di un tubo dell'acquedotto dimesso che ha ulteriormente ridotto la sezione idraulica utile. L'evento ha prodotto il completo allagamento delle aree ferroviarie, la demolizione di un muro di cinta delle ferrovie a causa della spinta dell'acqua e quindi la tracimazione dell'acqua in regione Pontino (parallela ai campi da tennis), nell'edificato attorno all'Istituto Salesiano e in via Mameli verso levante allagando piani interrati e piani terra;
5. rio Liggia: il punto di esondazione si è verificato in prossimità dell'attraversamento in sottosuolo della S.P.18 che il rio attraversa perpendicolarmente. L'esondazione ha trasformato la strada provinciale in un corso d'acqua;
6. rio Cardellino: è esondato a monte in corrispondenza dell'intersezione tra Via Cardellino e Via privata Montagù; l'esondazione è stata determinata dalla mancanza di canalizzazione delle acque piovane di un ampia porzione di collina densamente abitata. Infatti è emerso chiaramente che il rifacimento del manto stradale, che ha comportato una alterazione delle quote e delle pendenze, ha di fatto impedito una normale raccolta delle acque superficiali all'imbocco del rio;
7. rio Fontanelle (fraz. Solva), rio Giarin, rio Sant'Anna: questi tre rii scorrono interamente a cielo aperto;
8. rio Tortore: è esondato in prossimità della foce. In particolare l'accumulo di materiale proveniente da monte (reg. Paradiso), ove il rio scorre a cielo aperto tra le abitazioni, si è sedimentato in corrispondenza dell'attraversamento di passeggiata Cadorna.

Tali aree ricadenti nel Comune di Alassio sono state inserite nella DGR 59/2015 e sono in fase di studio per valutarne l'aggiornamento all'interno del Piano di Bacino.

Per quanto riguarda in particolare il Comune di Albenga, come risulta anche dalla mappatura di cui all'Allegato 3 della DGR 59/2015, l'alluvione ha interessato, in sintesi, le seguenti aree:

1. aree in località Vadino "ex Caserma Piave"
2. aree in Regione Miranda-3

A seguito dell'esame delle aree interessate, si è verificata la necessità di procedere ad approfondimenti e studi di tipo tecnico, circa la cause e gli effetti degli eventi alluvionali, nonché la loro interpretazione in termini di classi di pericolosità idraulica, con eventuali aggiornamenti degli scenari di intervento.
Tenuto conto che tali approfondimenti richiedono, oltre al reperimento di adeguati finanziamenti, tempi piuttosto lunghi, è stata predisposta una variante al piano di bacino dell'Ambito "Centa", bacini Centa, La Liggia e Carenda, al fine di recepire la perimetrazione delle aree inondate negli eventi del 2014, al momento relative al territorio del Comune di Albenga, classificandole, nelle more degli approfondimenti tecnici, come aree cd. A*, per le porzioni eccedenti le vigenti fasce A, che prevede una disciplina coerente con quella di fascia A, necessari per la classificazione delle aree in classi di pericolosità. Tale perimetrazione è riportata sulla carta delle fasce di inondabilità (tav.9).
Si ricorda in particolare che successivamente al recepimento delle aree inondate nell'evento 2014, come sopra illustrato, è stato prodotto uno studio per il tratto di rio Avarenna interessato, che è stato pertanto recepito, come riportato nella cartografia di piano.

3.4 Principali criticità del bacino

La CSDV del bacino La Liggia evidenzia una distribuzione territoriale delle classi di suscettività per settori che risultano differenziati sulla base della diversa classe di suscettività dominante.
Il settore pianeggiante costiero, che comprende le piane di Alassio e Laigueglia e porzioni delle piane di Andora e di Albenga, ricade interamente in classe di suscettività al dissesto Molto Bassa (MB) e non ha elementi di criticità geomorfologica.
Il versante della dorsale costiera ed i versanti vallivi hanno una situazione più articolata in quanto nonostante la prevalenza relativa delle aree in classe di suscettività Media (M), si osservano importanti porzioni di territorio ricadenti in classe di suscettività Bassa (B) ed altre in classe di suscettività Alta (A).
Ricadono in classe di suscettività Bassa (B) il tratto di versante a monte della zona di Vadino; parte dei versanti compresi tra l'asse rio Caudi-Gonghe e l'asse del rio Sarosa ed in particolare le porzioni di territorio poste alle quote più elevate; il versante meridionale del promontorio di Capo Mele; la parte inferiore del versante su cui sorge l'abitato di Rollo.
La classe di suscettività al dissesto Media (M) caratterizza in territorio del comune di Alassio i versanti a sud della località Vadino e fino all'asse rio Caudi-Gonghe; in territorio del comune di Laigueglia i versanti compresi tra l'asse del rio Sarosa e la località Fonte del Faro. La dorsale costiera tra Alassio e Laigueglia risulta prevalentemente in classe di suscettività media; in comune di Andora è inclusa in tale classe il versante a monte di località Pigna su cui sorge la frazione di Rollo.
Le porzioni di territorio classificate in classe di suscettività al dissesto Alta (A) corrispondono ad aree in cui sono state individuate frane quiescenti e ad aree la cui alta potenzialità al dissesto è segnalata dalle sommatorie dei pesi attribuiti agli elementi principali ed agli elementi aggravanti.
In particolare si evidenziano il versante settentrionale e parte del versante meridionale del promontorio di Capo Mele, nel tratto compreso tra la località Fonte del Faro ed il Capo Mele; una porzione del versante a valle dell'abitato di Rollo; il versante NE della dorsale di Santa Croce; i versanti del bacino idrografico del rio La Liggia.
Le porzioni di territorio in classe di suscettività al dissesto Molto Alta (MA) corrispondono a frane attive.
Le maggiori criticità evidenziate dalla carta di suscettività si concentrano a contorno della viabilità principale costiera, rappresentata dalla ex S.S. n. 1 Aurelia, che in più punti interseca zone ad alta suscettività al dissesto.
In particolare le pareti rocciose relative al Capo Santa Croce ed al promontorio di Capo Mele ed il versante a valle di Rollo.
La condizione di maggiore criticità, lungo i versanti vallivi, è individuata nel bacino idrografico del rio la Liggia dove aree ad alta suscettività sono intersecate dalla S.P. N. 18 Moglio-Testico e sono sede di insediamenti abitativi.
Sempre lungo i versanti, in comune di Laigueglia, la principale condizione di criticità riguarda il dissesto lungo il versante a monte di Via Monaco.

Il **concetto di criticità sotto l'aspetto idraulico** può essere inteso, per i piccoli bacini, come analisi delle situazioni attuali con particolare riferimento ai brevi ed intensi eventi di pioggia, caratteristici nel nostro territorio durante la stagione autunnale.
Tutti i rii minori all'interno di questo ambito presentano caratteristiche molto simili tra loro; infatti la loro massima estensione nella direzione perpendicolare alla costa raramente supera il chilometro, presentando però dislivelli tra la sommità del bacino e lo sbocco a mare superiore ai 400 m. Nella maggior parte dei casi la pesante urbanizzazione della fascia costiera ha relegato questi rii in tombinatura di dimensioni insufficienti e prive di opere di regimazione e di controllo del trasporto solido a monte.

Un problema diffuso, infine, risulta l'incapacità di smaltimento delle acque piovane da parte delle reti fognarie. Allo stato attuale, sulla base delle informazioni raccolte nell'elaborazione del presente piano stralcio di bacino, non risulta possibile andare oltre alla segnalazione del problema, per la cui analisi specifica si rimanda a successivi stralci .

3.4.1 Criticità puntuali

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

3.4.1.1 Rio Pigna a Marina di Andora

La criticità in oggetto è relativa al Rio Pigna presso Marina di Andora. Il Rio scorre coperto dalla sezione 1, a monte, in corrispondenza della quale presenta ancora caratteristiche più propriamente di versante che non di alveo, fino alla sezione 2, in piena area urbana.
Le seguenti figure 3.4.1.1.1 e 3.4.1.1.2 evidenziano l'imbocco del tombino a monte ed il compluvio che vi drena le acque.

Figure 3.4.1.1.1 e 3.4.1.1.2 – Rio Pigna, imbocco del tombino e compluvio drenante. Sezione 1 vista verso valle (3.4.1.1.1) e verso monte (3.4.1.1.2)

In corrispondenza della sezione 2 lo scatolare si interrompe e le acque provenienti da monte, avendo a disposizione solo un piccolo tubo del tutto insufficiente a contenere portate di piena, defluiscono verso il mare lungo la strada ed attraverso il sottopasso ferroviario provocando allagamenti frequenti specialmente nell'area in sinistra idrografica che risulta depressa rispetto al piano stradale. Tale situazione è ben evidenziata nelle figure 3.4.1.1.3 e 3.4.1.1.4.

Figure 3.4.1.1.3 e 3.4.1.1.4 – Rio Pigna, interruzione dello scatolare in piena area urbana. Le acque defluiscono verso mare lungo la strada provocando frequenti allagamenti.

Determinazione delle portate di piena

In accordo con la normativa di piano, le portate per il Rio di Pigna sono state calcolate applicando la procedura 'piccolissimi bacini' proposta dal CIMA.
Per i bacini ricadenti in questa classe (A<2 Km^2) il valore di portata al colmo viene calcolato secondo l'espressione:

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

dove:

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

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

T [anni]	**0**	**00**	**00**
K_T	.47	.02	.04

Tabella 3.4.1.1.1 – Fattore di frequenza per la metodologia CIMA

Le classi idrologiche dei bacini sono così classificate:

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

Tabella 3.4.1.1.2 – Classificazione dei bacini secondo la metodologia del CIMA

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

BACINO	**CLASSE**	**AREA**	**LONG. Gradi sessagesimali**	**UA**	**Q50 adottata**	**Q200 adottata**	**Q500 adottata**
Rio Pigna	B	0.3	8° 7.5'	6.9	7	10	13

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

Verifica idraulica

Dal sopralluogo compiuto sulla zona è risultato evidente come le criticità dell'area, che hanno portato alla mappatura delle stesse come aree storicamente inondate, sia dovuta all'insufficienza del tubo interrato che dovrebbe convogliare le acque a partire dal termine del tombino (sez.2), fino a mare.

Il tombino tra le sezioni 1 e 2 presenta una larghezza di 1,5 m, un'altezza di 2,5 ed una pendenza media elevata, pari al 3%, data la particolare orografia del versante su cui scorre il rio evidenziata dalla figura 3.4.1.1.5.

Il tombino così dimensionato presenta una capacità di smaltimento adeguata al deflusso delle portate di progetto, anche relativamente all'evento cinquecentennale.

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

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

Con
Ω= b Y = area della sezione utile
b= larghezza della sezione
Y= profondità della corrente
K_s= Coeff.di Strickler=30 $m^{1/3}/s$
R= Raggio idraulico
I_f= pendenza dell'alveo=0.03

si trova infatti che le portate di progetto possono defluire con un franco di sicurezza superiore a 0.5 m.

Figura 3.4.1.1.5 – Rio Pigna, tratto a forte pendenza tra la sez.1 e 2.

Per non compromettere il corretto funzionamento del tombino risulta però necessario il mantenimento dell'alveo a monte in condizioni di pulizia, al fine di prevenire l'ostruzione dell'imbocco dello stesso**.**

Come già evidenziato le acque che defluiscono a valle del tratto coperto scorrono verso il mare lungo la strada ed attraverso il sottopasso ferroviario provocando allagamenti frequenti specialmente nell'area in sinistra idrografica che risulta depressa rispetto al piano stradale.

Sulla base di tali evidenze si sono pertanto perimetrate le aree inondabili riportate nell'elaborato grafico allegato.

Perimetrazione delle aree inondabili

A valle delle verifiche numeriche e delle considerazioni sopra esposte si è proceduto alla perimetrazione delle aree inondabili nell'area a valle dello sbocco della copertura.
La perimetrazione di tale aree, in assenza di una modellazione idraulica di dettaglio che potesse descrivere lo specifico fenomeno di allagamento a carattere assolutamente bidimensionale, è avvenuta principalmente sulla base delle caratteristiche dell'area riscontrate nel sopralluogo ed in base ai riscontri su eventi passati.

3.4.1.2 Area scolante ad Andora

Oggetto di indagine è l'area antistante il porticciolo di Andora.
L'area, riportata nello stralcio cartografico a seguire, presenta attualmente diversi edifici residenziali di recente costruzione posti a ridosso della S.S. Aurelia. A levante dell'area indagata la strada inizia subito a salire verso Capo Mele mentre a ponente prosegue in piano fino al ponte di attraversamento del Merula.

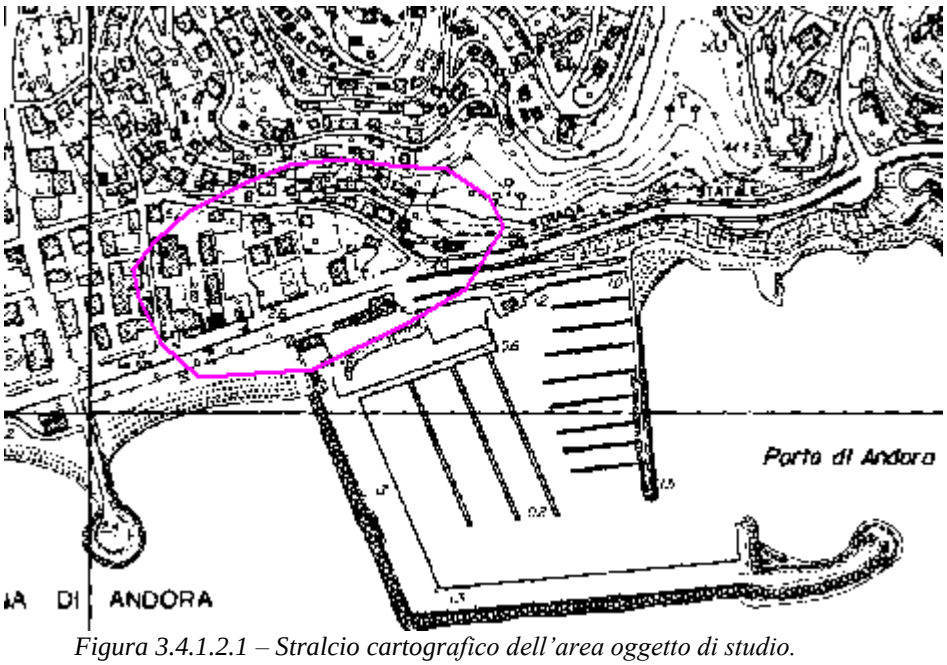


Figura 3.4.1.2.1 – Stralcio cartografico dell'area oggetto di studio.

Il sopralluogo in tale area ha evidenziato che la zona a monte della S.S. Aurelia risulta depressa rispetto al piano stradale; gli allagamenti che hanno portato all'inserimento di tale area nella perimetrazione ai sensi della Delibera 2615/98 sono quindi assoggettabili a piogge intense non raccolte dalla rete di drenaggio urbana.

L'area in oggetto è visibile nelle seguenti immagini relative alla S.S. Aurelia ed agli edifici a monte della stessa che risultano posti a quota inferiore rispetto alla stessa, formando un avvallamento da cui l'acqua proveniente dal versante a monte non riesce a defluire verso il mare.

Figure 3.4.1.2.2 e 3.4.1.2.3 – Area indicata come "Storicamente inondata" ad Andora

In tale area non sono presenti corsi d'acqua per i quali risulti necessario uno studio idraulico ai sensi della normativa dei piani di bacino; è presente una parte di versante che scola verso tale area non in grado di ricevere il deflusso delle acque.
A seguito delle risultanze del sopralluogo e di quanto descritto nella presente, l'area in oggetto risulta da non includere in alcuna fascia di inondabilità ai sensi della normativa dei Piano di Bacino, pertanto, relativamente a tale area, non sono mappate aree inondabili.

3.4.1.3: Rii Fosso Vecchio e Fasce Grasse

I rii Fosso Vecchio e Fasce Grasse confluiscono a monte del rilevato ferroviario della città di Laigueglia e rappresentano una criticità legata soprattutto alla presenza di tratti tombinati di notevole lunghezza in cui i due rii vengono convogliati, in aggiunta ad un'insufficienza delle sezioni di deflusso all'interno delle coperture stesse e la cui ampiezza si riduce procedendo dall'imbocco verso lo sfocio a mare.

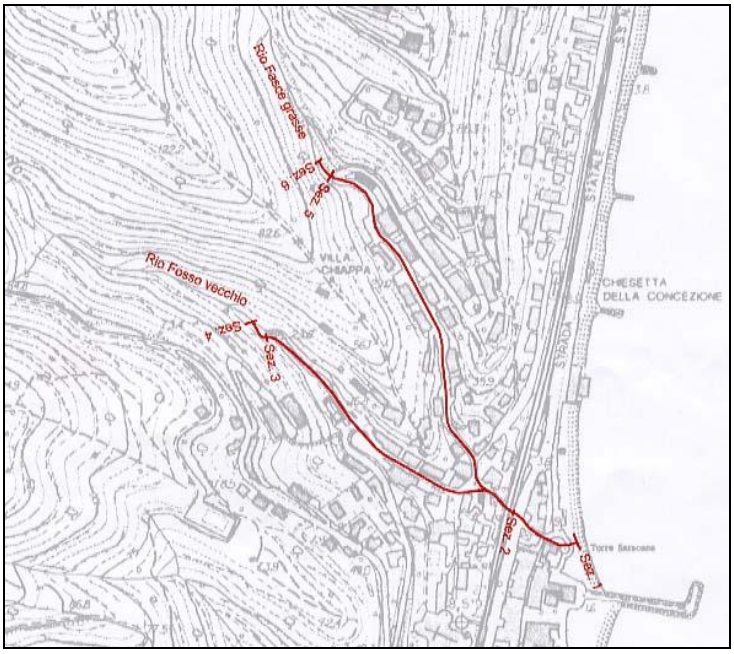


Figura 3.4.1.3.1 – Corografia con indicazione delle sezioni rilevate sui rii Fosso Vecchio e Fasce Grasse

I rilievi eseguiti nel marzo 2004 hanno permesso di definire le sezioni di imbocco delle tombinature dei due rii, la sezione di sbocco a mare e una sezione della tombinatura in corrispondenza della confluenza:

Foto 3.4.1.3.1: Rio Fosso Vecchio, particolare dell'imbocco della tombinatura

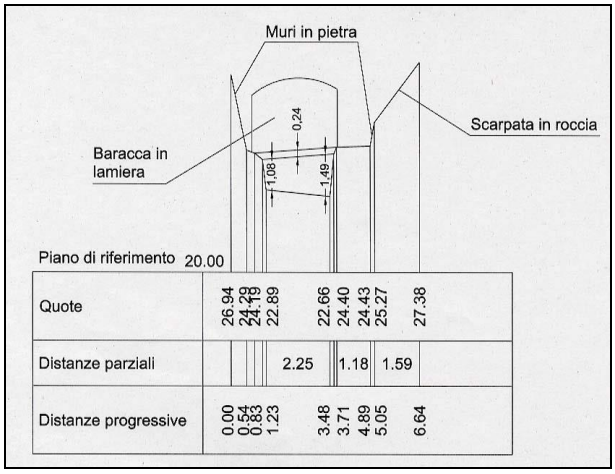


Fig 3.4.1.3.2: Rio Fosso Vecchio, rilievo dell'imbocco della tombinatura

Foto 3.4.1.3.2: Rio Fasce Grasse, particolare dell'imbocco della tombinatura

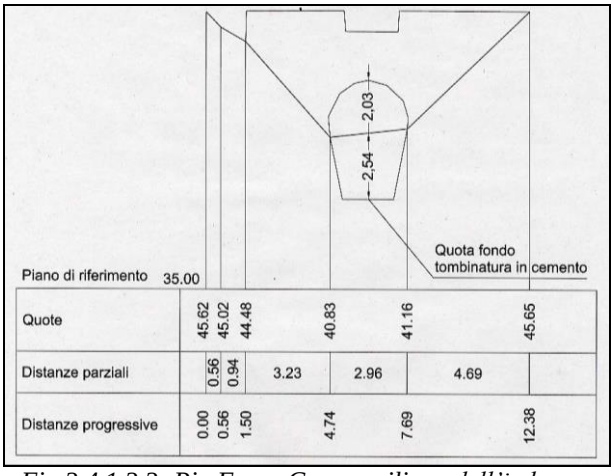


Fig 3.4.1.3.3: Rio Fasce Grasse, rilievo dell'imbocco della tombinatura

Foto 3.4.1.3.3: Rio Fasce Grasse subito a valle della confluenza. Particolare del tombino in prossimità rilevato ferroviario: il rio scorre al di sotto del piano stradale

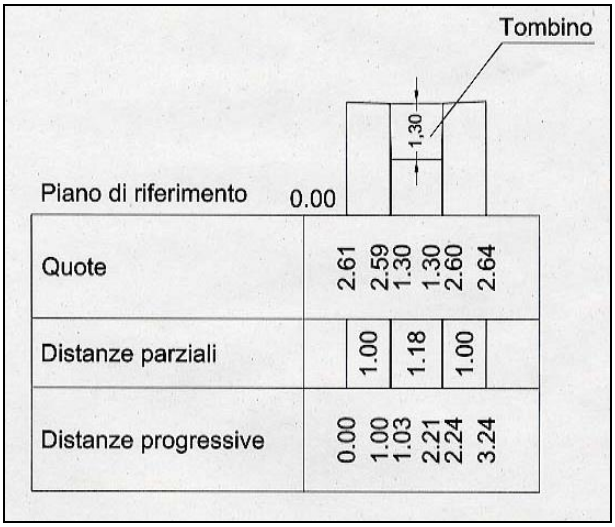


Fig 3.4.1.3.4: Rio Fasce Grasse subito a valle della confluenza.Rilievo della tombinatura presente al di sotto del piano stradale in prossimità del rilevato ferroviario

Foto 3.4.1.34: Rio Fasce Grasse, particolare dello sbocco a mare

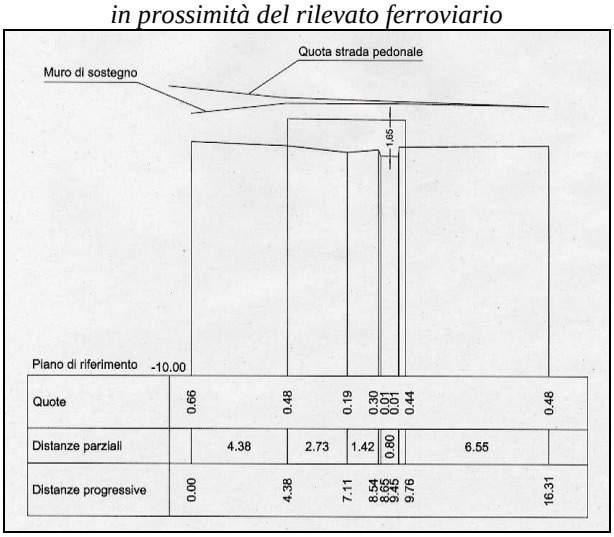


Fig 3.4.1.3.5: Rio Fasce Grasse, rilievo della sezione di sbocco a mare

Determinazione delle portate di piena

In accordo con la normativa di piano, le portate per il Rii Fosso Vecchio e Fasce Grasse sono state calcolate applicando la procedura 'piccolissimi bacini' proposta dal CIMA.

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

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

dove:

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

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

T [anni]	**0**	**00**	**00**
K_T	.47	.02	.04

Tabella 3.4.1.1.1 – Fattore di frequenza per la metodologia CIMA

Le classi idrologiche dei bacini sono così classificate:

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

Tabella 3.4.1.1.2 – Classificazione dei bacini secondo la metodologia del CIMA

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

BACINO	**CLASSE**	**AREA**	**LONG. Gradi sessagesimali**	**UA**	**Q50 adottata**	**Q200 adottata**	**Q500 adottata**
Rio Fasce Grasse (sezione confluenza Fosso Vecchio)	D	0.4	8° 10'	4.70	7	10	12
Rio Fosso Vecchio (sezione a monte confluenza con Rio Fasce Grasse)	D	0.5	8° 10'	4.70	8	12	14
Rio Fosso Vecchio (sezione alla foce)	D	1	8° 10'	4.70	16	24	28

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

Verifica idraulica

Dal sopralluogo compiuto sulla zona è risultato evidente come le criticità dell'area siano individuate dalla presenza di lunghi tratti tombinati dei rii Fosso Vecchio e Fasce Grasse, che confluiscono in prossimità del rilevato ferroviario per sfociare a mare, sempre all'interno della tombinatura.
I rilievi effettuati hanno permesso di rilevare le sezioni di imbocco delle tombinature dei due rii, la sezione della tombinatura subito dopo la confluenza e la sezione di sbocco sulla spiaggia. Dai rilievi appare subito evidente che le ampiezze delle sezioni di copertura variano e si riducono dall'imbocco procedendo verso mare. Data l'impossibilità da parte dei topografi di effettuare un rilievo di dettaglio di tutto la tombinatura, nasce la difficoltà di un'analisi dettagliata del deflusso delle portate per i vari tempi di ritorno nel caso in cui si instaurino comportamenti particolari quali il deflusso in condizioni di moto in pressione.
Si è quindi proceduto ad analizzare la capacità dei smaltimento delle sezioni rilevate in condizioni di deflusso a pelo libero applicando per semplicità la formula del moto uniforme ed ipotizzando di suddividere la tombinatura in tratti regolari in l'assenza di ingombri tali da condizionare il deflusso della corrente.
Applicando la formula del moto uniforme si ha:

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

Con

Ω= b Y = area della sezione utile
b= larghezza della sezione
Y= profondità della corrente
K_s= Coeff.di Strickler=30 $m^{1/3}/s$
R= Raggio idraulico
I_f= pendenza dell'alveo=0.03

Rio Fosso Vecchio
La sezione di imbocco della tombinatura è rappresentata da una sezione di tipo trapezoidale con larghezza alla base pari a 2.25 m, all'intradosso pari 2.5 e altezza variabile tra 1 e 1.5 m (Fig 3.4.1.3.2). Considerando una sezione rettangolare equivalente alla sezione di imbocco della tombinatura del Rio Fosso Vecchio di larghezza pari a b=2.25 m e una pendenza media del tratto pari al 7%, si sono determinate le profondità di moto uniforme per i vari tempi di ritorno. I parametri della corrente, riportati sulla sezione reale; sono i seguenti:

T_R [anni]	Portata Q [m^3/s]	Prof. Uniforme Yu [m] s.l.m.	Velocità U [m/s]	Area bagnata [m^2]	Froude	Carico E [m] s.l.m.	Franco [m] s.l.m.
50	8.00	23.5	4.65	1.7	1.77	24.61	24.61
200	12.00	23.7	5.14	2.2	1.77	25.11	25.11
500	14.00	23.8	5.40	2.5	1.68	25.33	25.33

Essendo la quota di imposta dell'intradosso della tombinatura in sponda sinistra pari a 23.96 m s.l.m., se ne deduce, in condizioni di moto uniforme, le portate vengono smaltite in assenza del dovuto franco di sicurezza per tutti i tempi di ritorno.

Rio Fasce Grasse

La sezione di imbocco della tombinatura del Rio Fasce Grasse è rappresentata da una volta a botte caratterizzata da un salto di fondo alto circa 2.5 m. La presenza del salto fa presumere che la corrente, in prossimità dell'imbocco, defluisca in condizioni di corrente critica.

T_R [anni]	Q [m^3/s]	Prof. Critica Yc [m] s.l.m.	Velocità U [m/s]	Area bagnata [m^2]	Carico E [m] s.l.m.	Franco [m] s.l.m.
50	7.00	41.8	2.80	2.4	42.2	42.8
200	10.00	42.0	3.19	3.1	42.6	43.0
500	12.00	42.2	3.38	3.5	42.8	43.2

Essendo la luce libera della volta pari a circa 2 metri (Fig 3.4.1.3.3), se ne deduce che solo la portata 50-le viene smaltita con il dovuto franco, mentre per le portate 200-le e 500-le non risulta assicurato il franco di sicurezza.
Per non compromettere il corretto funzionamento del tombino risulta però necessario il mantenimento dell'alveo a monte in condizioni di pulizia, al fine di prevenire l'ostruzione dell'imbocco dello stesso**.**
La sezione rilevata subito a valle della confluenza con il rio Fasce Grasse è rappresentata da uno scatolare di tipo rettangolare con larghezza alla base pari a 1.18 m e altezza pari a 1.30 m (Fig 3.4.1.3.4).
Considerando una pendenza media del tratto pari al 7%, si sono determinate le profondità di moto uniforme per i vari tempi di ritorno:

T_R [anni]	Q [m^3/s]	Prof. Uniforme Yu [m] s.l.m.	Velocità U [m/s]	Area bagnata [m^2]	Carico E [m] s.l.m.	Franco [m] s.l.m.
50	15.00	3.8	4.86	3.0	5.05	5.05
200	22.00	4.8	5.04	4.2	6.15	6.15
500	26.00	5.5	5.12	5.0	6.84	6.84

Dalla tabella appare evidente come la tombinatura risulti altamente insufficiente a smaltire le portate per tutti i tempi di ritorno. Ciò appare ancora più evidente in considerazione del fatto che la sezione sarebbe in grado di smaltire, rispettando il carico energetico, una portata di moto uniforme non superiore a 3 mc/s.
La sezione rilevata allo sbocco della tombinatura in prossimità della spiaggia è rappresentata da una sezione rettangolare sul cui fondo, in sponda destra, è incisa una canaletta per lo smaltimento delle acque di magra. La sezione presenta una larghezza di circa 5.4 m e luce libera pari a circa 1.3 m (Fig 3.4.1.3.5).
Considerando una pendenza media del tratto pari al 7%, si sono determinate le profondità di moto uniforme per i vari tempi di ritorno:

T_R [anni]	Q [m^3/s]	Prof. Uniforme Yu [m] s.l.m.	Velocità U [m/s]	Area bagnata [m^2]	Carico E [m] s.l.m.	Franco [m] s.l.m.
50	16.00	0.87	4.94	3.37	2.11	2.11
200	24.00	1.05	5.69	4.30	2.70	2.70
500	28.00	1.14	5.99	4.86	2.96	2.96

Essendo la quota di imposta dell'intradosso della tombinatura in sponda destra pari a 1.70 m s.l.m., se ne deduce che, in condizioni di moto uniforme, le portate vengono smaltite in assenza del dovuto franco di sicurezza per tutti i tempi di ritorno. E' comunque necessario far notare che circa 20 m all'interno dell'effettivo sbocco, la sezione di deflusso della tombinatura è caratterizzata da una volta di dimensioni ridotte (400 cm di base e 130 cm di altezza massima) (fig. 2.6.13) ed insufficiente a smaltire già la portata 50-le

Perimetrazione delle aree inondabili

In base alle considerazioni sopra esposte si è proceduto all'evidenziazione delle criticità emerse sulla carta delle aree inondabili. Vista l'evidente difficoltà a tracciare le aree inondabili a causa dell'impossibilità di ottenere dati topografici di dettaglio in relazione all'effettiva geometria delle tombinature, è stata indicata sulla carta delle aree inondabili una criticità in prossimità del percorso dei tratti coperti. Tale perimetrazione è stata effettuata in funzione dei calcoli sopra descritti.

3.4.1.4: Rio Le Serre ad Alassio

La criticità in oggetto è relativa al rio "Le Serre" a ponente dell'abitato di Alassio, che attraversa la S.S. Aurelia nel tratto litoraneo tra Alassio ed Andora. Tale area è indicata in figura 3.4.1.4.1.

Figura 3.4.1.4.1 – Area indicata come storicamente inondata presso Alassio

Il piccolo rio presente, per il quale risulta difficilmente definibile l'alveo rispetto al versante, drena un'area di circa 0.15 Km^2.

L'attraversamento della S.S. Aurelia avviene attraverso un piccolo scatolare di dimensioni 0.5 x 1.0 metri con una pendenza circa di 0.05 m/m.

A monte l'imbocco risulta posto in area con forte presenza di vegetazione e materiale vario che può determinare l'ostruzione parziale o totale dello scatolare stesso.

A valle, come evidenziato dalla seguente figura, lo scatolare termina con una griglia in corrispondenza del muro stradale direttamente sulla spiaggia, ove nella stagione estiva sono presenti attrezzature dello stabilimento balneare.

Figura 3.4.1.4.2 – sbocco dello scatolare, coperto con una griglia, posto tra le cabine dello stabilimento balneare

Determinazione delle portate di piena

In accordo con la normativa di piano, le portate di progetto per il piccolo rio in oggetto sono state calcolate applicando la procedura 'piccolissimi bacini' proposta dal CIMA.

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

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

dove:

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

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

T [anni]	**0**	**00**	**00**
K_T	.47	.02	.04

Tabella 3.4.1.4.1 – Fattore di frequenza per la metodologia CIMA

Le classi idrologiche dei bacini sono così classificate:

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

D	Bacini caratterizzati da estesa copertura arborea. Estensione delle aree impermeabili inferiore al 5%.	67

Tabella 3.4.1.4.2 – Classificazione dei bacini secondo la metodologia del CIMA

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

BACINO	**CLASSE**	**AREA**	**LONG. Gradi sessagesimali**	**UA**	**Q50**	**Q200**	**Q500**
Rio Le Serre	C	0.10	8° 7.5'	5.28	2.0	2.7	3.2

Tabella 3.4.1.4.3 – Parametri e portate di progetto per il rio Le Serre

Verifica idraulica

Il tombino in questione risulta insufficiente al deflusso delle portate di piena sopra calcolate.
Applicando per semplicità la formula del moto uniforme, semplificazione resa lecita dalla regolarità del tombino e dall'assenza di ingombri tali da condizionare il deflusso della corrente, si ha infatti:

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

Con

Ω= b Y = area della sezione utile
b= larghezza della sezione
Y= profondità della corrente
K_s= Coeff.di Strickler(= 40 $m^{1/3}/s$)
R=Raggio idraulico
I_f= pendenza dell'alveo

si trova che la portata massima defluibile con un franco di 25 cm, già inferiore alla norma, è pari a 1.1 m^3/s; tale portata risulta inferiore a quella con tempo di ritorno pari a 50 anni.

Perimetrazione delle aree inondabili

Data la singolarità della criticità in oggetto e la conformazione del territorio circostante, si è proceduto ad individuare sulla cartografia di riferimento la parte di compluvio meglio associabile all'alveo attuale in corrispondenza della criticità individuata.
Le aree inondabili, di modesta entità dati i volumi in gioco e la conformazione dell'area che presenta un compluvio inciso a quota molto più bassa del piano stradale, sono state individuate principalmente sulla base del sopralluogo.
Si evidenzia come non siano presenti strutture od altri manufatti esposti a rischio.

3.4.1.5. Rio Castello presso vico Chiusetta

La criticità in oggetto è relativa al Rio Castello presso Alassio. Nel Piano di Bacino risultano definite come "storicamente inondate" alcune aree stradali relative a Via Regione Pontino (a monte della ferrovia), Vico Chiusetta (perpendicolare alla linea ferroviaria) e via S.Bosco (parallela alla linea di costa)

Le aree in esame sono riportate nella seguente figura 3.4.1.5.1.

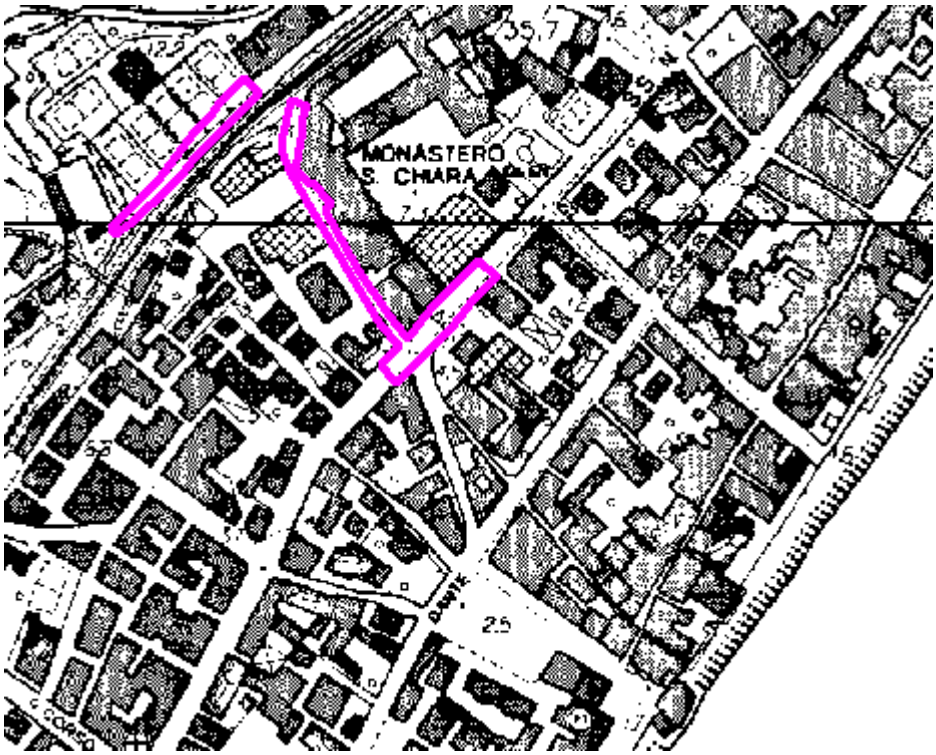


Figura 3.4.1.5.1 – Aree inondate in Via Regione Pontino, Vico Chiusetta e Via S.Bosco

Il Rio Castello scorre coperto per tutto il tratto in oggetto, essendo intubato a partire da molto a monte, avendo funzione di drenaggio di tutta l'area di Via Michelangelo che sale verso Madonna delle Grazie.

Nell'area in oggetto il Rio Castello attraversa la linea ferroviaria scorrendo in uno scatolare di dimensioni 1x1 metri che diventa poi di dimensioni circolari pari a 60 cm nell'ultimo tratto del muro di sostegno del rilevato ferroviario.

Il tubo termina direttamente in strada come si evidenzia dalle seguenti figure 3.4.1.5.2 e 3.4.1.5.3 scattate verso monte da Vico Chiusetta.

Figure 3.4.1.5.2 e 3.4.1.5.3 – Sbocco del tubo all'incrocio tra Via Mameli e Vico Chiusetta.

Le acque sono da qui convogliate attraverso la grata visibile in figura in un nuovo scatolare che porta il piccolo rio in esame a confluire con il Rio La Liggia nei pressi di Piazza Dante.
Poiché tale grata risulta inadeguata e facilmente ostruibile, in caso di pioggia, gran parte delle acque defluiscono lungo Vico Chiusetta (figura 3.4.1.5.4, priva di ulteriori tombini) verso valle fino all'incrocio con Via S.Carlo ove sono presenti diversi tombini che permettono il riflusso delle acque nella rete urbana e nello stesso rio Castello che scorre sotto.

Figura 3.4.1.5.4 – Vico Chiusetta, indicata come storicamente inondata.

A monte della linea ferroviaria è presente un tombino in Via Regione Pontino da cui è visibile lo scatolare in cui scorre il Rio.
In caso di portate significative è possibile la fuoriuscita di acqua dal tombino stesso dovuta anche al restringimento nel passaggio da scatolare 1x1 a tubo di diametro 60 cm che si ha sotto la linea autostradale, o, quantomeno, il mancato drenaggio di ulteriori piogge.
L'area con il relativo tombino, è riportata in figura 3.4.1.5.5.

Figura 3.4.1.5.5 – Via Regione Pontino e tombino del Rio Castello

Tale situazione è causa dell'allagamento di Via Regione Pontino, come indicato nelle aree storiche, comprese tra l'impianto tennistico a monte e la linea ferroviaria a valle.

Determinazione delle portate di piena

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

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

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

dove:

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

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

T [anni]	**0**	**00**	**00**
K_T	.47	.02	.04

Tabella 3.4.1.5.1 – Fattore di frequenza per la metodologia CIMA

Le classi idrologiche dei bacini sono così classificate:

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

Tabella 3.4.1.5.2 – Classificazione dei bacini secondo la metodologia del CIMA

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

BACINO	**CLASSE**	**AREA**	**LONG. Gradi sessagesimali**	**UA**	**Q50 adottata**	**Q200 adottata**	**Q500 adottata**
Rio Castello	C	0.25	8° 10'	5.36	5	7	8

Tabella 3.4.1.5.3 – Parametri e portate di progetto per il tratto indagato

Verifica idraulica

Sebbene le criticità dell'area siano risultati evidenti dal sopralluogo condotto e siano sopra riportate, la verifica idraulica puntuale è stata condotta a supporto dell'inserimento delle aree storicamente inondate nella classificazione di pericolosità associabile al tempo di ritorno dell'evento meteorico.
Dato l'elevato tasso di urbanizzazione dell'area e le ridotte dimensioni degli scatolari atti al deflusso del Rio non è stato infatti possibile approntare un modello idraulico di dettaglio per l'area in studio.
A tal fine si è proceduto alla verifica dello scatolare 1x1 m tra Via Regione Pontino e parte del rilevato ferroviario, e del tubo d=60 cm. da li a valle fino al termine del muro di sostegno della linea ferroviaria. Per entrambi i casi si è ritenuta lecita la semplificazione del moto uniforme in condotta.
Per entrambi si è assunto un valore del parametro di Strickler pari a 40 $m^{1/3}/s$ ed una pendenza del 5%.
In base ai parametri riportati risulta che lo scatolare è in grado di smaltire una portata massima di circa 4 m^3/s, inferiore a quella cinquantennale. In corrispondenza delle portate di progetto il deflusso avviene quindi in pressione con allagamento localizzato delle strade a monte ed a valle della linea ferroviaria come del resto correttamente evidenziato dalla perimetrazione storica.

Perimetrazione delle aree inondabili
A valle delle verifiche puntuali e delle considerazioni sopra esposte si è proceduto alla perimetrazione delle aree inondabili nelle aree risultate critiche per le quali è doveroso sottolineare una parziale incertezza a causa delle complesse caratteristiche della tombinatura e dell'area in esame. Le aree sono state quindi tracciate principalmente sulla base del sopralluogo, sull'analisi delle tombinature stradali presenti e della verifica puntuale dalla quale si è potuto associare un tempo di ritorno specifico al primo evento critico.
Si evidenzia inoltre come la rete minore, qui non indagata, svolga un ruolo principale nel caratterizzare i fenomeni di allagamenti localizzati propri del tratto in esame e le relative aree interessate.

3.3.1.6: Area scolante urbana in via Adelasia
Oggetto di indagine è l'area mappata nel Piano di Bacino approvato con DCP 43/2002 come "Area Storicamente Inondata non indagata" nel centro di Alassio in Via Adelasia, riportata nella seguente figura 3.4.1.6.1.

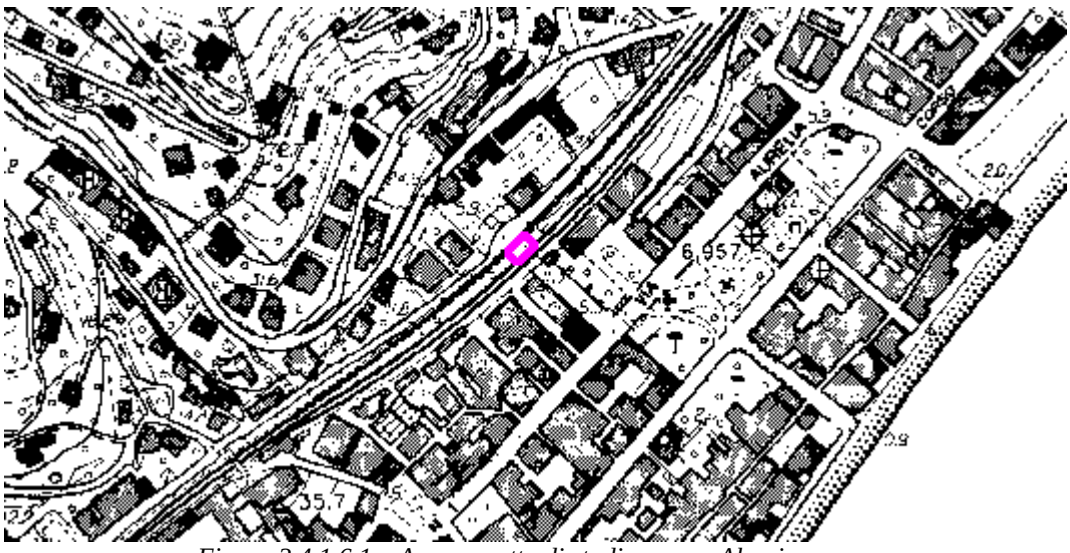


Figura 3.4.1.6.1 – Area oggetto di studio presso Alassio

Rispetto alle aree già indagate nel Piano di Bacino, l'area in oggetto risulta compresa tra il Rio Castello, di cui alla criticità riportata al paragrafo 3.4.1.5. della presente relazione (*Rio Castello presso vico Chiesetta*) ed il rio Cardellino.
Tale area, di dimensioni totali pari a 150 m^2 circa, risulta essere immediatamente a monte della linea ferroviaria, a delimitazione della quale, per tutto il centro di Alassio, è stato costruito un muro di recinzione che intercetta il deflusso delle acque provenienti da monte.
La zona in esame presenta un forte avvallamento a causa del quale, all'occorrere di fenomeni di pioggia intensi, possono crearsi allagamenti localizzati, dovuti pertanto non ad esondazioni ma ad assenza della rete di drenaggio urbana.
Le acque di pioggia defluiscono infatti da ambo i lati di Via Adelasia in discesa fino all'incrocio con Via Robutti, ove vi è il sottopasso ferroviario, e li si fermano creando un allagamento localizzato
La situazione è evidenziata nella seguente figura 3.4.1.6.2.

Figura 3.4.1.6.2 – Via Adelasia ad Alassio, l'area inondabile coincide con l'avvallamento della strada.

A seguito delle risultanze del sopralluogo e di quanto descritto nella presente, l'area in oggetto risulta da non includere in alcuna fascia di inondabilità ai sensi della normativa dei Piano di Bacino, pertanto, relativamente a tale area, non sono mappate aree inondabili.

3.4.1.7 Area scolante urbana in via Solva

Oggetto di indagine è l'area mappata nel Piano di Bacino come "Area Storicamente Inondata non indagata" nel centro di Alassio, in Via Solva, riportata nella seguente figura 3.4.1.7.1.

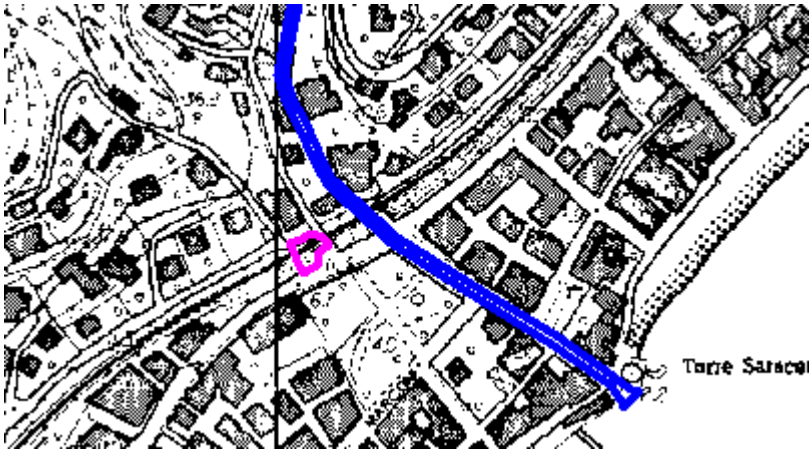


Figura 3.4.1.7.1 – Area oggetto di studio presso Alassio con evidenziazione del Rio Palmero adiacente.

Tale area, di dimensioni totali pari a 250 m^2 circa, risulta essere immediatamente a monte della linea ferroviaria, a delimitazione della quale, per tutto il centro di Alassio, è stato costruito un muro di recinzione che intercetta il deflusso delle acque provenienti da monte.

Nello specifico è stata perimetrata una parte del rilevato ferroviario all'incrocio tra Via Solva, che sale con forte pendenza e Viale Hambury che attraversa il centro di Alassio parallelamente alla costa.

L'area in oggetto, rispetto agli studi del Piano di Bacino, risulta compresa tra il Rio Cardellino ed il Rio Palmero, per entrambi i quali sono già definite le rispettive aree inondabili.

L'area risulta essere molto prossima al Rio Palmero che, in tale tratto, scorre sotto copertura, dopo la confluenza con il Rio Boccari ma il sopralluogo ha evidenziato l'indipendenza di un possibile allagamento storico direttamente dalla presenza del Rio.
Nelle figure 3.4.1.7.2 e 3.4.1.7.3 si riportano viste dell'area da monte e valle del rilevato ferroviario.

Figura 3.4.1.7.2 – Via Solva (in salita verso sinistra) a monte della linea ferroviaria

Figura 3.4.1.7.3 – Viale Hambury ed incrocio con Via Solva.

Eventuali allagamenti della zona sono dovuti a piogge intense ed al loro mancato recapito nella rete minore.
A seguito delle risultanze del sopralluogo e di quanto descritto nella presente, l'area in oggetto risulta da non includere in alcuna fascia di inondabilità ai sensi della normativa dei Piano di Bacino.

3.4.1.8: Via Tiziano presso caserma Vadino

Oggetto di indagine è l'area mappata nel Piano di Bacino approvato con DCP 43/2002 come "Area Storicamente Inondata non indagata" nel centro di Albenga, adiacente la caserma di Vadino, riportata nella seguente figura 3.4.1.8.1.

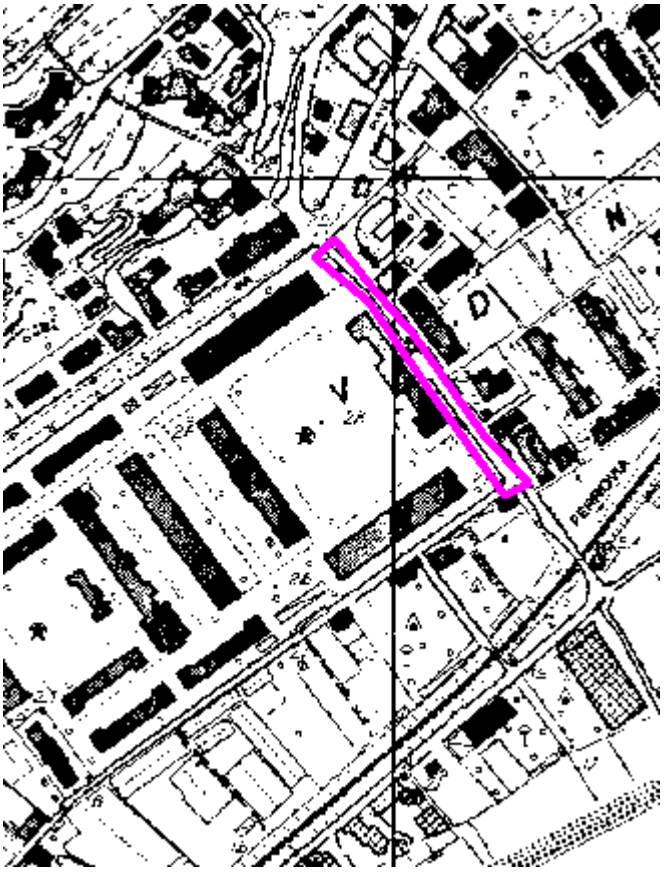


Figura 3.4.1.8.1 – Area oggetto di studio presso Albenga.

L'area indicata come critica è una strada asfaltata (Via Tiziano) che costeggiando la caserma, conduce al mare attraversando la linea ferroviaria.

La strada presenta un leggero avvallamento che favorisce l'accumulo delle acque di pioggia che possono defluire solo in parte verso levante nell'area abitata, essendo limitate ad ovest dal muro di cinta della caserma.

La situazione è evidenziata nella seguente figura 3.4.1.8.2.

Figura 3.4.1.8.2 – Via Tiziano a Vadino

In tale area non sono presenti rii minori ai quali siano riconducibili fenomeni di esondazione dai quali sia derivato l'inserimento della strada in oggetto nelle "aree storicamente inondate".

Si evidenzia inoltre come la strada in oggetto risulti già inclusa nella perimetrazione delle aree inondabili dal Fiume Centa, all'occorrere dell'evento duecentennale.

A seguito delle risultanze del sopralluogo e di quanto descritto nella presente non si evidenzia la necessità di definire per l'area in oggetto ulteriore perimetrazione di aree inondabili ai sensi della pianificazione di bacino oltre a quanto già risultante dallo studio per il Fiume Centa.

3.5 Considerazioni sul trasporto solido

Il trasporto solido è un fenomeno che gioca un ruolo importante nella dinamica dell'alveo dei corsi d'acqua, in grado di causare o peggiorare situazioni di rischio idrogeologico in un bacino. L'analisi della dinamica del trasporto solido può assumere quindi una particolare rilevanza per quanto riguarda sia la determinazione delle criticità e della pericolosità sia l'individuazione, la programmazione e la progettazione degli interventi di sistemazione.
Le modalità con le quali il trasporto di sedimenti può interagire con il deflusso di una corrente sono varie. La valutazione dei livelli idrici attesi in un evento di piena, ad esempio, viene comunemente effettuata trascurando il fenomeno del trasporto di sedimenti da parte della corrente e quindi attraverso una modellazione idraulica a fondo fisso che può, tuttavia, fornire risultati anche significativamente sottostimati rispetto ad una soluzione a fondo mobile (fondo che, viceversa, si modifica in funzione del materiale trasportato dalla corrente), molto più onerosa dal punto di vista della modellistica ma certamente più rappresentativa della realtà. Durante l'evento di piena, infatti, possono realizzarsi depositi localizzati che producono forti innalzamenti del livello della corrente.

Durante la fase discendente della piena tali depositi possono venire rimossi ma i livelli raggiunti al colmo della piena sono comunque superiori a quelli prevedibili da una modellazione a fondo fisso.
La dinamica del trasporto solido può inoltre avere influenza anche nella determinazione degli interventi di sistemazione: opere in grado di migliorare idraulicamente le caratteristiche locali del deflusso, possono addirittura rivelarsi dannose se vengono tenuti in conto gli effetti del trasporto solido. Un intervento di allargamento di sezione localizzato, ad esempio, produce in caso di corrente lenta una diminuzione della profondità, ma anche un rallentamento della corrente stessa che, non essendo più in grado di trasportare la stessa quantità di sedimenti, provoca la formazione di un deposito che può risultare di entità tale da produrre addirittura livelli idrici più elevati rispetto alla situazione precedente. In questi casi è evidente che il corretto intervento sistematorio dovrebbe consistere quindi in una regolarizzazione della larghezza, piuttosto che in un allargamento localizzato.
La realizzazione di briglie o l'analisi dell'effetto di briglie già esistenti sul corso d'acqua è un altro esempio in cui può essere determinante la considerazione dei fenomeni di trasporto solido, al fine di valutare la possibile evoluzione del fondo e la portata solida che può essere trasportata alla foce e, in particolare, sulle spiagge.
La valutazione del trasporto solido, infine, assume importanza in tutti quei casi in cui la stabilità di opere in alveo possa essere alterata da fenomeni di scalzamento; si pensi ad esempio ai problemi di scalzamento delle pile di ponti o del piede di opere di arginatura provocato dalla capacità erosiva della corrente o anche di stabilità di versanti che, sottoposti al piede all'azione erosiva delle acque, possono causare smottamenti localizzati.
Il fenomeno è strettamente legato alle caratteristiche geomorfologiche e geologiche del bacino ed è difficilmente quantificabile a meno di monitoraggi e di modellazioni complesse. A questo proposito, è utile sottolineare la sostanziale generale mancanza di dati di campagna sul trasporto solido; la necessità di una sua quantificazione fa emergere pertanto l'opportunità di realizzare stazioni di monitoraggio su alcuni bacini considerati maggiormente significativi per il territorio ligure, in modo da poter applicare i dati ricavati anche su bacini contigui e/o litologicamente simili.
La modellazione idraulica a fondo mobile è attualmente ancora piuttosto onerosa, soprattutto riguardo alla schematizzazione matematico-numerica, e non facilmente applicabile a casi generali, soprattutto nell'ambito della pianificazione di bacino. La modellazione richiede, in particolare, rilievi topografici e sedimentologici lungo il corso d'acqua che consentano di simulare con sufficiente accuratezza la dinamica dei sedimenti. Informazioni sull'evoluzione storica del profilo longitudinale del fondo del corso d'acqua risultano inoltre di grande utilità sia per la comprensione della tendenza evolutiva dell'alveo sia per la verifica dei modelli matematici di trasporto.
Considerata la rilevanza dell'effetto indotto da interventi in alveo sul trasporto solido (quali gli allargamenti localizzati, restringimenti determinati dalle pile di un ponte, scavo in curva, ecc) che non vengono normalmente tenuti in conto nella usuale modellazione idraulica, la progettazione di opere idrauliche dovrà prevedere consoni franchi.

4 RISCHIO IDROGEOLOGICO

4.1 Premessa

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

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

dove:

P: pericolosità, intesa come la probabilità che si realizzino le condizioni di accadimento dell'evento calamitoso;
E: valore degli elementi a rischio, intesi come persone e beni;
V: vulnerabilità, intesa come la capacità degli elementi a rischio a resistere all'evento in considerazione.

L'individuazione delle aree a rischio idrogeologico, costituito dal rischio idraulico e dal rischio geomorfologico, che porta alla redazione della carta del rischio idrogeologico, è una elaborazione prevista nella pianificazione di bacino stralcio dell'Autorità di bacino regionale già in atto, ma anche esplicitamente richiesta dall"*Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180/98*", pubblicato sulla G.U. del 5.1.1999.
La carta del rischio idrogeologico fa quindi parte degli elaborati necessari dei piani stralcio per il rischio idrogeologico e prevede la definizione di alcune classi di rischio attraverso l'incrocio delle classi di pericolosità (in questo caso rappresentate, come già visto, dalle carte delle fasce di inondabilità e suscettività al dissesto di versante) con gli elementi a rischio derivanti dalla carta di uso del suolo.
Lo scopo è essenzialmente quello di individuare aree più a rischio di altre, anche a parità di pericolosità, in dipendenza degli elementi che vi si trovano. Tramite la gradazione del rischio R si individuano infatti le zone in cui ad elevate criticità idrogeologiche è associata una maggiore presenza umana e, di conseguenza, si determinano le zone da difendere prioritariamente.
La carta del rischio idrogeologico, quindi, fornisce un quadro della situazione attuale del rischio nel bacino, utile in termini assoluti per valutare la criticità del bacino stesso, anche in relazione ad altri bacini. Essa rappresenta inoltre un importante strumento, anche se non il solo, per determinare con un criterio oggettivo le misure più urgenti di prevenzione e la priorità degli interventi di mitigazione (strutturali ma anche non strutturali).
Nella fase della pianificazione degli interventi si dovranno comunque valutare anche considerazioni di carattere più ampio della sola sovrapposizione delle carte di pericolosità con la carta degli elementi a rischio. Benché infatti la carta del rischio individui le aree con un maggiore carico insediativo o valore economico che ricadono in classi di alta pericolosità, non è detto che le criticità del bacino si limitino a quelle a più alto rischio evidenziate nella carta, né che la soluzione dello specifico problema debba vedersi esclusivamente come un intervento localizzato.
Nei termini più ampi di gestione integrata del territorio si devono prevedere interventi che, oltre ad essere finalizzati alla mitigazione del rischio esistente, mirino comunque al riequilibrio del bacino nella sua unitarietà, così come previsto nelle dichiarazioni fondative della L. 183/89.
Si noti, infine, che la carta del rischio non sostitusce le mappature del rischio dei piani di protezione civile, pur costituendone un supporto essenziale, in quanto non è stata elaborata ad una scala di sufficiente dettaglio, soprattutto per quanto riguarda la classificazione degli elementi a rischio. Ai

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

4.2 Determinazione del rischio idrogeologico

Il rischio idrogeologico, che ai sensi del D.L. 180/98 è costituito da rischio idraulico e rischio geomorfologico, è stato determinato tramite l'approccio sopra descritto. Il metodo è stato applicato (così come suggerito anche dall'atto di indirizzo relativo al citato D.L.) in modo più qualitativo che quantitativo. Non è stato cioè individuato il valore degli elementi a rischio in termini quantitativi né la specifica vulnerabilità dei singoli elementi, ma si è fornita una valutazione più globale e qualitativa che consente di individuare i fattori essenziali attraverso una procedura semplificata e che permette una sua gradazione in classi.
In particolare, si ricorda che si è assunto che la pericolosità P sia rappresentata dalle carte delle fasce di inondabilità e di suscettività al dissesto.
Si è inoltre assunta uniforme, e quindi pari a 1, la vulnerabilità degli elementi a rischio, volendo dare un maggior peso alle caratteristiche degli elementi a rischio rispetto alla loro capacità di sopportare le sollecitazioni esercitate dall'evento, dato di difficile valutazione allo stato di conoscenza attuale nell'ambito del presente piano, anche per ragioni di scala dell'analisi .
La definizione degli elementi a rischio, secondo quanto indicato nella raccomandazione n. 4 dell'Autorità di bacino Regionale si basa sull'analisi della carta di uso del suolo e sull'individuazione delle seguenti quattro classi:

E_0 : aree disabitate o improduttive
E_1: edifici isolati, zone agricole
E_2: nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori infrastrutture minori
E_3: centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, principali infrastrutture e servizi

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

Da tale intersezione, si ottengono le seguenti quattro classi di rischio:
R_1: rischio moderato
R_2: rischio medio
R_3: rischio elevato
R_4: rischio molto elevato

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

La carta del rischio idrogeologico che viene redatta rappresenta quindi le cinque classi di rischio sopra individuate e ha come finalità principale l'evidenziazione delle situazioni di maggiore criticità che possono produrre danno all'uomo e/o ai suoi beni.
Per la determinazione del rischio si sono adottate due matrici di rischio differenti per la parte idraulica e geomorfologica, in quanto il concetto di pericolosità P che si adotta nei due casi può assumere un significato fisico diverso.

- *Elementi a rischio*

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

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

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

- il comprensorio presenta una significativa porzione di territorio ricadente in classe E0 nella fascia montana;
- le classi E1 sono localizzate nella zona di medio versante
- le classi E2 sono rappresentate da aree sono sparse
- la classe E3 racchiude prevalentemente il tessuto urbano compatto di fascia costiera e la rete stradale principale.

- *Rischio geomorfologico*

Come già evidenziato l'analisi del rischio geomorfologico viene affrontata, con un certo grado di approssimazione, ponendo a confronto gli elementi a rischio con le aree del bacino caratterizzate da una suscettività al dissesto di versante.
La matrice di intersezione utilizzata può essere così schematizzata:

	SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI

ELEMENTI A RISCHIO	Suscettività molto bassa	Suscettività bassa	Suscettività media	Suscettività alta	Aree in frana attiva
E0	**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**

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

- *Rischio idraulico*

La pericolosità, per quanto riguarda il rischio di inondazione, è legata al tempo di ritorno della portata di massima piena. Come già visto sono stati individuati essenzialmente tre livelli di pericolosità idraulica, uno elevato (T=50 anni), uno medio (T=200 anni) e uno basso (T=500 anni). Il rischio idraulico è stato determinato dalla sovrapposizione delle tre fasce suddette con gli elementi a rischio, secondo le intersezioni indicative riportati nella matrice seguente:

	FASCE DI INONDABILITÀ		
ELEMENTI A RISCHIO	200 <T < =500 fascia C	50 <T < =200 fascia B	T < =50 fascia A
E0	**R_0**	**R_1**	**R_1**
E1	**R_1**	**R_2**	**R_3**
E2	**R_2**	**R_3**	**R_4**
E3	**R_2**	**R_4**	**R_4**

Si noti che nella matrice del rischio si ottengono classi di rischio elevato o molto elevato (R_3 ed R_4) solo per i tempi di ritorno duecentennale e cinquantennale; ciò è coerente con l'obiettivo postosi nella pianificazione di bacino di ridurre il rischio di inondazione a tempo di ritorno pari a 200 anni. La fascia C, infatti, ha lo scopo principale di individuare aree di attenzione e costituisce uno strumento soprattutto a livello di misure protezione civile.

4.3 Carta del rischio idraulico

La situazione attuale non consente, in generale, il deflusso della portata cinquantennale e le zone limitrofe a tali aste rappresentano aree con livello di rischio R4, gli interventi possibili per la mitigazione del rischio sono senz'altro individuabili in un rifacimento della tombinatura attuale ed in una sistemazione con opere di regimazione delle acque a monte della tombinatura stessa.
Per la definizione del rischio si rimanda ai criteri per l'elaborazione dei piani di bacino, in particolare alla Raccomandazione della Regione Liguria n.8/2000.
I tratti d'asta e le tombinatura indagati sono evidenziate nella carta degli interventi allegata alla presente relazione.

Per i piccoli bacini la valutazione del rischio idraulico è stata effettuata solo sui tratti indicati quali criticità idrauliche sulla base dei sopralluoghi effettuati e non avendo quindi trattato in modo classico gli aspetti idraulici di tali rii minori non sono state individuate le fasce.
Lo spirito del decreto 180 è quello di condurre il paese ad un primo livello di informazione del rischio idrogeologico presente sul territorio entro il 30 giugno 2001.
La stesura di un piano di bacino stralcio si basa sulle informazioni già note di situazioni di rischio presenti sul territorio (progetto AVI, aree storicamente inondate) e su studi approfonditi e di dettaglio in aree urbanizzate e/o a noto rischio elevato.
Con questo spirito e nell'ottica di una prima valutazione del rischio idraulico presente sul territorio in esame, e quindi al fine della perimetrazione delle aree a maggior rischio come previsto dal decreto 180, si è proceduto all'elaborazione di studi idraulici di dettaglio e di approfondimento di studi esistenti solo sulle aste urbanizzate dei principali rii e torrenti presenti sul territorio della provincia o su tratti d'asta fluviali ricadenti in aree storicamente inondate e nelle quali non siano stati eseguiti interventi di messa in sicurezza .
In tale analisi sono stati esclusi nella stesura del piano di bacino stralcio i bacini con area inferiore ai 10 km^2 per i quali si è comunque proceduto ad una analisi speditiva atta ad individuare le criticità di origine idraulica presenti e quindi indicare alla amministrazione competente i vincoli da adottare.
In particolare sono state individuate le sezioni di imbocco e sbocco delle tombinature insufficienti e le opere di attraversamento che non consentano il deflusso di portate con tempo di ritorno cinquantennale.

4.4 Carta del rischio geomorfologico

Il territorio del bacino La Liggia è caratterizzato da un'ampia diffusione delle aree a rischio molto basso R0. In particolare queste caratterizzano la fascia costiera abitata, il crinale della dorsale costiera e le dorsali spartiacque tra i corsi d'acqua.
Le aree a rischio basso R1 sono poco rappresentate nella porzione di bacino in territorio di Alassio e Laigueglia mentre caratterizzano il versante meridionale del Capo Mele in Comune di Andora e parte del promontorio su cui sorge l'abitato di Rollo.
La aree a rischio medio R2 caratterizzano ampie porzioni del territorio abitato in comune di Alassio e Laigueglia. In pratica le porzione di abitato che si sviluppano alla base e lungo i versanti vallivi comprendendo anche le principali frazioni dei citati Comuni.
Le situazioni di rischio più elevato, R3 e R4, ricadono in corrispondenza della viabilità principale e specificatamente della via Aurelia sul promontorio costiero di Capo Mele.
In Comune di Andora ricadono in area R4 la zona denominata Conca Verde e località Orizzonte entrambe interessate da insediamento abitativo diffuso.
In Comune di Laigueglia ricadono in area R4 la zona di via Monaco e la zona al confine con Alassio in cui la fascia R4 interessa anche la ferrovia.
In Comune di Alassio oltre a quanto indicato per la viabilità si rilevano alcune fasce a rischio R3 – R4 in zone ad edificazione diffusa e in loc. Capo Santa Croce.