



**REGIONE
LIGURIA**

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



PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO

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

Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio

Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico

RELAZIONE

Ambito di Bacino di rilievo regionale:

LETIMBRO

Bacino:

MOLINERO

Comuni:

SAVONA



APPROVAZIONE	Delibera del Consiglio Provinciale di Savona n. 47 del 25/11/2003
ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO	Approvata con DSG n. 114 del 6/12/2021
ENTRATA IN VIGORE	Pubblicazione sul BURL n. 2 del 12/1/2022 - parte II

SOMMARIO

PREMESSA	3
1 QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO	4
1.1 QUADRO ISTITUZIONALE, NORMATIVO E AMMINISTRATIVO DI RIFERIMENTO	4
1.2 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE VIGENTI.....	5
1.3 DATI UTILIZZATI	5
2. CARATTERISTICHE DEL BACINO	7
2.1 GEOGRAFIA.....	7
2.2 GEOLOGIA.....	7
2.2.1 Litostratigrafia e tettonica.....	7
2.2.3 Assetto strutturale.....	9
2.3 GEOMORFOLOGIA.....	10
2.3.1 Geomorfologia quantitativa.....	11
2.3.2 Reticolo idrografico.....	11
2.3.3 Acclività.....	12
2.3.4 Caratterizzazione delle coperture.....	13
2.3.5 Frane attive.....	13
2.3.6 Franosità diffusa ed erosione superficiale.....	14
2.3.7 Alluvioni e terrazzi fluviali.....	14
2.3.8 Terrazzi marini.....	15
2.3.9 Riporti.....	15
2.4 IDROGEOLOGIA	15
2.5 USO DEL SUOLO	16
2.6 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA.....	18
2.6.1 Sopralluogo dell'asta principale: Rio Molinero.....	18
2.6.2 Sopralluogo piccoli bacini del Rio Molinero.....	21
2.6.2.1 Dal Torrente Quiliano al Rio Molinero.....	21
2.6.2.2 Sbocchi a mare presenti tra la foce del T. Letimbro e del Rio Molinero.....	27
2.7 IDROLOGIA DI PIENA.....	30
2.7.1 Premessa.....	30
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.....	30
2.7.3 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.....	34
2.7.4 Portate di piena.....	37
2.7.5 Portate di piena di progetto per il bacino Molinero (Rif. Normativa di Piano).....	43
3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO	45
3.1 PREMESSA.....	45
3.2 PROBLEMATICHE DI TIPO GEOMORFOLOGICO	46
3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti.....	46
3.2.2 Eventi alluvionali dell'autunno 2019.....	51
3.3 PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO	52
3.3.1 Aree storicamente inondate.....	52
3.3.2 Verifiche idrauliche.....	53
3.3.3 Fasce di inondabilità.....	57
3.3.4 Fascia di riassetto fluviale.....	62
3.3.5 Rio delle Quattro Stagioni.....	62
3.4 PRINCIPALI CRITICITÀ DEL BACINO	64
3.4.1 Criticità del Rio Molinero – aspetto idraulico.....	64
3.4.2 Criticità ambito Molinero.....	65
3.5 CONSIDERAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO.....	66
4 RISCHIO IDROGEOLOGICO	69

4.1 PREMESSA.....	69
4.2 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO.....	70
4.3 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO.....	72
4.3.1 <i>Rio Molinero</i>	72
4.3.2 <i>Bacini Ambito Molinero</i>	72
4.4 CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	73

PREMESSA

La presente Relazione Tecnica di Piano è stata revisionata nel 2016 per l'approvazione della variante al Piano di Bacino da parte della Giunta Regionale, nella sua qualità di organo dell'Autorità di Bacino regionale, a seguito del parere vincolante del Comitato tecnico di Bacino n. 6/2016.

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

Il percorso di formazione e adozione del presente Piano ha seguito l'iter ordinario previsto dalla normativa in allora vigente (L.R. 18/1999) mentre la variante in ultimo adottata risulta conforme alla L.R. 15/2015.

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.

L'ultima modifica apportata al presente Piano di bacino è stata approvata con DSG n.90 del 25/10/2021 ed aggiorna la relazione generale e le cartografie relativamente al nuovo quadro dei dissesti per frana conseguenti all'evento alluvionale dell'autunno 2019.

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, n.493, che all'art.12 integra l'art. 17 della L. 183/89 con il comma 6 ter che introduce la possibilità di redigere ed approvare i Piani di Bacino anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali.

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

Un ulteriore impulso alla pianificazione di bacino è stato fornito dal decreto legge 11 giugno 1998 n.180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 agosto 1998 n 267 "Misure urgenti per la prevenzione del Rischio idrogeologico ed in favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", modificato dal D.L. 132/99, convertito, con modifiche, dalla L. 262/99. Tale decreto al comma 1 dell'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 (Susceptività al Dissesto e Rischio di frana).

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

Esso è quindi approvato con le procedure ordinarie previste dalla L. R. 18/99.

I criteri seguiti per l'elaborazione dei suddetti Piani stralcio sul Rischio idrogeologico sono quelli già adottati dall'Autorità di Bacino regionale per la redazione dei Piani stralcio per la difesa idrogeologica.

In particolare i criteri generali per l'elaborazione dei Piani di Bacino regionali sono stati formalizzati, così come previsto dalla L.9/93, nel documento "Criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino" approvati dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino di rilievo regionale nella seduta del 20.12.1994. Tali criteri sono stati poi integrati da una serie di raccomandazioni e documenti relativamente a specifiche problematiche.

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

- raccomandazione n.1 *"Metodologie per la mappatura delle aree soggette a Rischio di inondazione"*
- raccomandazione n. 3bis *"Documento propedeutico all'informatizzazione dei dati e delle cartografie di base per la redazione dei Piani di Bacino"*,
- 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 *"Valutazione della Pericolosità e del Rischio idraulico e idrogeologico- Carte derivate"*
- raccomandazione *"Definizione delle Fasce di inondabilità e di Riassetto fluviale"*
- *nota CTR "Rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di Bacino regionale"*
- raccomandazione *"Redazione della carta del Rischio idrogeologico nei Piani stralcio di Bacino"*
- 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 D180/98 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.

1.3 Dati utilizzati

Per quanto riguarda l'**aspetto geomorfologico**, nell'intero ambito n° 11 comprendente oltre ai bacini principali del rio Molinero e del rio Podestà, anche i bacini minori con sbocco direttamente a mare, i dati utilizzati per la redazione della cartografia di base provengono da due direttrici di ricerca:

- documenti esistenti ed in corso di elaborazione;
- rilevamento diretto e fotointerpretazione.

Appartengono al primo gruppo di dati, quelli ricavati dalla bibliografia e cartografia geologica ufficiale (Carta Geologica di Italia in sc. 1: 100.000 e relative Note illustrative), Carta Geologica Regionale in sc. 1:10.000 (in corso di collaudo), cartografia geologica a corredo della Variante Generale Intermedia '90 del Pris (GEO.TE.AM), cartografia geologica a corredo dei PUC di Savona (Geol. Sandro De Stefanis) e di Albissola Marina (Geol. F. Carieri), oltre a monografie di carattere Geologico ed a tesi di laurea. Sono da inserire in questo gruppo anche lavori professionali svolti dal coordinatore d'ambito sul territorio in esame per Enti Pubblici (Consorzio Savonese per la depurazione) e per privati (Piani Urbanistici Attuativi, autorizzazioni ai movimenti di terra in zona vincolata, concessioni edilizie ecc.)

Per alcuni dati ricavati dalla letteratura, laddove non esisteva una sufficiente validazione ovvero la scala cartografica di restituzione lasciava un'eccessiva approssimazione, sono stati eseguiti rilievi a campione direttamente sul terreno per verificarne l'attendibilità.

Il rilevamento diretto è stato inoltre impiegato, sia per controllare e restituire alla scala di lavoro (1:10.000) dati disponibili di tipo estensivo (Carta Geologica d'Italia) sia per definire le caratteristiche di elementi litologici (stato di conservazione della roccia) o geomorfologici puntuali (frane).

Per quanto riguarda la carta dell'Uso del suolo, essa è stata elaborata mediante fotointerpretazione successivi rilievi diretti di verifica in campo.

Per quanto riguarda i dati di **carattere idrologico**, essi sono stati raccolti ed utilizzati direttamente dal C.I.M.A.

La cartografia di supporto per il sopralluogo è stata cortesemente fornita al CIMA dall'Autorità Portuale di Savona, la quale ha messo a disposizione la "Planimetria riguardante le concessioni del comune di Savona su aree demaniali marittime" in scala 1:1000.

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 del rio Molinero nei fogli n°229061-229062-229063-229064-229101-229103-229104.

2. CARATTERISTICHE DEL BACINO

2.1 Geografia.

Il bacino idrografico denominato Rio Molinero fa parte dell'ambito di bacino Regionale n. 11- "Levante" ed è situato nel territorio amministrativo dei Comuni di Savona e di Vado Ligure.

La superficie complessiva è di poco inferiore a 9,40 Km², mentre la lunghezza del corso d'acqua principale è circa 4,40 km. Il bacino è costituito da corsi d'acqua poco ramificati, a carattere torrentizio stagionale che hanno origine sul versante costiero e sfociano direttamente in mare con la parte terminale spesso deviata e incanalata.

Il bacino del Rio Molinero è formato da ovest verso est dal Rio delle Quattro Stagioni che riceve un cosiddetto Rio Molinero, il Rio del Bricco e il più importante Rio Molinero con immissari a destra Rio di Velen, Rio Canaletto e Rio Bo e a sinistra il Rio delle Terne e il Rio Bricco, infine più ad est il Rio San Cristoforo e il Rio del Galletto.

Si tratta di un bacino di ridotte dimensioni, mediamente acclive (classi di acclività prevalenti dal 20% al 50%), caratterizzato dalla forma ortogonale rispetto alla direzione costiera, con il tratto medio-terminale orientato a NE e la testata convergente in quella direzione.

Lo spartiacque del bacino dal mare si eleva ad Ovest verso il Passo del Priocco, segue i crinali del Bric Uvin (295m) e del Bric Masaè (397m) fino a raggiungere la quota più elevata presso il Forte Ciuto (431m). Lo spartiacque continua in direzione Est verso il Monte Curlo (383 m) per discendere lungo la dorsale del Bric Renzia (299m) fino ad attraversare l'abitato di Savona.

Il bacino del Rio Molinero confina con quello del Torrente Letimbro ad Est e con il bacino del Torrente Quiliano ad Ovest.

Il clima è caratterizzato da una distribuzione bimodale delle precipitazioni, con massimo principale autunnale ottobre e secondario primaverile marzo, e unimodale delle temperature che registrano il massimo in agosto ed il minimo in gennaio.

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

Nella valle ricadono paesaggi con caratteristiche notevolmente differenziate.

Il tratto tra la costa e la sede autostradale è caratterizzato dalla presenza di un tessuto urbano continuo con presenza sporadica di aree dedicate a parco urbano e strutture sportive, aree con carattere di urbanizzazione discontinua per la presenza di edifici monumentali inseriti in un contesto di ampi spazi dedicati a parco e giardino, aree di edificazione recente con edifici di minori dimensioni concentrati sulla fascia costiera.

Nel tratto a monte, le mediocri caratteristiche delle coltri di copertura e del substrato, unitamente alla generalizzata incuria nella regimazione delle acque superficiali, rendono questo tratto abbastanza critico dal punto di vista idraulico e geomorfologico.

Infine le valli secondarie alla testata del bacino sono caratterizzate dall'accentuata acclività dei versanti, da coperture ridotte spesso instabili e da interi comparti di versante con aree a bosco o con vegetazione rada o assente, allo stato abbandonate e spesso coinvolte in incendi.

2.2 Geologia

Il bacino è caratterizzato geologicamente da un'alta percentuale di affioramento, dall'ottima esposizione delle strutture plicative, soprattutto nel settore più settentrionale, e dalla presenza di un limitato numero di litologie.

2.2.1 Litostratigrafia e tettonica.

Come risulta dalla legenda sono stati indicati i litotipi con i relativi riferimenti formazionali.

Il rilevamento di campagna è stato eseguito con il metodo della ricerca delle unità litostratigrafiche raggruppabili nelle seguenti unità tettoniche appartenenti al Dominio Brianzonese:

- Unità Savona Calizzano.

Appartiene al Basamento Precarbonifero Superiore e affiora come massa alloctona geometricamente elevata.

E' formata da un complesso polimetamorfo nel quale si sono intrusi granitoidi a loro volta trasformati in ortogneiss.

- Tegumento Permo-Carbonifero.

Si tratta di un insieme di terreni, di età compresa tra il Carbonifero Superiore ed il Permiano Superiore discordanti sul basamento Polimetamorfo.

Sono originati da depositi detritici con grande variabilità di facies e spessori, la cui formazione è stata preceduta, accompagnata e seguita da un'attività vulcanica durante le fasi tardive dell'orogenesi Ercinica.

Nel bacino sono affioranti solo le Formazioni sedimentarie.

- Coperture Prequaternarie.

Le coperture prequaternarie rappresentate nel bacino, sono costituite dalla Formazione di Molare e dalle Argille di Ortovero.

- Quaternario

Al Quaternario sono state attribuite le seguenti formazioni:

dt2 Coperture detritiche a granulometria grossa e media

Sono rappresentate da coltri eluvio-colluviali di potenza considerevole presenti dove le rocce si presentano particolarmente degradate.

am Depositi alluvionali attuali

Sono costituite da alluvioni attuali e recenti di origine fluviale e di deposito di spiaggia. Si tratta di alluvioni ghiaiose, con sabbie e limi, talora con lenti di torbe e argille soprattutto alla foce dei torrenti.

aa Alluvioni antiche

Sono depositi fluviali antichi costituiti da sedimenti conglomeratici e breccioidi.

- Coperture Prequaternarie.

a Argille di Ortovero

Sono sedimenti di deposito marino, affioranti in tre placche nella parte bassa del bacino. Si tratta di argille marnose di colore grigio azzurro con al tetto argille giallastre che costituiscono il prodotto di alterazione delle prime. Contengono una ricca fauna fossile.

cg Formazione di Molare

E' costituita da conglomerati poligenici, generalmente grossolani intercalati a strati di marne. Affiora nella parte più bassa occidentale del bacino in una grossa placca e risulta trasgressiva sulle principali unità litostratigrafiche sottostanti.

- Dominio Brianzonese.

Tegumento Permocarbonifero.

Fanno parte del tegumento permocarbonifero le seguenti formazioni:

mil Miloniti.

Sono rocce derivate da litotipi cristallini e caratterizzate da deformazioni estremamente intense avvenute durante gli eventi tettonici alpini. Sono di difficile riconoscimento, hanno aspetto scistoso, sono ricche di miche e sono difficilmente distinguibili dai litotipi della Formazione di Murialdo. Il loro riconoscimento si basa su considerazioni di carattere generale e in relazione ai rapporti geometrici delle formazioni con cui sono in contatto.

mf Filladi (Formazione di Murialdo)

Sono rappresentate da filladi, micascisti e filladi quarzoso-micacee grafitose di color grigio scuro che presentano le caratteristiche lenti e vene di quarzo: Evidente una scistosità alpina fittamente ripiegata. La Formazione affiora soprattutto a nord dell'abitato di Savona e si presenta sempre molto alterata.

Unità di Savona-Calizzano

ogn Ortogneiss

Sono gneiss corrispondenti agli Ortogneiss I e II. Sono a grana fine fortemente scistosi, gneiss a grana grossolana occhiadina per la presenza di megacristalli di k-feldspato. Sono metagraniti con grandi cristalli eterogranulari. Sono caratterizzati da almeno due scistosità prealpine sovrapposte.

pgn Paragneiss

Sono Micascisti e Paragneiss costituite da metapeliti e metaareniti associate e spesso fittamente alternate alle anfiboliti. Non sempre i paragneiss sono facilmente distinguibili sul terreno dagli ortogneiss a grana fine dai quali si differenziano per l'abbondante contenuto di miche.

an Anfiboliti

Sono rocce di colore scuro spesso caratterizzate da tessitura a bande, con grana da fine a media. Sul terreno affiorano come lenti associate ed intercalate ai paragneiss con pieghe isoclinali. Le Anfiboliti hanno subito due eventi di scistosità prealpina in facies anfibolica.

2.2.3 Assetto strutturale.

L'ossatura geolitologica dei bacini interessati dall'indagine appartiene al basamento cristallino e in parte minore al tegumento permo-carbonifero.

Le rocce affioranti lungo le sponde torrentizie e subaffioranti nei versanti sono ortogneiss con placche di micascisti e paragneiss contenenti lenti di anfiboliti.

In seguito a deformazioni estremamente intense durante gli eventi tettonici alpini, si sono rilevati estesi affioramenti di miloniti che dal punto di vista litologico hanno le stesse caratteristiche della Formazione di Murialdo.

Le rocce del basamento cristallino sono sovrascorse sulla Formazione di Murialdo che affiora nella parte alta e marginale del bacino del Rio Molinero.

Lateralmente e nella parte più bassa del bacino del Rio Molinero affiorano due placche delle coperture prequaternarie costituite dalla Formazione di Molare e dalle argille di Ortovero.

La suddivisione del substrato in tre classi in base allo stato della roccia, secondo quanto indicato dalle raccomandazioni regionali, hanno potuto confermare la presenza di roccia fratturata in corrispondenza di molti affioramenti.

Si tratta quasi sempre di affioramenti limitati e di strutture che hanno ridotte implicazioni dal punto di vista del comportamento geomeccanico globale del versante, ma che tuttavia possono risultare determinanti alla mesoscala per effetto di interventi antropici.

Si sottolinea pertanto come anche nelle aree indicate con roccia affiorante o subaffiorante in condizioni giacitureali buone (R0) non sia infrequente la possibilità dell'instaurarsi di dissesti superficiali (fenomeni di crollo e scivolamento lungo strati o secondo giunti coniugati) in caso di modificazione del profilo del versante.

Una particolare accentuazione delle problematiche di stabilità del versante è inoltre da attendersi in corrispondenza delle cerniere delle principali strutture deformative, dove la scistosità è soggetta a bruschi cambiamenti di direzione e/o inclinazione e la roccia è particolarmente fratturata.

2.3 Geomorfologia

Per l'identificazione degli elementi geomorfologici cartografati sono state esaminate le foto aeree a colori a scala 1:15.000, le foto in bianco e nero a scala 1:40.000 e il fotomosaico.

Inoltre è stato eseguito il controllo sul terreno, necessario data la non attualità delle foto.

Sono state rilevate le condizioni della roccia affiorante e subaffiorante con delimitazione delle principali coltri e, riprendendo la simbologia fornita, sono state riportate le principali forme di modellamento morfologico determinate in seguito alle azioni erosive e di accumulo dei corsi d'acqua e dell'azione abrasiva del mare.

I piccoli bacini caratterizzati dal Rio Molinero con altri scolatori laterali hanno una forma leggermente arcuata dovuta all'azione di erosione rapida durante le più intense precipitazioni.

I torrenti sono alimentati durante i periodi piovosi e le acque, anche per il tipo di roccia che attraversano, precipitano rapidamente verso valle specialmente dove l'acclività è maggiore, determinando ruscellamento diffuso e trasporto rapido di acque verso il fondovalle

Nel bacino del Rio Molinero, nonostante la sua limitata estensione, si realizza un brusco passaggio da una zona intensamente urbanizzata ad aree con caratteristiche ancora rurali che si estendono sulle colline circostanti.

In sostanza, si possono distinguere:

- una zona prettamente urbana situata nella parte bassa del bacino sottostante la sede autostradale;
- una parte più alta della vallata in cui confluiscono i vari ruscelli.

La testata del bacino di forma molto arcuata ha determinato una razionalizzazione dell'uso del suolo, con mantenimento del bosco (anche se in buona parte snaturato rispetto alla configurazione spontanea), la parziale preservazione delle tradizionali coltivazioni terrazzate che si spingevano anche nei versanti più acclivi (se ben esposti). Per contro l'abbandono di parte delle coltivazioni tradizionali (purtroppo povere) origina gravi rischi di erosione accelerata e dissesto gravitativo, in assenza di manutenzione dei presidi idraulico-agrari.

Complessivamente, il reticolo idrografico è più sviluppato ed articolato nella parte alta del bacino, con la formazione di numerose valli secondarie che indicano una gerarchizzazione disordinata dei corsi d'acqua con aste brevi e poco ramificate che si sviluppano in direzioni subparallele dirette normalmente alla linea di costa.

Sono pertanto corsi d'acqua in fase di erosione, in genere forte, con alvei molto incisi e frequenti fenomeni di scalzamento della base dei versanti con conseguente predisposizione a determinare dissesti gravitativi.

Nello sviluppo e nell'articolazione del reticolo idrografico è evidente il controllo litologico e tettonico-strutturale. Il bacino presenta, così, un tratto più aperto a monte; il corso d'acqua in questa zona segue una direzione NW-SE e presenta un andamento sostanzialmente rettilineo.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua laterali è possibile evidenziare che dopo un breve tratto tutti tendono a ruotare, con un reticolo idrografico strettamente controllato da lineazioni tettoniche a direzioni NW-SE e N-S.

La forma del bacino e il modellamento dei versanti risultano influenzati, oltre che dalla tettonica, dall'assetto strutturale e dalla litologia, in particolare dall'erodibilità dei diversi litotipi.

L'erosione è funzione dell'altitudine, dell'esposizione, del clima e della distribuzione e della intensità delle precipitazioni, dando luogo spesso ad associazione di morfotipi.

Le formazioni di Molare e delle Argille di Ortovero si presentano con rilievi ad altitudine varia, con morfologia collinare a profilo dolce e con incisioni vallive lineari. Le valli sono incise da torrenti ad erosione incanalata con andamento curvilineo.

La morfologia per gravità è modesta e relativa a fenomeni di franosità diffusa e superficiale.

La Formazione metamorfica del Tegumento Permo-carbonifero sono caratterizzate da rilievi massicci con interfluvi lunghi e ondulati, incisioni vallive brevi e incanalate, franosità diffusa di modesta intensità.

I terreni dell'unità di Savona Calizzano presentano una morfologia con rilievi allungati con creste a sviluppo circolare. Perpendicolarmente alle creste si sviluppano frequenti fratture parallele su cui sono impostati i fossi incanalati.

Nel fondo delle valli si sono formati accumuli subpianeggianti prevalentemente di materiale grossolano.

2.3.1 Geomorfologia quantitativa

La delimitazione del bacino idrografico del Rio Molinero è riferita allo scorrimento superficiale, pertanto definita dall'individuazione sulla carta topografica della linea spartiacque.

Esistono alcuni parametri planimetrici e geomorfici che sono, solitamente, utilizzati per descrivere quantitativamente le caratteristiche morfologiche di un bacino idrografico. Le principali caratteristiche planimetriche sono la misura dell'area proiettata su di un piano orizzontale (S), la lunghezza del contorno del bacino (P), la lunghezza del bacino intesa come la distanza tra la foce e lo spartiacque misurata lungo l'asta principale (L), ossia:

Superficie:	$S = 9,40 \text{ km}^2$
Perimetro:	$P = 13,6 \text{ km}$
Lunghezza:	$L = 4,4 \text{ km}$

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

Pertanto si ha $R_c=0,60$; $R_u=1,30$; $R_a=0,80$

La forma del bacino è determinata dal protendimento maggiormente sviluppato in direzione Nord-Ovest Sud-Est con disposizione abbastanza simmetrica della distribuzione degli affluenti nelle due sponde.

L'analisi ipsometrica, consentirà di determinare almeno per il Rio Molinero, la curva ipsografica con l'identificazione dell'altezza media e dell'altezza mediana.

2.3.2 Reticolo idrografico

Lo sviluppo della rete idrografica è stata caratterizzata dalla 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 $(n+1)$;
 Nel bacino in esame il Rio Molinero è di 5° ordine e riceve in sponda sinistra il Rio delle Terne di 3° ordine e il Rio Bricco di 2° ordine, in sponda destra il Rio di Velen di 3° ordine, il Rio Canaletto di 4° ordine, il Rio Bo di 3° ordine e il Rio Bricco di 3° ordine. Inoltre il bacino comprende il Rio delle Quattro Stagioni di 3° ordine che riceve un cosiddetto Rio Molinero e infine il Rio San Cristoforo e il Rio del Galletto di 2° ordine.

L'analisi geomorfica quantitativa evidenzia una distribuzione piuttosto regolare del numero dei bacini in rapporto al loro ordine gerarchico e un'area scarsamente o mediamente drenata in accordo con le caratteristiche di permeabilità della litologia prevalente.

2.3.2.1 Reticolo idrografico principale (tav. 13)

La Carta del Reticolo Idrografico non costituisce elaborato contenente le previsioni di Piano ma è da considerarsi parte degli elaborati di analisi al Piano stesso. La tavola 13 comprende i corsi d'acqua già iscritti negli elenchi delle acque pubbliche, (fermo restando che il valore di ufficialità può essere attribuito unicamente all'elenco delle acque pubbliche del territorio della Provincia di Savona pubblicato sulla G.U. n. 244 del 15/10/1941 ed integrato con D.P.R. del 30/06/1954), gli ulteriori tratti che rivestono significativa rilevanza idraulica nonché tutti i tratti individuati dalla base topografica della cartografia della Carta Tecnica Regionale.

2.3.3 Acclività

La carta è stata redatta in rispetto a quanto previsto nelle raccomandazioni regionali sulla base di reticolo a maglie di 100 metri di lato.

Sono state rispettate le fasce di acclività indicate come risulta nella legenda.

L'acclività prevalente è compresa tra il 20% e il 50 %, caratteristica di versanti collinari.

Il fondovalle ha pendenza inferiore al 10 % con alcune variazioni lungo la costa in cui si trovano rilievi caratterizzati da terrazzamenti di origine marina.

La carta viene presentata con la suddivisione dell'acclività espressa in maglie quadrate di cento metri di lato.

Da questa si può realizzare quella definitiva con delimitazioni rispondenti più puntualmente alle variazioni di pendenza riscontrate all'interno delle maglie.

Il bacino è stato suddiviso nelle seguenti classi di attività:

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

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

Classi di acclività	aree m²	Percentuale
1	271	27,35
2	65	6,56
3	120	12,11
4	285	28,76
5	194	19,58
6	54	5,45
7	2	0,20

Le classi 1 e 4 risultano prevalenti nella zona prossima alla costa al disotto della sede autostradale e in corrispondenza dei terrazzi marini in area urbana e lungo l'alveo nelle zone di alluvione. Nella parte alta del bacino sono rappresentate le classi 3 e 5 che risultano anche meno frequenti.

Le zone più acclivi sono presenti nelle parti alte dei sottobacini. Dall'analisi di questi si nota chiaramente come quasi tutti gli affluenti presentino una spiccata asimmetria dei versanti con il versante destro a pendenza maggiore del sinistro indipendentemente dal fatto che si tratti di affluenti di sponda destra o sinistra. Le ragioni di questo sono da ricercare nell'assetto strutturale coerentemente con quanto espresso nel paragrafo sulla geologia.

2.3.4 Caratterizzazione delle coperture

Le coperture detritiche presenti nel bacino del Rio Molinero possono essere distinte in due tipologie principali: accumuli originati da fenomeni franosi di vario tipo e coltri detritiche eluvio-colluviali; per l'elaborazione della cartografia tematica sono state considerate, ove possibile, la granulometria prevalente fine o grossolana e lo spessore maggiore o minore di 3 m. Dove l'informazione è risultata di difficile acquisizione la caratterizzazione è stata comunque effettuata in base a considerazioni empiriche che tenessero conto della litologia di origine e della tipologia del fenomeno. Questo procedimento, se pur non rigorosissimo dal punto di vista oggettivo, si è reso necessario in quanto la potenza e la permeabilità delle coltri devono necessariamente entrare nella valutazione della Suscettività al Dissesto.

Le coltri eluvio-colluviali sono ampiamente diffuse in tutta l'area di affioramento delle Formazioni Cristalline e del Tegumento Permocarbonifero. Quando sono particolarmente alterate, assumono di fatto le caratteristiche di una copertura per cui la distinzione fra roccia e coltre non è sempre agevole ed il passaggio fra l'una e l'altra risulta sfumato. In talune zone, questa coltre ha una potenza superiore ai tre metri. Le informazioni sullo spessore delle coltri sono state ricavate dai rilevamenti eseguiti sul posto e dalla interpretazione fotogeologica. Spesso le coltri di questo tipo presentano fenomeni di attivazione e morfologie che possono far pensare a movimenti gravitativi, pertanto risulta talvolta sfumata la distinzione fra coltre potente e strato di alterazione. In alcuni affioramenti le coltri detritiche sono molto scarse ed assumono uno spessore maggiore di un metro solo nelle zone caratterizzate dai terrazzamenti agricoli.

2.3.5 Frane attive

Le frane censite sul bacino in esame, e rappresentate nella carta geomorfologica, sono state prodotte con gli atti oggetto dell'iter di approvazione.

Come già evidenziato, in relazione alla dinamica dei versanti assume grande importanza il particolare assetto geologico caratterizzato dal contatto calcari-argilliti ed il relativo stato di tettonizzazione. In tale contesto nell'areale di confluenza del Rio Bo con il Rio Molinero risulta ubicato un fenomeno franoso quiescente di modesta entità

Relativamente all'analisi dei dissesti sopraccitati si rimanda alle schede e agli elaborati di dettaglio allegati al presente studio, mentre si evidenzia che in linea generale il bacino risulta interessato da fenomenologie "minori" meglio inquadrabili nell'ambito della franosità diffusa.

In relazione anche ai contenuti dell'O.d.G. n. 7 relativo alla seduta del 25 ottobre 1999 dell'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale relativamente ai contenuti degli adempimenti della L. 267/98 è possibile definire:

- distretti franosi, ovvero le porzioni di territorio caratterizzati da una Suscettività al Dissesto molto alta e dalla presenza di frane attive;
- fasce di attenzione, ovvero i settori confinanti le aree di cui sopra per i quali è ragionevole ipotizzare un coinvolgimento a seguito di evoluzioni parossistiche di movimento di massa;

- zone di fragilità, le aree che per le caratteristiche geologico-geomorfologico riscontrate presentano una particolare propensione all'innescare di fenomenologie di tipo erosivo, franosità diffusa o dove sono chiaramente identificabili forme relitte o quiescenti, anche appartenenti ad aree a suscettività alta.

Con particolare riferimento al territorio del bacino in studio è da rilevare che tale settore è caratterizzato da uno stato di instabilità latente a carico delle coltri di copertura che si esplica attraverso dissesti localizzati, inquadrabili come franosità diffusa o meglio come un'area interessata da movimenti plastici a velocità variabile con contorni talora netti, e altre volte sfumati, e con superfici di scorrimento spesso indefinite. E' così possibile, definire alcune zone di fragilità indotte dall'assetto geologico dei luoghi prossime alle condizioni critiche, con conseguente limitazione della fruibilità dell'area che dovrà essere salvaguardata sia attraverso la manutenzione delle sistemazioni agrarie, sia degli interventi volti alla regimazione delle acque superficiali e profonde, sia con un'attenta di gestione urbanistica.

2.3.6 Franosità diffusa ed erosione superficiale

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.

Fenomeni di erosione superficiale di versante, piccole frane tipo soil-slip collegate anche ad erosione incanalata, sono diffusamente presenti in tutta la parte alta del bacino.

Una situazione di degrado diffuso si presenta nei versanti sottostanti la strada che si trova presso lo spartiacque dove l'abbandono delle fasce coltivate ha determinato una situazione di vulnerabilità all'erosione piuttosto marcata.

Altri fenomeni erosivi di una certa rilevanza sono costituiti dai processi di erosione collegati al reticolo idrografico; in particolare sono evidenti fenomeni di scalzamento ed approfondimento di alveo nelle zone di confluenza delle valli secondarie.

Durante i sopralluoghi effettuati per l'aggiornamento dei dati del 2004 (aggiornamenti geologici ex D.G.R.1592/03), sono state rilevate e cartografate le seguenti frane puntuali: in loc. Bricchetti, loc. Conca Verde, e ruscellamento diffuso sul versante in loc. Serbatoio dell'Acquedotto Strà

2.3.7 Alluvioni e terrazzi fluviali

Le alluvioni degli alvei attivi dei torrenti relativi al bacino sono generalmente ghiaiosi con presenza di sabbie e limi in strati incrociati tra loro. Alla foce dei torrenti si hanno anche strati di torbe ed argille.

Le alluvioni di formazione più recente sono sovrapposte a coltri di ricoprimento di spessore inferiore a 3 metri che si sono depositate durante fenomeni alluvionali antichi.

È stato distinto un solo ordine di terrazzi fluviali la cui estensione areale complessiva è piuttosto ridotta.

Sono posizionati ad una quota non molto elevata rispetto agli attuali alvei, prevalentemente sul lato interno delle numerose anse descritte dai torrenti e sono osservabili solo lungo le aste principali di ordine superiore.

Siccome i terrazzi fluviali rappresentano una fra le poche aree pianeggianti in un ambiente generalmente molto acclive, sono stati interamente occupati dall'espansione urbanistica e, nel tratto montano, per scopi agricoli; conseguenza dell'intenso sfruttamento è stata la modificazione ed il mascheramento delle loro originarie caratteristiche morfologiche. Pressoché ovunque gli orli esterni delle superfici terrazzate sono stati stabilizzati e protetti tramite muretti a secco al fine di impedirne l'erosione da parte degli eventi di piena.

Questo assetto impedisce, in sostanza, l'osservazione diretta dei materiali costituenti i terrazzi fluviali le cui caratteristiche sono, quindi, solo in parte desumibili nelle poche aree dove i muri di contenimento sono crollati; qui si possono osservare terreni decisamente pedogenizzati costituiti da una matrice fine di colore bruno-rossastro inglobante clasti di dimensioni pluricentriche. Le osservazioni eseguite non sono comunque sufficienti a

delineare un quadro completo delle caratteristiche di questi materiali e, pertanto, non è possibile formulare ipotesi relativamente alle eventuali differenze nelle modalità di trasporto, sedimentazione e assetto del bacino idrografico fra oggi e il periodo di deposizione delle alluvioni terrazzate.

2.3.8 Terrazzi marini

Al limite occidentale del bacino si riscontra una serie di terrazzi di origine marina dovuti sia a fenomeni tettonici quaternari, sia alle oscillazioni glacio-eustatiche.

Si trovano ad una quota tra 80 e 90 metri s.l.m. e pertanto corrispondono ad una età di formazione corrispondente al Siciliano.

Le azioni di erosione e gli interventi antropici hanno in parte modificato la loro morfologia lasciando sul terreno solo alcuni relitti.

2.3.9 Riporti

I **riporti** detritici individuati nel bacino del T. Molinero sono tutti correlabili alla costruzione dell'asse autostradale Genova-Ventimiglia; in particolare essi sono localizzati come di seguito esposto:

- Casello autostradale di Savona.
- Piazzole di sosta tra il casello di Savona e il viadotto "rio Smarre".
- Area di servizio Cristoforo.
- Piazzola di sosta tra l'area di servizio Cristoforo e il viadotto rio Galletto.

Nel Bacino non sono presenti **discariche e cave attive e/o dismesse**.

2.4 Idrogeologia

Il bacino in studio è di piccola estensione con corsi d'acqua poco ramificati, a carattere torrentizio stagionale che hanno origine sul versante costiero e sfociano direttamente in mare con la parte terminale spesso deviata e incanalata.

Il bacino del Rio Molinero è formato da ovest verso est dal Rio delle Quattro Stagioni che riceve un cosiddetto Rio Molinero, il Rio del Bricco e il più importante Rio Molinero con immissari a destra Rio di Velen, Rio Canaletto e Rio Bo e a sinistra il Rio delle Terne e il Rio Bricco, infine più ad est il Rio San Cristoforo e il Rio del Galletto.

Nella carta è stata segnalata la permeabilità primaria delle rocce affioranti distinguendo le seguenti classi:

- aree permeabili per porosità:
sono i Depositi Alluvioni Attuali e le Coperture detritiche a granulometria grossa e media;
- aree permeabili per fessurazione e fratturazione:
sono Gneiss, Micascisti e Filladi del Basamento Cristallino e della Formazione di Murialdo;
- aree semipermeabili:
sono i Conglomerati appartenenti alle Alluvioni Antiche e alla Formazione di Molare;
- aree impermeabili:
sono le Argille di Ortovero e le Anfiboliti.

La maggior parte del territorio appartenente ai bacini in studio è caratterizzata da permeabilità primaria per fessurazione e fratturazione bassa o molto bassa.

La gerarchizzazione della rete idrografica è funzione del tipo litologico e della sua permeabilità.

Trattandosi di piccoli bacini si può affermare che quello del Rio Molinero è abbastanza gerarchizzato con forma radiale.

Le coltri di copertura sono state suddivise in permeabili e semipermeabili in base alla granulometria ed alla percentuale di matrice presente. I grandi accumuli detritici, sono considerati permeabili quando alla base dell'accumulo sono presenti scaturigini di una certa importanza.

Le aree urbanizzate, ad elevata densità, sono praticamente impermeabili a causa dell'alto grado di copertura dei suoli e la scarsa presenza di aree a verde pubblico e di superfici esposte che, se presenti, permetterebbero la filtrazione nel sottosuolo.

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, individuandone le trasformazioni esercitate dall'uomo nel corso del tempo.

Le aree individuate nel territorio indagato, catalogate secondo la legenda del piano, risultano appartenere alle seguenti categorie:

1. TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE

1.1 ZONE URBANIZZATE comprendono :

1.1.1 *TESSUTO URBANO CONTINUO* rappresentate dal tessuto urbano delle frazioni.

1.1.2 *TESSUTO URBANO DISCONTINUO* comprende le frazioni ed i nuclei sparsi periferici collinari;

1.2 ZONE INDUSTRIALI E COMMERCIALI E RETI DI COMUNICAZIONE comprendono:

1.2.1 *AREE INDUSTRIALI E COMMERCIALI* localizzati nella zona del PAIP ed in via di espansione, hanno occupato tutte le zone agricole ed ortive della parte pianeggiante ai lati del rio Molinero, dove è sorta una nuova rete viaria di servizio.

1.2.2 *RETI AUTOSTRADALI; FERROVIARIE E SPAZI ACCESSORI* : vi insistono l'infrastruttura autostradale Genova – XX Miglia con le relative aree di servizio e svincoli, viadotti e gallerie, l'enorme scalo ferroviario di Savona con gli spazi accessori che chiudono nella parte bassa il bacino creando uno sbarramento al mare.

1.4 ZONE VERDI ARTIFICIALI NON AGRICOLE comprendono:

1.4.1. *AREE VERDI URBANE* : circoscritte zone a verde pubblico di quartiere.

1.4.2. *AREE SPORTIVE E RICREATIVE* concentrate nella zona sportiva di Legino dove sorge lo stadio comunale con annessa piscina e spazi accessori.

2. TERRITORI AGRICOLI

L'assetto produttivo della pratica agricola si presenta diversificato con dominanza dell'indirizzo misto, l'elevata frammentazione fondiaria favorisce l'instaurarsi di un'agricoltura con tali caratteristiche.

Comprendono circa il 14% del territorio e sono rappresentati da seminativi irrigui di pieno campo e colture permanenti arboree.

- 2.1 SEMINATIVI tale tipologia di coltivazione comprende piccole porzioni di territorio nella parte terminale del rio Molinero scampate agli insediamenti artigianali, per lo più trattasi di coltivazioni ortive di pieno campo, irrigue, a ciclo autunno – invernale (prodotto da foglia) e primaverile – estivo (prodotto da frutto).
- 2.2 COLTURE PERMANENTI ARBOREE sono i territori agricoli della collina e comprendono oliveti terrazzati in monocoltura o consociati ai seminativi e qualche pianta da frutto (albicocchi, susini, pescheti), trattasi per lo più di vecchi impianti senza impianto d'irrigazione con bassa densità d'impianto dovuta alle eccessive dimensioni delle piante. In molti casi si è notato uno stato di semiabbandono degli impianti con accenni alla ricolonizzazione da parte del bosco vicino. In località Vignetta e Burcana sono presenti filari di vigneti, ma le scarse estensioni e le frammentazioni ne fanno una coltura poco rappresentativa e pertanto cartograficamente è stato scelto l'oliveto terrazzato.
- 2.5 EX COLTIVI rappresentano tutti quei terreni agricoli sotto utilizzati da parte dell'uomo con basso indice di meccanizzazione, dove prevale la naturalità come ad esempio sviluppo di arbusti ed erbacce, ma con tracce ancora evidenti delle colture agrarie. Vi sono molti oliveti che risultano non lavorati anche se la destinazione d'uso del suolo resta la coltura permanente arborea.

3. TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI

3.2 ZONE BOSCADE

Comprendono circa il 40 - 45% del territorio una gran parte del quale è occupata da boschi misti di latifoglie e conifere con accentuata caratteristica di termofilia con un buon grado di copertura (dal 50 al 100%) con funzione principalmente protettiva

Le pinete termofile, in gran parte danneggiate dal fuoco, occupano le propaggini più basse del bacino e non compaiono più allo stato puro ma consociate con leccio, roverella, orniello e castagno nelle vallecole e nei versanti più freschi. Lungo le strade e le aperture collinari prevalgono popolamenti di robinia che hanno preso il deciso sopravvento sulle formazioni vicine.

3.3 ZONE CARATTERIZZATE DA VEGETAZIONE ARBUSTIVA

Sono superfici con caratteristiche naturali dove le formazioni arbustive si sono differenziate o dopo incendi boschivi o su vecchi prati abbandonati; in genere trattasi di aree improduttive in fase evolutiva verso forme più stabili.

3.4 ZONE CON VEGETAZIONE RADA O ASSENTE

3.4.1 *SPIAGGE – DUNE* comprendono la fascia del litorale caratterizzata da spiagge su cui insistono stabilimenti balneari.

3.4.4 Le aree percorse da incendi boschivi non sono state cartografate in quanto l'azione del fuoco si è registrata prima dei due anni previsti in legenda.

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

ZONE UMIDE (piccole porzioni di territorio lungo le aste dei torrenti) non cartografabili per le modeste dimensioni.

2.6 Descrizione della rete idrografica

2.6.1 Sopralluogo dell'asta principale: Rio Molinero

Di seguito si descrivono brevemente le caratteristiche del Rio Molinero nel tratto che attraversa il tessuto urbano, con un'attenzione particolare per i tratti critici rilevati.

2.6.1.1 L'asta urbanizzata

Il tratto urbanizzato del Rio Molinero, compreso tra il ponte autostradale e lo sbocco a mare, ha una lunghezza di circa 1,5 km e pendenza media dell'ordine del 1%.

Lungo tale asta, partendo dal ponte autostradale e procedendo verso valle, si rilevano alcuni tratti critici del torrente che ne hanno determinato l'esondazione in seguito ad eventi di precipitazione anche non particolarmente intensi come nel caso dell'evento del 25 Settembre 1995.

Tali tratti critici sono essenzialmente dovuti a restringimenti di sezione e, in particolare, sono ubicati in corrispondenza del ponte di accesso al Polo Accademico, della copertura dello stadio, dell'imbocco della copertura del parco ferroviario e del ponte dell'Aurelia.

A monte del ponte autostradale si rileva la presenza di una strada che conduce alla località Ca di Bò restringendo notevolmente l'alveo. Nel tratto sopra menzionato vi è la presenza di due ponti, entrambi in cemento armato, che riducono la luce libera del torrente; il fondo dell'alveo è naturale e presenta una pendenza di circa 1.3%.

Il tratto compreso tra l'imbocco della copertura in prossimità dell'accesso universitario e il campo sportivo ha una sezione costituita, nei primi 19 m, da due fornic di larghezza pari a 4 m e altezza pari a 1.70 m, che si alzano successivamente fino a 3.30 m. Dall'ingresso della copertura, sotto lo stadio, fino alla fine di questa la sezione torna ad essere costituita da un unico fornice di larghezza pari a 7.70 m e altezza crescente da 2 m a 3.10 m. Sul fondo plateato si sono riscontrati, durante il sopralluogo, copiosi depositi sia di materiale sabbioso sia di legni e tronchi; inoltre nella parte terminale di questo tratto di copertura la soletta costituita da mattoni forati e travi in c.a. risulta danneggiata. Questo è segno che durante le piene verificatesi nel passato la copertura ha funzionato in pressione.

Successivamente è presente un tratto non coperto di circa 280 m, lungo il quale sono presenti tre briglie, che riducono molto la pendenza, e alcune zone golenali con presenza di canne e arbusti. La sezione in questo tratto è sensibilmente più larga, risultando di circa 13 m. L'ultimo tratto tombinato, fino all'uscita del parco ferroviario, è caratterizzato da due parti significative per quanto riguarda le dimensioni delle sezioni. La prima ha sezioni larghe da 6 m a 8.50 m e alte da 3.40 m a 3.60 m, mentre la seconda presenta sezioni ad arco alte mediamente 5.0 m e larghe mediamente 8.0 m.

Nel tratto terminale del corso d'acqua si trova il ponte dell'Aurelia: l'alveo è caratterizzato da sezioni molto larghe prima e dopo il ponte e da sezioni a due fornici di larghezza $4.20 \div 4.50$ m e altezza $2.30 \div 1.40$ m sotto il ponte stesso.

2.6.1.2 Tratti Critici

2.6.1.2.1 Ponte di accesso al Polo Accademico

La sezione in corrispondenza del ponte di accesso al Polo Accademico, rappresenta la prima sezione critica incontrata dal corso d'acqua da monte verso valle poiché, in coincidenza di tale ponte, si registra un brusco restringimento che ostacola il regolare deflusso delle acque. Il suddetto ponte, infatti, dimensionato per il transito di mezzi pesanti militari, è caratterizzato da un impalcato di elevato spessore, dalla presenza di una robusta pila centrale e da una modesta altezza dell'intradosso rispetto al fondo alveo.

La criticità di questa sezione è, inoltre, incrementata dal fatto che essa coincide con l'imbocco della copertura dello stadio comunale Bacigalupo. 2.6.1.1 Copertura Polo Accademico - stadio



Figura 2.6.1.1 Rio Molinero - Imbocco della passerella di accesso al polo Accademico, si noti la spessa pila centrale e le ridotte dimensioni della luce e, in sponda destra, la rete metallica che sostituisce il muro crollato durante la piena del 25 settembre.

Dal sopralluogo eseguito, si è stimata una lunghezza della copertura di circa 325 m, con sezioni che si mantengono di forma rettangolare, ma che variano le proprie dimensioni sia in altezza che in larghezza; il fondo è costituito da tratti di calcestruzzo alternato a tratti ricoperti da inerti di diversa granulometria; gli argini sono in calcestruzzo. La criticità idraulica di questo tratto di copertura è legata oltre che alle variazioni geometriche delle sezioni a discontinuità dovute alla presenza di salti di fondo e di tubazioni sospese che attraversano trasversalmente la copertura, riducendone in modo significativo la sezione utile.

La soletta presenta tratti di diversa fattura: alcune parti sono realizzate con travetti di cemento armato precompresso, mentre altre sono in travetti in latero-cemento e pignatte. I travetti in precompresso sono di posa recente e sono stati inseriti al posto di una parte di solaio preesistente, le cui volterrane si sono frantumate nel 1995 a seguito sia degli urti dei detriti trasportati in sospensione dalla corrente, sia della pressione esercitata dall'acqua sull'intradosso della copertura, in quanto, nel corso dell'evento, il livello dell'acqua ha occupato l'intera sezione, tramutando il deflusso a pelo libero in deflusso in pressione.

Nel tratto iniziale, inoltre, è stata rilevata la presenza di un setto che divide in due parti la sezione per dare l'appoggio al solaio della copertura soprastante; ciò determina condizioni di convergenza da una parte e, ovviamente, di divergenza dall'altra, provocando in quest'ultimo caso una diminuzione di velocità e quindi un maggiore deposito di materiale di trasporto. In ogni caso il setto divisorio induce una condizione di Rischio conseguente all'accumulo di materiale in coincidenza dello stesso, che contribuisce alla formazione di un'ulteriore ostruzione al deflusso delle acque.

2.6.1.2.3 Imbocco copertura e copertura sotto parco ferroviario Doria.

La copertura si estende per una lunghezza di circa 275 m, nel corso dei quali le sezioni variano continuamente, sia nelle dimensioni che nella forma, passando da semicircolari (allo sbocco) a rettangolari (all'ingresso). Alcune sezioni sono ridotte dalla presenza di tubazioni fognarie e di servizi.

Anche il fondo muta continuamente, alternando tratti plateati in calcestruzzo a tratti ricoperti di ghiaia e ciottoli di differente granulometria; gli argini sono realizzati parte in muratura di mattoni, parte in conglomerato cementizio.

Durante la visita di sopralluogo si è rilevata la presenza di tubazioni connesse all'intradosso della copertura in direzione trasversale a quella di deflusso dell'acqua sulle quali sono ancora visibili dei residui del trasporto solido dovuto ai trascorsi eventi di piena.



Figura 2.6.1.2 Rio Molinero - Imbocco della copertura del parco ferroviario. l'alveo ha sezione rettangolare, ma procedendo verso valle si possono osservare quattro cambi di sezione



Figura 2.6.1.3 Rio Molinero - Sbocco della copertura del parco ferroviario: si osservi l'alveo ingombrato dalla vegetazione. Il tratto si trasforma in caso di piena in una vasca di ferma.

2.6.1.2.4 Ponte Via Aurelia

In pianta il ponte presenta dimensioni pari a circa 12 m di lunghezza e 18 metri di larghezza. Il ponte utilizzato attualmente, è stato costruito in tempi diversi, come si può rilevare osservando i differenti materiali impiegati; l'impalcato di acciaio chiodato, costituente la corsia di monte, risale alla fine del 1800, mentre la corsia di valle, realizzata successivamente intorno al 1950, è in calcestruzzo armato.

In corrispondenza di questa sezione si rilevano interventi tali da aumentare la luce utile della sezione. In particolare sono stati spostati due condotti della rete fognaria ($\Phi \cong 80$ cm) da sotto l'impalcato del ponte al suo fianco, prolungando il setto centrale per fornirgli un appoggio in mezzaria.

Si può altresì osservare come la presenza delle travi principali dell'impalcato renda discontinuo l'intradosso del ponte aumentando il Rischio associato al trattenimento del trasporto di superficie durante gli eventi di piena.

Durante l'evento del 1995, la suddetta sezione è stata una delle cause determinanti l'inondazione della zona a mare, in quanto parte della portata che questa sezione non è riuscita a smaltire ha sormontato l'impalcato.

Tale sezione rappresenta la situazione di maggior criticità, poiché l'esondazione del rio in corrispondenza di questa determina l'inondazione di una strada di collegamento principale, quale la Via Aurelia, l'allagamento di alcune case in sponda sinistra a monte del ponte, nonché del piazzale di accesso alla caserma dei Vigili del Fuoco, ostacolando gli interventi di soccorso.



Figura 2.6.1.4 Rio Molinero – Ponte sulla Via Aurelia visto da valle. Si osservano le tubazioni poste all'altezza dell'impalcato del ponte. In lontananza si scorge il ponte antico a schiena d'asino

2.6.2 Sopralluogo piccoli bacini del Rio Molinero

2.6.2.1 Dal Torrente Quiliano al Rio Molinero



Figura 2.6.1.5 Rio Molinero – Ponte dell'Aurelia visto da monte. Si osservi, rispetto alla figura precedente, il diverso assetto dell'impalcato, la ringhiera, la pila centrale e la plateazione in calcestruzzo

2.6.2.1.1 Scolo Giardini Levratto

Procedendo dalla foce del Torrente Quiliano verso Savona, nel quartiere di Zinola presso i Giardini Levratto, si trova sulla spiaggia un rilevato in cemento armato di forma rettangolare per lo scarico delle acque. Il cunicolo ha dimensioni 100 cm per 120 cm di altezza. Le condizioni dell'alveo appaiono discrete.



Figura 2.6.2.1- scolo acque



Figura 2.6.2.2- interno del cunicolo per lo scolo delle acque

2.6.2.1.2 Rio Nostra Signora Del Monte

Il bacino del Rio N.S. del Monte si sviluppa nella zona di ponente dell'abitato di Savona lungo il percorso dell'autostrada Savona-Torino. Il rio ha sbocco a mare sulla spiaggia tra i bagni Stella Marina e i bagni Lido Azzurro.

La dimensione della sezione rettangolare è di 140 cm per 110 cm di altezza.



Figura 2.6.2.3- Rio N.S. Del Monte: immagine dello sbocco al mare

2.6.2.1.3 Scolo Acque Presso Bagni La Playa

Proseguendo verso il Rio Molinero, tra i Bagni La Playa e la spiaggia libera si trova un tubo di diametro 60 cm in calcestruzzo rinfiancato. Come si può notare il tubo risulta in gran parte insabbiato.



Figura 2.6.2.4- scolo acque presso i Bagni La Playa

2.6.2.1.4 Rio Madonna Del Monte

Il bacino del Rio Madonna del Monte si trova nella zona occidentale della città di Savona, attraversando località Madonna del Monte, tra i bagni La Playa e il Dopolavoro Ferroviario.

La sezione allo sbocco a mare si presenta a sezione rettangolare ed è un rilevato in cemento armato di dimensioni 200 cm per 80 cm di altezza.

Le condizioni in cui versano l'alveo e le pareti del rio non sono buone: i copriferri del calcestruzzo sono consumati, esponendo, quindi, i ferri delle armature agli agenti atmosferici, mentre il fondo è interessato dalla presenza di rifiuti e depositi di materiale di varia pezzatura.

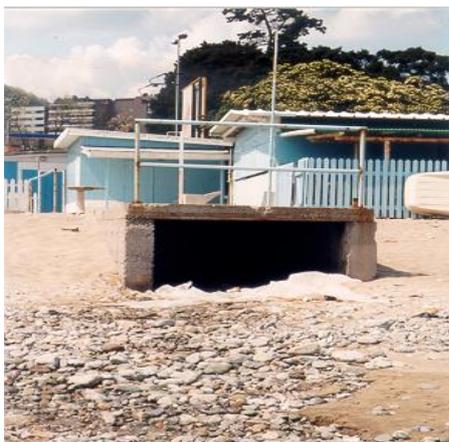


Figura 2.6.2.5- Rio Madonna del Monte: sbocco a mare.

2.6.2.1.5 Rio Dopolavoro Ferroviario

Proseguendo verso il Rio Molinero si incontra uno scarico delle acque, localizzato presso il Dopolavoro ferroviario. Trattasi di tubo in calcestruzzo di diametro 60 cm rinfiacato. Si nota una rottura in due tronconi sulla spiaggia in seguito ad una mareggiata avvenuta nella primavera del 98.



Figura 2.6.2.6 - Rio dal Dopolavoro Ferroviario: sbocco a mare

2.6.2.1.6 Rio Ferriere

Sempre nella zona occidentale di Savona, procedendo verso il Rio Molinero, presso i Bagni Lido dei Pini si trova un rilevato in calcestruzzo di dimensioni 210 cm per 100 cm di altezza, che drena le acque bianche della zona circostante.

Come si può vedere nella figura 2.6.2.7, risalente circa un mese prima della data del sopralluogo, al di sopra dell'impalcato del cunicolo è stata costruita una struttura temporanea usata dai bagnini della spiaggia.



Figura 2.6.2.7- Rio Ferriere: sbocco a mare

Nell'avvicinarsi della stagione balneare, lo sbocco del rio Ferriere è stato mascherato alla vista dei bagnanti da pesanti pannelli, che hanno anche la funzione di evitare l'eventuale ingresso dentro la copertura da parte di bambini, come si può notare nella figura 2.6.2.8 scattata durante un successivo sopralluogo.

Tale soluzione comporta, comunque, una situazione di Rischio idraulico in caso di piene estive.



Figura 2.6.2.8 - Rio Ferriere: particolare dei pannelli posti davanti allo sbocco

2.6.2.1.7 Rio Delle Quattro Stagioni

Il bacino idrografico del Rio delle Quattro Stagioni si sviluppa nella zona occidentale dell'abitato di Savona, in località Moltedo, subito a ovest del Rio Molinero.

La superficie del bacino occupa un'area poco superiore al km². Il rio scorre essenzialmente per quasi tutto il suo percorso a pelo libero, risultando tombinato sotto il parco ferroviario e in pochissimi altri brevi tratti.

Nel sopralluogo si è indagato il tratto del Rio delle Quattro Stagioni compreso tra la foce a mare e l'inizio della copertura a monte della ferrovia.

2.6.1.7.1 Rio delle Quattro Stagioni alla foce

Il Rio delle Quattro Stagioni nel tratto terminale, tra il ponte dell'Aurelia e la foce, scorre in un alveo rivestito in calcestruzzo.

La sezione è larga 440 cm e rimane costante dal ponte dell'Aurelia al mare. Il rio in questo tratto presenta un andamento rettilineo con pendenza veramente modesta. (figura 2.6.2.9)

Le condizioni di pulizia dell'alveo sono relativamente buone; si rileva solo la presenza di depositi di sabbia in prossimità dello sbocco.



Figura 2.6.2.9 - Rio delle Quattro Stagioni: visione verso monte dallo sbocco a mare

2.6.1.7.2 Rio delle Quattro Stagioni dal ponte dell'Aurelia

Il ponte dell'Aurelia crea una situazione di criticità: la sezione del rio risulta, infatti, fortemente diminuita dalla copertura. Le dimensioni della sezione in corrispondenza del ponte sono di 440 cm per 130 cm di altezza. (figura 2.6.2.10 e 2.6.2.11)



Figura 2.6.2.10 - Rio delle Quattro stagioni: sezione dal ponte dell'Aurelia.



Figura 2.6.2.11- Rio delle Quattro stagioni: particolare della sezione sotto il ponte dell'Aurelia: è determinabile visivamente la riduzione della sezione del rio

Sotto il ponte si nota un ulteriore motivo per la criticità della sezione. Sono presenti due scoli, sia a destra che a sinistra, che raccolgono le acque bianche dalla zona circostante e che sono causa nell'eventualità di una piena di forti correnti trasversali che possono creare intralcio al deflusso della corrente principale.

Come si vede nelle due figure seguenti, nel lato sinistro della sezione è visibile un'apertura rettangolare di dimensioni 70 cm di larghezza per 50 cm di altezza (figura 2.6.2.12), mentre nel lato destro un'apertura semicircolare di 45 cm di raggio (figura 2.6.2.13).



Figura 2.6.2.12- Rio delle Quattro stagioni: particolare sezione sinistra



Figura 2.6.2.13- Rio delle Quattro stagioni: particolare sezione destra

2.6.2.2 Sbocchi a mare presenti tra la foce del T. Letimbro e del Rio Molinero

E' stato effettuato un sopralluogo lungo il tratto di costa tra la foce del Torrente Letimbro e la foce del rio Molinero, nel comune di Savona, al fine di valutare la presenza di sbocchi a mare di corsi d'acqua di una certa consistenza e per valutare le condizioni idrauliche e strutturali in cui versano tali sbocchi.

Il sopralluogo ha messo in evidenza la quasi assenza di corsi d'acqua di una notevole rilevanza idraulica, in quanto gli scoli incontrati rappresentano principalmente scarichi di fognature bianche che drenano a mare le acque raccolte nell'abitato di Savona.

2.6.2.2.1 Fosso Colatore S. Cecilia

Trattasi di un rio di scolo delle acque bianche che sfocia a mare tra gli stabilimenti balneari Bagni Colombo e Bagni Olimpia.

Il rio attraversa il tessuto urbano in copertura, fuoriesce dal muraglione che divide la spiaggia da Corso Vittorio Veneto e dopo circa 35 m di percorso sull'arenile sfocia in mare.

La sezione allo sbocco ha geometria rettangolare, con larghezza di circa 2 m e altezza circa 1,5 m (figura 2.6.2.14).



Figura 2.6.2.14– Fosso colatore S. Cecilia: sezione di sbocco a mare. Da notare la regolarizzazione della bocca ottenuta con muretti in c. a.

Come si può vedere dalla figura, lo sbocco è protetto da due alte sponde costituite da muri in cemento armato, i quali hanno permesso la stabilizzazione dei volumi di sabbia delle due spiagge circostanti, che altrimenti sarebbero certamente asportati o modellati dalle acque trasportate dal S. Cecilia.

Per nascondere il rio alla vista dei bagnanti e per evitare miasmi provenienti dalle acque stagnanti, il rio è stato coperto per tutto il tratto in cui attraversa l'arenile da tendoni e assi di legno.

2.6.2.2.2 - Scoli a mare della spiaggia libera dopo Bagni Cavour

Proseguendo sulla spiaggia in direzione del rio Molinero si giunge nella spiaggia libera dopo i Bagni Cavour.

In questa spiaggia ci sono due sbocchi di rii di entità non rilevante. Il primo sbocco è costituito da una grata in metallo che sovrasta un pozzetto in calcestruzzo, al cui interno sono riconoscibili l'ingresso da monte dello scolo nel pozzetto, costituito da una volta alta 1.70 m e larga 1 m, e il tubo in calcestruzzo di diametro pari a 80 cm che convoglia l'acqua sotto l'arenile (figura 2.6.2.15).



Figura 2.6.2.15 – Pozzetto dello scolo della spiaggia libera dopo i bagni Cavour.

Il secondo sbocco è costituito da un'apertura che corre sotto il muraglione di Corso Vittorio Veneto. Tale apertura versa in condizioni di degrado accentuate (fig. 2.6.2.16).



Figura 2.6.2.16 – Particolare del secondo sbocco presente sulla spiaggia libera dopo i Bagni Cavour.

2.6.2.2.3 - Fosso colatore nella zona deposito locomotori FF.SS.

Trattasi di n. 2 tubi di cemento con diametro di 50 cm con bauletto in calcestruzzo di 1.5 m di larghezza (figura 2.6.2.17), che corrono lungo l'arenile dei Bagni Italia per circa 23 m dal muraglione.

L'ubicazione dello sbocco, come si può vedere dalla figura si trova proprio sotto il trespole del bagnino della spiaggia.



Figura 2.6.2.17 – Fosso colatore della zona Deposito Locomotori FF.SS.: sbocco a mare nella spiaggia dei Bagni Italia.

2.6.2.2.4 - Fosso Colatore S. Antonio

Proseguendo verso la foce del rio Molinero si incontra un ulteriore sbocco a mare tra i Bagni S. Antonio e la successiva spiaggia libera.

Si tratta di un cunicolo a geometria rettangolare in calcestruzzo armato avente dimensioni di m 2.15 di larghezza e m 1.10 di altezza (figura 2.6.2.18), che sfocia direttamente sull'arenile.



Figura 2.6.2.18 – Fosso colatore S. Antonio: sezione di sbocco. Da notare il degrado del calcestruzzo della copertura del cunicolo, ove si può vedere che ormai il copriferro è interamente consumato esponendo così il ferro delle armature agli agenti atmosferici.

2.6.2.2.5- Scarico acque in Località Crocetta

Prima di incontrare il rio S. Cristoforo e poi il rio Molinero, tra la spiaggia libera e i Bagni Crocetta si incontra un ulteriore sbocco a mare (figura 2.6.2.19), che sfocia proprio in prossimità della spiaggia.

Le dimensioni dell'apertura sono di circa 50 cm di larghezza per 80 cm di altezza.



Figura 2.6.2.19 – Scarico località Crocetta: sezione di sbocco. Da notare lo stato di abbandono in cui versa la spiaggia.

2.6.2.2.6 - Rio S. Cristoforo

L'ultimo sbocco a mare che si incontra prima di giungere al Rio Molinero è il Rio San Cristoforo.

Tale bacino ha una superficie di circa 1 km² ed ha una forma allungata: l'asta del rio scorre quasi parallela al tratto terminale del rio Molinero.

Come si evince dalla figura 2.6.2.20, il materiale trasportato è costituito essenzialmente da sabbie e da ciottoli di piccola pezzatura. Le condizioni di pulizia dell'alveo appaiono discrete.



Figura 2.6.2.20 – Rio San Cristoforo:
sbocco a mare

2.7 Idrologia di piena

2.7.1 Premessa

Nell'ambito della pianificazione di bacino, ai sensi del D.L. 180/98, al fine di individuare aree a diversa pericolosità idraulica e di determinare le portate di progetto, è necessario associare ai valori di portata al colmo di piena una probabilità di accadimento, o in altri termini, un tempo di ritorno.

Al fine di descrivere in termini probabilistici le portate di piena la Regione Liguria ha stipulato con l'Università di Genova - Centro di Ricerca in Monitoraggio Ambientale (CIMA) una convenzione relativa alla "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri (luglio 1999)"; lo studio fornisce i valori al colmo di piena relativi a diversi periodi di ritorno dei corsi d'acqua con foce sul litorale tirrenico, ed è la base dati su cui si fondano le successive analisi idrauliche di questo piano stralcio. Per bacini con superficie compresa tra 0 e 10 km², viene utilizzato il metodo semplificato come riportato nello studio suddetto e nella presente relazione di piano.

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];

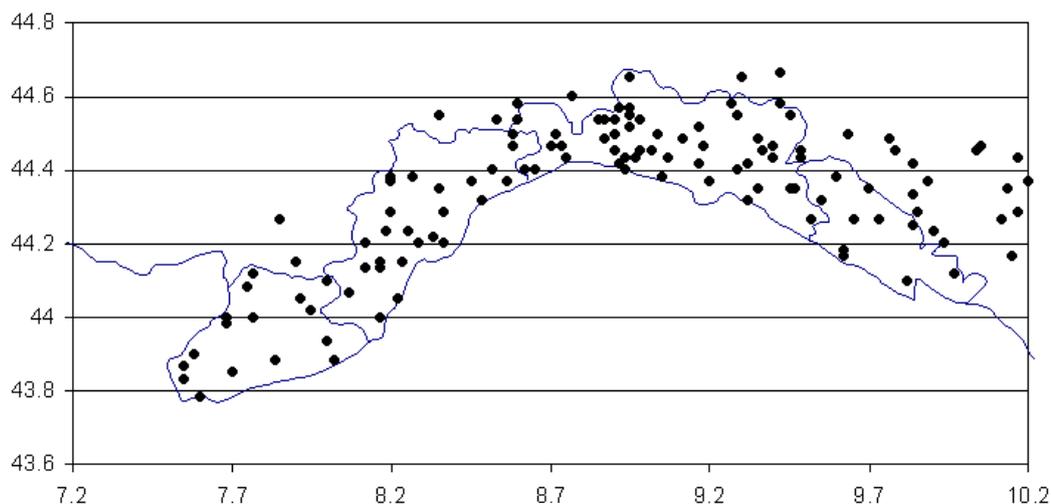
- dalle curve opportunamente rese dimensionali per le sezioni di interesse sono stati desunti i valori di portata al colmo di piena per differente periodo di ritorno T.

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	5
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 BELENDIA	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	43.3	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	6
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	52
111	TIGLIETO	44.32	3.51	500	15
112	URBE	44.3	3.52	500	24
113	VIOZENE	44.07	4.41	1248	22
114	BEDONIA	44.3	2.49	544	44
115	BORGO VAL DI TARO	44.29	2.41	411	21
116	S. MARIA DEL TARO	44.26	2.58	744	37
117	STRINABECCO	44.27	2.58	800	27
118	VALDENNA 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:

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

K_T coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno.

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

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

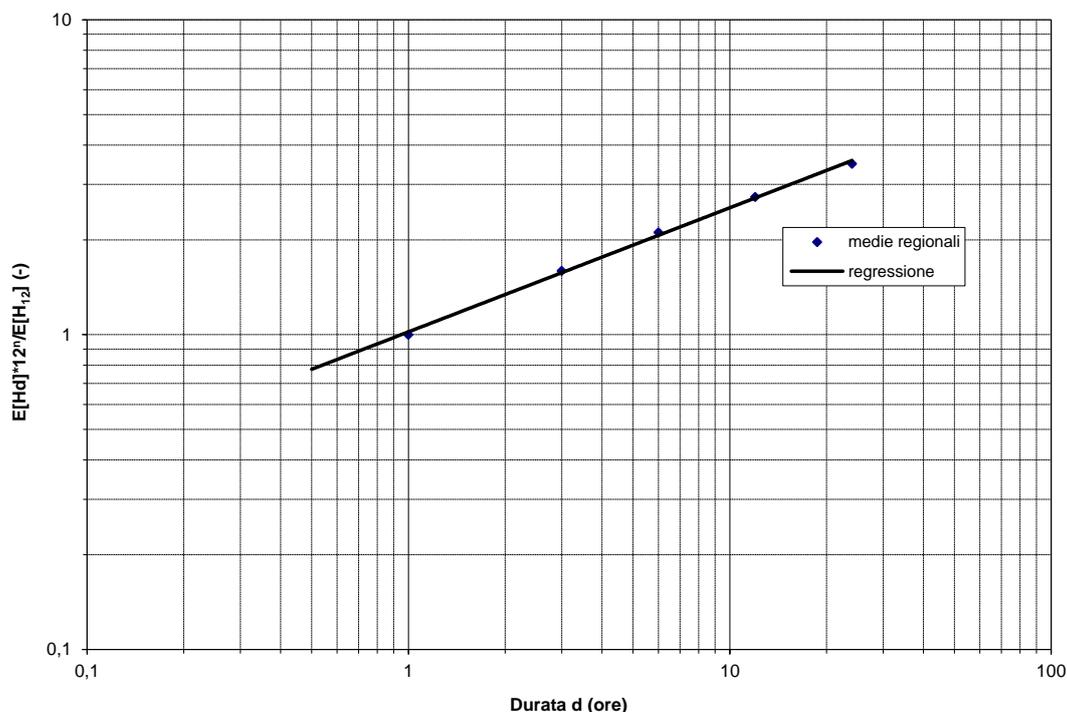
Il valore dell'esponente n si ricava tenendo conto del fatto che per i valori attesi l'equazione precedente assume la forma:

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

con:

d durata di interesse in ore.

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



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

$E[H_1] = \frac{E[H_{12}]}{12^{0.39}}$ da inserire nell'espressione della LSPP. Il parametro legato al tempo di

ritorno K_T può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita in figura precedente. Entrando con il tempo di ritorno T sulle ordinate si incrocia la curva e si legge sulle ascisse il valore cercato del parametro. Per comodità di lettura, in Tabella 2 sono riportati i valori di K_T per i periodi di ritorno più comunemente utilizzati nella progettazione di opere idrauliche. A questo punto la LSPP risulta completamente caratterizzata, in quanto

sono noti tutti i parametri che entrano nell'espressione (1). Di seguito si riporta un esempio di applicazione della procedura per la stima delle LSPP.

Si procede come segue:

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

4. la LSPP assume quindi la forma:

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

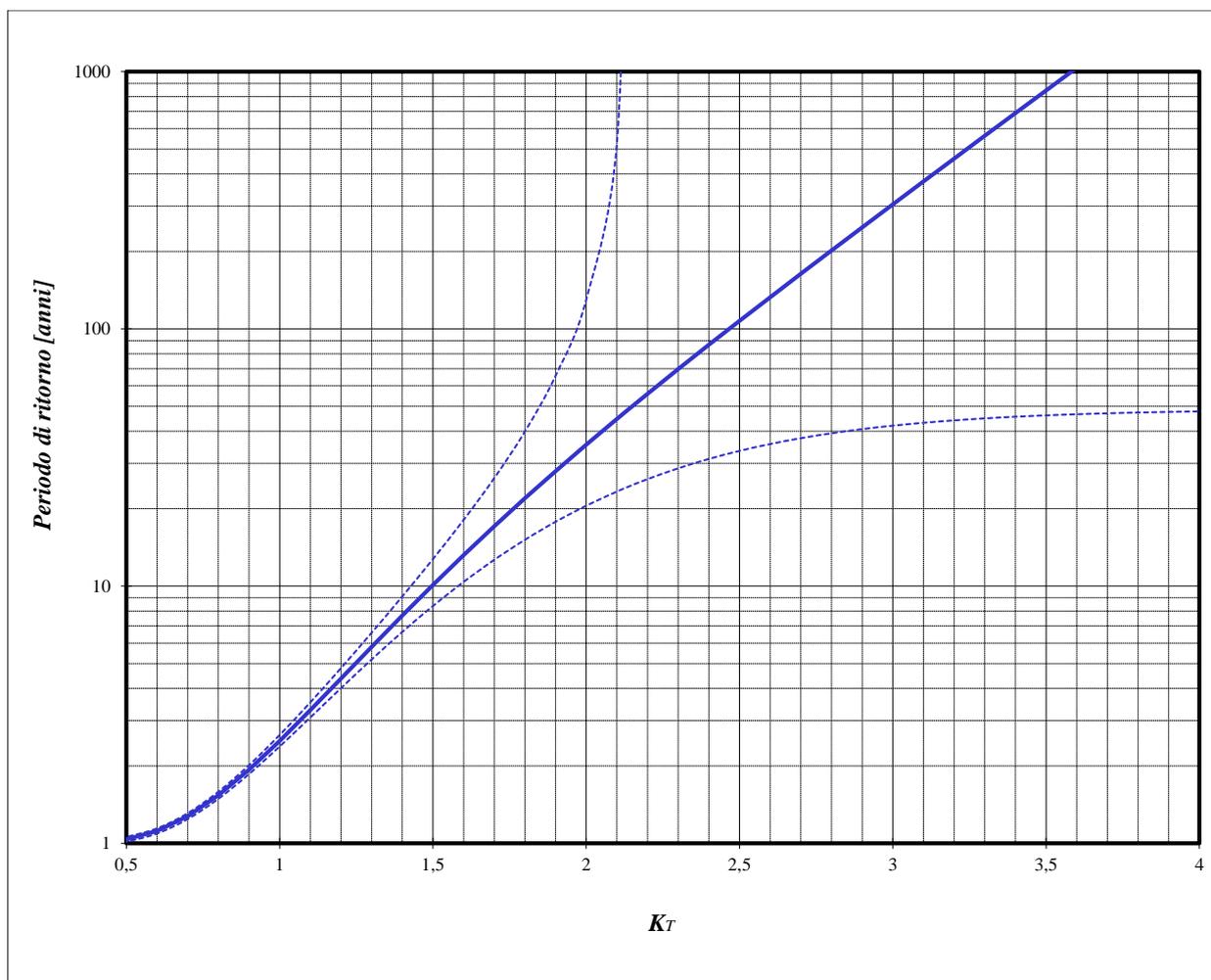
Tabella 1: valore del parametro pioggia indice per il Bacino del torrente Molinero Esso è tabellato in funzione della longitudine. Per valori di longitudine intermedi il valore pioggia indice si può ottenere per interpolazione lineare.

Longitudine		$E[H_1]$
Gradi	primi	mm
8	25	39.2
8	27.5	39.6
8	30	39.9

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

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

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



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 ragguglio areale, e costituisca altresì un insieme morfologicamente omogeneo, cioè tale che i coefficienti di deflusso che caratterizzano gli eventi estremi dipendano soltanto dalle precipitazioni antecedenti, dall'entità delle altezze di pioggia che caratterizzano l'evento

e dall'estensione del bacino. Da studi idrologici recenti emerge con evidenza che tali ipotesi non possono essere ritenute valide nella nostra regione, per cui l'utilizzazione della curva inviluppo nella sua forma attuale deve essere abbandonata come strumento progettuale perché induce condizioni di rischio non omogenee nelle diverse zone della regione e non consente valutazioni del periodo di ritorno associato alla portata di progetto.

La relazione analitica che descrive la curva di inviluppo aggiornata in conseguenza della piena dell'ottobre 1970 a cura dell'ing. Cati è la seguente:

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

dove:

q: contributo unitario

[m³/s·km²]

A: superficie del bacino

[km²]

Per bacini di estensione minore di 2 Km² si applica il massimo contributo unitario pari a 40 [m³/s·km²]

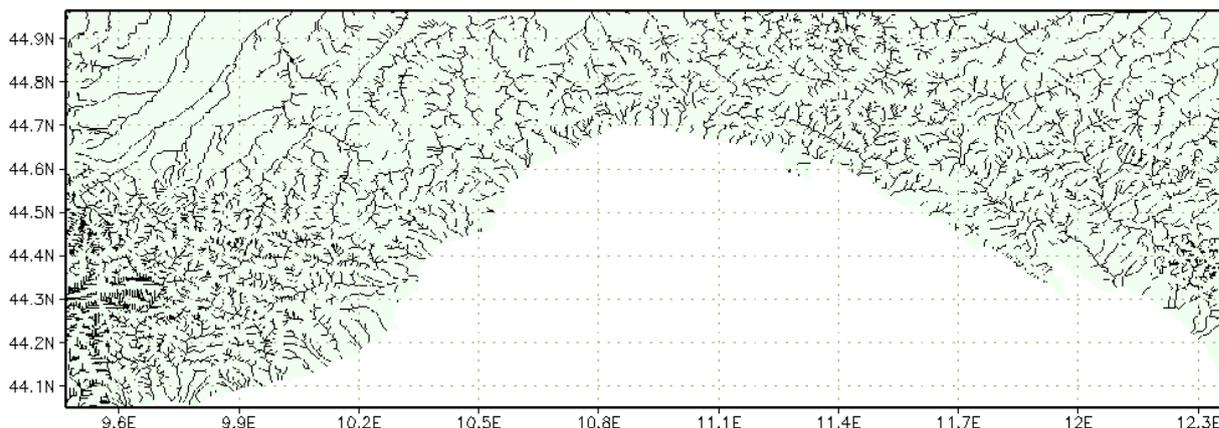
2.7.4.2 Determinazione delle portate al colmo di piena (CIMA 1999)

Il modello afflussi deflussi, chiamato DRiFt (Discharge River Forecast), utilizzato nello studio "C.I.M.A." è stato sviluppato nell'ambito dell'analisi della risposta idrologica a scala di bacino, incentrata principalmente sulla simulazione e previsione di idrogrammi di piena. La tendenza attuale della modellazione è indirizzata verso modelli sempre più complessi il cui intento è quello di riprodurre con maggiore accuratezza i processi fisici di interesse; spesso però una sofisticata descrizione di tali processi porta a benefici non paragonabili alla complessità dei modelli. D'altra parte bisogna riconoscere che l'eccessiva semplificazione di alcuni metodi tradizionali (formula razionale) e i metodi usualmente utilizzati per la progettazione (curva inviluppo dei contributi unitari delle portate al colmo di piena) non tengono in conto aspetti importanti quali la variabilità spaziale delle piogge, delle caratteristiche del suolo e della struttura topografica del sistema. Il modello si propone come 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.

2.7.4.2.1 Piccoli bacini con dimensioni da 2 a 10 Km² (CIMA 1999)

La stima della portata al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno per le sezioni di corsi d'acqua che 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 km²:

- 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:

$$Q_{2,9} = C_Q \cdot A \cdot (0.25 + 0.27 \cdot A^{1/2})^{-0.48} \quad [m^3s^{-1}];$$

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

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2,9} \quad [m^3s^{-1}];$$

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	25	7.28	6.07	4.65	4.08
8	27.5	7.36	6.14	4.7	4.13
8	30	7.44	6.21	4.75	4.17

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

2.7.4.2.2 Piccoli bacini con dimensioni minori di 2 Km² (CIMA 1999)

Onde evitare la tendenza – legata alla descrizione matematica delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica – a produrre precipitazioni di intensità tendente ad infinito in corrispondenza a durate tendenti a zero, si suggerisce di adottare, per bacini aventi area minore di 2 km², un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 km².

In questo caso il valore di portata è pari a:

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

nella quale A è la superficie drenata espressa in km², $U_{A=2}$ è il contributo unitario per area pari a 2 km², espresso in m³s⁻¹km⁻², e K_T il fattore di frequenza delle portate fornito in Tabella 1. Il coefficiente $U_{A=2}$, espresso in m³s⁻¹km⁻², è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, della Tabella 2.

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

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

Longitudine	Bacino Tipo				
Gradi	primi	A	B	C	D
8	25	9.07	7.57	5.79	5.09
8	27.5	9.17	7.66	5.86	5.15
8	30	9.28	7.74	5.93	5.20

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

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

La fase di verifica della documentazione tecnica relativa ai Piani 180/98 approvati con D.C.P. 43 del 28/10/2002, svolta a seguito del parere vincolante di Regione Liguria e dell'attuazione delle linee di pianificazione previste nel piano stesso, ha determinato la necessità di

riordinare la metodologia di calcolo delle portate al colmo di piena, cui fa riferimento la Normativa di Piano, in alcuni casi specifici che presentavano difformità del valore di portata rispetto alla metodologia suggerita nel piano stesso.

Si riportano di seguito i valori di portata al colmo di piena approvati dal Comitato Tecnico Provinciale nella seduta dell'11/09/2003.

BACINI IDROGRAFICI CON FOCE AL MAR TIRRENO CON AREA TRA I 5 E 10 Km²								
PORTATA AL COLMO DI PIENA, Q[m³s⁻¹]								
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			VALORI DI Q [m³s⁻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
Molinero	Mar Tirreno	5	20	70	80	100	120	150

Corso d'acqua	Sezione	Superficie bacino [Km. ²]	Classe bacino	Long. Gradi Sessage simali	Cq	Portata [m ³ s ⁻¹]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Molinero	63	4.3	C	8°27'	4.70	69	105	132
Molinero	34	4.8	C	8°27'	4.70	80	120	150

Valori delle portate al colmo di piena per il torrente Molinero (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; per quanto riguarda la determinazione dell'area scolante si è ritenuto di chiudere il bacino imbrifero all'imbocco della copertura in ragione del fatto che nel tratto fino alla foce non si verificano significativi contributi alla portata.

PICCOLI BACINI IDROGRAFICI LOCALIZZATI IN PROVINCIA DI SAVONA								
PORTATA AL COLMO DI PIENA, Q[m³s⁻¹]								
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			VALORI DI Q [m³s⁻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 S.Cristoforo	Mar Tirreno	2	16	21	29	48	57	70

Corso d'acqua	Sezione	Superficie bacino [Km. ²]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	U _A	Portata [m ³ s ⁻¹]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio S.Cristoforo	1	0.5	C	8°27'	5.86	10	15	18
Rio S.Cristoforo	19	1	C	8°27'	5.86	20	30	35

Valori delle portate al colmo di piena per il rio S.Cristoforo (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 Molinero (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	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. ²]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	C _q	Portata [m ³ s ⁻¹]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Molinero	63	4.3	C	8°27'	4.70	69	105	132
Molinero	34	5.8	C	8°27'	4.70	80	120	150

Valori delle portate al colmo di piena per il torrente Molinero

Corso d'acqua	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. ²]	Classe bacino	Long. Gradi Sessagesimali	U _A	Portata [m ³ s ⁻¹]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio S.Cristoforo	1	0.5	C	8°27'	5.86	10	15	18
Rio S.Cristoforo	19	1	C	8°27'	5.86	20	30	35

Valori delle portate al colmo di piena per il rio S.Cristoforo

Corso d'acqua	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. ²]	Classe bacino	Long. Gradi Sessage simali	U _A	Portata [m ³ s ⁻¹]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio Galletto	5	0.4	C	8°27'	5.86	8	12	15

Valori delle portate al colmo di piena per il rio Galletto

Corso d'acqua	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. ²]	Classe bacino	Long. Gradi Sessage simali	U _A	Portata [m ³ s ⁻¹]		
						T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Rio delle Quattro Stagioni	1	0.91	C	8°27'	5.86	18	26	32

Valori delle portate al colmo di piena per il rio delle Quattro Stagioni

3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

3.1 Premessa

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

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

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

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

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

I bacini dell'ambito presentano una relativa indipendenza ed autonomia di situazioni nel senso che la loro parte pedemontana, risulta in genere ben delimitata da spartiacque, anche se, sotto l'aspetto idrologico la viabilità minore sia attiva sia abbandonata, svolge spesso funzione di collettore delle acque di scorrimento superficiale da un bacino al bacino contiguo. Nella porzione terminale, pianeggiante, viceversa, l'intensa urbanizzazione con successive canalizzazioni dei corsi d'acqua, fa sì che i limiti di bacino siano spesso indistinguibili.

Una delle peculiarità dell'ambito è che esso si sviluppa prevalentemente lungo la fascia costiera, costituita da territorio intensamente antropizzato cui è difficile applicare le categorie della geomorfologia classica.

In questo territorio costruito, l'evoluzione geomorfologica dipende principalmente dall'intervento antropico, dalla tipologia di sistemazione storica (manufatti idraulici, muri di contenimento, terrazzamenti) e dallo stato di efficienza e manutenzione dei manufatti.

L'analisi incrociata delle carte della Suscettività al Dissesto di Versante, della Franosità reale e delle Fasce di inondabilità assieme alle considerazioni sui possibili valori dei tiranti idrici,

permette, quindi, la ricostruzione di un quadro d'insieme delle caratteristiche del bacino sotto il profilo idrogeologico cui deve far riferimento la pianificazione in termini sia normativi sia di linee di intervento a breve e medio-lungo termine.

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

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

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

Di seguito sono riportate le analisi e le elaborazioni per la redazione della carta Suscettività al Dissesto dei Versanti e da quella delle Fasce di inondabilità, la cui unione in questo caso rappresenta la Pericolosità. Sono inoltre riportati un commento alle carte derivate e le principali criticità puntuali riscontrate nel corso dei rilevamenti.

3.2 Problematiche di tipo geomorfologico

3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti

Le due Tavole della carta di Suscettività al Dissesto dei Versanti o di Pericolosità geomorfologica, sono state ricavate mediante incrocio delle seguenti carte tematiche:

- Carta dell'Acclività;
- Carta Geologica;
- Carta Geomorfologica;
- Carta della Franosità reale;
- Carta dell'Uso del suolo;
- Carta Idrogeologica.

Così come suggerito nelle indicazioni metodologiche, è stato adottato l'algoritmo di calcolo contenuto nelle "Raccomandazioni e standard Regionali".

In particolare i "pesi" da attribuire alle diverse componenti sono stati così determinati:

a: litologia:

Litotipo	Superficie litotipo (mq)	Aree in frana (mq)	Peso Assegnato
An - anfiboliti	472713	2363	10
Pgn - paragneiss	1160931	1790	6
Mil - miloniti	88985709	105	4
Ogn - ortogneiss	3009481	219	2
mf - filladi	96784		0
cg - conglomerati	581546		0
arg - argille	1054468		0
am/aa – alluvioni e depositi di spiaggia			0

Partendo dal valore massimo = 10 da attribuire al litotipo con le peggiori caratteristiche, si sono determinati, secondo l'algoritmo di calcolo, i pesi da attribuire a tutti gli altri litotipi presenti nel bacino. Il litotipo con le "peggiori caratteristiche" per il bacino del Rio Molinero è rappresentato dalle anfiboliti.

Vi è da osservare che l'applicazione dell'algoritmo di calcolo conferisce una elevata rigidità nell'attribuzione dei pesi, che vengono ricavati automaticamente in base a valutazioni di tipo semplicemente qualitativo senza tener conto della rappresentatività in termini quantitativi di ciascuna litologia nell'ambito del bacino. Inoltre la componente "franosità" che interviene nella determinazione del peso da attribuire alla litologia, gioca un ruolo che appare eccessivo per la valutazione della Suscettività al Dissesto, dato che la componente "franosità reale" viene ripresa anche nell'ultimo step di elaborazione della carta. Questo elemento, tra l'altro, fa saltare tutte le precedenti analisi e considerazioni relative alle aree in cui sono presenti frane attive.

Un ulteriore problema che sorge, per effetto dell'incidenza della franosità reale sulla Suscettività al Dissesto, deriva dalle nuove frane che si sono verificate a seguito degli eventi piovosi di Ottobre – Novembre 2000.

L'inserimento delle nuove frane implica il ricalcolo dei pesi di ciascun litotipo e quindi il rifacimento della carta di Pericolosità.

Poiché la franosità è un elemento dinamico, (frane si sono verificate anche in questo scorcio di 2001), ogni nuovo evento franoso costringerebbe a modificare la carta di Suscettività al Dissesto, la cui rappresentatività sarebbe perciò del tutto provvisoria.

b: Coltri e substrato affiorante $0 < p < 11$.

Coltre - ubicazione	Peso Assegnato
Stadio	3
Serbatoio Acquedotto Strà	4
Loc. Il Bricco; Loc. S. Pietro	9
Loc. Strà; Loc. Cascina dè Coppi; Loc. Burcana; Loc. Rocca di Legino	10
Rio Cà di Bò; Loc. Serea	11

L'analisi per l'attribuzione dei pesi a queste due categorie di elementi si è basata sui contenuti delle carte Geolitologica e Geomorfologica, assegnando ai diversi litotipi i pesi ottenuti in relazione alle loro caratteristiche geolitologiche, mentre per le coltri, il peso è stato attribuito in relazione alle caratteristiche granulometriche e di permeabilità

Vi è da osservare che il peso assegnato ai litotipi risulta ridondante; infatti l'analisi qualitativa dei litotipi ha suggerito di applicare le classi di peso desunte dallo step precedente. Quindi a litotipi con caratteristiche scadenti, corrispondono affioramenti scadenti con pesi elevati

I pesi attribuiti alle coltri si basano sugli elementi riportati sulla carta Geomorfologica e, parzialmente, da rilevamento diretto.

L'imprecisione dei pesi assegnati alle coltri è dovuta all'impossibilità di determinare con precisione la potenza, granulometria e permeabilità della coltre.

c: Acclività - $7 < p < 7$

Litotipo/Coltre/alluvione	Peso assegnato	Classe di acclività
An - anfibolite	0	1 - 2 - 3
An - anfibolite	1	4
An - anfibolite	2	5 - 6
Pgn - paragneiss	-2	5 - 6
Pgn - paragneiss	-3	4
Pgn - paragneiss	-4	2 - 3
Mil - miloniti	-3	4 - 5 - 6
Ogn - ortogneiss	-4; -5	2 - 3 - 4
Ogn - ortogneiss	-1; -3	5 - 6
mf - filladi	-4	3 - 4
cg - conglomerati	-5	1 - 2
arg - argille	-6	1 - 2
alluvioni	0	1 - 2
Coltre	7	5 - 6
Coltre	6	4
Coltre	5	3
Coltre	3	2
Coltre	2	1

Per l'attribuzione delle classi di acclività si è utilizzata la carta di Acclività fornita dalla Regione Liguria. I Pesi sono stati attribuiti mediante incrocio tra pendenza e caratteristiche delle coltri e degli affioramenti rocciosi.

Il limite di questa metodica consiste nel fatto che laddove i litotipi e le coltri determinano condizioni di pseudo instabilità, classi di acclività analoghe assumono pesi superiori rispetto alle medesime classi di acclività che interessano coltri e substrato roccioso, stabili. Per tale ragione l'acclività non è mai decisiva ai fini della classificazione della suscettività.

d: Uso del suolo – 2<p<2

Categorie di uso del suolo	Peso
Urbanizzato continuo e discontinuo, aree industriali o commerciali, aree sportive e ricreative, ecc.	0
Seminativi, colture permanenti arboree	0/1
Oliveti terrazzate	-1/0
Praterie	0
Zone agricole eterogenee	1
Zone caratterizzate da vegetazione rada o arbustiva ed ex coltivi	1
Zone boscate	-1/0
Spiagge e dune	-2
rocce nude	1

Il peso di questo parametro risulta poco influente nel calcolo della Suscettività al Dissesto, dato il limitato "range" di variazione dei valori, rispetto agli altri parametri.

e: elementi aggravanti 1<p<2

Elemento aggravante	Peso Assegnato
erosione di fondo	1
erosione spondale	2
ruscellamento diffuso	1
contatti a contrasto di permeabilità	1
sovrascorrimenti	1
antropizzazione	1
rottura di pendio	1

Gli elementi aggravanti sono rappresentati nella carta Geomorfologica e si riferiscono a situazioni di dissesto geomorfologico.

Il valore degli elementi aggravanti è compreso tra 1 e 2 , valore che si aggiunge al peso degli altri parametri.

Il basso peso degli elementi aggravanti è da ritenersi giustificato in considerazione del livello di approfondimento delle indagini che hanno portato alla compilazione della carta Geomorfologica, oltre che all'aggiornamento di tale carta anche a seguito dei recenti eventi alluvionali.

f: Somma dei pesi:

I pesi attribuiti a ciascuna componente sono stati sommati determinando 4 classi omogenee nelle diverse aree del bacino. A questa classificazione si sovrappone l'elemento presenza di frane attive o quiescenti che implica, indipendentemente dalla classe attribuita dagli altri parametri una classe di Pericolosità molto alta (AA) alle aree dove sono presenti frane attive o alla classe A (alta) in presenza di frane quiescenti.

Può quindi verificarsi in un ambito contraddistinto da Pericolosità molto bassa, aree piccolissime e/o medie a Pericolosità molto alta o alta.

Nella generalità dei casi, nei bacini oggetto di studio, questa situazione sono giustificate dalla presenza di elementi aggravanti (tagli stradali, erosione spondale e di fondo) che giustificano l'elevata suscettività al dissesto di queste aree.

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

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. 2.3.8 Riporti.

Analizzando la carta della Suscettività al Dissesto si evidenzia che la metodologia adottata, come peraltro analoghe metodologie basate sull'incrocio di elementi schematici, non esaurisce della complessità dei caratteri geomorfologici, fornisce risultati di carattere teorico non sempre rappresentativi della reale pericolosità delle situazioni.

In ogni caso, dato che il territorio di indagine è costituito da bacini di minima estensione, privi di ingenti fenomeni di dissesto, le verifiche di campagna indicano una corrispondenza sufficientemente accettabile tra situazione reale del territorio e descrizione cartografica.

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI			
VALORE DI RANGE SOMMATORIA PESI ATTRIBUITA / AREE CON ASSOCIAZIONE DIRETTA CON CLASSE DI SUSCETTIVITÀ	SPECIFICHE	SUSCET TIVITÀ AL DISSESTO	CLASSE
< 1	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
1 - 7			Pg1
8 - 15			Pg2
> 15	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 MOLTO ALTA Aree speciali	Pg3 A
Aree in Frana Attiva	Aree interessate da movimenti gravitativi in atto.		Pg4
Cave e miniere attive - Discariche in esercizio	Aree di cava attiva, miniera attiva e discarica in esercizio sulle quali è vigente una specifica norma di settore.		tipo A
Ex Cave, ex Miniere	Aree come individuate ai sensi della DGR 1208/2012 con la quale è stato approvato l'aggiornamento dei criteri per la redazione della normativa di attuazione dei piani di bacino a riguardo dell'assetto geomorfologico (individuate in Tav. 8 con retino trasparente).		tipo B1
Ex Discariche e riporti antropici.	All'interno delle aree speciali di tipo B ₁ e B ₂ è rappresentata la classificazione di suscettività al dissesto (Pg0, Pg1, Pg2, Pg3A, Pg3B, Pg4) come da legenda.		tipo B2

Criteri di attribuzione delle classi di Suscettività al Dissesto (Tav. 8)

3.2.2 Eventi alluvionali dell'autunno 2019

Nei mesi di novembre e dicembre 2019 il passaggio di intense perturbazioni ha interessato principalmente i bacini idrografici liguri del centro-ponente, dando origine a numerosi fenomeni franosi, causando ingenti danni a edifici di civile abitazione, ma soprattutto alla viabilità, compresa la rete autostradale. Tutto il bacino del t. Molinero ricade nel comune di Savona.

I dissesti sono stati individuati attraverso l'analisi da immagine satellitare, la rassegna stampa regionale, i siti internet locali e le segnalazioni di privati/Enti pubblici, mentre i sopralluoghi diretti sul terreno sono stati effettuati a partire dal mese di settembre 2020, vista l'impossibilità di eseguire sopralluoghi nel corso della primavera 2020 a causa del lockdown istituito a seguito dell'epidemia da COVID-19.

Nella carta della franosità reale del Piano i dissesti sono indicati come "Frane attive eventi 2019" a tonalità fucsia, a prescindere dalla loro tipologia, al fine di mantenere memoria storica dell'evento alluvionale; sono indicate a tonalità fucsia anche le "frane non cartografabili".

Le aree maggiormente colpite sono state individuate lungo la strada comunale "via alla Strà".



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 Verifiche idrauliche

3.3.2.1 Individuazione dei tratti di studio

I tratti indagati nel presente studio sono i seguenti:

Corso d'acqua	Sezioni	Descrizione del tratto
T.Molinero	63 – 1	Dal viadotto autostradale alla foce
Rio S.Cristoforo	1 – 25	Dalla zona all'altezza di località Buriana alla foce
Rio Galletto	5 – 230	Dalla zona a monte del viadotto autostradale alla confluenza con il Rio S.Cristoforo
Rio delle Quattro Stagioni	1-43	Tratto terminale pari a 700 m. <i>(inserito con DSG 114-2021. La descrizione del modello idraulico e dei risultati è riportata nel capitolo 3.3.5)</i>

Tabella 3.3.2.1.1: Tabella riassuntiva dei tratti d'alveo indagati nel bacino Molinero

3.3.2.2 Metodologia di calcolo

Al fine principale dell'individuazione delle criticità idrauliche dei corsi d'acqua del bacino e delle aree soggette a Rischio di inondazione è necessario lo svolgimento di un'indagine in merito alla dinamica dei fenomeni di piena. Il modello utilizzato integra le equazioni fondamentali che governano il moto di una corrente a pelo libero, e cioè l'equazione di continuità e l'equazione del moto che, in forma differenziale e nel caso generale di moto vario, si scrivono rispettivamente:

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

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

dove:

Q = portata liquida	[m ³ /s]
A = area della sezione liquida	[m ²]
H = carico totale della corrente	[m]
j = perdite distribuite	[m/m]
g = accelerazione di gravità	[m/s ²]
x = ascissa corrente	[m]
t = tempo	[s]

Nel presente caso, compatibilmente con quanto indicato nelle raccomandazioni dell'Autorità di Bacino regionale, non si è ritenuta necessaria la schematizzazione del fenomeno in moto vario, ma si è ritenuta significativa l'assunzione di moto permanente. Le equazioni di moto e di continuità si riducono quindi alla sola dipendenza dalla coordinata spaziale secondo la forma:

$$\partial Q / \partial x = 0$$

$$\partial H / \partial x = -j$$

La risoluzione delle equazioni è stata condotta attraverso una schematizzazione alle differenze finite e introducendo l'equazione di Manning per la stima delle resistenze distribuite:

$$U = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot j^{\frac{1}{2}}$$

dove:

U = velocità media della corrente = Q/A	[m/s]
R = raggio idraulico della corrente	[m]
n = coefficiente di Manning	[m ^{-1/3} s]

Le perdite concentrate, nei tratti ove si verificano, sono state assunte proporzionali al carico cinetico, secondo l'espressione:

$$\Delta H = \xi \Delta(U^2/2g)$$

dove il coefficiente adimensionale ξ varia in dipendenza del tipo di perdita (restringimento, allargamento, cambio di direzione del flusso, etc.).

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, come noto, è necessario imporre, oltre al valore di portata in ingresso nella sezione di monte, una condizione di livello a valle in caso di corrente lenta, una condizione di livello a monte in caso di corrente veloce.

3.3.2.3 Schematizzazione di calcolo

La verifica idraulica del corso d'acqua principale è stata condotta per portate con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni con ipotesi di moto permanente. La schematizzazione di calcolo adottata si basa sulle seguenti assunzioni:

- Portata costante in ogni tratto considerato anche nell'eventualità di superamento dei punti estremi delle sezioni: il procedimento consiste nell'immaginare che la sezione sia limitata da argini infinitamente alti.
- Riduzione del 20% della luce libera degli attraversamenti dotati di pile in considerazione di possibili ostruzioni in caso di piene rilevanti.

Quest'ultima ipotesi è congruente con quanto indicato nelle raccomandazioni emanate dall'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale, con particolare riferimento alla raccomandazione sulle fasce di inondabilità e alla nota "Rischio idraulico residuale nell'ambito della pianificazione di bacino regionale", al fine di tenere conto di sezioni che, interessate da opere, non possano assicurare capienza certa alla portata di massima piena.

I programmi utilizzati nella modellazione idraulica sono:

- HEC RAS (Hydrologic Engineering Center- River Analysis System, della US Army Corps Engineers): il modello determina il profilo di moto permanente per ogni tratto scegliendo tra i possibili profili di corrente lenta e di corrente veloce quello a cui corrisponde la spinta totale maggiore, essendo la definizione della spinta:

$$S = \frac{1}{2} \gamma \cdot Y \cdot A + \gamma \cdot \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

dove:

γ = peso specifico dell'acqua
 Y = profondità

Il programma di calcolo richiede l'inserimento di alcune sezioni aggiuntive in corrispondenza di opere in alveo (ponti, passerelle e tombinature), nonché altre sezioni (indicate con il simbolo “*”) ottenute per interpolazione dalle sezioni rilevate qualora il loro passo spaziale risultasse troppo elevato ai fini dell'accuratezza del calcolo.

MIKE 11 (del DHI Water & Environment): il modello idrodinamico simula il flusso monodimensionale, stazionario e non, di fluidi verticalmente omogenei in qualsiasi sistema di

canali o aste fluviali, descrivibile attraverso i diversi approcci dell'“onda cinematica”, dell'“onda diffusiva” e dell'“onda dinamica” e con la messa in conto principalmente delle seguenti condizioni: portate laterali, flusso libero o rigurgitato, differenti regole operative di funzionamento di serbatoi o invasi, resistenze localizzate e perdite di carico concentrate, aree d'espansione, nodi idraulici (biforcazioni e convergenti). La soluzione del sistema di equazioni è indipendente dall'approccio modellistico seguito (cinematico, diffusivo, dinamico). Le equazioni generali di De Saint Venant sono trasformate in un sistema di equazioni implicite alle differenze finite secondo una griglia di calcolo con punti Q e h alternati tra loro, nei quali la portata Q e il livello idrico h, rispettivamente, sono determinati ad ogni passo temporale (schema di Abbott a 6 punti). Nel caso di moto permanente, le equazioni complete del moto vengono risolte con condizioni al contorno invarianti nel tempo.

- Parametri di scabrezza

I valori di riferimento del parametro di scabrezza K_s proposti dalla Regione Liguria sono riportati in Normativa di Piano.

Corso d'acqua	Sezioni	Descrizione del tratto	Coefficiente di scabrezza K_s [m ^{1/3} s]	Programma di modellazione utilizzato
T.Molinero	63 – 1	Dal viadotto autostradale alla foce	35	HEC RAS
Rio S.Cristoforo	1 – 25	Dalla zona all'altezza di località Buriana alla foce	30	MIKE 11
Rio Galletto	5 – 230	Dalla zona a monte del viadotto autostradale alla confluenza con il Rio S.Cristoforo	35	HEC RAS

Tabella 3.3.2.1.1: Tabella riassuntiva dei tratti d'alveo indagati nel bacino Molinero con i rispettivi parametri di scabrezza assegnati e i programmi di modellazione utilizzati

- Condizioni al contorno

Rio Molinero:

In particolare il modello HEC-RAS integra il profilo a partire dalla condizione di monte con tirante pari al valore critico se la corrente che si instaura, per il valore di portata di deflusso impostata, si trova in condizioni di regime idraulico veloce, ovvero valore di Froude maggiore di 1. Il modello integra, invece, a partire dalle condizioni di valle pari alla condizione di deflusso critica se il regime idraulico che si instaura è lento, ovvero con numero di Froude minore di 1.

Le condizioni di regime idraulico del profilo, ovvero lento o veloce o critico, variano lungo l'asta presa in esame in accordo con le variazioni di sezioni e di portata che si impongono nel modello di calcolo.

Rio S.Cristoforo:

- a monte: idrogramma di piena a portata costante per assegnato tempo di ritorno;
- a valle: si sono utilizzati i livelli ottenuti attraverso una scala di deflusso in moto uniforme

Per la modellazione del Rio S. Cristoforo è stata introdotta la sezione 18bis al fine di modellare la confluenza con il Rio del Galletto, e la corrispondente variazione di portata. La geometria di tale sezione è stata determinata tramite interpolazione lineare delle sezioni di monte e valle, rispettivamente numero 18 e 19.

Rio del Galletto:

- a monte: altezza critica;
- a valle: si è utilizzato il livello della sezione di confluenza tra i due rii (sezione 18 bis del Rio S.Cristoforo).

3.3.2.4 *Profili di moto permanente*

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

Dai risultati ottenuti mediante il suddetto software, si evince che i tratti critici sono essenzialmente dovuti a restringimenti di sezione e coperture. In particolare, questi sono ubicati in corrispondenza del ponte di accesso al Polo Accademico, della copertura dello stadio, dell'imbocco della copertura del parco ferroviario e del ponte dell'Aurelia.

A monte del ponte autostradale inoltre, la presenza di una strada che conduce alla località Ca di Bò provoca un notevole restringimento dell'alveo. Nel tratto sopra menzionato vi è la presenza di due ponti, entrambi in cemento armato, che riducono anch'essi la luce libera del Rio Molinero.

La sezione in corrispondenza del ponte di accesso al Polo Accademico, rappresenta la prima sezione critica incontrata dal corso d'acqua poiché, come citato in precedenza, in coincidenza di tale ponte si registra un brusco restringimento che ostacola il regolare deflusso delle acque. Il suddetto ponte, infatti, risulta di ostacolo al deflusso di portate con tempi di ritorno anche cinquantennali. La criticità di questa sezione è, inoltre, incrementata dal fatto che essa coincide con l'imbocco della copertura dello stadio comunale Bacigalupo.

La criticità idraulica di questo tratto di copertura è legata alle variazioni geometriche delle sezioni, come detto precedentemente. Inoltre si possono rilevare ulteriori discontinuità dovute alla presenza di salti di fondo e di tubazioni sospese che attraversano trasversalmente la copertura, riducendone a volte in modo significativo la sezione utile.

Le modellazioni idrauliche effettuate mostrano che tale copertura è insufficiente allo smaltimento di portate già cinquantennali.

La sezione posta in prossimità del ponte dell'Aurelia rappresenta la situazione di maggior criticità, poiché l'esondazione del rio in corrispondenza di questa determina l'inondazione di una strada di collegamento principale, quale la Via Aurelia, l'allagamento di alcune case in sponda sinistra a monte del ponte, nonché del piazzale di accesso alla caserma dei Vigili del Fuoco, ostacolando gli interventi di soccorso. Suddetto ponte risulta sormontabile già da portate con tempo di ritorno cinquantennale.

Rio S.Cristoforo:

I risultati della modellazione evidenziano alcune criticità dovute essenzialmente alle tombature presenti lungo il tratto, nessuna delle quali consente il libero deflusso della portata duecentennale. In particolare appare particolarmente critica la zona compresa tra le sezioni 19 e 23 in cui si alternano in rapida successione tratti combinati e scoperti.

Rio Galletto:

Dalla modellazione si individua un tratto critico immediatamente a monte del viadotto autostradale e la porzione di tombatura in corrispondenza della confluenza con il rio San Cristoforo. I lavori conclusi e collaudati in data 04.04.2011 hanno permesso di eliminare le criticità a valle del viadotto autostradale.

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

3.3.2.5 *Analisi della capacità di smaltimento delle opere in alveo*

Le principali problematiche emerse dalle indagini condotte sono dovute, da una parte, alle caratteristiche morfologiche intrinseche del territorio, che è caratterizzato da zone

altimetricamente depresse cui afferiscono rilevanti bacini scolanti, dall'altra dallo sviluppo delle attività antropiche, che in esso si sono incrementate nel tempo.

Al fine di individuare eventuali criticità localizzate e di determinare se siano causa di condizioni di Rischio, è stata esaminata in dettaglio la capacità di smaltimento delle opere in alveo, determinandone la portata massima transitante senza esondazioni.

Nella tabella seguente vengono riportati per le opere edificate in alveo (attraversamenti con e senza pile in alveo, tombinature), indicate con il numero della sezione, il minor tempo di ritorno per cui l'opera non risulta verificata. Si è considerata l'opera non verificata se il franco è risultato inferiore a 50 cm.

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
61.5	Ponte senza pile in alveo	T < 50
52.5	Copertura	T < 50
35.5	Copertura con setto centrale	T < 50
34.5	Copertura con setto centrale	T < 50
32.5	Copertura con setto centrale	T < 50
31.5	Copertura con setto centrale	T < 50
29.5	Copertura senza setto centrale	T < 50
28.5	Copertura senza setto centrale	T < 50
27.5	Copertura senza setto centrale	T < 50
26.5	Copertura senza setto centrale	T < 50
20.2	Copertura senza setto centrale	T < 50
19.5	Copertura senza setto centrale	T < 50
17.5	Copertura senza setto centrale	T < 50
12.5	Copertura ad arco	T < 50
6.5	Copertura con setto centrale	T < 50
2.5	Copertura con setto centrale	T < 50

Tabella 3.3.2.5.1: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il Rio Molinero

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
6	Ponte ad arco	T > 500
16	Attraversamento	T > 500
18	Tombinatura – Via dell'Annunziata	T < 200
21	Tombinatura	T < 50
23	Tombinatura – Rilevato ferroviario	T < 50

Tabella 3.3.2.5.2: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il Rio S.Cristoforo

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
8	Tombinatura	T < 200

Tabella 3.3.2.5.3: Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo per il Rio Galletto

3.3.3 Fasce di inondabilità

Sulla base delle verifiche idrauliche effettuate per le portate prescelte si individuano le aree periferuali inondabili in caso di eventi di piena. Tale determinazione può essere effettuata con diverse metodologie a diverso grado di approssimazione e complessità.

Nel presente piano, il tracciamento delle linee che delimitano le aree inondabili con i diversi periodi di ritorno, è stato svolto in base al seguente procedimento:

- valutazione dei tratti e delle sezioni in cui il pelo libero ha quota superiore alla quota delle sponde come da profilo di rigurgito, determinato tramite le precedenti verifiche idrauliche. Le verifiche condotte con il software utilizzato permettono di visualizzare oltre al livello di pelo libero, anche le linee indicative della sponda destra e sinistra, pertanto è possibile distinguere l'eventuale esondazione nelle due sponde. E' utile ribadire che, data la necessaria schematizzazione nel tracciamento dei limiti di sponda, nel definire le fasce si è tenuto in debito conto di quanto rilevato in occasione dei sopralluoghi effettuati in sito;

La particolare topografia del luogo, che presenta un notevole grado di complessità dovuto al forte grado di urbanizzazione unito alla disomogeneità del territorio, ha comportato l'utilizzo di un apposito modello di propagazione della piena in ambiente urbano.

Tale modello si basa su una descrizione topografica del territorio circostante ed utilizza un'equazione di propagazione della piena fisicamente fondata, seppur derivante da numerose approssimazioni, comunque in questa prima fase accettabili.

Al fine dell'utilizzo dello stesso, ed in accordo con quanto previsto dalla normativa in vigore, si è proceduto valutando l'idrogramma di massima piena per assegnato tempo di ritorno e stimando quindi il volume d'acqua che, ad ogni tempo, non trova più recapito nell'alveo. Successivamente il modello di propagazione in ambiente urbano, unitamente ad opportune tecniche di interpolazione grafica dei risultati ottenuti, ha permesso quindi di valutare le aree inondabili per tempi di ritorno T eguale a 50, 200 e 500 anni.

Lo studio che ha portato alla determinazione delle tre fasce di inondabilità, può quindi essere schematizzato nel seguente modo:

- Scelta dell'idrogramma di massima piena e valutazione del volume d'acqua esondante;
- Applicazione del modello di propagazione;
- Analisi del modello;
- Adattamento al caso considerato ed applicazione dello stesso;
- Interpolazione dei risultati forniti;
- Analisi dell'evoluzione della piena;
- Redazione delle fasce di inondabilità;

Tale modello rappresenta il territorio su cui si propaga l'inondazione come un reticolo idraulico equivalente secondo una schematizzazione simile a quella riportata in figura 1.

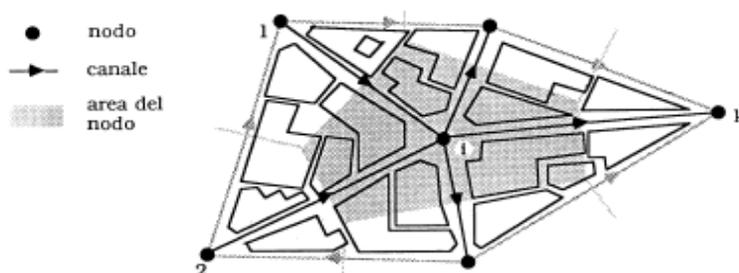


Figura 3.3.3.1 : schema del reticolo idraulico

In esso sono individuate due classi di elementi: nodi e rami, di cui i primi hanno funzione di immagazzinare l'acqua, mentre i secondi servono per il trasporto della stessa all'interno della rete.

La capacità di invaso locale del campo è concentrata nei singoli nodi attraverso la loro **area di competenza**. Quest'ultima è data dall'area geometrica di influenza del nodo (determinata con il metodo dei topoi) pesata secondo un coefficiente minore o uguale ad uno, che tiene conto del volume d'acqua immagazzinabile nell'area geometrica a seconda della densità di fabbricazione. Di conseguenza, i nodi con un'area geometrica comprendente un'alta densità di fabbricazione hanno un'area di competenza minore rispetto a quella di nodi in aperta campagna o con area geometrica interessata da poche costruzioni.

Questo modello può essere considerato fisicamente basato nel senso che si fonda sulle equazioni di continuità e del moto, anche se sono state semplificate nell'ottica di una descrizione globale del fenomeno di inondazione.

Assunti come positivi i deflussi nei rami che concorrono al nodo, si può scrivere l'**equazione di continuità** nel generico nodo i-esimo:

$$A_i \frac{dh_i}{dt} = \sum_k Q_{ik} + Q_{ei} \quad (1)$$

dove A_i è l'area di competenza del nodo i-esimo, h_i il carico piezometrico nel nodo i-esimo, Q_{ik} la portata scambiata col k-esimo ramo concorrente al nodo, Q_{ei} la portata scambiata con elementi esterni alla rete.

L'integrazione dell'equazione del moto e dell'equazione di continuità nel canale, sotto l'ipotesi che siano trascurabili le discontinuità idrauliche e per un canale rettangolare di lunghezza L , fornisce le seguenti equazioni:

$$H_m = H_v + \bar{J} L + \frac{L}{g} \frac{d\bar{U}}{dt} \quad (2)$$

$$Q_m = Q_v + BL \frac{d\bar{Y}}{dt} \quad (3)$$

dove con H_m e H_v sono indicati i carichi e con Q_m e Q_v le portate nei nodi di monte e di valle, mentre il simbolo soprassegnato rappresenta i valori medi delle perdite di carico J , della velocità U e del tirante Y .

Nell'ipotesi che il canale sia una semplice struttura di trasferimento del flusso idrico, e cioè sia caratterizzato da un unico valore di portata, e sotto l'ipotesi per cui sia trascurabile il moto nel nodo, si ottiene che:

$$Q = Q(h_m, h_v) \quad (4)$$

Questo significa che la portata che attraversa il canale è funzione soltanto dei livelli idrici dei suoi nodi di estremità.

In virtù di questa considerazione l'equazione di continuità ai nodi, supponendo che siano N , è la seguente:

$$A_i \frac{dh_i}{dt} - \sum_k Q_{ik}(h_i, h_k) - Q_{ei} = 0 \quad k=1, \dots, N_i \quad (5)$$

dove la somma algebrica è estesa a tutti i rami che collegano gli N_i nodi circostanti al nodo i-esimo. Il sistema è completato dalle appropriate condizioni iniziali e al contorno.

Le condizioni iniziali sono costituite dagli N valori nodali dei tiranti d'acqua. Tutti questi valori iniziali possono anche essere ovunque nulli.

Le condizioni al contorno possono essere imposte su entrambe le variabili: portate e/o livelli idrici. Il valore della portata Q_{ei} è assegnabile in ogni nodo in funzione del tempo; diversamente si possono imporre i livelli dei nodi di monte e le scale di deflusso nei nodi di valle, che simulano l'uscita dell'inondazione dal campo di interesse.

Ritenendo trascurabile l'inerzia locale e la dinamica del moto, cioè non considerando nell'espressione dei carichi totali il carico cinetico, la legge di trasferimento della portata tra i nodi può essere espressa come una funzione esplicita della differenza di carico tra il nodo di monte e il nodo di valle:

$$Q_{ik}(h_m, h_v) = \chi B \sqrt{\left(\frac{h_m - h_v}{L_{ik}}\right) \left(\frac{h_m + h_v - z_m - z_v}{2}\right)^3} \quad (6)$$

Di conseguenza, il sistema di equazioni differenziali (5), in virtù della forma della (6), è un sistema equazioni in forma esplicita, essendo le uniche incognite costituite dal valore del

carico piezometrico in ogni nodo ad ogni step temporale, poiché il suo valore nel generico nodo i -esimo è uno solo, cioè:

$$h_m^i = h_v^i \quad (7)$$

Il problema, pertanto, dal punto di vista matematico risulta ben posto.

Dal punto di vista numerico, la risoluzione delle (5) avviene attraverso un procedimento esplicito, una volta discretizzate le stesse in forma numerica. Il valore del carico piezometrico nel nodo i al tempo j è dato dal bilancio delle portate entrante e uscite da tale nodo nello step temporale precedente $j-1$:

$$h_i^j = h_i^{j-1} + \frac{\Delta t}{A_i} \left(\sum_k Q_{ik} + Q_{ei} \right) \quad k=1,..N_i \quad (8)$$

dove i termini che compaiono hanno il significato già visto.

Chiaramente, i valori di portata Q_{ik} hanno segno positivo se sono entranti nel nodo, negativo se uscenti dal nodo. I valori delle portate Q_{ei} rappresentano nel modello le portate di esondazione, e come tali, avranno segno positivo e interesseranno solo quei nodi perimetrali all'alveo che la modellazione idraulica del problema ha reputato essere quelli da cui ha origine l'esondazione. Per tutti gli altri nodi il valore della portata Q_{ei} scambiata con elementi esterni alla rete è nullo.

3.3.3.1 Funzionamento del modello ed adattamento al Rio Molinero.

Il modello utilizza come input due files di ingresso:

- file topografico, contenente tutte le informazioni relative all'area su cui si vuole effettuare la simulazione, quali le coordinate e le aree di competenza dei nodi nonché la possibilità di comunicazione tra gli stessi.
- file delle portate uscenti, contenente l'andamento del valore di portata che si riversa nei nodi di esondazione, in coincidenza delle sezioni limite di portata contenuta in alveo.

Una volta introdotti questi dati iniziali, il programma calcola le distanze tra i nodi comunicanti e valuta per ogni step temporale le differenze di carico (riconoscendo di volta in volta chi è "monte" e chi è "valle") e le portate scambiate tra di essi. Procedo poi alla risoluzione dell'equazione di continuità di ogni nodo ed alla valutazione dei tiranti idrici.

È quindi possibile utilizzare il programma per studiare diverse zone semplicemente cambiando in maniera appropriata i due files sopra descritti.

Poiché il modello è stato originariamente sviluppato per la determinazione delle fasce di inondabilità in aree molto estese e con topografia uniforme (es: Fiume Centa), si è resa necessaria una rivisitazione del modello stesso e delle approssimazioni computazionali da esso eseguite, unitamente ad una maggiore accuratezza ed attenzione al dettaglio nella descrizione della topografia del luogo. Si è proceduto infatti alla determinazione di una fitta maglia composta di 210 nodi rappresentati inizialmente con un sistema di riferimento locale, successivamente georiferito mediante l'utilizzo delle coordinate Gauss-Boaga, per la descrizione della quale si rimanda al paragrafo successivo.

In aggiunta a questo è anche stata parzialmente modificata la finalità dell'uso dello stesso, focalizzando l'obiettivo sulla rappresentazione della massima estensione areale raggiunta dall'inondazione durante l'evento in modo da poter utilizzare tale strumento per la costruzione delle fasce di inondabilità. Questo in accordo con quanto previsto dalla normativa attualmente vigente che fa riferimento all'estensione areale massima raggiungibile dalla piena.

3.3.3.2 Scelta del reticolo topografico

Come precedentemente accennato, al fine di descrivere la realtà topografica del luogo, si è proceduto alla determinazione di una fitta maglia composta di 210 nodi che sono rappresentati graficamente in figura 3.3.32.

La loro scelta è stata piuttosto complicata poiché la zona presenta una morfologia decisamente varia e in alcuni casi complessa. Se nella zona nord l'individuazione dei nodi non risulta essere problematica, nella zona sud la presenza del parco ferroviario Doria rende necessaria una schematizzazione di maggior dettaglio. La ferrovia risulta, infatti, sopraelevata rispetto al piano stradale e costituisce pertanto una sorta di barriera alla possibile propagazione della piena di cui è indispensabile tenere conto.



Figura 3.3.3.2: identificazione dei nodi della maglia utilizzati per l'interpolazione

Inoltre, sotto la citata ferrovia, sono presenti due sottopassi, depressi rispetto al piano stradale, per la cui schematizzazione è stato necessario infittire localmente la maglia dei nodi come osservabile in figura 3.3.3.2.

Ogni nodo, oltre ad essere caratterizzato da una quota altimetrica, è determinato attraverso una coppia di coordinate secondo un sistema di riferimento locale.

Passo successivo alla determinazione della maglia di nodi consiste nell'attribuire a ciascuno di essi la propria area di competenza come è stato accennato nel paragrafo relativo alla descrizione del modello. Il primo passo è stato quello di determinare le aree di influenza geometriche relative ad ogni nodo utilizzando un procedimento simile al metodo Thiessen (o dei topoi) utilizzato in idrologia per la determinazione delle aree di competenza dei pluviometri.

In realtà questo procedimento non è stato utilizzato in modo automatico ed in alcuni casi si sono attribuite aree diverse da quello che esso avrebbe fornito: si sono cioè assegnate aree più limitate a quei nodi la cui quota non era rappresentativa di un'area vasta, ma era espressione di un particolare elemento presente in cartografia.

Una volta determinate le aree di competenza geometriche, si è determinato, per ogni nodo, il coefficiente di porosità urbana, con il quale è risultato possibile passare dalle aree geometriche già calcolate alle aree di competenza vere e proprie, utilizzate come dati nella successiva simulazione.

3.3.3.3 Interpolazione dei risultati forniti

I tiranti idrici forniti dal modello sono relativi ai nodi presi in esame e forniscono quindi una descrizione solo a livello puntuale. Al fine di ottenere una descrizione completa ed esaustiva della situazione in tutta l'area, si è proceduto ad un'interpolazione dei risultati ottenuti.

Sulla base della metodologia descritta sono state individuate le aree inondabili per le portate al colmo di piena relative a i tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni. Sulla base di tale

determinazione, secondo i criteri dell'Autorità di bacino regionale, è stata prodotta la Carta delle fasce di inondabilità, con la determinazione delle tre fasce:

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

I tratti d'asta indagati sono evidenziati negli ALLEGATI "VERIFICHE IDRAULICHE". Dalla carta delle fasce si evincono analogamente i tratti indagati in accordo con i profili delle condizioni di moto permanente allegate.

Le zone ricadenti in aree storicamente inondate ed esterne alla fascia C dedotta dal modello di individuazione delle aree inondabili, derivate dalla mappatura allegata alla DGR n° 2615/98 e sue successive modifiche (ultimo aggiornamento DGR n° 594/01), sono state comunque inserite nel perimetro della fascia C della quale seguono il regime vincolistico.

Successivi studi potranno in seguito analizzare eventuali fenomeni di allagamento dovuti non ad inondazioni fluviali ma a fenomeni la cui dinamica oggi non rientra nelle specifiche di questo studio.

3.3.4 Fascia di riassetto fluviale

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

Per il Rio Molinero sono stati previsti due tratti distinti di fascia di riassetto fluviale. Il primo interessa la zona in sponda sinistra a valle del rilevato ferroviario per un tratto di circa 80 m. Il secondo tratto interessa alternativamente le due sponde nell'area in prossimità del Polo Accademico per una lunghezza di circa 400 m.

3.3.5 Rio delle Quattro Stagioni

(capitolo aggiunto con DSG n. 114-2021)

Il rio delle Quattro Stagioni è un piccolo corso d'acqua che si sviluppa nella zona occidentale del comune di Savona. Il bacino sotteso alla foce è circa $0,9 \text{ km}^2$ e l'asta principale ha una lunghezza di circa 2,3 km.

Il tratto analizzato si estende per circa 700 m a monte della foce, metà dei quali scorrono al di sotto del manto stradale. Nel suo tratto a cielo aperto, il rio presenta un alveo naturale con geometrie abbastanza regolari e presenza di depositi alluvionali e vegetazione, quest'ultima particolarmente evidente nel tratto a monte della tombinatura in corrispondenza della ferrovia e per lo più presso l'arginatura sinistra.

L'implementazione del modello idrodinamico del rio Quattro Stagioni si è basata su una serie di dati già disponibili opportunamente verificati in sito e integrati con un rilievo topografico realizzato nel febbraio 2021. Più in dettaglio, per quanto riguarda la descrizione dell'alveo inciso, i dati geometrici sono stati acquisiti da un modello implementato in codice HEC-RAS nello studio idraulico redatto dall'Ing. Gaggero nel 2018; in riferimento al dominio bidimensionale, per la caratterizzazione altimetrica del territorio è stata utilizzata in primo luogo l'informazione topografica ricavata da rilievo LIDAR, reperito dal Ministero

dell'Ambiente e caratterizzato da una risoluzione di cella di 1 m su tutto il bacino di studio, opportunamente dettagliata sulla base del rilievo topografico del 2021.

Il modello idrodinamico è basato sul codice di calcolo MIKE FLOOD del DHI, uno strumento modellistico integrato che permette di accoppiare in maniera dinamica, attraverso un'interfaccia utente grafica, il codice monodimensionale MIKE HYDRO River e quello bidimensionale MIKE 21.

L'alveo del corso d'acqua è stato modellato con approccio monodimensionale attraverso l'inserimento delle sezioni trasversali disponibili, comprensive delle geometrie delle tombinature presenti. I tratti a cielo aperto dell'alveo sono stati poi collegati dinamicamente alle aree laterali inondabili, sia in sponda destra che in sponda sinistra, mediante speciali funzioni di MIKE FLOOD, nel rispetto delle reali quote di sponda. La modellazione accurata della dinamica di piena, effettuata con approccio bidimensionale, è stata estesa all'intera zona in esame, sia in sponda destra che in sponda sinistra, rappresentata mediante un modello del terreno a celle quadrate, contenente tutte le strutture in grado di avere effetto nella propagazione della piena stessa sul territorio.

Quali coefficienti di scabrezza si è deciso di utilizzare valori particolarmente cautelativi, impostando un valore di K_s di Strickler pari a $25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per i tratti a cielo aperto e di $30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per i tratti tombati. La scelta è motivata dalla forte presenza di vegetazione in alveo, oltre che alla presenza di aree con evidenti depositi alluvionali, derivanti dal fatto che il bacino idrografico è quasi interamente naturale e quindi potenzialmente contribuente alla presenza di materiale flottante e trasporto solido al fondo.

Quale condizione al contorno di valle, è stato impostato un livello pari a 0,8 m, ossia al valore medio del mare in caso di situazione meteo marina sfavorevole.

Successivamente è stata costruita la griglia di calcolo delle zone esterne all'alveo sulla base del DTM del MATTM ottenuto da rilievo Lidar, ricampionato ad una dimensione di cella pari a 2x2 m.

Infine, la batimetria di calcolo ottenuta a partire dal DTM secondo la procedura precedentemente descritta è stata opportunamente integrata al fine di recepire il rilievo topografico di dettaglio e le evidenze del sopralluogo in sito. Tale attività ha riguardato in particolare l'interpolazione dei valori tratti dalla nuvola di punti rilevati sull'area di interesse progettuale, come riportato nel piano d'indagine, e la corretta rappresentazione di tutti quei manufatti, quali ad esempio muretti ed edifici, potenzialmente interferenti con le dinamiche di propagazione degli allagamenti.

Quale parametro di scabrezza, la zona modellata è interamente in ambito urbano con la presenza di alcuni terreni non edificati e giardini, per cui si è adottato un valore medio-basso di scabrezza; nel caso in esame, sulla base dei valori ottenuti con un'apposita calibrazione in occasione di altri studi idraulici effettuati dagli scriventi su piccoli bacini liguri simili a quello in esame, si è scelto di associare un valore di Gauckler-Strickler pari a $50 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ sull'intera area.

I **risultati** della modellazione idraulica dimostrano che già l'evento di piena cinquantennale dà luogo a un sormonto spondale in prossimità dell'imbocco della tombinatura presso via Silvestre e Allemand; in particolare, gran parte dell'acqua fuoriesce dal rio frontalmente, passando attraverso la grata presente.

Per quanto riguarda gli scenari duecentennale e cinquecentennale, si osserva come il principale punto di esondazione è nuovamente rappresentato dallo stesso imbocco citato precedentemente, a cui si aggiunge un lieve sormonto in sponda sinistra, a livello del parcheggio di via Pietragrossa. Sempre in relazione ai due eventi più gravosi simulati, si nota come due diversi tratti tombati del rio, uno in corrispondenza di via Fratelli Rey e uno in corrispondenza del ponte di via Nizza, vengano messi in pressione dalla piena del fiume. Seppur sia stato verificato che la sovrappressione non sia sufficiente a causare un'eventuale rottura del manto stradale, considerando anche la presenza di ulteriori tratti dove per tutti gli eventi simulati il franco idraulico risulta inferiore al metro, sono state effettuate ulteriori analisi

modellistiche finalizzate a valutare gli effetti sui risultati, ipotizzando uno scenario di parzializzazione delle sezioni idrauliche.

Si nota come, per tutti gli eventi simulati, l'esondazione interessa principalmente l'area urbana a valle del rilevato ferroviario, attraversando la rotatoria dell'Aurelia per poi incanalarsi nel sottopassaggio di Corso Svizzera, oltre all'area residenziale in via Pietragrossa limitatamente agli eventi duecentennale e cinquecentennale. I tiranti maggiori si osservano principalmente nelle aree depresse, quali accessi a garage e scantinati, lungo il sottopasso della ferrovia e in prossimità del parcheggio in sponda sinistra al rio Quattro Stagioni con accesso da via Nizza.

Sulla base delle risultanze ottenute dallo scenario di parzializzazione delle sezioni del 10%, sono state individuate le aree inondabili per le portate al colmo di piena relative a i tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni ed è stata prodotta la carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi, ai sensi della DGR 91/2013.

Per ulteriori aspetti di dettaglio, si rimanda alla relazione dello *Studio idraulico di dettaglio del tratto terminale del Rio Quattro Stagioni (SV)*, redatta da DHI a maggio 2021, disponibile tra i documenti di analisi di questo piano di bacino.

3.4 Principali criticità del bacino

3.4.1 Criticità del Rio Molinero – aspetto idraulico

L'analisi delle carte di pericolosità redatte porta in primo luogo a riconoscere eventuali caratteri comuni all'interno delle criticità.

La variante approvata nel corso del 2016 consiste nell'aggiornamento delle fasce di inondabilità in stato attuale dei Rii Molinero e San Cristoforo nel tratto compreso tra il rilevato ferroviario e la foce. Nuovi studi idraulici bidimensionali, presentati all'interno di un progetto complessivo di mitigazione del rischio idraulico sul Rio Molinero hanno, infatti, evidenziato una situazione di stato attuale diversa rispetto a quella rappresentata nel Piano stesso.

La variante al Piano ha recepito tale situazione aggiornata, con l'ampliamento delle fasce, per i tre tempi di ritorno previsti, nell'area a valle del rilevato ferroviario, sia per il Rio Molinero che per il Rio San Cristoforo.

Le portate critiche, cioè quelle che transitano nel corso d'acqua al limite dell'esondazione, risultano associate ad un tempo di ritorno inferiore ai 25 anni. Le sezioni critiche, ovvero quelle in cui al crescere della portata si registrano i primi fenomeni di esondazione, risultano localizzate in corrispondenza dei ponti della Via Aurelia (caratterizzata dal valore di portata smaltibile più basso - $25 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), di Via Molinero (attuale ponte di accesso all'Università) e di Via Chiabrera. Da questi punti l'acqua inizia a propagarsi nelle zone circostanti avendo come direzione principale quella verso mare vista la topografia del luogo.

Successivamente, l'esondazione provoca il completo allagamento della zona del polo universitario, nonché di tutta Via Molinero, in sponda destra e della zona PAIP già per tempi di ritorno cinquantennali. Data la morfologia del luogo, la presenza delle pendici delle alture e di muri perimetrali, in questa zona le tre fasce di esondabilità si discostano minimamente l'una dall'altra. In queste zone si instaurano tiranti piuttosto elevati che possono quindi causare notevoli danni, a causa dell'elevato valore degli immobili e degli insediamenti produttivi e commerciali presenti in queste aree, in particolare nella zona PAIP.

A valle delle zone ora descritte, ed in particolare in Via Cadorna, nascono notevoli problemi derivanti non solo dall'altezza dei tiranti ma anche dalle elevate velocità di scorrimento che si instaurano. Via Cadorna è, infatti, delimitata ad est da una serie di edifici civili in elevazione ed ad ovest dal complesso dello stadio Bacigalupo il cui muro perimetrale è evidentemente non sormontabile. Le notevoli velocità raggiunte dall'acqua sono causa del trasporto di oggetti di notevoli dimensioni (automobili comprese) il cui movimento può mettere a Rischio l'incolumità dei presenti.

Trascorso il tempo di picco, i tiranti idrici nelle zone di monte cominciano a decrescere, mentre l'acqua precedentemente esondata continua a propagarsi verso valle. Ne segue quindi che i tiranti nella zona universitaria e nell'area PAIP diminuiscono progressivamente mentre il quartiere di Legino viene progressivamente allagato. Questa zona presenta una notevole varietà d'uso del territorio; è infatti presente un'area destinata a serre e coltivazioni varie compresa tra lo stadio e gli edifici ad uso abitazione. Tutta questa zona è soggetta ad un notevole livello di Rischio, tra cui in particolare la presenza di una scuola e il sottopasso pedonale di via Stalingrado. Questo rappresenta l'unico collegamento pedonale tra Legino e la Via Aurelia ed, essendo in depressione rispetto al piano stradale, è soggetto ad allagamento con tiranti piuttosto elevati.

La presenza del parco ferroviario in rilevato impedisce all'acqua di propagarsi ulteriormente verso valle aggravando la situazione di Via Stalingrado ad esso parallela.

L'acqua che raggiunge Via Stalingrado, non trovando possibilità di procedere direttamente verso il mare, a causa della presenza del parco ferroviario in rilevato, costeggia quest'ultimo seguendo la via stessa, fino a raggiungere il sottopasso carrabile tra Piazzale Amburgo e Via Nizza, bloccando quindi le comunicazioni tra la zona di valle ed il quartiere Legino.

Il contemporaneo allagamento di Via Stalingrado e della Via Aurelia causa inevitabilmente una paralisi della viabilità in tutta la zona, rendendo difficoltosa ogni forma di soccorso nell'area in questione.

Sussequentemente all'evento alluvionale, i sottopassi del parco ferroviario e di Piazzale Amburgo, nonché la zona alla foce del rio ed alcune aree agricole nei pressi dello stadio, rimangono allagate, essendo zone depresse.

Rio S.Cristoforo:

Le maggiori criticità sono localizzate in prossimità degli attraversamenti e delle tombinature presenti lungo il tratto di corso d'acqua indagato. In particolare la tombinatura posta all'altezza di Via dell'Annunziata risulta insufficiente allo smaltimento della portata duecentennale ed è causa dell'inondabilità delle aree sovrastanti ad essa. Più a valle il tratto tombinato posto all'altezza della sezione 21 non consente il deflusso della portata cinquantennale così come la copertura sottostante al rilevato ferroviario; la presenza di queste due criticità contigue provoca un'estesa area inondabile con tempo di ritorno cinquantennale.

Rio Galletto:

Per il Rio Galletto si segnala un'area in sponda sinistra a monte del viadotto autostradale insufficiente alle tre portate di riferimento. Il tratto di tombinatura posto sul Rio Galletto non è sufficiente allo smaltimento della portata duecentennale.

Un problema diffuso, infine, risulta l'incapacità di smaltimento delle acque piovane da parte delle reti fognarie: nella carta delle fasce di inondabilità è stata perimetrata un'area, già individuata nella mappatura della delibera DGR n° 2615/98, che secondo le testimonianze dei residenti è frequentemente allagata anche in occasione di eventi meteorici non particolarmente intensi.

Rio delle Quattro Stagioni:

Per il Rio delle Quattro Stagioni la criticità principale è rappresentata dalla tombinatura presso via Silvestre e Allemand; in particolare, gran parte dell'acqua fuoriesce dal rio frontalmente, passando attraverso la grata presente, e interessando principalmente l'area urbana a valle del rilevato ferroviario, attraversando la rotatoria dell'Aurelia per poi incanalarsi nel sottopassaggio di Corso Svizzera

3.4.2 Criticità ambito Molinero

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 tombinature di dimensioni insufficienti e prive di opere di regimazione e di controllo del trasporto solido a monte.

Il **concetto di criticità sotto l'aspetto geomorfologico**, può essere inteso come compresenza di più elementi di instabilità in determinate aree del bacino, tali da costituire un "insieme" in grado di condizionare in senso negativo la dinamica evolutiva del bacino o di parti significative di esso.

L'individuazione delle criticità si è basata prevalentemente sulla carta della Suscettività al Dissesto, tenendo però conto anche di altri elementi quali la "probabilità" che il dissesto si verifichi, ovvero il tempo più o meno lungo in cui ci si attende che il dissesto si verifichi e le implicazioni che il dissesto può comportare per il restante bacino. Si sono inoltre tenute in considerazione situazioni particolari non evidenziate dall'analisi, ma note attraverso la conoscenza diretta del territorio.

Le aree di maggior criticità individuate nei due comparti sono:

a) Zona perimetrata come Zona A della carta della Pericolosità, comprendente un tratto del sottobacino di rio S. Cristoforo, e di rio Valletto. In questa zona che circonda a N e ad W la loc. Valcada sono presenti sulle due sponde orografiche coltri potenti, interessate da fenomeni erosivi che potrebbero provocare onde di torbida particolarmente pericolose, considerato che il rio risulta tombinato o canalizzato per tutto il suo tratto inferiore, fino allo sbocco a mare.

b) Zona perimetrata come Zona A (carta della Pericolosità) attorno a Cascina Dè Coppi e sopra a Case S. Pietro (rio Molinero e sottobacino di rio Canaiella). In questa zona la presenza di coltri sciolte potenti è associata ad un notevole sviluppo del reticolo idrografico soprattutto di tributari di sponda sinistra del rio Molinero. L'elevata densità di drenaggio è indice di bassa permeabilità delle coltri e di elevata probabilità di erosione per ruscellamento superficiale. La zona è pertanto soggetta ad una rapida evoluzione di versante che potrebbe generare forme di dissesto gravitativo.

L'insieme di questi elementi determina una situazione di elevato Rischio idrogeologico poiché, nonostante il modesto trasporto solido conseguente alla canalizzazione degli alvei, le sezioni di deflusso in corrispondenza dei tombinamenti risultano ridotte per interrimento.

Il fenomeno dell'interrimento nella porzione terminale delle aste, dovuto alla repentina perdita di velocità dell'acqua, è generalizzato e può giungere all'occlusione delle tombinature in occasione del crollo di qualche muro d'argine e del retrostante terrapieno.

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.

Il trasporto solido è strettamente correlato da una parte all'estensione delle aree interessate da fenomeni erosivi e gravitativi presenti nel bacino e, dall'altra al grado di maturità raggiunto dal profilo d'asta.

In entrambi i comparti, il profilo d'asta dei corsi d'acqua è caratterizzato:

- nel tratto superiore, da elevate pendenze, con pochi manufatti idraulici, con elevata capacità erosiva e di trasporto solido da parte delle acque di scorrimento superficiale.

- nel tratto inferiore da basse pendenze , molti manufatti idraulici (arginature, canalizzazioni, pavimentazioni, tombinamenti) con assenza di erosione e sedimentazione del materiale sospeso.

Questa configurazione determina nelle porzioni alte dei bacini diffuse instabilità di versante, mentre nella porzione litoranea si verificano difficoltà di smaltimento delle acque superficiali.

Una conseguenza ulteriore, consiste nell'insufficiente ripascimento degli arenili litoranei, che da decenni vengono salvaguardati dall'arretramento solo mediante ripascimenti da discarica artificiale.

A partire dal 1992 si è manifestata una ripresa del ripascimento naturale delle spiagge, grazie alle imponenti torbide del Quiliano e Letimbro (Comparto Molinero) e del Sansobbia (comparto Podestà).

Per il comparto Podestà si è inoltre verificata una riduzione dell'erosione costiera a seguito del prolungamento delle difese a mare del porto di Savona.

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 sostituisce le mappature del Rischio dei piani di protezione civile, pur costituendone un supporto essenziale, in quanto non è stata elaborata ad una scala di sufficiente dettaglio, soprattutto per quanto riguarda la classificazione degli elementi a rischio. Ai piani di protezione civile a livello comunale spetta naturalmente il compito di individuare e dettagliare i singoli elementi presenti in relazione alle loro funzioni, alla loro destinazione d'uso e alla loro specifica vulnerabilità, e soprattutto di individuare le

opportune misure (non strutturali) di prevenzione e mitigazione del Rischio per le diverse aree. A titolo di esempio, nel caso in esame, lungo l'asta principale si trovano varie abitazioni e viabilità prospicienti l'alveo (come già segnalato anche nel capitolo relativo alle criticità del bacino): i piani di protezione civile dovranno stabilire nel dettaglio e mettere in atto tutti gli accorgimenti (informazione, sistemi di allerta, piani di evacuazione, ecc.) per la salvaguardia dei residenti.

La metodologia impiegata per la determinazione del Rischio geomorfologico risulta abbastanza condivisibile se si accetta che la finalità dello studio sia esclusivamente la tutela dell'elemento a rischio.

In particolare la matrice attraverso cui vengono determinati mediante incrocio la Pericolosità e l'importanza dell'elemento a Rischio, fa prevalere il fattore pericolosità quando questo ha valori medio bassi (P0 e P1), mentre fa prevalere l'elemento a rischio allorquando la Pericolosità assume valori medio-alti (P2, P3 e P4)

Nell'ambito 11, l'applicazione di questo criterio determina alcune situazioni puntuali, apparentemente illogiche, come la presenza di minuscole aree R1 o R2 in vaste zone a Pericolosità medio-bassa (P1 e P2).

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:

- E₀: aree disabitate o improduttive;
- E₁: edifici isolati, zone agricole;
- E₂: nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori infrastrutture minori;
- E₃: centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, principali infrastrutture e servizi.

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

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

- R₁: Rischio moderato;
- R₂: Rischio medio;
- R₃: Rischio elevato;
- R₄: Rischio molto elevato.

Si è inoltre ritenuto di introdurre un'ulteriore classe di rischio 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	Tessuto urbano discontinuo - Infrastrutture viarie principali (al di fuori del tessuto urbano continuo)
E3	1.1.1 - 1.2.1 - 1.2.2 - 1.2.2	Tessuto urbano continuo - Aree industriali e commerciali - Reti autostradali

- 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:

ELEMENTI A RISCHIO	SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI				
	Suscettività molto bassa	Suscettività bassa	Suscettività media	Suscettività alta	Aree in frana attiva
E0	R₀	R₀	R₀	R₁	R₁
E1	R₀	R₁	R₁	R₂	R₃
E2	R₀	R₁	R₂	R₃	R₄
E3	R₀	R₁	R₂	R₄	R₄

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

- Rischio idraulico

La pericolosità, per quanto riguarda il Rischio di inondazione, è legata al tempo di ritorno della portata di massima piena. Come già visto sono stati individuati essenzialmente tre

livelli di Pericolosità idraulica, uno elevato (T=50 anni), uno medio (T=200 anni) e uno basso (T=500 anni).

Il Rischio idraulico è stato determinato dalla sovrapposizione delle tre fasce suddette con gli elementi a rischio, secondo le intersezioni indicative riportati nella matrice seguente:

ELEMENTI A RISCHIO	FASCE DI INONDABILITÀ		
	200 <T <=500 fascia C	50 <T <=200 fascia B	T <=50 fascia A
E0	R₀	R₁	R₁
E1	R₁	R₂	R₃
E2	R₂	R₃	R₄
E3	R₂	R₄	R₄

Si noti che nella matrice del Rischio si ottengono classi di Rischio elevato o molto elevato (R₃ ed R₄) solo per i tempi di ritorno duecentennale e cinquantennale; ciò è coerente con l'obiettivo postosi nella pianificazione di bacino di ridurre il Rischio di inondazione a tempo di ritorno pari a 200 anni. La fascia C, infatti, ha lo scopo principale di individuare aree di attenzione e costituisce uno strumento soprattutto a livello di misure protezione civile.

4.3 Carta del Rischio idraulico

4.3.1 Rio Molinero

Dall'applicazione delle matrici del Rischio idraulico (riportate nel precedente paragrafo) a partire dalla carta delle Fasce di inondabilità e degli Elementi a rischio già elaborate per lo specifico bacino si è individuata la zonizzazione in classi di Rischio riportata nella carta del Rischio Idraulico.

Le situazioni di maggior Rischio idraulico (R₄) sono presenti lungo tutto il tratto analizzato, ad eccezione della "zona stadio" dove, l'uso del suolo determina un abbassamento del grado di Rischio ad un livello medio-moderato (R₂ – R₁) in sponda destra. Il Rischio assume un valore molto elevato (R₄) fino a monte del parco ferroviario su entrambe le sponde; a valle di questo permane molto elevato in sponda sinistra, mentre in destra degrada da molto elevato a moderato allontanandosi dal corso d'acqua.

In conclusione, dall'analisi della carta del Rischio idraulico emerge un'evidente situazione di Rischio generalizzato nella parte terminale del Rio Molinero.

Rio S.Cristoforo:

Lungo quasi tutto il tratto analizzato sono presenti aree classificate a rischio R₄; sono particolarmente estese quelle poste in prossimità della tombinatura del rilevato ferroviario.

Rio Galletto:

Il Rio Galletto non presenta zone a rischio elevato, sia per la mancanza di importanti criticità sia per la distribuzione degli elementi a rischio.

4.3.2 Bacini Ambito Molinero

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 tombinature indagati sono evidenziate nella carta degli interventi allegata alla presente relazione, per i quali in generale si evidenzia una notevole insufficienza idraulica che li fa ricadere in un regime normativo "tipo" fascia A.

Agli interventi strutturali, evidenti dove vi siano opere che limitano il deflusso delle portate, si dovranno sempre associare interventi non strutturali di mitigazione del Rischio e di messa in salvaguardia della popolazione, ovvero l'adozione di piani di protezione civile comunali per i quali le carte della Suscettività al Dissesto e delle Fasce di inondabilità sono propedeutiche.

In particolare, si dovranno evitare sia l'utilizzo ad uso abitazione dei piani interrati, sia l'utilizzo in caso di previsioni di forti piogge dei parcheggi interrati. All'interno del piano di protezione civile comunale, peraltro già obbligatorio nel rispetto della Legge 295/92, si dovranno inoltre indicare eventuali misure di salvaguardia della popolazione.

All'interno delle aree a Rischio di inondazione, ed in particolare in seguito ai risultati degli studi di dettaglio previsti da tale piano stralcio, si dovrà prevedere un programma di rilocalizzazione o messa in sicurezza degli edifici che rientreranno in tali aree, in particolare per quelli di pubblica utilità.

4.4 Carta del Rischio geomorfologico

La gran parte della porzione montana è contrassegnata da un coefficiente di Rischio R0. Questo coefficiente è dovuto essenzialmente all'assenza di elementi a Rischio, poiché in molti casi la Suscettività al Dissesto è viceversa medio-bassa e media.

Sempre per l'assenza di elementi a Rischio, la classificazione R1 di molte aree con alta Suscettività al Dissesto (A) (parte sommitale di rio Veien – zona a Nord della Strà, zona attorno a Bric cà di bo e molte altre di minor estensione).

Molto scarse e di superficie molto limitata nel Comparto di rio Molinero, le aree con Rischio idrogeologico superiore a R2 (n° 6 aree); sono inoltre assenti aree con Rischio R4

Viceversa la maggior parte della zona litoranea in quanto urbanizzata è classificata R1 pur in presenza di una Suscettività al Dissesto bassa, a sua volta determinata dall'andamento pianeggiante del territorio.