



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:

ARRESTRA

Bacino:

ARRESTRA

Competenza della Provincia di Savona Km 13.86

Comuni:

VARAZZE



APPROVAZIONE	Delibera del Consiglio Provinciale di Savona n. 47 del 25/11/2003
ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO	Decreto del Segretario Generale n. 90 del 25/10/2021
ENTRATA IN VIGORE	Pubblicazione sul BURL n. 47 del 24/11/2021 - parte II

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
bacino: ARRESTRA

PREMESSA	3
INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO STUDIATO	3
1. QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO	3
1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento	3
1.2 Strumenti di pianificazione vigenti	5
1.2.1 Altri strumenti di pianificazione	5
1.2.2 Analisi del Piano delle Cave	5
1.3 Dati utilizzati	6
2. CARATTERISTICHE DEI BACINI	7
2.1 Geografia	7
2.2 Geologia	7
2.3 Geomorfologia	10
3.1.1 Reticolo idrografico	10
3.1.1 Tavola del Reticolo Idrografico (tav. 13)	13
3.1.1 Descrizione dei principali elementi geomorfologici.....	13
2.3.3.1 <i>Depositi alluvionali</i>	13
2.3.3.2 <i>Coperture</i>	14
2.3.3.3 <i>Roccia affiorante o subaffiorante</i>	15
2.3.3.4 <i>Frane attive e fenomeni erosivi</i>	15
2.3.3.5 <i>Riperti e discariche</i>	16
2.3.3.6 <i>Cave</i>	16
2.3.3.7 <i>Evento alluvionale del 4.10.2010</i>	16
2.3.3.8 <i>Sintesi degli eventi alluvionali verificatosi nell'autunno 2019</i>	17
2.3.4 Acclività.....	18
2.4 Idrogeologia	20
2.5 Uso del suolo	21
2.6 Descrizione della rete idrografica	23
2.6.1 Reticolo idrografico principale	24
2.7 Idrologia di piena	25
2.7.1 Premessa.....	25
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. 25	
2.7.3 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica	29
2.7.4 Portate di piena.....	33
2.7.4.1 <i>La curva inviluppo delle portate al colmo di piena (CATI 1970)</i>	33
2.7.4.2 <i>Metodo razionale</i>	34
2.7.4.2.1 <i>Confronto tra il “metodo C.I.M.A.” e il “metodo razionale”</i>	35
2.7.4.3 <i>Determinazione delle portate al colmo di piena (CIMA 1999)</i>	36
2.7.4.3.1 <i>Piccoli bacini con dimensioni da 2 a 10 Km² (CIMA 1999)</i>	38

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

bacino: ARRESTRA

2.7.4.3.2	Piccoli bacini con dimensioni minori di 2 Km ² (CIMA 1999).....	39
2.7.4.3.3	Tabelle riepilogative dei valori di portata (C.T.P seduta. del 11/09/2003)	40
2.7.5	Portate di piena di progetto per il bacino Arrestra (Rif. Normativa di Piano) ...	41
3	PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO.....	42
3.1	Premessa	42
3.2	Problematiche di tipo geomorfologico.....	44
3.2.1	Suscettività al dissesto dei versanti	44
3.2.2	Commento alla carta della suscettività al dissesto dei versanti	48
3.3	Problematiche di tipo idraulico	49
3.3.1	Aree storicamente inondate.....	49
3.3.2	Verifiche idrauliche	49
3.3.2.1	<i>Individuazione dei tratti di studio</i>	49
3.3.2.2	Verifiche per tratti estesi	50
	- Parametri di scabrezza	60
3.3.3	Fasce di inondabilità	60
3.3.4	Fascia di riassetto fluviale.....	63
3.4	Principali criticità del bacino	63
3.4.1	Principali criticità geomorfologiche del bacino	63
3.4.2	Principali criticità idrauliche del bacino	63
3.5	Evento alluvionale del 04.10.2010.....	66
3.5.1	Descrizione generale dell'evento	66
4	IL RISCHIO NELLA PIANIFICAZIONE DI BACINO	69
4.1	Metodologia per la determinazione del rischio idrogeologico nella pianificazione di bacini stralcio	69
4.2	Il rischio idrogeologico.....	70
4.2.1	Rischio idraulico	71
4.2.2	Rischio geomorfologico	72

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
bacino: ARRESTRA

PREMESSA

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

Il presente piano per parte degli ambiti regionali 11 e 12 (Bacino de Torrente Arrestra) è stato redatto quale piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico in adempimento all'art.1, comma1, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, convertito, con modificazioni, nella legge 3 agosto 1998 n 267.

La modifica del Piano di bacino di cui al DSG n.90 del 25/10/2021 aggiorna il presente documento solo con l'inserimento del capitolo 3.2.4 relativo al nuovo quadro dei dissesti per frana conseguenti all'evento alluvionale dell'autunno 2019.

INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO STUDIATO

Il territorio preso in considerazione in questo studio di piano copre un'area di circa 20.8 Km² che comprende parte dell'ambito regionale di bacino n.11 e parte del n. 12. Dell'intera superficie studiata circa 14 Km² ricadono nella Provincia di Savona (Comune di Varazze) mentre i rimanenti 6.8 Km² appartengono alla Provincia di Genova (Comune di Cogoleto).

Il bacino del torrente Arrestra è situato infatti a cavallo delle due Province ed il corso d'acqua ne segna per un tratto il confine.

1. QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

1.1 Quadro istituzionale, normativo e amministrativo di riferimento

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

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

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

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

bacino: ARRESTRA

l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e le relative misure di salvaguardia.

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

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

In adempimento al comma 1, 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 della Liguria a seguito della L.R. 9/93 e precedentemente al D.L. 180/98. Questo tipo di piano, che viene elaborato prioritariamente come adempimento al D.L. 180/98, è uno stralcio funzionale, che rappresenta una parte del piano stralcio per la difesa idrogeologica del quale risulterà quindi parte integrante, così come del piano di bacino completo.

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

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

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

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

- raccomandazione n.1 "Metodologie per la mappatura delle aree soggette a rischio di inondazione"

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

bacino: ARRESTRA

- 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 “*Indicazioni metodologiche per la costruzione della carta di suscettività al dissesto dei versanti*”

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

1.2 Strumenti di pianificazione vigenti

Nell’ambito della pianificazione di bacino occorre tenere in considerazione i diversi strumenti di pianificazione territoriale già esistenti per le aree considerate (bacini ed aree scolanti). 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. Nel seguito vengono riportate le considerazioni salienti, a livello di bacino, contenute nel Piano Territoriale Regionale delle Attività di Cava, ritenute le più utili per le finalità del piano:

1.2.1 Altri strumenti di pianificazione

All’interno del Bacino dell’Arresta ricadono due aree protette regionali. Relativamente infatti alla Direttiva CEE 92/43/CEE, istitutiva dei siti “bioitaly” si osserva che nell’ambito del bacino sono presenti i seguenti siti individuati come “SIC” (siti di importanza comunitaria):

IT 1331578 Beigua-Turchino

IT 1331402 Beigua-M.Dente-Gargassa-Pavaglione.

1.2.2 Analisi del Piano delle Cave

Il bacino del T. Arrestra ricade nell’ambito di seguito indicato del Piano Territoriale Regionale delle Attività di Cava, di cui si riportano le indicazioni:

Ambito 16 – Costa Varazzina (comprende il bacino del T. Arrestra)

“Vi sono localizzate due cave di serpentinite, una in Comune di Arenzano, “Lupara”, ed una in comune di Cogoleto, “Molinetto”.

La cava “Lupara” risulta sospesa da alcuni anni ed è stata utilizzata principalmente per il riempimento del porto di Voltri.

La cava “Molinetto” ha cessato l’attività nel 1991”.

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
bacino: ARRESTRA

Proposta:

“Nell’ambito in argomento, in considerazione della particolarità del territorio interessato, non è stato previsto l’inserimento di alcun polo estrattivo. I poli esistenti in passato, riferiti alle cave di serpentino denominate “Lupara” in Comune di Arenzano e “Molinetto” in Comune di Cogoleto , sono stati depennati in quanto, per quanto riguarda il primo, lo stesso risulta inserito in un contesto ambientale di pregio e in vista dell’autostrada Genova-Savona; i versanti presentano situazioni di instabilità ed inoltre il Comune di Arenzano ha realizzato marginalmente all’area discariche provvisorie di rifiuti solidi urbani che compromettono in parte la definitiva realizzazione del progetto di coltivazione autorizzato, mentre l’area della cava “Molinetto” è prevista come sito di alloggiamento dei materiali di risulta provenienti dall’attività della fabbrica Stoppani”.

Situazione attuale per la zona esaminata:

Attualmente le attività di cava in entrambi i siti risultano cessate. La cava “Molinetto”, in sponda sinistra del torrente Arrestra risulta adibita a deposito di scorie di lavorazione della fabbrica chimica Stoppani.

1.3 Dati utilizzati

Per la redazione del Piano si è fatto riferimento ad una serie di documenti di riferimento per poter realizzare un quadro propedeutico delle informazioni.

Principalmente si tratta di documentazione proveniente dalle amministrazioni comunali interessate (Varazze e Cogoleto): carte tematiche propedeutiche ai Piani Regolatori Generali, progetti di diverso tipo riguardanti sistemazioni idrauliche o di versante.

Sono in oltre state consultate le carte tematiche del Progetto “ECOZERO” realizzato dalla Regione Liguria.

La base cartografica utilizzata è la carta tecnica regionale in scala 1:5.000 (in formato vettoriale) e la carta tecnica regionale in scala 1:10.000 (in formato raster): fogli n° 212150, 229030, 212160, 229040.

2. CARATTERISTICHE DEI BACINI

2.1 Geografia

Il bacino del Torrente Arrestra ricade dal punto di vista amministrativo nei territori dei Comuni di Varazze (Provincia di Savona) e Cogoleto (Provincia di Genova), rispettivamente Ambiti di bacino n. 11 e 12.

La superficie del Torrente Arrestra risulta di circa 20.8 Km² di cui 6.8 Km² in Provincia di Genova (Comune di Cogoleto) e 14 Km² in Provincia di Savona (Comune di Varazze).

Il suo asse principale è orientato grosso modo in direzione NW-SE ed il bacino presenta una conformazione a “ventaglio”, stretto nella sua parte terminale e più ampio nei settori mediano e montano.

Le cime principali che identificano il suo spartiacque sono il M. Beigua (1286 m), Cima Frattin (1146 m), Cima Fontanaccia (1145 m) a Nord, Bric dell’Orso (752 m), Bricco delle Fosse (253 m) ad Est, M. Cavalli (1114 m), Bric Montebe (962 m), M. Priafala (964 m), M. Greppino (679 m), Rocca da Noce (452 m), Bric della Costata (302 m), Bric San Giacomo (149 m) ad Ovest.

Il Torrente Arrestra nasce dalle pendici del M. Beigua ed i suoi affluenti principali: Rio Prialunga, Rio Malanotte e Rio Acquabona, tutti in sponda sinistra, conferiscono alla geometria del reticolo un carattere di asimmetrico.

Il Torrente Arrestra sfocia in mare all’estremità occidentale dell’abitato di Cogoleto.

2.2 Geologia

Inquadramento

Il contesto geologico-strutturale in cui si inserisce il bacino del T. Arrestra è piuttosto complesso; caratterizzato dalla presenza di termini litologici rappresentativi di periodi compresi tra l’era Mesozoica (ca 250 M.A.) ed il Pliocene (ca 60 M.A.).

L’area è quindi caratterizzata dalla presenza di terreni appartenenti al complesso ofiolitifero del “Gruppo di Voltri”, costituito da un sistema composito di falde metamorfiche situate in posizione interna rispetto all’arco alpino occidentale, unitamente a termini di piattaforma carbonatica triassici e da rocce “più recenti” rappresentate da alcuni litotipi oligo-pliocenici appartenenti al bacino terziario Piemontese.

Le litologie dominanti all’interno dell’area di studio sono quelle appartenenti al Gruppo di Voltri la cui pertinenza paleogeografica risulta essere l’oceano ligure-piemontese, dalla cui chiusura sarebbe derivato l’edificio a falde tettoniche che costituisce le Alpi.

I frammenti di crosta oceanica sono generalmente caratterizzati da ultramafiti e da rocce basiche che risultano metamorfosate e trasformate in metaofioliti e metasedimenti dagli eventi tettonici alpini che ne hanno cancellato o trasposto le relazioni originarie.

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
bacino: ARRESTRA

Tettonica

Numerosi sono i sistemi di lineazioni fragili individuati sul territorio in esame; con direzioni variabili ed interagenti tra loro con frequenti dislocazioni e disassamenti.

Tre sono, ad ogni modo le famiglie di fratturazione e fessurazione principali:

1. NW-SE: il più recente in ordine cronologico interessa sia le formazioni precenozoiche che la formazione di Molare.
2. E-W; ENE-WSW: questo sistema sebbene più antico del precedente presenta locali fenomeni di riattivazione con conseguente dislocazione del sistema NW-SE;
3. N-S: sembra interessare solo i terreni appartenenti all'Unità di Varazze, ed appare dislocato da tutti gli altri sistemi è pertanto risulta il più antico.

Descrizione dei litotipi

Di seguito sono descritte le principali litologie affioranti all'interno dell'area di studio riportate nella carta geolitologica:

- o **Marne (ma)**: si tratta di marne grigiastre localmente intercalate a livelli arenacei fini mediamente cementati e da conglomerati poligenici sabbiosi più o meno cementati, con ciottoli ben arrotondati di dimensioni da centimetrica a decimetrica alternati a marne. Sono rocce piuttosto tenere e facilmente degradabili. Le coperture sciolte associate a questo litotipo appaiono diversificate tra le due facies conglomeratica e marnosa: la prima determina materiali prevalentemente granulari, la seconda depositi a granulometria più fine (argillosa, limoso-argillosa). Dal punto di vista cartografico, come da indicazione della Amministrazione Provinciale” si è ritenuto di individuarle con un unico simbolo “ma” relativo al litotipo dominante. Affiorano con continuità lungo una fascia compresa fra Lerca e Sciarborasca, visibile solo in corrispondenza di rari affioramenti, a causa della presenza di una continua copertura vegetale e di suolo. Sono localizzate a cavallo del Bacino dell'Arresta e del Rumaro in località Sciarborasca. (Formazione di Molare – Oligocene.)
- o **Serpentiniti e serpentinoscisti (sr, sns)** costituiscono i litotipi prevalenti e più rappresentativi dell'area indagate. Il carattere strutturale delle serpentiniti è generalmente compatto, a banchi, ma sempre caratterizzato da una intensa fratturazione.. All'esame macroscopico alcune di esse risultano composte da un fitto ed irrisolvibile aggregato di minerali serpentinosi; altre presentano in questo aggregato relitti più o meno abbondanti di pirosseni ed olivina che possono spiccare anche nelle superfici alterate della roccia. Le serpentiniti massicce descritte in precedenza presentano frequentemente fenomeni di cataclasi che localmente si intensificano fino a produrre una breccia ad elementi spigolosi in una matrice polverulenta, talora permeata da un cemento siliceo o carbonatico. In corrispondenza dei contatti tettonici la tessitura scistosa può divenire assai penetrativa ed il litotipo assume i caratteri del serpentinoscisto, la scistosità è inoltre spesso associata ed evidenziata da letti di minerali fillosilicati (talcoscisti o cloritoscisti). Sono frequenti le intercalazioni filoniane di rocce a prevalenti silicati di calcio che da molti anni sono note

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

bacino: ARRESTRA

soprattutto per la bellezza dei minerali di litoclasti in esse contenute. Descritte comunemente come granatiti, tali rocce sono state ridefinite come rodingiti (Dal Piaz – 1967). La loro composizione è dominata da granato, diopside, vesuviana e clorite di tipo proclorite o clinocloro. Il maggior numero di filoni rodingitici si trova lungo il versante meridionale del M.Rama-M.Reisa. (vedi cava del Molinetto). Dal punto di vista geomeccanico sono soggetti entrambi ad una alterazione fisica indotta da fenomeni termoclastici e crioclastici con conseguente formazione di manti detritici grossolani per il litotipo serpentinitico, mentre i serpentinoscisti, disgregandosi, determinano manti eluvio-colluviali a granulometria fine con abbondante frazione clastica generalmente subdecimetrica. I litotipi, come ben evidente nella cartografia allegata, caratterizzano la porzione iniziale, centrale e nord orientale del Bacino dell'Arresta, il tratto iniziale e terminale del Bacino del T. Rumaro, nonché il settore nord-occidentale dell'area delle "aste scolanti di Cogoleto". I serpentinoscisti appaiono generalmente al margine delle maggiori masse serpentinitiche, soprattutto al contatto con calcescisti, prasiniti e metagabbri. (Unità del M.te Beigua)

- **Metagabbri (mg):** alle serpentiniti si accompagnano spesso masse metagabbriche che hanno un aspetto decisamente più massivo e compatto. La grana è variabile anche entro spazi limitati, da fine a pegmatitica. Localmente si presentano anche con una marcata lineazione e fogliatura fino a presentare una vera e propria facies scistosa. Associati ai metagabbri possono rinvenirsi brecce serpentinitiche a cemento carbonatico o lenti di serpentiniti compatte. Questo tipo di roccia, come la prasinite, è particolarmente soggetta a disgregazione da parte degli agenti atmosferici, formando ai piedi dei versanti, importanti accumuli detritici di tipo eluviale. Affiorano nel tratto terminale delle Valli del T. Arresta e del T. Rumaro in località Pian delle Forche, Bricco delle Fosse, Beffa Dosso, Villaggio Olandese. (Unità di Varazze – Giurassico med. – Cretaceo inf.).
- **Calcescisti. (cs)** Sono rocce a tessitura marcatamente scistosa, localmente molto pervasiva: il litotipo è caratterizzato da colore grigio-verde o bruno con abbondanti carbonati, miche e subordinato quarzo; localmente sono rilevabili livelli nerastrati spesso contorti rappresentati da allineamenti di sostanze carboniose e graffitiche; presenti soprattutto come micascisti e calcescisti s.s. Le paragenesi sono prevalentemente in Facies Scisti Verdi. L'elevata alterabilità del litotipo favorisce la formazione di potenti manti eluvio-colluviali a granulometria generalmente fine. I calcescisti affiorano diffusamente nel settore orientale del Bacino del T. Arresta e in piccoli lembi nel tratto più settentrionale in prossimità del M.te Beigua. Altri affioramenti sono localizzati sia nel settore centrale a cavallo dello spartiacque che separa il bacino del T. Arresta dal Bacino del T. Rumaro in località Sciarborasca, sia nel settore a monte dell'abitato di Cogoleto. (Unità di Alpicella, Formazione dei Calcescisti del Turchino).
- **Metabasiti indifferenziate a scisti verdi (mb)** Sono rocce metamorfiche scistose a grana minuta di colore variabile dal verde blastro al bruno; una facies particolarmente ben rappresentata è quella compatta dove lo stato di conservazione del litotipo è mediamente buono. Come metabasiti indifferenziate, compatte o scistose, a prevalente paragenesi a scisti verdi (clorite, anfiboli attinolitici, prasiniti), si riscontrano spesso nel

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

bacino: ARRESTRA

settore nord occidentale del bacino del T. Arrestra nelle fasce di contatto tra calcescisti e serpentinoscisti.

- o **Quarzoscisti, micascisti, (sq):** sono rocce a tessitura finemente scistosa e composizione petrografica simile ai calcescisti. Sono presenti solo nel Bacino del T. Arrestra nel settore nord-occidentale del bacino in prossimità del M.te Priafaia e del M.te del Vento.

Coltri detritiche (dt) e depositi alluvionali (am, ar, aa) saranno trattati nel seguente paragrafo.

2.3 Geomorfologia

Dall'analisi dell'area in esame risulta che il bacino presenta caratteristiche geomorfologiche comuni. Le condizioni di acclività, uso del suolo e condizioni di affioramento si presentano infatti relativamente simili nei diversi settori del bacino.

Le aree urbanizzate o antropizzate sono infatti molto limitate e sostanzialmente concentrate nella stretta fascia costiera e nei pressi degli spartiacque meridionali e orientali.

Le pendenze sono generalmente elevate ed i corsi d'acqua si presentano spesso piuttosto incisi con limitati terrazzi fluviali.

L'assetto del reticolo idrografico del bacino risulta condizionato dalla tettonica ed in particolare:

- le valli degli affluenti principali del torrente Arrestra, Rio Serra e Rio Prialunga, sono impostate su importanti direttrici tettoniche con direzione NW-SE e NE-SW;
- anche i corsi d'acqua dei rii Malanotte e Acquabona, affluenti di destra, sono molto probabilmente impostati su lineazioni tettoniche con direzione N-S;
- il basso corso del torrente Arrestra presenta diversi tratti a meandri incassati, anche questi probabilmente condizionati da lineazioni tettoniche.

3.1.1 Reticolo idrografico

Sulla base della cartografia tecnica in scala 1:10000 è stata eseguita la gerarchizzazione del reticolo idrografico (Strahler, 1957).

Il reticolo fluviale dei torrenti più significativi è stato suddiviso in singoli tratti, o segmenti fluviali, secondo una scala gerarchica di grandezza, assegnando una serie ordinata di numeri. Ogni ramo elementare (senza affluenti) è designato come segmento di primo ordine. Alla confluenza di due segmenti di primo ordine si origina un corso d'acqua di secondo ordine che si sviluppa fino al punto in cui incontra un altro corso d'acqua del secondo ordine, dopo di che si ha un segmento del terzo ordine e così via.

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

bacino: ARRESTRA

Se un segmento del primo ordine intercetta un segmento del secondo o del terzo ordine non si ha nessun incremento di ordine del segmento intercettato in quel punto di confluenza.

Il corso d'acqua principale di ogni bacino porta il numero d'ordine più elevato dell'intero sistema. I corsi d'acqua del primo e del secondo ordine normalmente presentano acqua corrente solo nei periodi di pioggia.

Nei bacini indagati si è proceduto al calcolo delle seguenti grandezze:

- **u** **numero d'ordine.**
- **Nu** **numero dei segmenti fluviali di ordine u.**
- **Rb** **rapporto di biforcazione ossia il rapporto tra il numero dei segmenti fluviali di un dato ordine ed il numero dei segmenti dell'ordine immediatamente successivo.**
- **Ndu** **numero dei segmenti fluviali di un dato ordine che influiscono in segmenti dell'ordine immediatamente superiore.**
- **Rbd** **rapporto di biforcazione diretta ossia il rapporto tra il numero dei segmenti fluviali di un dato ordine che influiscono in segmenti dell'ordine immediatamente superiore ed il numero di questi ultimi.**
- **R** **indice di biforcazione ossia la differenza tra il valore del rapporto di biforcazione e quello del valore del rapporto di biforcazione diretto.**

Il Rapporto di Biforcazione (Rb) offre una prima indicazione dell'organizzazione gerarchica del reticolo fluviale: a valori elevati dovrebbero corrispondere bassi gradi di gerarchizzazione dei reticoli; al valore 2 dovrebbe corrispondere una struttura del reticolo perfettamente gerarchizzata.

Il Rapporto di Biforcazione Diretta (Rbd) fornisce un'indicazione maggiormente rappresentativa dell'organizzazione gerarchica.

L'Indice di Biforcazione (R) permette di confrontare tutti i segmenti del reticolo con quelli collegati in regolare successione. Il parametro mette quindi in risalto l'importanza delle influenze anomale e si ricava dalla differenza Rb-Rbd. Valori prossimi allo 0 rappresentano bacini che hanno raggiunto un alto grado di organizzazione gerarchica.

Per il Rapporto di Biforcazione, il Rapporto di Biforcazione Diretta e l'Indice di Biforcazione sono stati calcolati sia la media aritmetica che la media ponderata: quest'ultima, secondo diversi Autori, sembra la più adatta a fornire una stima della situazione "media", poiché nel computo del parametro si tiene conto dell'incidenza quantitativa dei segmenti di diverso ordine che intervengono nel calcolo.

Oltre a tali grandezze, ai fini della caratterizzazione della rete idrografica, è stata calcolata la Densità di Drenaggio (D), espressa dal rapporto tra la lunghezza totale di tutti i segmenti fluviali, in chilometri, e l'area totale del bacino, in chilometri quadrati.

Sono presentati i risultati della gerarchizzazione relativamente al bacino del Torrente Arrestra.

Il numero massimo d'ordine rilevato è pari a 5: nella seguente tabella sono riportati i valori delle grandezze significative.

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

bacino: ARRESTRA

Numero d'ordine	I	II	III	IV	V
Nu	150	37	7	2	1
Rb	4.05	5.29	3.5	2	-
Nu+(Nu+1)	187	44	9	3	-
Rb[Nu+(nu+1)]	758.1	232.57	31.5	6	-
Ndu	119	24	4	2	0
Rbd	3.22	3.43	2	2	-
Ndu+(Ndu+1)	143	28	6	2	-
Rbd[Ndu+(Ndu+1)]	459.92	96	12	4	-
R	0.84	1.86	1.5	0	-

Eseguendo un'operazione di media sono stati ricavati i valori, riferiti all'intero bacino, del Rapporto di Biforcazione:

$$\overline{Rb} = 3.71 \text{ (media aritmetica);}$$

$$\overline{Rb}^{\circ} = 4.25 \text{ (media ponderata),}$$

del Rapporto di Biforcazione Diretto:

$$\overline{Rbd} = 2.22 \text{ (media aritmetica);}$$

$$\overline{Rbd}^{\circ} = 3.20 \text{ (media ponderata),}$$

e dell'Indice di Biforcazione:

$$\overline{R} = 1.05 \text{ (media aritmetica);}$$

$$\overline{R}^{\circ} = 1.05 \text{ (media ponderata).}$$

Sono state riportate sia la media aritmetica che quella ponderata: quest'ultima, secondo diversi Autori, sembra la più adatta a fornire una stima della situazione "media", poiché nel computo del parametro si tiene conto dell'incidenza quantitativa dei segmenti di diverso ordine che intervengono nel calcolo degli Rb parziali.

Per quanto riguarda il Rapporto di Biforcazione, i due valori sopra riportati, che non si discostano molto l'uno dall'altro, indicano un reticolo mediamente gerarchizzato.

Più indicativo del precedente è il Rapporto di Biforcazione Diretta (Rbd): i due valori ottenuti, non particolarmente alti, esprimono un indizio di gerarchizzazione abbastanza sviluppata.

Per quanto riguarda l'Indice di Biforcazione (R), anche in questo caso i valori ottenuti sono da considerarsi nella media del parametro (che varia generalmente tra 0.2 e 2).

E' stata anche calcolata la densità di drenaggio:

D=3.98

Un tale valore è caratteristico di un'area mediamente drenata.

3.1.1 Tavola del Reticolo Idrografico (tav. 13)

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

3.1.1 Descrizione dei principali elementi geomorfologici

Vengono descritti nel seguito le forme presenti nella Carta Geomorfologica suddivise per tipologie.

2.3.3.1 Depositi alluvionali

I depositi alluvionali cartografati sono stati suddivisi utilizzando sia un criterio temporale sia un criterio finalizzato alla descrizione dei meccanismi di sedimentazione. Si sono pertanto individuate le seguenti tipologie:

“alluvioni mobili ed attuali (am)”: localizzati all'interno dell'alveo dei torrenti e nelle immediate vicinanze risultano rimaneggiati e ampliati dalle piene e dalle divagazioni stagionali dei corsi d'acqua. Le alluvioni mobili attuali sono formate da materiale generalmente grossolano. Di limitata estensione non è stato possibile cartografarle alla scala grafica utilizzata.

“alluvioni recenti (ar)”: poste al lato dei corsi d'acqua generalmente costituiscono in genere bassi terrazzi (1-2 m) rispetto all'attuale altezza dell'alveo. Anch'essi poco diffusi sono presenti in dimensioni e potenze cartografabili nel bacino del T. Arrestra, e precisamente nel settore centrale tra il Convento del Deserto e la confluenza del T. Acquabuona, e nella zona terminale dalla zona poco più a monte del viadotto autostradale fino alla foce.

“alluvioni antiche (aa)”: costituiscono dei lembi residuali di depositi terrazzati fluviali riconoscibili in piccole aree lungo il torrente Arrestra poco più a sud della zona del Convento del Deserto e nella zona della confluenza del rio Acquabuona.

Si segnala, inoltre, che molte delle coltri cartografate nella carta geomorfologica e localizzate sulle superfici di raccordo tra le ultime propaggini dei rilievi e il fondovalle dei torrenti, risultano nella loro porzione terminale, costituite da depositi colluviali commisti a depositi fluviali antichi e recenti.

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
bacino: ARRESTRA

2.3.3.2 Coperture

Le coperture detritiche presenti nel bacino possono essere distinte in tre tipologie principali: coltri detritiche eluvio-colluviali, falde di detrito e coltri miste detritico-alluvionali. Per l'elaborazione della cartografia tematica sono state considerate, ove possibile, la granulometria prevalente fine o grossolana e lo spessore maggiore di 3 m o compreso tra 1-3 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

Le coltri eluvio-colluviali (dt) con spessori compresi tra uno e tre metri sono prevalentemente localizzate nel settore centrale del bacino dell'Arresta. Localmente raggiungono spessori maggiori di tre metri soprattutto in corrispondenza dei litotipi marnosi e marnoso-arenacei (loc. Sciarborasca); in alcuni casi la letteratura geologica attribuisce alla porzione sommitale (1-2 m max) di detti depositi una genesi marina, definendoli come dei depositi antichi terrazzati (Pleistocene).

Vengono descritti come ghiaie e ciottoli di dimensioni molto variabili, talora cementati, spesso misti a sabbia più o meno abbondante. I ciottoli sono generalmente serpentinitici e in minor misura derivanti dai calcescisti, con un grado di arrotondamento molto variabile. Sono di solito immersi in una matrice terrosa rossastro-giallastra. Questi sedimenti giacciono in discordanza erosiva sui termini inferiori.

Sono state cartografate sempre con la simbologia "dt" anche quelle coltri miste detritico-alluvionali situate lungo le superfici di raccordo morfologico tra le piane alluvionali ed i versanti dei rilievi. Detti materiali derivano in parte dal colluvio proveniente dalla disgregazione dei versanti in parte da sedimenti alluvionali o dai terrazzi fluviali delle aste torrentizie. Questa configurazione morfologica è piuttosto comune lungo alcuni tratti del torrente Arrestra.

I detriti di falda, assimilati in cartografia alle coltri detritiche (maggiori o minori di 3 m di spessore secondo i casi), presentano elementi clastici eterogranulari a spigoli vivi e comportamento eminentemente granulare. Geneticamente sono il prodotto della detrizione termoclastica del substrato roccioso generalmente serpentinitico e serpentinoscistoso.

I detriti di falda sono piuttosto frequenti alla base dei canali e ai piedi dei ripidi versanti dei rilievi che caratterizzano la porzione centro settentrionale del bacino dell'Arresta (zona del M.te Beigua e zona del Santuario del Deserto); l'acclività dei versanti e la scarsa copertura vegetale favoriscono un ruscellamento superficiale ad alta velocità di deflusso che determina l'erosione selettiva superficiale di parte dei costituenti granulometricamente medio-fini, con formazione di falde di ghiaioni ad elevato angolo di attrito e coefficiente di permeabilità variabile in funzione della frazione residua dell'intasante fine.

Detti corpi sedimentari possono risultare in lento movimento (fenomeno indicato nella cartografia con la simbologia "direzione di mobilitazione dei materiali sciolti"), a causa della gravità o dell'erosione al piede dell'accumolo indotta dai corsi d'acqua stagionali.

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
bacino: ARRESTRA

2.3.3.3 *Roccia affiorante o subaffiorante*

Rientrano in questa definizione tutte le porzioni di territorio nelle quali le coperture dei materiali detritici sono inferiori al metro. La perimetrazione di tali aree è basata su criteri di fenomenologia prevalente per cui alla scala grafica di rappresentazione (1:10.000) è possibile per cui che al loro interno possano rientrare situazioni particolari a valenza locale quali piccole conoidi, accumuli detritici di ridotte dimensioni ecc.

All'interno di questa categoria sono state poi individuate due sottoclassi (*Rs*, *Rf*) esplicative del grado di fratturazione e di alterazione degli ammassi rocciosi e dei loro rapporti giacitureali (stratificazione, scistosità, famiglie di fratturazione) con i versanti.

Pertanto, gli affioramenti di serpentiniti e serpentinoscisti, calcescisti, metagabbri e scisti quarzosi sono stati classificati tutti come più o meno fratturati (*Rf*) o scistosi. Queste litologie presentano inoltre un grado di fratturazione ed alterazione generalmente alto.

Gli affioramenti di metabasiti e marne si presentano con un grado di alterazione e fratturazione inferiore rispetto ai precedenti litotipi. Si è ritenuto pertanto di ricomprendere dette litologie all'interno della classe *Rs*, intesa come comprendente ammassi rocciosi con caratteristiche geomeccaniche meno sfavorevoli rispetto alle condizioni di stabilità.

Dall'analisi della cartografia appare evidente come più del 70% del territorio appartenente all'ambito in oggetto sia caratterizzato da roccia affiorante o subaffiorante.

2.3.3.4 *Frane attive e fenomeni erosivi*

Nell'ambito dei rilievi di campagna si è proceduto, mediante apposite schede, alla catalogazione dei movimenti franosi e alla valutazione del loro stato di attività.

Valutazioni di merito sulla tipologia delle frane e sulla loro diffusione sul territorio hanno evidenziato come la tipologia più diffusa sia quella delle frane in roccia (per crollo, ribaltamento, o rotolamento) con modesti corpi detritici.

In genere si tratta di cigli attivi, di modesta diffusione areale, su versanti ad elevata acclività modellati in rocce serpentinitiche che hanno come fattori predisponenti l'intensa tettonizzazione della roccia e le elevate pendenze e come fattori innescanti eventi pluviometrici di significativa intensità e fenomeni termoclastici.

Di rilevanza trascurabile sono alcune frane che interessano coperture detritiche ma che presentano in genere dimensioni piuttosto ridotte.

Di sicuro rilievo, per l'assetto idrogeologico del comparto in esame sono invece i processi e le forme derivanti dall'erosione idrica.

Praticamente lungo tutti i versanti sono evidenziati fenomeni di erosione areale con asportazione da parziale a totale della risorsa suolo. Inoltre, sono stati segnalati i tratti d'alveo con evidenti incisioni di fondo o spondali .

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

bacino: ARRESTRA

In particolare tutti i principali affluenti dell'Arrestra in sponda sinistra ed i piccoli rii in sponda destra risultano in erosione concentrata di fondo. I principali fenomeni di erosione spondale si individuano invece sul tratto mediano e vallivo del torrente Arrestra in corrispondenza dei bruschi cambi di direzione (tratto a meandri incassati). La carta della franosità reale riporta l'indicazione dei principali eventi franosi, con la relativa tipologia, ed il codice di riferimento alla scheda frana.

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: nel Comune di Cogoleto in loc. C. delle Ciazze e nel Comune di Varazze in loc. Mugarina, loc. Bric Ciasazza, loc. Case Pescin e loc. Moretto.

2.3.3.5 Riporti e discariche

I principali riporti sono presenti nel tratto terminale del T. Arrestra, dove in sponda sinistra poco prima del viadotto autostradale è stata realizzata una grande superficie pianeggiante che attualmente ospita due campi sportivi ed altre attrezzature sportive. Sempre in sponda sinistra in prossimità della foce un'area adibita a verde pubblico è stata realizzata su di un riporto artificiale.

In sponda destra, in adiacenza alla cava Mulinetti, è localizzato un terrapieno di dimensioni modeste con spessori che, nel punto più alto, raggiungono i 2.50-3.00 m circa. E' delimitato verso sud, in corrispondenza del piazzale di cava, da un muro di contenimento, verso nord ed ovest si assottiglia progressivamente fino a raggiungere il substrato roccioso affiorante, mentre verso est dall'alveo del torrente Arrestra. La mancanza di difese spondali ha provocato in più punti fenomeni di scalzamento al piede del rilevato. Tali fenomeni associati ad una non idonea regimazione delle acque provenienti da monte hanno innescato alcuni movimenti gravitativi di dimensioni comprese tra i 5-10 m.

2.3.3.6 Cave

Lungo il tratto terminale del torrente Arrestra si segnalano due cave ormai dismesse. La prima in sponda destra (cava "Mulinetti"), poco a monte del ponte ferroviario, la seconda, di notevoli dimensioni, in sponda sinistra (cava "Molinetto"), il cui piazzale di cava è ora adibito a discarica dei materiali di risulta (probabilmente classificabili come "speciali") della lavorazione della Stoppani di Cogoleto.

La prima, ricadente nella Provincia di Savona, presenta numerose criticità sia a carico del fronte di cava (presenza di famiglie di fratturazione tra loro ortogonali, blocchi lapidei in precario equilibrio, fenomeni di erosione regressiva del ciglio, emergenze idriche in corrispondenza di alcune fratture ecc.) che del piazzale (erosione al piede ad opera del T. Arrestra).

2.3.3.7 Evento alluvionale del 4.10.2010

Nell'ottobre 2010 il territorio regionale di ponente è stato investito da un fenomeno meteorico di eccezionale intensità. La maggior parte dei dissesti è avvenuta lungo i corsi d'acqua affluenti del T.Teiro; lungo i rii scolanti a mare quali Arzocco, Cavetto, della Mola, Portigliolo e il T.Arrestra.

In particolare i corsi d'acqua sono stati interessati da importanti fenomeni di dissesto con erosioni spondali e franamento di versanti che hanno danneggiato infrastrutture ed alimentato la corrente di piena con una notevole quantità di materiale solido aumentando le criticità del territorio.

Descrizione dei fenomeni di dissesto

I fenomeni di dissesto osservati sono di tipo puntuale/lineare

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
bacino: ARRESTRA

La maggior parte dei fenomeni si può ricondurre a movimentazione del materiale presente nelle incisioni vallive e lungo i versanti sottoforma di colate rapide e di flussi detritici in grado di erodere e trasportare rapidamente materiale solido.

Il trasporto solido è stato influenzato dal tipo di roccia affiorante: fratturato a blocchi, avente matrice talora molto coesiva.

Nel tratto tra l'autostrada e la foce l'intensa precipitazione ha riattivato corpi franosi già presenti nella carta geomorfologica del Piano vigente.

L'argilla e i minerali argillosimili che vanno a costituire sia la frazione fine del detrito disponibile alla mobilizzazione sia i calcescescisti e le serpentiniti intensamente cataclate e milonitizzate sono stati responsabili della grande capacità erosiva dei flussi detritici

In sintesi, l'origine dei dissesti è avvenuta perchè si sono verificate le condizioni ottimali:

1. la presenza di materiale detritico e/o roccia frantumata su versante o negli alvei dei corsi d'acqua;
2. apporto relativamente rapido di grandi quantità d'acqua nella zona di affioramento del detrito, sufficienti per la mobilizzazione dei sedimenti;
3. pendenza elevata dei versanti o dell'alveo.
4. alveo talvolta privo di manutenzione e/o pulizia

I processi di dilavamento hanno provocato sulla superficie del terreno l'asportazione e il trasporto di particelle solide. Localmente si è osservato che il materiale eroso ha prodotto degli accumuli nelle depressioni topografiche. Di tale fenomeno non è stato di facile individuazione il limite tra l'azione delle acque dilavanti tipica delle dinamiche di versante e quella delle acque incanalate riconducibile alla dinamica fluviale.

Le acque incanalate producono erosione concentrata di fondo alveo di tipo lineare che consiste nell'asportazione di materiale dal letto del corso d'acqua che di conseguenza tende ad approfondirsi. A questo tipo di azione si è talora associata l'erosione di sponda, con richiamo di materiale detritico dal versante producendo un allargamento dell'alveo.

2.3.3.8 Sintesi degli eventi alluvionali verificatosi nell'autunno 2019

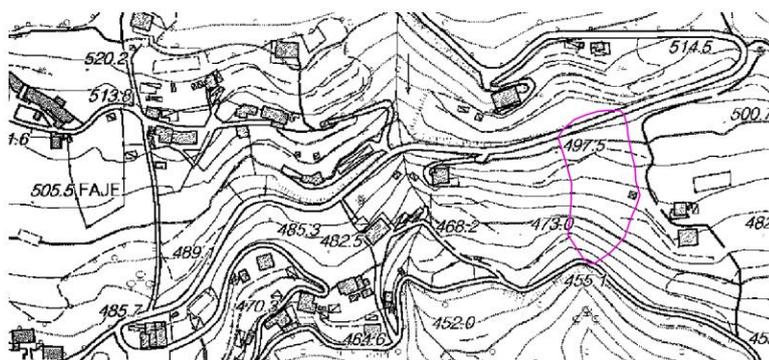
Nei mesi di novembre e dicembre 2019 il passaggio di intense perturbazioni ha interessato principalmente i bacini idrografici liguri del centro-ponente, dando origine a numerosi fenomeni franosi, causando ingenti danni a edifici di civile abitazione, ma soprattutto alla viabilità, compresa la rete autostradale. Tra i Comuni interessati dai dissesti vi è Varazze.

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 relative agli eventi dell'autunno 2019" a tonalità fucsia, a prescindere dalla loro tipologia, al fine di mantenere memoria storica degli eventi alluvionali.

Nel Comune di Varazze sono state perimetrati 3 nuovi dissesti cartografabili alla scala di piano di bacino di cui quello localizzato poco ad est di Le Faie ha portato ad un importante cedimento della viabilità con conseguente deviazione del tratto interessato.

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
bacino: ARRESTRA



Comune di Varazze
Loc. Le Faie



2.3.4 Acclività

Per il bacino del Torrente Arrestra il parametro acclività è stato determinato ex-novo su di un reticolo a maglia quadrata di ampiezza pari a mezzo ettaro (50 m x 50 m) mediante una procedura numerica specifica. Ci si è in questi casi serviti delle curve di livello quotate contenute nella C.T.R. digitale 3D realizzate dalla Regione Liguria e fornite dalla Provincia di Genova analizzate tramite il software Surfer 7. Tali curve di livello presentano equidistanza di 5 m e risultano quindi sufficienti per ottenere il livello di dettaglio richiesto (tenuto conto anche dell'energia del rilievo generalmente alta per tutto il territorio considerato).

Sui settori di bacino non coperti da cartografia numerica sono stati utilizzati i fogli della C.T.R in scala 1:10000.

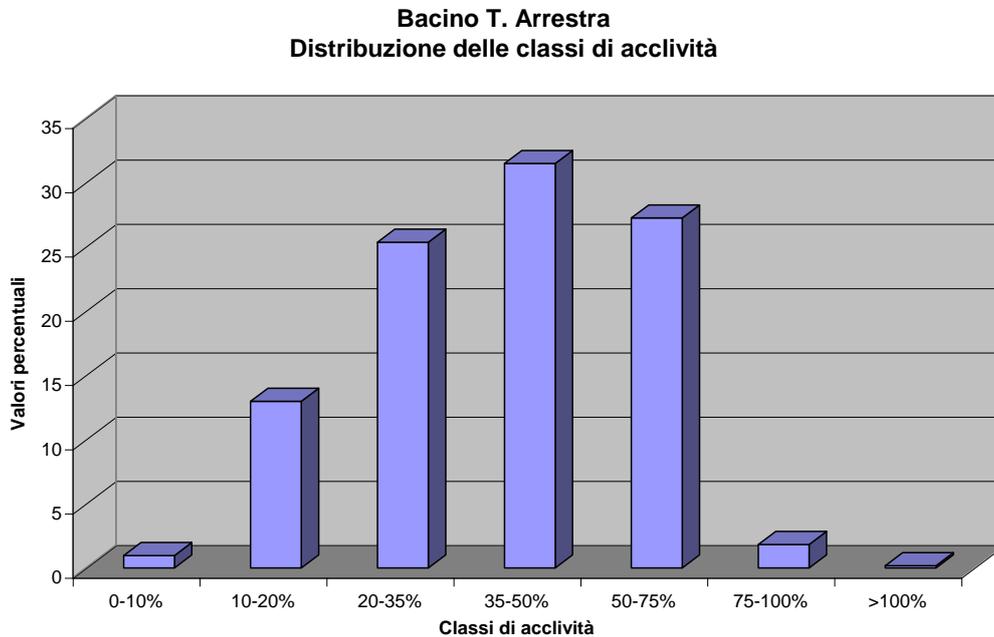
Il programma ha permesso poi un'operazione di interpolazione e "smoothing" delle celle ottenute in modo automatico. In questo modo si è ottenuta una carta con *curve di isoacclività*. Prima della redazione finale il prodotto così ottenuto è stato sottoposto ad un controllo visivo sulla base della topografia di riferimento in modo da eliminare alcuni limitati errori dovuti a particolari condizioni geomorfologiche e assemblando alcuni poligoni di dimensioni troppo limitate.

Viene presentato nel seguito un istogramma rappresentativo la distribuzione delle classi di acclività per il bacino del Torrente Arrestra.

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

bacino: ARRESTRA

In generale le classi ampiamente più rappresentate sono la 3°, 4° e 5° (tra il 20 e il 75%), segue la 2° classe (10-20%), mentre le classi estreme 1°, 6° e 7° appaiono percentualmente sempre poco rilevanti.



Il bacino del Torrente Arrestra presenta una distribuzione dell'acclività complessivamente omogenea, le aree a bassa acclività (0-20%) sono concentrate nella parte terminale del bacino lungo la fascia costiera urbanizzata e in generale lungo il corso d'acqua principale dove si trovano i limitati terrazzi alluvionali; aree poco acclivi si trovano anche a quote intorno ai 170 m nei pressi di Prato Zanino e nell'area dell'ospedale a cavallo dello spartiacque con il bacino del torrente Rumaro.

Ampie zone a debole acclività sono presenti anche a quote elevate generalmente in corrispondenza della linea di spartiacque occidentale e settentrionale. In particolare si cita una fascia alle pendici del Bric Montebè, i settori più prossimi allo spartiacque del M. Beigua e la località Pra Riundu, nei pressi del Bric da Pata. Tutte queste ultime aree sono comprese grosso modo tra i 900 e i 1200 m di quota.

La parte cetrale del bacino e le rimanenti parti sono nel complesso occupate da classi di acclività medio-elevate (20-75%) con la presenza di vallette decisamente incise e dossi e versanti con pendenze relativamente minori.

Le zone occupate da classi di acclività molto alta (>75%) appaiono limitate dal punto di vista areale e localizzate, nella parte bassa del bacino, in corrispondenza dei fronti di cava e di limitati tratti di versante sovente in affioramento o subaffioramento. Nella restante parte del bacino le pendenze superiori al 75% sono localizzate in corrispondenza delle principali aree di affioramento con pareti rocciose che si presentano spesso come subverticali. Si ricorda in particolare la fascia in località Rocca del Lago, settore NE, le aree nei pressi di M. cavalle e Bric dell'Aquila, nel settore NW.

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

bacino: ARRESTRA

A seguito dell'adeguamento con la D.G.R. n°1068/2002 è stata rivalutata l'importanza dei corpi detritici in relazione alle classi di propensione al dissesto di versante. Il controllo effettuato non ha prodotto modificazioni all'attuale definizione delle classi di propensione al dissesto.

2.4 Idrogeologia

La carta idrogeologica è stata derivata dalle carte geologica e geomorfologica integrate dalle informazioni derivanti da carte tematiche relative a studi propedeutici ai Piani Regolatori Generali dei Comuni interessati.

Gran parte del bacino, occupato da litotipi serpentinitici, è da considerarsi permeabile per fratturazione. Tale litologia infatti si presenta quasi sempre molto alterata e affetta da forte fratturazione e scistosità. In particolare i serpentinoscisti, che occupano parte dei versanti del settore mediano del Torrente Arrestra appaiono come fortemente fratturati.

Metagabbri e metabasiti, caratterizzati da fratturazione meno intensa di quella riscontrabile nelle serpentiniti, sono stati considerati come semipermeabili.

Scisti quarzosi, marne e calcescisti, localizzati prevalentemente nella parte Ovest del bacino e nei pressi di Sciarborasca, sono stati nel complesso considerati come litologie impermeabili. Una certa fratturazione, peraltro poco pervasiva, è comunque presente sia negli scisti quarzosi che nei calcescisti; in questi ultimi le fratture possono essere colmate dalla deposizione di materiale di alterazione argilloso riducendone così la permeabilità.

Tutti gli accumuli detritici di spessore elevato e i depositi alluvionali sono stati indicati, per loro natura, come permeabili per porosità. Le coltri maggiormente estese si riscontrano nei settori nordoccidentali del bacino, e sono costituite da materiale grossolano derivante dalla detrizione del substrato.

In località Rocca Priata e nei pressi del M. Beigua sono state individuate due porzioni di coltri detritiche cartografate come zone di impregnazione idrica. In questi settori la falda risulta probabilmente più superficiale che in zone limitrofe per una diversa granulometria dei depositi detritici o per un substrato poco permeabile.

La maggior parte delle sorgenti cartografate sono localizzate nei settori montani del bacino, sui litotipi serpentinitici. In particolare nel settore Nord-Ovest la presenza di sistemi di faglie può aver contribuito a creare vie preferenziali per le emergenze idriche. Localmente si ritrovano sorgenti in zone di contatto tra litotipi a diversa permeabilità (pendici del M. Priafaia).

I pozzi cartografati sono localizzati lungo il medio corso dell'Arresta, nelle vicinanze dell'alveo o di depositi alluvionali, dove la falda può risultare più superficiale; al limite di accumuli detritici su substrato semipermeabile, che sono quindi soggetti ad impregnazione, o in prossimità di sistemi di faglie.

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
bacino: ARRESTRA

2.5 Uso del suolo

La Carta di Copertura e d'Uso del Suolo rispecchia lo stato attuale di utilizzo e di destinazione d'uso del territorio del bacino esaminato, non solo riferito alle sole componenti vegetazionali, boschive, arbustive od agricole, ma anche considerando i territori interessati da urbanizzazione, aree industriali, commerciali, estrattive e ricreative.

La carta dell'uso del suolo è stata redatta con riferimento ad una suddivisione tipologica, fornita dall'Amministrazione Provinciale, che individua una successione di 5 classi principali, all'interno delle quali è possibile definire un numero variabile di sottoclassi.

Nelle considerazioni nel seguito riportate si mantiene la medesima suddivisione, al fine di agevolare un eventuale confronto con il supporto cartografico la cui leggenda è riportata nel seguito (si lascia indicato pertanto anche il numero identificativo presente nell'elaborato cartografico).

LEGENDA CARTA USO SUOLO

- 1 TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE
 - 1.1 ZONE URBANIZZATE
 - 1.1.1 tessuto urbano continuo
 - 1.1.2 tessuto urbano discontinuo
 - 1.2 ZONE INDUSTRIALI COMMERCIALI E RETI DI COMUNICAZIONE
 - 1.2.1 aree industriali e commerciali
 - 1.2.2 reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori
 - 1.2.3 aree portuali
 - 1.2.4 aeroporti
 - 1.3 AREE ESTRATTIVE E DISCARICHE
 - 1.3.1 aree estrattive
 - 1.3.2 discariche
 - 1.4 ZONE VERDI ARTIFICIALI NON AGRICOLE
 - 1.4.1 aree verdi urbane
 - 1.4.2 aree verdi sportive
- 2 TERRITORI AGRICOLI
 - 2.1 SEMINATIVI
 - 2.1.1 seminativi in aree non irrigue T Terrazzati
 - 2.1.2 seminativi in aree irrigue T Terrazzati
 - 2.1.2.1 seminativi, vivai, colture ortofloricole in piena aria T Terrazzati
 - 2.1.2.2 seminativi, vivai, colture ortofloricole in serra T Terrazzati
 - 2.2 COLTURE PERMANENTI ARBOREE
 - 2.2.1 vigneti T Terrazzati
 - 2.2.2 frutteti T Terrazzati
 - 2.2.3 oliveti T Terrazzati
 - 2.3 PRATI E PASCOLI
 - 2.4 ZONE AGRICOLE ETEROGENEE
 - 2.5 EX COLTIVI
- 3 TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI
 - 3.1 praterie
 - 3.2 zone boscate
 - 3.3 zone caratterizzate da vegetazione arbustiva
 - 3.4 zone con vegetazione rada o assente
 - 3.4.1 spiagge, dune
 - 3.4.2 rocce nude

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

bacino: ARRESTRA

- 3.4.3 aree con vegetazione rada (calanchi conoidi)
- 3.4.4 aree percorse da incendi recenti inf. a 2 anni

- 4 ZONE UMIDE
 - 4.1 zone umide interne

- 5 CORPI IDRICI
 - 5.1 acque continentali
 - 5.1.1 corsi d'acqua, canali (larghezza minima alveo 10 metri)
 - 5.1.2 bacini d'acqua
 - 5.2 acque marittime

L'analisi della carta dell'uso del suolo rivela che, con riferimento ai **territori modellati artificialmente**, nel territorio del bacino del torrente Arrestra le zone urbanizzate sono estremamente ridotte, in quanto gli unici centri abitati presenti sono quelli della periferia di Cogoleto e di Sciarborasca (frazione appartenenti al comune di Cogoleto). Il tessuto urbano discontinuo, anch'esso presente in forma assai modesta, è presente essenzialmente nella zona che da Sciarborasca si protende verso il mare e da alcune piccole frazioni nella parte occidentale del bacino (Mogliazza, Le Faie, ...).

Anche le zone industriali e commerciali sono assai ridotte: l'unica zona industriale presente nel bacino, infatti, è costituita da alcuni insediamenti lungo il corso del torrente Arrestra, in località Mulinetto nelle aree della ex cava, caratterizzata dall'estensione di circa un ettaro; la sola rilevante rete di comunicazione è costituita dalla rete ferroviaria Genova-Savona.

Sono presenti alcune aree estrattive in prossimità della zona industriale sopra citata, lungo l'asta terminale del torrente Arrestra; nelle vicinanze è anche presente una discarica. Immediatamente a monte di queste aree è presente un impianto sportivo comprendente due campi da calcio.

Per quanto riguarda i **territori agricoli**, che occupano un'area di poco superiore a 100 ettari, la maggior parte di essi è costituita da prati e pascoli e da zone agricole eterogenee. Tali aree sono presenti nella parte bassa del bacino, prevalentemente in sponda sinistra, e nel settore occidentale, in prossimità di alcune piccole frazioni (Mogliazza, La Faie). Limitati e di modesta estensione risultano essere gli oliveti terrazzati, disposti a macchia di leopardo nel settore centro-occidentale del bacino. La loro estensione complessiva non è comunque superiore a 10 ettari.

Territori boscati e ambienti seminaturali costituiscono invece gli elementi maggiormente significativi d'uso del suolo del territorio, anche se non rappresentano elementi di accentuata naturalità. Complessivamente occupano una superficie di quasi 2000 ettari, di cui circa mille costituite da zone boscate. Gli altri mille risultano equamente divisi tra praterie e zone con vegetazione arbustiva. Limitata la presenza di zone con vegetazione rada o assente. Le praterie e le zone con vegetazione arbustiva risultano dominanti nella parte alta del bacino, mentre in quella centrale prevalgono le zone boscate. Le zone con vegetazione arbustiva sono molto diffuse anche nella parte più meridionale del bacino

Nella seguente tabella si riportano le estensioni approssimative delle diverse tipologie di uso del suolo cartografate.

Codice

Caratteristiche

Sup. (ha]

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
bacino: ARRESTRA

1	TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE	
1.1	ZONE URBANIZZATE	
+1.1.1	Tessuto urbano continuo	9.4
1.1.2	Tessuto urbano discontinuo	41.4
1.2	ZONE INDUSTRIALI COMMERCIALI E RETI DI COMUNICAZIONE	
1.2.1	Aree industriali e commerciali	1.0
1.2.2	Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori	0.1
1.3	AREE ESTRATTIVE E DISCARICHE	
1.3.1	Aree estrattive	4.5
1.3.2	Discariche	2.1
1.4	AREE VERDI ARTIFICIALI NON AGRICOLE	
1.4.2	Aree sportive e ricreative	4.00
	<i>TOTALE TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE</i>	<i>62.7</i>
2	TERRITORI AGRICOLI	
2.2	COLTURE PERMANENTI ARBOREE	
2.2.3	Oliveti terrazzati	8.5
2.3	PRATI E PASCOLI	52.1
2.4	ZONE AGRICOLE ETEROGENEE	49.9
	<i>TOTALE TERRITORI AGRICOLI</i>	<i>110.5</i>
3	TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI	
3.1	PRATERIE	496.6
3.2	ZONE BOScate	959.2
3.3	ZONE CARATTERIZZATE DA VEGETAZIONE ARBUSTIVA	419.6
3.4	ZONE CON VEGETAZIONE RADA O ASSENTE	
3.4.1	Spiagge e dune	1.6
3.4.2	Rocce nude	28.6
	<i>TOTALE TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI</i>	<i>1905.7</i>
5	CORPI IDRICI	
5.1	ACQUE CONTINENTALI	
5.1.1	Corsi d'acqua, canali (larghezza minima alveo 10 metri), bacini d'acqua	1.5
	<i>TOTALE ZONE UMIDE</i>	<i>1.5</i>

2.6 Descrizione della rete idrografica

Il torrente Arrestra è sito nel territorio del Comune di Cogoleto e del Comune di Varazze ed è alimentato da un bacino imbrifero di superficie complessiva di circa 21 kmq.

Esso ha origine alle pendici del monte Beigua, a quota 1300 m. s.l.m. e, dopo un percorso di circa 8 km in direzione NO-SE, defluisce in mare, perpendicolarmente alla linea di costa, sul confine tra il Comune di Cogoleto ed il Comune di Varazze.

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
bacino: ARRESTRA

Il bacino del torrente Arrestra è delimitato a levante dallo spartiacque con il bacino del torrente Rumaro, a settentrione dal versante padano, a occidente dallo spartiacque con il bacino del torrente Teiro.

Il suo affluente principale è il rio Acquabuona, in sponda sinistra, che sottende un bacino di circa 4.5 kmq, con una lunghezza complessiva dell'asta di circa 3 km.

Le pendenze dei versanti prossimi all'incisione del rio raggiungono in diversi punti valori del 100%.

Sempre in sponda sinistra il torrente Arrestra riceve il contributo di altri due affluenti, rispettivamente, procedendo da valle verso monte, il rio Malanotte ed il rio Prialunga. Il primo sottende una superficie di circa 1.7 kmq con una lunghezza complessiva dell'asta di circa 2 km. Il secondo drena una superficie complessiva di 3.5 kmq con una lunghezza d'asta di circa 2.7 km.

Le pendenze dei versanti dei bacini di questi due rii, piuttosto rettilinei e privi di piane o terrazzi alluvionali, sono mediamente del 50 %.

Il tratto a monte del tracciato autostradale è caratterizzato da un bassissimo grado di urbanizzazione con una totale assenza di elementi a rischio. Sempre in tale tratto il corso d'acqua si trova a scorrere in un'incisione naturale a tratti molto incisa.

Le pendenze dei versanti in questo tratto risultano sempre elevate, mediamente tra il 50 e il 75 %. A valle della confluenza del Rio Acquabuona sono presenti limitate porzioni di terrazzi alluvionali.

Nel tratto a valle del tracciato autostradale, a partire dai campi sportivi fino allo sbocco a mare, l'alveo è caratterizzato da una larghezza media di circa 20 m. Da una larghezza d'alveo di circa 40 m in prossimità dei campi sportivi si passa ad una larghezza di circa 10 m alla foce.

Anche in questo tratto terminale manca una vera e propria piana alluvionale e le aree a bassa acclività sono dovute principalmente a sbancamenti o riporti artificiali. I tratti di versante in prossimità dell'alveo presentano pendenze piuttosto elevate, comprese tra il 35 e il 75 %.

L'argine in sponda sinistra è stato ultimamente ripristinato con massi ciclopici cementati con l'obiettivo di evitare nel tempo lo scalzamento del sottofondo stradale della viabilità posta in adiacenza all'argine. Prima dello sbocco a mare il torrente incontra dapprima l'attraversamento ferroviario quindi quello della S.S. Aurelia.

Lo sbocco focivo a mare presenta un ulteriore restringimento dovuto al deposito di materiale alluvionale sulle sponde.

2.6.1 Reticolo idrografico principale

La Carta del Reticolo Idrografico Principale rappresenta i corsi d'acqua iscritti nell'elenco delle acque pubbliche della Provincia di Savona (fonte: D.R. 11/07/1941 e D.P.R. 30/06/1954) e i corsi d'acqua demaniali (fonte: Regione Liguria - Cartografia Catastale 1:5000).

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

bacino: ARRESTRA

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.

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.

Con riferimento al presente piano, per il bacino del Torrente Arrestra, il calcolo delle portate al colmo, per i tempi di ritorno di maggior interesse applicativo (50, 200 e 500 anni) è stato inoltre effettuato attraverso l'applicazione della "Formula Razionale" descritta nel paragrafo 2.7.4.2 - "Metodo razionale".

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

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

bacino: ARRESTRA

eventi meteorologici intensi. Tale modello risulta descritto in atti di convegni internazionali e su una pubblicazione su rivista internazionale [Giannoni et al., 1998, Giannoni et al., 1999a, 1999b];

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

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

	STAZIONE	Lat.	Long.	Quota	N
1	GENOVA CASTELLACCIO	44.26	3.31	379	24
2	GENOVA SERV. IDROGRAFICO	44.24	3.31	2	27
3	NERVI	44.23	3.24	45	16
4	GENOVA PONTECARREGA	44.26	3.29	26	31
5	PRATO	44.27	3.26	89	22
6	SCOFFERA	44.29	3.2	678	29
7	S. EUSEBIO	44.27	3.28	240	21
8	S. ILARIO	44.23	3.24	210	27
9	VIGANEGO	44.26	3.23	400	34
10	ALASSIO	44	4.17	10	47
11	ALBENGA	44.03	4.14	5	39
12	ALTO	44.06	4.27	630	33
13	CALICE LIGURE	44.12	4.1	70	22
14	CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA	44.08	4.2	350	50
15	COLLE DEL MELOGNO	44.14	4.16	1000	37
16	FEGLINO	44.13	4.07	160	26
17	MANIE	44.12	4.05	297	19
18	MONTAGNA	44.17	4.05	256	43
19	PIEVE DI TECO	44.03	4.32	240	25
20	POGLI DI ORTOVERO	44.04	4.23	90	48
21	RIALTO	44.14	4.12	976	31
22	FIORINO	44.28	3.45	236	29
23	MADONNA DELLE GRAZIE	44.26	3.42	159	25
24	MELE	44.28	3.43	278	24
25	COLONIA ARNALDI	44.25	3.17	600	37
26	CASSAGNA	44.21	3	432	19
27	CHIAVARI	44.19	3.08	5	57
28	CICHERO	44.25	3.08	480	21
29	GIACOPIANE	44.28	3.03	1016	60
30	NEIRONE	44.28	3.16	332	30
31	PANESI	44.21	3.06	25	46
32	PIANA DI SOGLIO	44.24	3.1	75	40
33	SAN MICHELE	44.26	3.03	170	57
34	SAN PIETRO DI NOVELLA	44.22	3.15	13	32
35	STATALE	44.21	2.59	570	47

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

bacino: ARRESTRA

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	43.53	4.37	70	36
77	TRIORA	44	4.41	780	27
78	LERCA	44.24	3.48	110	33

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

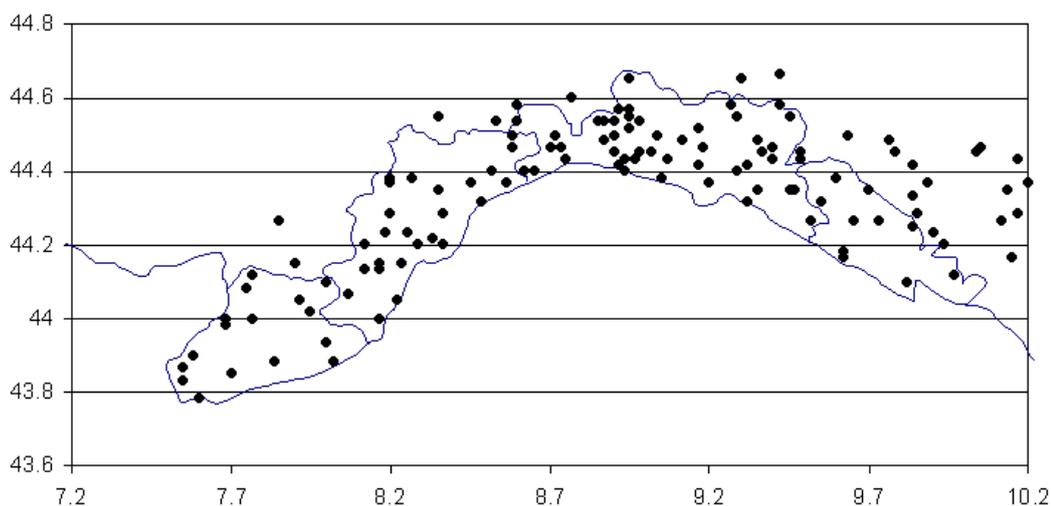
bacino: ARRESTRA

79	SCIARBORASCA	44.24	3.5	112	34
80	STELLA S. MARTINO	44.24	3.56	330	29
81	VARAZZE	44.22	3.53	22	37
82	BALESTRINO	44.08	4.17	370	43
83	CARPE	44.09	4.17	400	22
84	VERZI LOANO	44.09	4.13	95	46
85	ISOLA DI PALANZANO C.LE	44.26	2.17	575	46
86	PADULI DIGA	44.21	2.19	1139	33
87	SELVANIZZA C.LE	44.26	2.13	468	40
88	SUCCISO	44.22	2.15	911	13
89	BOSCO DI CORNIGLIO	44.27	2.25	842	49
90	MARRA C.LE	44.28	2.24	635	50
91	BUSALLA	44.34	3.3	360	17
92	CHIAPPARI	44.34	3.32	535	8
93	VAL NOCI DIGA	44.3	3.25	544	33
94	ISOLA DEL CANTONE	44.39	3.3	300	42
95	TORRIGLIA	44.31	3.17	764	25
96	BARDINETO	44.12	4.2	711	29
97	CAIRO MONTENOTTE	44.23	4.11	328	36
98	OSIGLIA (Diga Cavallotti - Osiglia)	44.17	4.15	620	41
99	CENGIO	44.23	4.15	450	30
100	CORSAGLIOLA (C.LE MOLLINE)	44.16	4.36	620	45
101	LAVAGNINA C.LE	44.36	3.41	245	51
102	LAVEZZE LAGO	44.32	3.36	652	38
103	MASONE	44.3	3.44	433	36
104	MILLESIMO	44.22	4.15	427	47
105	ORMEA C.LE	44.09	4.33	730	39
106	ORTIGLIETO	44.35	3.51	300	38
107	PIAGGIA	44.05	4.42	1310	39
108	PIAMPALUDO	44.28	3.52	857	32
109	PIANCASTAGNA	44.32	3.55	732	34
110	SPIGNO MONFERRATO	44.33	4.06	476	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	VALDNA 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

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

bacino: ARRESTRA

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:

$$a(T) = K \frac{E[Hd_1]}{d_1^n}$$

con:

$E[Hd_1]$ valore atteso della altezza di precipitazione massima annuale per la durata di riferimento d_1

KT coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno.

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
bacino: ARRESTRA

$$\frac{E[H_{d_1}]}{d_1^n}$$

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:

$$Q_{12} = K A_1 \left(\frac{d}{1} \right)^n$$

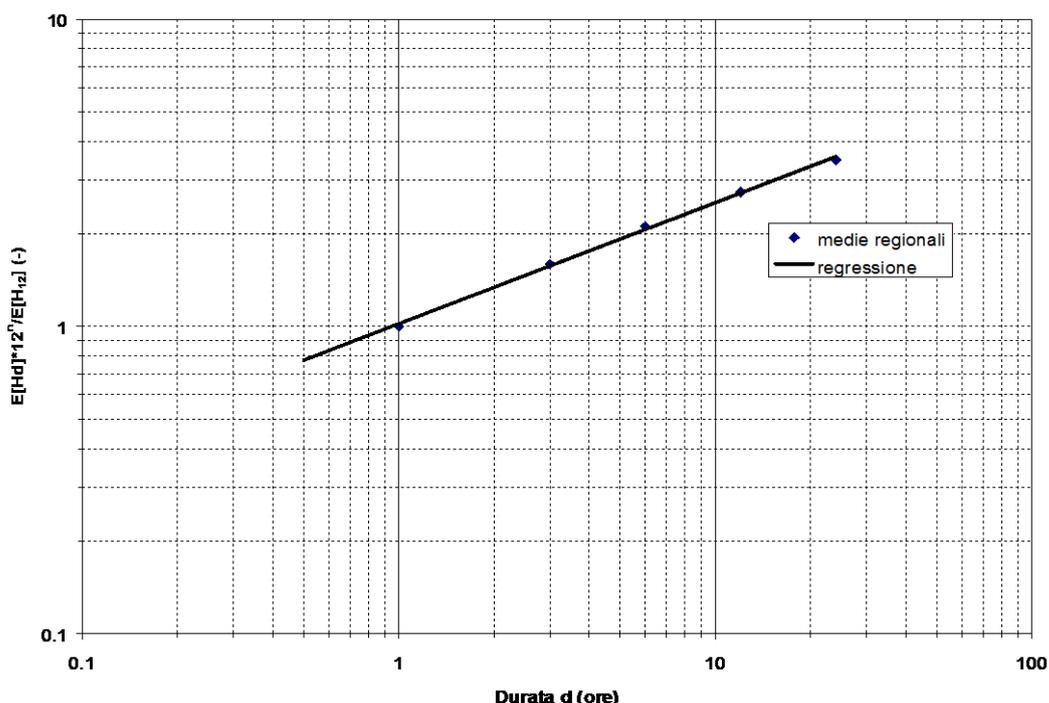
Il valore dell'esponente n si ricava tenendo conto del fatto che per i valori attesi l'equazione precedente assume la forma:

$$Q_{12} = K A_1 \left(\frac{d}{1} \right)^n$$

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.

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

bacino: ARRESTRA

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 $\frac{E[H_{12}]}{12^n}$ 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:

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;

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);

si definisce il valore del periodo di ritorno di interesse e dai valori riportati in Tabella 2 si ricava il valore K_T ;

La LSPP assume quindi la forma:

$$LSPP = K_T \cdot E[H_1] \cdot T^n \quad (1)$$

*Tabella 1: valore del parametro pioggia indice per il Bacino del torrente Arrestra
 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	32.5	40.0
8	35	40.2
8	37.5	40.3
8	40	40.4

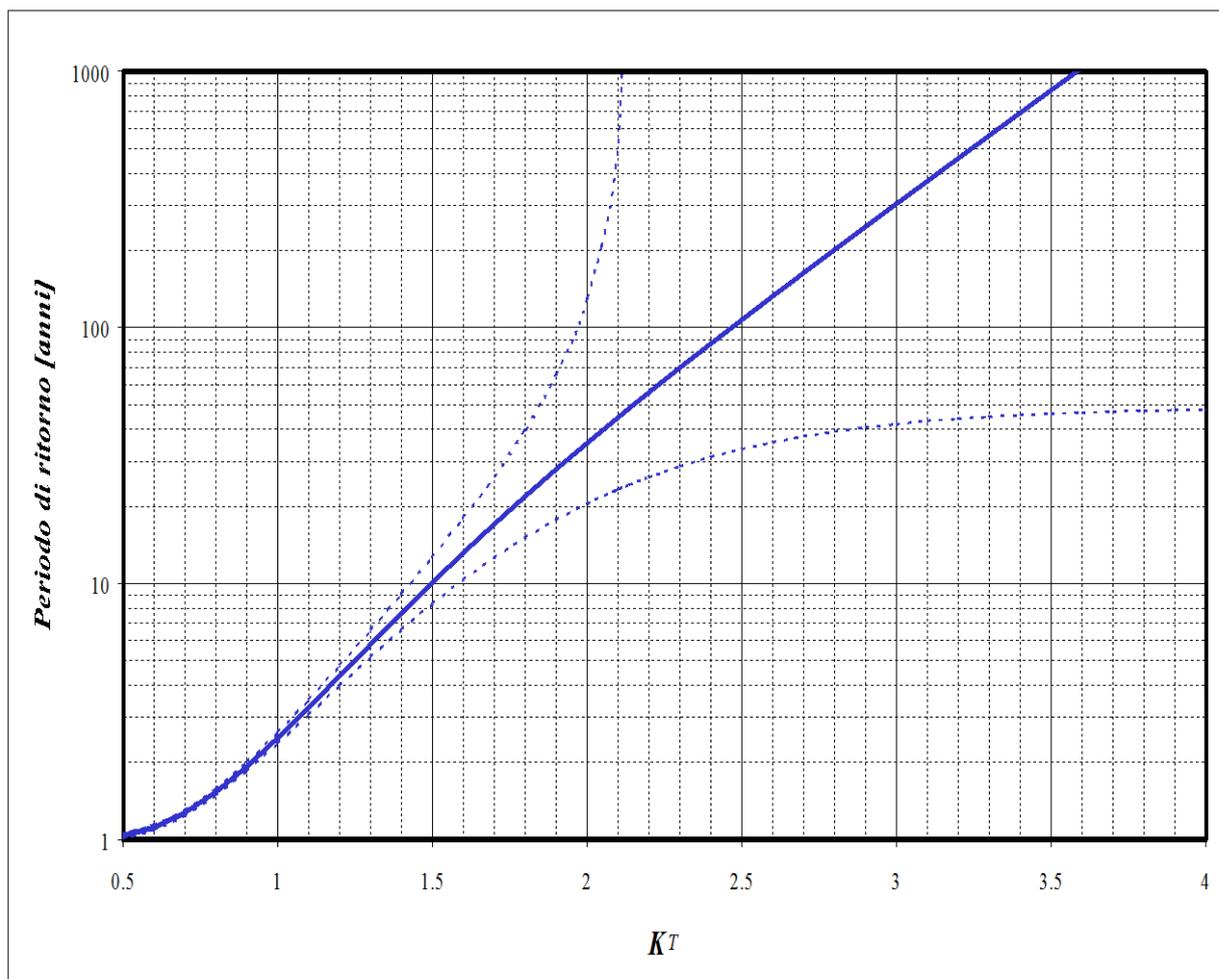
Tabella 2: valori del parametro moltiplicatore funzione del periodo di ritorno T. Per i periodi di ritorno differenti il valore K_T si può leggere sull'asse delle ascisse nell'apposito grafico, entrando sulle ordinate con il valore del periodo di ritorno.

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

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
bacino: ARRESTRA

500	3.28
-----	------

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



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

2.7.4 Portate di piena

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

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

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

L'unica valutazione di tipo statistico che è associabile ad una tale procedura si fonda sull'assunto che la popolazione di bacini, nella regione per cui la procedura vale, costituisca un insieme climatologicamente omogeneo, cioè tale che le altezze massime annue di pioggia per le diverse durate abbiano la stessa distribuzione di probabilità, nonché la stessa struttura di ragguaglio areale, e costituisca altresì un insieme morfologicamente omogeneo, cioè tale che i coefficienti di deflusso che caratterizzano gli eventi estremi dipendano soltanto dalle precipitazioni antecedenti, dall'entità delle altezze di pioggia che caratterizzano l'evento e dall'estensione del bacino. Da studi idrologici recenti emerge con evidenza che tali ipotesi non possono essere ritenute valide nella nostra regione, per cui l'utilizzazione della curva inviluppo nella sua forma attuale deve essere abbandonata come strumento progettuale perché induce condizioni di rischio non omogenee nelle diverse zone della regione e non consente valutazioni del periodo di ritorno associato alla portata di progetto.

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

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

dove:

q: contributo unitario

[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]

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
bacino: ARRESTRA

2.7.4.2 Metodo razionale

Il calcolo delle portate al colmo per diversi periodi di ritorno è stato effettuato mediante la formula “razionale”:

$$Q = \frac{CAh}{t_c}$$

dove t_c (ore) rappresenta il tempo di corrivazione del bacino, h (mm) l'altezza critica di precipitazione che nella formulazione del metodo corrisponde al tempo di corrivazione t_c , A (km²) la superficie del bacino, C il “coefficiente di deflusso”.

Il coefficiente di deflusso C è stato assunto pari a 0.8.

La stima del tempo di corrivazione è stata condotta secondo la formula di Giandotti.

La relazione proposta da Giandotti è la seguente:

$$T_c = \frac{(4A^0 + 17)}{(0.8H)}$$

dove:

T_c = tempo di corrivazione [ore]

A = area del bacino [km²]

L = lunghezza dell'asta principale [km]

H = quota media del bacino riferita alla sezione di chiusura [km]

BACINO DEL TORRENTE ARRESTRA		
Parametri del bacino del torrente Arrestra		
Area	km ²	21
Longitudine		8°38'
Lunghezza	km	7,2
Pendenza media	%	13
CN		87
Coeff. Di deflusso		0,8

Quali valori di riferimento per le precipitazioni sono stati assunti quelli risultanti dalle curve di probabilità pluviometrica delle stazioni di Sciarborasca e di Lerca, desunte dagli studi propedeutici di bacino del Torrente Lerone.

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
bacino: ARRESTRA

2.7.4.2.1 Confronto tra il “metodo C.I.M.A.” e il “metodo razionale”

Dal confronto tra il metodo C.I.M.A. ed il metodo razionale, risulta evidente come le portate ottenute col “metodo C.I.M.A.”, relativamente alla sezione di foce, per i periodi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, siano maggiori delle corrispondenti portate calcolate col “metodo razionale”. Tale differenza, minima per la portata cinquantennale (3%), risulta sensibile per la portata duecentennale (20 %) e per quella cinquecentennale (25 %).

Le portate ottenute col metodo C.I.M.A., per i periodi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, relativamente alla sezione di confluenza col rio Acquabuona, risultano invece inferiori rispetto alle corrispondenti portate calcolate col metodo “razionale”. Tale differenza, minima per la portata cinquecentennale (2%) e per quella duecentennale (8%), risulta invece sensibile per la portata cinquantennale (25 %).

Pertanto, non disponendo di dati di maggiore dettaglio o ritenuti più affidabili, si è deciso di utilizzare per le verifiche idrauliche le portate calcolate col “metodo C.I.M.A.”, rispondendo, in questo modo, anche ad un criterio di uniformità regionale.

Nella tabella seguente sono illustrati i valori delle portate per periodi di ritorno di 50, 200 e 500 anni desunti dall'applicazione del “metodo C.I.M.A.”, confrontati con i valori delle portate relative ai periodi di ritorno di 50, 200, e 500 anni, desunti dall'applicazione del “metodo razionale”.

E' inoltre riportato il valore di piena dedotto dalla Curva di Inviluppo delle portate di piena dei corsi d'acqua liguri con versante tirrenico.

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]

Assumendo un'area del bacino per il torrente Arrestra di circa 21 kmq si ottiene una portata di circa 420 mc/s con un contributo unitario di circa 19 m³/s km². Tale valore risulta paragonabile a quello ricavato utilizzando la metodologia C.I.M.A. con tempo di ritorno compreso tra i 200 e i 500 anni.

Sono inoltre riportate due tabelle che illustrano rispettivamente i parametri del bacino e le portate al colmo di piena relative ai periodi di ritorno di 5, 10, 30, 50, 100, 200 e 500 anni, calcolate col metodo C.I.M.A.

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

bacino: ARRESTRA

**PORTATE AL COLOMO DI PIENA PER IL BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE ARRESTRA
 CONFRONTO TRA METODO C.I.M.A. METODO RAZIONALE E CURVA DI INVILUPPO**

IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			VALORI DI Q [m ³ s ⁻¹]			
Torrente	Sezione a monte della confluenza con	Area Drenata [km ²]	T = 50 anni C.I.M.A.	T = 200 anni C.I.M.A.	T = 500 anni C.I.M.A.	Curva inviluppo
Arrestra	Mar Tirreno	21	270	390	460	420
Arrestra	rio Acquabuona	13	150	220	260	310

IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			VALORI DI Q [m ³ s ⁻¹]			
Torrente	Sezione a monte della confluenza con	Area Drenata [km ²]	T = 50 anni RAZIONALE	T = 200 anni RAZIONALE	T = 500 anni RAZIONALE	Curva inviluppo
Arrestra	Mar Tirreno	21	260	312	346	420
Arrestra	rio Acquabuona	13	200	240	266	310

2.7.4.3 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:

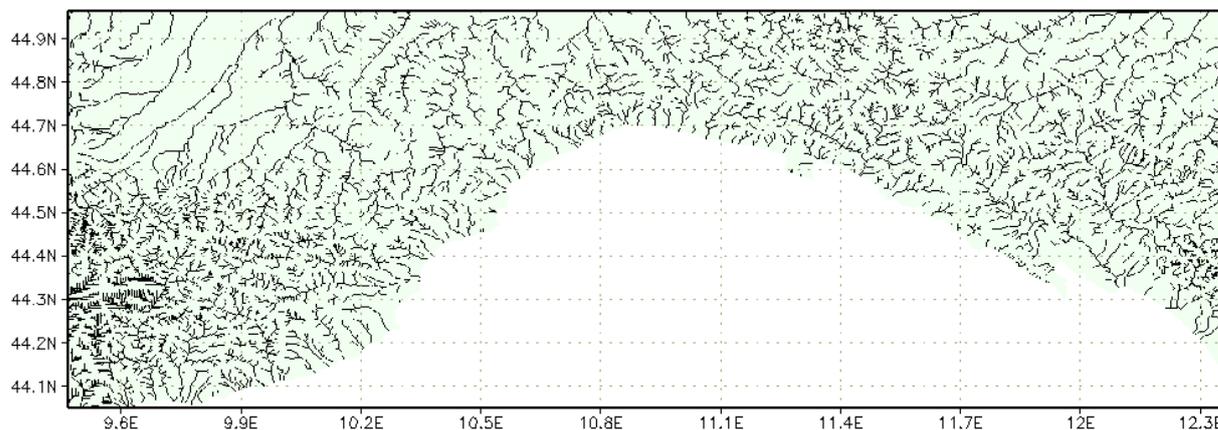
- individuazione della rete di drenaggio;
- determinazione dei tempi di corrivazione;
- calcolo dell'idrogramma di piena attraverso la convoluzione degli idrogrammi unitari istantanei.

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

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

bacino: ARRESTRA

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

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

bacino: ARRESTRA

quadrata e suddiviso pertanto in un certo numero di celle aventi dimensione corrispondente a quella del modello digitale di elevazione del terreno elaborato dal CNR e pari a 10 secondi di longitudine e 7.7 secondi di latitudine, corrispondenti a circa 225m per 225m. Tutti i dati necessari al modello sono contenuti in matrici di informazione: ogni elemento della matrice rappresenta l'informazione specifica relativa al cella in questione. Pertanto le informazioni in ingresso sono distribuite e hanno la stessa definizione della maglia della griglia.

L'operatività del modello è stata raggiunta dopo una preliminare analisi di sensibilità dei parametri e una successiva calibrazione dei parametri stessi, effettuata valutando il set di parametri che meglio riproduceva i diversi idrogrammi osservati. Il modello è versatile e bene si presta a differenti scopi; effettua la simulazione a scala di evento rappresentando la situazione relativa ad un periodo di tempo limitato da alcune ore a qualche giorno; è inoltre in grado di assumere per ogni evento condizioni di umidità del suolo specifiche da cui iniziare la simulazione.

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

2.7.4.3.1 *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 sottendono 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 sottendono 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	
------	-------------	--

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
bacino: ARRESTRA

		N
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:

$$Q_{2.9} = C_Q \cdot Q_{2.9} \quad [m^3 s^{-1}];$$

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

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

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

T [anni]		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	32.5	7.48	6.25	4.78	4.2
8	35	7.52	6.28	4.8	4.22
8	37.5	7.55	6.3	4.82	4.24
8	40	7.58	6.33	4.84	4.25

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

2.7.4.3.2 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:

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

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

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

bacino: ARRESTRA

coefficiente $U_{A=2}$, espresso in $m^3s^{-1}km^{-2}$, è fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, della *Tabella 2*.

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

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

Longitudine		Bacino Tipo			
Gradi	primi	A	B	C	D
8	32.5	9.33	7.79	5.96	5.23
8	35	9.37	7.82	5.99	5.26
8	37.5	9.41	7.86	6.01	5.28
8	40	9.45	7.89	6.04	5.30

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

2.7.4.3.3 *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.

PORTATA AL COLMO DI PIENA, quantile 50% $Q[m^3s^{-1}]$									
IDENTIFICAZIONE DELLA SEZIONE			VALORI DI $Q [m^3s^{-1}]$						
<i>Torrente</i>	<i>SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON</i>	<i>AREA DRENATA [Km²]</i>	<i>T_{indice}</i>	<i>T=30 anni</i>	<i>T=50 anni</i>	<i>T=100 anni</i>	<i>T=200 anni</i>	<i>T=500 anni</i>	<i>Curva di inviluppo (CATI)</i>
<i>Arresta</i>	<i>Prialunga</i>	<i>21</i>	<i>80</i>	<i>220</i>	<i>270</i>	<i>330</i>	<i>390</i>	<i>460</i>	<i>420</i>
<i>Prialunga</i>	<i>Rio Acquabuona</i>	<i>13</i>	<i>40</i>	<i>130</i>	<i>150</i>	<i>180</i>	<i>220</i>	<i>260</i>	<i>310</i>

Valori di portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno –“Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri” (C.T.P seduta. del 11/09/2003)

Nelle sezioni dei corsi d'acqua dove il Piano non indica il valore della portata, si segue la metodologia indicata nella tabella sottostante, utilizzando il valore di c individuato nella prima sezione immediatamente a valle di quella considerata lungo lo stesso tratto di asta fluviale.

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
bacino: ARRESTRA

Per la determinazione delle portate al colmo di piena del torrente Arrestra e del Rio Prialunga, anche in caso di aree drenanti inferiori ai 10 Km², non si applica la metodologia "Piccoli Bacini", ma si utilizza la procedura riportata nella seguente tabella:

$Q=c \cdot A^{0.75}$									
$Q=portata\ al\ colmo\ di\ piena,\ quantile\ 50\% [m^3s^{-1}] \quad A=superficie [Km^2]$									
IDENTIFICAZIONE DEL TRATTO				VALORI DI C [$m^3s^{-1}Km^{-0.75}$]					
Torrente	DALLA SEZIONE A MONTE DELLA CONFLUENZA CON	ALLA SEZIONE A VALLE DELLA CONFLUENZA CON	AREA DRENATA MASSIMA [Km ²]	T _{indice}	T=30 anni	T=50 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
Arrestra	Mar Tirreno	Rio Prialunga	21	7.81	22.66	27.11	33.20	39.22	47.19
Prialunga	Acquabuona	Loc. Bossino	13	6.49	18.83	22.53	27.59	32.59	39.21

Valori del coefficiente "C" con assegnato tempo di ritorno per la determinazione delle portate al colmo di piena in qualsiasi sezione – "Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri" (C.T.P seduta. del 11/09/2003)

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

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

Torrente	Sezione (carta aree inondabili)	Superficie bacino [Km. ²]	Portata [$m^3 s^{-1}$]		
			T=50 anni	T=200 anni	T=500 anni
Arrestra	16	21	270	390	460

Valori delle portate al colmo di piena per il torrente Arrestra

Per il calcolo delle portate in sezioni intermedie si rimanda al capitolo 2.7.4.3.3 - Tabelle riepilogative dei valori di portata C.T.P seduta. del 11/09/2003.

3 PROBLEMATICHE E CRITICITA' DEL BACINO

3.1 Premessa

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

In linea generale, nell'ambito dell'unitarietà del bacino idrografico e dell'interdisciplinarietà tipica della pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89, dovrebbero essere tenuti in considerazione tutti i processi fisici che possano causare situazioni di pericolosità nonché le loro interazioni.

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

La carta del rischio 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 questioni di scala, pur essendo la carta del rischio unica, per gli aspetti geomorfologici e idraulici si fa comunque riferimento alle due carte di suscettività al dissesto dei versanti e fasce di inondabilità.

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

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

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

bacino: ARRESTRA

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

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

$$\text{Pericolosità} = (\text{suscettività} \times \text{cinematica e dimensione del fenomeno})$$

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

L'analisi incrociata delle carte della suscettività al dissesto di versante, della franosità reale, delle fasce di inondabilità e dei tiranti idrici, permette, quindi, la ricostruzione di un quadro d'insieme delle caratteristiche del bacino sotto il profilo idrogeologico a cui deve far riferimento la pianificazione in termini sia normativi sia di linee di intervento a breve e lungo termine.

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

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

- una rete di misura 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;

bacino: ARRESTRA

- 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.

3.2 Problematiche di tipo geomorfologico

3.2.1 Suscettività al dissesto dei versanti

La valutazione della suscettività al dissesto dei versanti è stata effettuata applicando, per quanto possibile, la metodologia indicata dal Comitato Tecnico Regionale per il Territorio dell'Autorità di Bacino Regionale adattata alle situazioni contingenti, sia per le caratteristiche del territorio esaminato sia per i dati a disposizione.

Per il bacino del torrente Arrestra sono state seguite le indicazioni proposte nelle linee guida della Regione Liguria basate sulla discretizzazione di elementi poligonali ottenuti da sovrapposizione di diverse carte di base rielaborate secondo un criterio di assegnazione di pesi.

La successiva sovrapposizione è avvenuta in maniera mista: tramite l'utilizzo del sistema CAD Microstation e tramite l'utilizzo di carte e lucidi.

L'attribuzione dei pesi alle litologie è stata realizzata partendo da una base statistica in modo da individuare in maniera oggettiva un peso di suscettività sulla base della franosità reale (ψ):

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

dove:

$$K = \sum A''_v / A_T$$

$$\varphi = A''_v / A'_v$$

A'_n = Aree parziali di primo ordine: area totale di presenza della litologia n

A''_n = Aree parziali di secondo ordine: aree interessate da movimenti franosi in atto o recenti all'interno delle A'_n .

A_T = Area totale del bacino

Normalizzando a 10 il valore di ψ massimo all'interno del bacino si sono ottenuti i pesi da assegnare alle altre litologie.

Nella tabella seguente sono stati presi in considerazione i valori di superficie delle litologie affioranti, subaffioranti o con copertura detritica minore di 3 m. Tale approssimazione alla

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

bacino: ARRESTRA

metodologia indicata appare giustificabile dal fatto della non certezza dell'andamento dei contatti litologici al di sotto delle coltri potenti e dalla trascurabile influenza nei risultati finali.

<i>Litologia</i>	<i>Area (mq) [A'n]</i>	<i>Area in frana (mq) [A''n]</i>
Serpentiniti e serpentinoscisti (sr-sns)	12970000	200000
Metagabbri (mg)	1190000	2000
Calcescisti (sc)	2200000	0
Metabasiti (mb)	1120000	0
Scisti quarzosi (sq)	76000	0
Marne (ma)	22000	0

I valori delle superfici di area in frana sono stimati, considerando solo quei fenomeni cartografabili di una certa entità e che possano influire sul rapporto con l'area totale. Le frane singole non cartografabili o i piccoli cigli di distacco attivi non sono stati considerati.

<i>Litologia</i>	<i>Peso</i>
Serpentiniti e serpentinoscisti (sr-sns)	10
Metagabbri (mg)	6
Calcescisti (sc)	6
Metabasiti (mb)	6
Scisti quarzosi (sq)	6
Marne (ma)	6

Alle litologie "serpentiniti e serpentinoscisti" (qui considerate insieme per le caratteristiche simili) è stato attribuito il peso più alto in funzione della maggiore estensione sul territorio e della maggiore percentuale di area in frana. Alle altre litologie è stato arbitrariamente attribuito un peso 6, malgrado le minime percentuali di area in frana, in funzione dello stato di fratturazione che appare, in linea generale, elevato e delle superfici occupate, quasi trascurabili rispetto alla litologia principale.

Attribuzione dei pesi in base alle coltri ed al substrato

	<i>Sr/sns</i>	<i>mb, mg</i>	<i>sq,cs, ma</i>
Coltri detritiche (maggiori di 3 m)	4	5	6
Coltri detritiche (minori di 3 m)	3	4	5

Alle coltri detritiche (generalmente a granulometria grossolana) è stato assegnato un peso sulla base del loro spessore e della permeabilità del substrato. Alle coltri aventi come substrato roccioso litotipi serpentinitici è stato assegnato il peso minore in quanto questi presentano sempre una permeabilità per fratturazione. Un valore intermedio è stato assegnato alle coltri su metabasiti e metagabbri in quanto litotipi classificati semipermeabili anche se affetti, in genere, da una certa fratturazione. Il peso maggiore è stato assegnato alle coltri su calcescisti e scisti quarzosi, dove le fratture, poco pervasive, possono essere colmate dalla deposizione di materiale di alterazione argilloso riducendone la permeabilità, e su marne considerate come impermeabili.

Dal punto di vista pratico, ponendosi nelle condizioni più sfavorevoli, nei casi dove coltri detritiche di ampia superficie hanno come substrato roccioso diversi tipi litologici ed i contatti presunti tra

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

bacino: ARRESTRA

questi non sono determinabili con una approssimazione sufficiente, si scelto di assegnare al poligono coltre il peso più alto tra quelli dei litotipi interessati.

<i>Stato di fratturazione della roccia</i>	<i>Peso</i>
RF	5
RS	3

Per il bacino del torrente Arrestra, gli affioramenti di serpentiniti e serpentinoscisti, calcescisti, metagabbri e scisti quarzosi sono stati classificati tutti come più o meno fratturati (RF), ponendosi nelle condizioni più negative e comportando quindi l'assegnazione di un unico peso. Queste litologie presentano infatti un grado di fratturazione ed alterazione generalmente alto.

Gli affioramenti di metabasiti e marne si presentano con un grado di alterazione e fratturazione inferiore rispetto ai precedenti litotipi. Si ritiene pertanto di ricomprendere dette litologie all'interno della classe RS, intesa come comprendente ammassi rocciosi con caratteristiche geomeccaniche meno sfavorevoli rispetto alle condizioni di stabilità.

Attribuzione dei pesi in base all'acclività

Si è proceduto ad una sovrapposizione tra la carta dell'acclività e la carta geomorfologica semplificando le classi di acclività in 4 insiemi. La tabella seguente sintetizza i pesi assegnati a ciascuna tipologia di elemento geomorfologico considerato per classe di acclività.

	<i>0-20 %</i>	<i>20-35 %</i>	<i>35-75 %</i>	<i>> 75 %</i>
Alluvioni	-3	2	3	7
Coperture detritiche	-3	3	5	7
Roccia affiorante	-1	2	5	7

Per quanto riguarda la classe tra 0 e 20 % di acclività sono stati assegnati dei pesi negativi in quanto evidentemente poco favorevole a movimenti gravitativi. Nel caso di roccia affiorante il peso è più alto per le condizioni di generale fratturazione.

Attribuzione dei pesi in base all'uso del suolo

Classe di uso del suolo	Codice	Peso
Urbanizzato continuo e discontinuo	1.1.1 – 1.1.2	0
Cave	1.3.1	3
Boschi	3.2	-1
Prati e pascoli	2.3	0
Praterie	3.1	0
Zone agricole eterogenee	2.4	1
Arbusti	3.3.	0
Rocce nude	3.4.2	2
Ex coltivi	2.5	2
Colture permanenti arboree	2.2.X	-1

In particolare sono stati attribuiti dei pesi aggravanti alle cave, anche dismesse, perché sempre sede di potenziali distacchi dai materiale dal fronte; alle rocce nude perché prive di copertura e affette

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

bacino: ARRESTRA

spesso da pratturazione; agli ex coltivi perché sede di diffuse opere di sostegno, tipo terrazzamenti, o di regimazione idraulica ormai abbandonate e quindi in cattivo stato di conservazione.

Fattori peggiorativi

Sono poi stati presi in considerazione alcuni elementi geomorfologici che possono potenzialmente costituire fattori aggravanti per la stabilità dei pendii.

Alle aree maggiormente interessate da fenomeni quali: erosione concentrata di fondo, ruscellamento diffuso ed erosione spondale è stato attribuito peso 1.

Elementi particolari

Alle zone occupate da grossi riporti è stato attribuito un peso 0 in condizioni di bassa acclività e assenza di fenomeni negativi per la stabilità.

Suddivisione in classi

Sulla base dei pesi sopra attribuiti è stata ottenuta una carta con numerosi poligoni a diverso peso (da minore di 0 a maggiore di 20). Anche sulla base delle evidenze del territorio sono state identificate quattro classi di suscettività.

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 aggiornamento della legenda e 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. 2.3.2.5 Riporti e discariche e Cap. 2.3.2.6 Cave.

E' stata considerata a questo punto la carta della franosità reale dalla quale le aree delimitate come frane quiescenti sono state portate, se non già ricadenti, nella classe di suscettività alta. Le aree delimitate come frane attive sono invece andate a costituire la classe **suscettività molto alta (Pg4)**.

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI

VALORE DI RANGE SOMMATORIA PESI ATTRIBUITA / AREE	SPECIFICHE	SUSCE TTIVITÀ AL DISSESTO	CLASSE
---	------------	---------------------------------	--------

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
bacino: ARRESTRA

CON ASSOCIAZIONE DIRETTA CON CLASSE DI SUSCETTIVITÀ			
< 5	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
5 – 8			Pg1
9 –19			Pg2
> 19	Aree prive al momento di movimenti gravitativi e/o quiescenti sui versanti e lungo i corsi d'acqua in cui sono presenti indicatori indiretti di elevata suscettività valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici, litologici, strutturali e di uso del suolo. Sono comprese in tali aree le frane stabilizzate e relitte (paleofrane) e le zone a franosità diffusa.	ALTA	Pg3 B

Per le seguenti tipologie di aree vi è una associazione diretta alla classe di suscettività:

Aree di frana Quiescente	Comprende aree in cui vi è la presenza di indicatori geomorfologici diretti, quali le frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi sui versanti e sui corsi d'acqua.	ALTA	Pg3 A
Aree in Frana Attiva	Aree interessate da movimenti gravitativi in atto.	MOLTO ALTA	Pg4
Cave e miniere attive - Discariche in esercizio	Aree di cava attiva, miniera attiva e discarica in esercizio sulle quali è vigente una specifica norma di settore.	Aree speciali	tipo A
Ex Cave, ex Miniere	Aree come individuate ai sensi della DGR 1208/2012 con la quale è stato approvato l'aggiornamento dei criteri per la redazione della normativa di attuazione dei piani di bacino a riguardo dell'assetto geomorfologico (individuate in Tav. 8 con retino trasparente).		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

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

3.2.2 *Commento alla carta della suscettività al dissesto dei versanti*

Nel seguito vengono brevemente commentate ubicazione e cause delle aree a suscettività al dissesto media e alta, le più significative per la determinazione del rischio.

La classe di suscettività alta appare influenzata principalmente da fattori quali l'acclività e la litologia; risulta molto diffusa infatti nei settori centrali NE del bacino dove tra l'altro sono numerosi i fenomeni di tipo erosivo, sulle pendici più alte di Cima Frattin e Cima Fontanaccia e nei settori centro-settentrionali del bacino (M. Fardello e M. Siguello) dove gli affioramenti sono maggiormente estesi.

Tutto il tratto medio del T. Arrestra, molto inciso e con numerosi meandri incassati, si presenta con entrambe le sponde classificate ad alta acclività tranne nei settori pianeggianti corrispondenti a terrazzi fluviali o coltri.

bacino: ARRESTRA

Nella parte bassa del bacino, l'unica occupata da insediamenti e infrastrutture di rilievo, due fasce di versante sono classificate ad alta suscettività, in sponda destra a contatto con l'alveo e in sponda sinistra a quote leggermente maggiori, in corrispondenza dei fronti di cava e delle pendenze maggiori.

Le aree classificate a media suscettività risultano prevalentemente concentrate nei settori NW del bacino, in sponda destra del rio Serra ed , in maniera irregolare nella parte bassa del bacino.

Nel settore Nord-occidentale la classe media è individuabile dove di sommano fattori erosivi, affioramenti rocciosi (o coltri di roccia disgregata "pietraie" molto diffuse in queste aree). La differenza di suscettività tra le due sponde del rio Serra è imputabile prevalentemente alle caratteristiche litologiche, più scadenti in sponda sinistra.

Nella parte bassa del bacino la classe media si riscontra nelle fascia tra la S.S. Aurelia e la ferrovia e lungo la sponda sinistra del T. Arrestra; più a monte su entrambi i versanti, fino a circa 100 m di quota dove il corso d'acqua si presenta inciso e spesso interessato da fenomeni erosivi di sponda.

3.3 Problematiche di tipo idraulico

3.3.1 Aree storicamente inondate

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).

Per il Torrente Arrestra risulta storicamente inondato il tratto compreso tra il viadotto autostradale, in prossimità dei campi da calcio, e lo sbocco a mare.

Data la fonte cartografica, in scala 1:25.000, non appaiono possibili ulteriori deduzioni o indicazioni derivanti dal dato storico.

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.Arrestra	16 – 0.01	Tratto a valle del viadotto autostradale (marzo 2001)

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

Le verifiche idrauliche sul Torrente Arrestra si sono svolte *per tratti estesi* secondo la metodologia indicata nel seguito.

Lungo tali tratti (nel caso del Torrente Arrestra un unico tratto) è stato effettuato il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente variato con i valori di massima piena 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale.

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
bacino: ARRESTRA

L'obiettivo primario delle verifiche è stato quello di determinare il livello di criticità idraulica complessiva dei singoli tratti o manufatti esaminati, pertanto, pur mantenendo un elevato livello d'affidabilità, esse rivestono carattere qualitativo, finalizzato alla pianificazione di bacino o ambito e non tanto alla verifica o al progetto dei singoli manufatti o di sistemazioni di tratti di alveo.

Per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali degli alvei e dei manufatti con essi interferenti, si è fatto riferimento ad una serie di rilievi topografici già esistenti o si è provveduto, nel caso di mancanza di dati, ad una serie di rilievi speditivi specificatamente effettuati in sito.

I rilievi speditivi sono stati integrati con la cartografia tecnica disponibile (Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000, cartografia tecnica del Genio Civile in scala 1:1000 aggiornata al 1972) e con una serie di rilievi fotografici effettuati nel corso dei sopralluoghi.

3.3.2.2 Verifiche per tratti estesi

I profili di corrente per portate con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, del torrente Arrestra sono stati calcolati mediante l'ausilio del programma di modellazione idraulica HEC-RAS basandosi sulle ipotesi di moto permanente.

Le verifiche idrauliche sul Torrente Arrestra si sono svolte *per tratti estesi* secondo la metodologia indicata nel seguito.

Lungo tali tratti (nel caso del Torrente Arrestra un unico tratto) è stato effettuato il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente variato con i valori di massima piena 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale.

L'obiettivo primario delle verifiche è stato quello di determinare il livello di criticità idraulica complessiva dei singoli tratti o manufatti esaminati, pertanto, pur mantenendo un elevato livello d'affidabilità, esse rivestono carattere qualitativo, finalizzato alla pianificazione di bacino o ambito e non tanto alla verifica o al progetto dei singoli manufatti o di sistemazioni di tratti di alveo.

Per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali degli alvei e dei manufatti con essi interferenti, si è fatto riferimento ad una serie di rilievi topografici già esistenti o si è provveduto, nel caso di mancanza di dati, ad una serie di rilievi speditivi specificatamente effettuati in sito.

I rilievi speditivi sono stati integrati con la cartografia tecnica disponibile (Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000, cartografia tecnica del Genio Civile in scala 1:1000 aggiornata al 1972) e con una serie di rilievi fotografici effettuati nel corso dei sopralluoghi.

Il moto permanente

La simulazione dei livelli idrici nelle verifiche per tratti estesi, è stata svolta inquadrando il problema nell'ambito dello schema di moto permanente.

Il moto permanente di una corrente a pelo libero quasi cilindrica prende anche il nome di moto gradualmente variato poiché è caratterizzato da variazioni di forma ed eventualmente di direzione

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

bacino: ARRESTRA

così lente da mantenere nelle singole sezioni le linee di corrente sensibilmente rettilinee e parallele tra loro.

In ogni sezione normale all'asse della corrente, la pressione varia seguendo la legge idrostatica. La condizione di continuità prevede che la portata sia costante, mentre l'area della sezione Ω e la velocità media U variano gradualmente lungo l'asse s della corrente:

$$(1) \quad Q = \Omega U = \text{cost.}$$

L'equazione del moto è espressa mediante la formula:

$$(2) \quad j = -\frac{dH}{ds}$$

dove H , che rappresenta il carico totale o effettivo, è espresso dalla relazione:

$$(3) \quad H = z_r + \frac{p}{\gamma} + \frac{U^2}{2g}$$

Per quanto concerne la cadente j del carico effettivo, essa si valuta assumendo che gli sforzi tangenziali sul contorno dipendano solo dalle condizioni della parete, dalla forma della sezione e dalla velocità media. Si pone quindi:

$$(4) \quad j = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{\lambda R} = \frac{U^2}{\lambda \frac{4R^2}{4R}} = \frac{U^2}{\lambda R}$$

a seconda che venga utilizzato il coefficiente di Chèzy χ , oppure i coefficienti adimensionali di resistenza C o λ . Per la valutazione di tali coefficiente è necessario tenere conto del fatto che essi variano da sezione a sezione, dal momento che cambiano l'area della sezione ed il valore del perimetro bagnato (e di conseguenza il raggio idraulico e la scabrezza relativa). Il numero di Reynolds varia anch'esso ma la sua influenza sulle leggi di resistenza delle correnti a pelo libero è di norma trascurabile.

Il tracciamento del profilo della superficie libera di un corso d'acqua naturale in moto permanente richiede per la risoluzione, l'utilizzo di procedimenti di calcolo numerico.

Il software HEC-RAS

Le verifiche idrauliche del torrente Arrestra sono state condotte per portate con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni in ipotesi di moto permanente, mediante l'utilizzo del software di modellazione idraulica HEC-RAS.

HEC – RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) è un programma che consente di calcolare i profili idraulici in condizioni di moto permanente e corrente

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

bacino: ARRESTRA

monodimensionale (lenta' veloce o in regime misto). Il programma può trattare un vasto campo di situazioni reali, dalle reti di canali artificiali, ai corsi d'acqua a uno o più rami.

A tal fine si può stabilire a priori se la corrente è lenta o veloce, in modo da accelerare le procedure di calcolo qualora si sappia che non si realizzano passaggi della profondità critica.

La procedura iterativa di calcolo, conosciuta generalmente con il nome "Step Area Method", è basata sulla soluzione dell'equazione mono - dimensionale della quantità di moto, valutando mediante la relazione di Manning le perdite dovute ad attrito nello schema di moto localmente uniforme e con formule empiriche le perdite di carico concentrate.

Nelle situazioni in cui il profilo del pelo libero assume un andamento rapidamente variato, si usa l'equazione di conservazione della quantità di moto misto (risalti idraulici), l'idraulica dei ponti e la valutazione dei profili in corrispondenza delle confluenze fluviali. Inoltre il programma tiene conto delle varie ostruzioni quali coperture, traverse e strutture interne all sezione di deflusso.

Le principali limitazioni del programma sono costituite dal fatto che i profili sono calcolabili per le sole correnti monodimensionali in condizioni di moto permanente, con il vincolo che la pendenza dei tratti studiati non possa superare il 10%.

Le seguenti due equazioni sono risolte mediante una procedura iterativa (standard step method) allo scopo di calcolare la quota del pelo libero incognita per una sezione:

- equilibrio energetico:

$$(5) \quad h_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = h_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \Delta H$$

- perdite di carico:

$$(6) \quad \Delta H = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g}$$

in cui:

h_1, h_2 = quote del pelo libero nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle

v_1, v_2 = velocità media nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle

α_1, α_2 = coefficienti correttivi dell'energia cinetica nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle

g = accelerazione di gravità

ΔH = perdite di carico nel tratto

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
bacino: ARRESTRA

L = lunghezza del tratto di riferimento (pesata sulle portate nel caso di alveo pluricursale)

λ = coefficiente di attrito per le perdite distribuite nel tratto

c = coefficiente di perdita di carico localizzata nelle eventuali variazioni di sezioni

La lunghezza del tratto di riferimento viene pesata sulle portate ed è ricavata dalla relazione:

$$(7) \quad L = \frac{L_{sx} Q_{sx} + L_{ch} Q_{ch} + L_{dx} Q_{dx}}{Q_{sx} + Q_{ch} + Q_{dx}}$$

in cui:

L_{sx}, L_{ch}, L_{dx} = lunghezza specifica per l'area, interessata al flusso, a sinistra, all'interno e a destra delle sponde

$\overline{Q_{sx}}, \overline{Q_{ch}}, \overline{Q_{dx}}$ = media aritmetica (sulle due sezioni) delle portate di competenza delle sotto - sezioni a sinistra, all'interno ed a destra delle sponde

Allo scopo di determinare la portata complessiva in una sezione, il flusso deve essere diviso in sotto - sezioni per le quali si possa considerare la distribuzione di velocità come uniforme, senza per questo incorrere in approssimazione eccessive.

La conduttanza di competenza di ogni sotto - sezione è ottenuta mediante la seguente equazione:

$$(8) \quad k = \frac{1}{n} a r^{2/3}$$

in cui:

k = conduttanza nella sotto - sezione

n = coefficiente di Manning per la sotto - sezione

a = area della sotto - sezione interessata al flusso

r = raggio idraulico della sotto - sezione

La conduttanza totale sarà data dalla somma delle conduttanze di competenza di ogni sotto - sezione.

Naturalmente è sufficiente dividere la sezione in tre aree con diverse caratteristiche rappresentate rispettivamente dal canale e dalle due aree golenali.

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

bacino: ARRESTRA

Anche il coefficiente correttivo dell'energia cinetica è ricavato tenendo conto della suddivisione della sezione, tramite la seguente equazione:

$$(9) \quad \alpha = A \frac{\left(\frac{K_{sx}^2}{A_{sx}^2} + \frac{K_{ch}^2}{A_{ch}^2} + \frac{K_{dx}^2}{A_{dx}^2} \right)}{K^2}$$

in cui:

A = area totale interessata al flusso

K = conduttanza totale nella sezione

A_{sx}, A_{ch}, A_{dx} = area, interessata al flusso, rispettivamente per le sotto - sezioni a sinistra, all'interno ed a destra delle sponde

K_{sx}, K_{ch}, K_{dx} = conduttanze nelle sotto - sezioni, rispettivamente, a sinistra, all'interno e a destra delle sponde.

Le perdite distribuite nel tratto di lunghezza L (pesata sulle portate) è data dal prodotto di quest'ultima per il coefficiente di attrito λ.

$$(10) \quad \Delta H = \lambda L$$

Il programma consente di scegliere l'espressione di λ tra le seguenti alternative

- coefficiente di attrito media aritmetica:

$$(11) \quad \lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$$

- coefficiente di attrito media sulle portate:

$$(12) \quad \lambda = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

- coefficiente di attrito media geometrica:

$$(13) \quad \lambda = \sqrt{\lambda_1 \cdot \lambda_2}$$

- coefficiente di attrito media armonica:

$$(14) \quad \lambda = \frac{2\lambda_1 \cdot \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

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
bacino: ARRESTRA

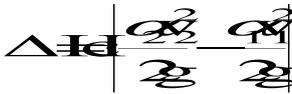
in cui:

Q_1, Q_2 = portata nelle due sezioni che limitano il tratto

K_1, K_2 = conduttanza nelle due sezioni che limitano il tratto

λ_1, λ_2 = coefficienti di attrito nelle due sezioni che limitano il tratto

Il calcolo delle perdite di carico dovute alla contrazione o espansione della corrente si basa sulla seguente relazione:

$$(15) \quad \Delta H = c \left(\frac{v_1^2}{2g} - \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} \right) + \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} + c \left(\alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \right)$$


dove:

v_1, v_2 = velocità media nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle

α_1, α_2 = coefficienti correttivi dell'energia cinetica nelle sezioni rispettivamente di monte e di valle

g = accelerazione di gravità

ΔH = perdite di carico concentrate nel tratto

c = coefficiente di perdita di carico localizzata nelle eventuali variazioni di sezioni

Secondo il programma si verifica una contrazione della corrente ogni volta che il carico cinetico a valle è maggiore di quello a monte; analogamente, quando il carico cinetico a monte è maggiore di quello a valle, il programma assume che vi sia un'espansione.

Il coefficiente c nel caso di espansione varia tra 0.3 e 0.8, mentre nel caso di contrazione varia tra 0.1 e 0.6.

La quota del pelo libero ad una sezione trasversale è determinata risolvendo iterativamente le equazioni (5) e (6) secondo la seguente procedura:

- Passo 1 Assunzione di un valore (arbitrario) per la quota del pelo libero nella sezione più a monte, nel caso di corrente veloce, od a valle nel caso di corrente lenta.
- Passo 2 Determinazione della portata totale e della velocità della corrente corrispondenti alla quota di cui al passo 1.
- Passo 3 Calcolo del valore del coefficiente di attrito λ e determinazione delle perdite energetiche mediante la risoluzione dell'equazione (10).
- Passo 4 Calcolo della quota del pelo libero h_2 mediante risoluzione dell'equazione 1 utilizzando i valori ottenuti con i passi 2 e 3.

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
bacino: ARRESTRA

Passo 5 Comparazione del valore della quota del pelo libero calcolata con il passo 4 con quella assunta al passo 1; ripetizione dell'intera procedura finche la differenza tra le due quantità è ridotta all'ordine di 1 cm.

Una volta ottenuta la quota del pelo libero "bilanciata" in una sezione, il programma verifica che questa sia in accordo con le ipotesi assunte sul regime della corrente; se ciò non avviene la quota del pelo libero verrà considerata coincidente con la profondità critica.

La profondità critica è la quota per la quale il carico specifico è minimo e viene calcolata con procedura iterativa basata sull'equazione che definisce il carico specifico in una data sezione.

La profondità critica per una sezione trasversale viene determinata ogni volta che si verifica una delle seguenti condizioni:

- La corrente è veloce;
- Il calcolo della profondità critica viene richiesto dall'utente;
- Il programma non è riuscito a bilanciare l'equazione dell'energia entro i limiti della tolleranza prestabilita al raggiungimento del numero massimo di iterazioni.

La quota del pelo libero iniziale per le sezioni al contorno può essere specificata in uno dei seguenti quattro modi:

- come profondità critica
- come una elevazione nota
- come profondità di moto uniforme con pendenza assegnata, ovvero come pendenza della linea dei carichi assegnata
- da una scala di deflusso

La portata viene specificata in una apposita variabile nella sezione di monte, ma può essere variata in una qualunque sezione e per tutte le sezioni a valle impostando una seconda variabile.

La geometria delle sezioni trasversali è specificata per punti rappresentati dalle posizioni rispetto ad un riferimento arbitrario e dalle elevazioni rispetto ad un dato, mentre la coordinata longitudinale (lungo l'asse della corrente) è individuata in base alla distanza tra una sezione e la successiva. Devono inoltre essere indicate le posizioni del limite dell'alveo inciso ed eventualmente le sommità arginali.

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

bacino: ARRESTRA

Tali sezioni dovrebbero comprendere tutte le aree golenali¹ ed essere perpendicolari alle linee di corrente previste. Essendo il modello monodimensionale si devono comprendere nella sezione solo quelle aree che risultano percorse dal deflusso prevalentemente unidirezionale, escluse quindi le aree inondabili che non siano propriamente golenali. Inoltre bisogna porre attenzione a definire le sezioni in modo coerente per evitare allargamenti e/o restringimenti che altererebbero il profilo di moto permanente.

E' necessario localizzare le sezioni trasversali in ubicazioni rappresentative per caratterizzare il corso d'acqua nella sua interezza ovvero dove si verificano cambiamenti di portata, pendenza del fondo o scabrezza, in corrispondenza delle sezioni al contorno ed in corrispondenza di ponti od altre opere idrauliche; è consigliabile considerare un numero maggiore di sezioni per unità di lunghezza laddove le variazioni graduali siano maggiori rispetto a tronchi caratterizzati da variazioni minori.

La spaziatura delle sezioni trasversali è anche funzione dell'ampiezza del corso d'acqua (circa una sezione ogni 5 – 10 lunghezze).

Ogni ponte è descritto da quattro sezioni: due a monte del ponte e due a valle, di cui le due centrali in corrispondenza del ponte e le altre ad una distanza sufficiente da poter ritenere la corrente indisturbata rispetto al ponte stesso.

- Sezione 1: deve trovarsi sufficientemente a valle della struttura cosicché la corrente non ne risente (cioè in modo che riesca a espandersi completamente). L'USGS (United States Geological Survey) ha stabilito un criterio secondo il quale la sezione deve essere posizionata ad una distanza, verso valle, pari alla larghezza dell'apertura del ponte.
- Sezione 2: deve trovarsi a breve distanza dal versante di valle del ponte. Questa sezione dovrebbe rappresentare la sezione di deflusso appena dopo il ponte.
- Sezione 3: deve trovarsi a breve distanza dal versante di monte del ponte. La distanza fra la sezione e il ponte dovrebbe riflettere solamente la lunghezza necessaria alla brusca accelerazione e contrazione della corrente che avviene nell'area nelle immediate vicinanze dell'apertura. Questa sezione rappresenta inoltre la sezione di deflusso appena a monte del ponte.
- Sezione 4: rappresenta la sezione dove le linee di deflusso sono approssimativamente parallele. L'USGS ha stabilito un criterio secondo il quale la sezione deve essere posizionata ad una distanza verso monte pari alla larghezza dell'apertura del ponte

I dati relativi al ponte di cui la procedura necessita riguardano, oltre alla forma e alla larghezza delle pile, la posizione dell'asse nel riferimento trasversale ed una serie di punti incrementati lungo la sezione cui sono associate le quote dell'extradosso e dell'intradosso dell'impalcato.

Le perdite di carico causate da strutture quali ponti o coperture sono calcolate in due parti: in primo luogo vengono calcolate le perdite dovute all'espansione ed alla contrazione della sezione sui lati a

¹ Nel caso la sezione definita non sia sufficientemente ampia da contenere il profilo il programma simulerà automaticamente un'argine infinitamente alto nel punto più esterno della sezione che risulterebbe quindi al di sotto del pelo libero.

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

bacino: ARRESTRA

monte ed a valle della struttura e secondariamente viene calcolata la perdita concentrata dovuta alla struttura stessa; a tal scopo sono disponibili due metodi:

- metodo “pelo libero” che si applica a ponti senza pile e a ponti ad arco interessati da una corrente il cui pelo libero abbia una quota inferiore a quella dell’imposta del ponte: consiste in una semplice sottrazione dell’area occupata dal ponte da quella definita dal contorno del terreno;
- metodo “in pressione²” che si applica in tutti gli altri casi, con particolare riguardo a condizioni di corrente che comportino l’attraversamento della profondità critica; con questo metodo viene ad essere diversificata la procedura e quindi il set di equazioni utilizzato a seconda delle caratteristiche del flusso in rapporto al ponte.

In particolare:

- se la quota del pelo libero è minore dell’imposta del ponte si distinguono i casi e le soluzioni proposte in funzione del regime della corrente
 - In caso di corrente veloce viene generalmente utilizzato il bilancio dei momenti (subito a monte e a valle del ponte) basato sull’equazione proposta da Koch e Carstanjen nel 1962:



in cui:

A_1, A_3 = area interessata al flusso, rispettivamente nelle sezioni a monte ed a valle del ponte;

A_2 = area interessata al flusso, depurata dell’area delle pile ad una sezione compresa nel ponte;

A_{p1}, A_{p3} = aree ostruite rispettivamente nelle sezioni a monte e a valle;

y_1, y_2, y_3 = distanza del pelo libero dai centri di gravità di A_1, A_2, A_3

m_1, m_2, m_3 = rispettivamente A_1y_1, A_2y_2, A_3y_3

m_{p1}, m_{p3} = rispettivamente $A_{p1}y_{p1}, A_{p3}y_{p3}$

c_p = coefficiente di resistenza delle pile, compreso tra 2 (pile squadrate) e 1,33 (pile semicircolari);

y_{p1}, y_{p3} = distanza del pelo libero dai centri di gravità di A_{p1}, A_{p3}

Q = portata;

2

Questo metodo approssima sempre trapeziodalmente l’apertura del ponte

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
bacino: ARRESTRA

g = accelerazione di gravità;

- Nel caso di corrente lenta, all'equazione (11), si preferisce l'espressione di Yarnell che consente di determinare il cambiamento di quota del pelo libero nell'attraversare il ponte:

$$(16) \quad H_3 = H_2 - K_f \frac{v_3^2}{2g} \left(\frac{A_2}{A_3} - 1 \right)$$

in cui:

H_3 = diminuzione della quota del pelo libero tra i lati di monte e di valle

K_f = coefficiente di forma delle pile del ponte

ω = rapporto tra il valore del carico cinetico e quello della profondità del pelo libero nella sezione di valle del ponte

α = rapporto tra la parte della sezione ostruita dal ponte e quella libera

v_3 = velocità a valle del ponte

g = accelerazione di gravità

La quota del pelo libero nella sezione di monte verrà calcolata aggiungendo il valore così ottenuto alla quota del pelo libero nella sezione di valle (già nota per le precedenti elaborazioni).

- Se la quota del pelo libero è pari a quella dell'imposta del ponte si è nel caso di flusso in pressione e viene impiegata l'equazione per il flusso attraverso un orifizio, pubblicata sul Manuale di Ingegneria dell'U.S. Army Corps of Engineering:

$$(17) \quad Q = A \sqrt{\frac{2gH}{K}}$$

in cui:

H = differenza tra il valore del carico a monte del ponte e la quota del pelo libero a valle

K = coefficiente totale di perdita di carico

A = area della luce libera del ponte

g = accelerazione di gravità

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
bacino: ARRESTRA

Q = portata defluente sotto il ponte

- Se la quota del pelo libero supera l'elevazione dell'imposta del ponte e la luce è ostruita si applica l'equazione (14):

$$(18) \quad Q = CLH^{\frac{3}{2}}$$

in cui:

H = differenza tra il valore del carico a monte del ponte e la quota dell'estradosso

C = coefficiente di portata

L = larghezza effettiva dello stramazzo

Q = portata defluente sopra il ponte

Spesso il flusso reale è dato da una combinazione di questi casi. Il programma allora utilizza una procedura iterativa basata sulle equazioni suddette allo scopo di determinare le portate relative a tutti i distinti tipi di flusso.

La procedura consiste nell'assunzione di valori progressivi per il carico totale per determinare la portata totale finché questa non differisce di più dell'1% da quella del passo precedente o dal valore prefissato.

- 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 idraulica utilizzato
T.Arrestra	16 – 0.01	Tratto a valle del viadotto autostradale (marzo 2001)	30	HEC RAS

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

3.3.3 Fasce di inondabilità

Per mappatura delle aree a rischio di inondazione si intende la rappresentazione delle aree perifluviali soggette ad inondazione da parte delle acque non più contenute nell'alveo dei corsi d'acqua in corrispondenza di tratti insufficienti al deflusso per fissate probabilità di evenienza, corrispondenti cioè a specificati periodi di ritorno della portata di piena corrispondente.

Quindi nei tratti in cui la portata considerata non trova più capienza certa nell'alveo, si prevedono fenomeni di esondazione. In tali tratti sono state determinate le aree perifluviali contigue al corso d'acqua e inondabili di conseguenza. Sulla base delle portate al colmo di piena per i periodi di

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

bacino: ARRESTRA

ritorno di 50, 200 e 500 anni, è stata individuata, con gli opportuni franchi di sicurezza, l'estensione areale delle possibili inondazioni, determinando così le seguenti tre fasce di inondabilità:

- T = 50 anni, al fine di individuare le aree soggette a inondazioni a seguito di piene ordinarie, e con frequenza quindi non socialmente accettabile.
- T = 200 anni, al fine di individuare le aree soggette a medio rischio di inondazione sulle quali attuare misure che garantiscano sia di non aumentare il rischio attuale per le popolazioni sia di non pregiudicare possibili sistemazioni definitive e l'attuazione delle indicazioni dei relativi piani di bacino.
- T = 500 anni o, se più estese, aree storicamente inondate: in linea con recenti provvedimenti ministeriali, al fine di individuare una fascia a rischio per eventi eccezionali.

Per determinare le aree inondabili sono stati adottati diversi tipi di schematizzazione e livelli di approssimazione in relazione alla morfologia del sito e delle caratteristiche dei fenomeni fisici che è necessario considerare.

Laddove l'alveo del torrente considerato risultava particolarmente inciso è stato adottato il modello delle "curve di livello". La denominazione "Curve di livello" discende dal fatto che la conformazione della linea che delimita le aree soggette al medesimo rischio idraulico è del tutto simile ad una curva di livello che raccordi i punti aventi uguale probabilità di esondazione.

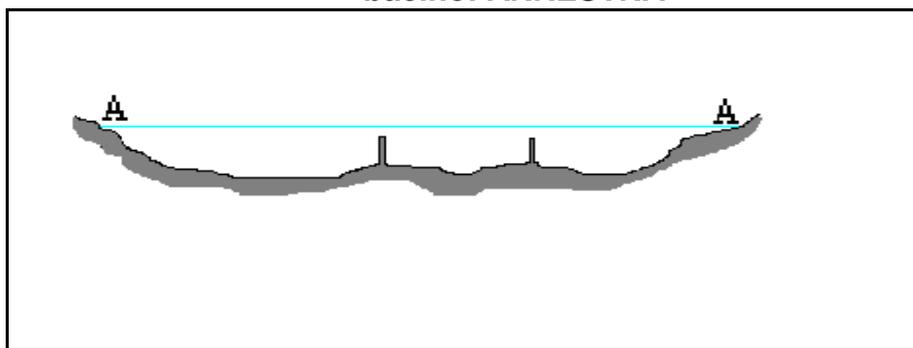
Il principio che sta alla base del modello è costituito dall'ipotesi che, in moto permanente e in un tempo potenzialmente infinito, si possa arrivare ad avere il livello del pelo libero orizzontale in tutta la sezione, dalla valle in corrispondenza del punto di esondazione. In un moto permanente le caratteristiche del moto sono indipendenti dal tempo e quindi si può supporre che la corrente abbia il tempo sufficiente ad inondare tutte le aree circostanti il corso d'acqua fino a giungere ad una condizione di pelo libero orizzontale sezione per sezione. Tale ipotesi risulta essere a favore di sicurezza in quanto sicuramente conservativo.

Una volta valutato il profilo della corrente per ogni periodo di ritorno, supponendo gli argini infinitamente alti, la determinazione delle aree inondabili viene eseguita prolungando, orizzontalmente nel loro piano al di fuori degli argini fino ad incontrare il piano di campagna, la quota del pelo libero di quelle sezioni insufficienti ad un regolare deflusso della portata. Tale procedura viene ripetuta per tutte le sezioni in cui la portata non ha capienza certa nell'alveo. L'area compresa tra gli argini ed il raccordo di tutti i punti così calcolati definisce l'area soggetta ad inondazione.

Seguendo tale procedura di calcolo, con riferimento alla figura seguente, l'area inondata risulta essere quella definita dal raccordo di tutti i punti A - A.

Tale metodo, per la sua stessa concezione, tende evidentemente a sovrastimare l'estensione areale dell'inondazione. Esso, essendo comunque a favore di sicurezza, può in situazioni di alveo fortemente inciso fornire una valida approssimazione delle aree inondabili.

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
bacino: ARRESTRA



Metodo "curve di livello"

Nel tratto focivo del torrente considerato, caratterizzato da un alto grado di urbanizzazione e da un alveo con morfologia pianeggiante, è stato utilizzato il modello "topologico" che ha nella sua denominazione l'ipotesi principale di lavoro.

Il calcolo delle aree soggette al medesimo rischio di inondazione si esegue, infatti, partendo dall'ipotesi vera e verificata che l'acqua procede nel suo cammino in discesa, o meglio un fluido si muove passando da una condizione iniziale ad una finale diminuendo il proprio contenuto energetico.

Tecnicamente, la determinazione delle aree inondabili è eseguita impostando il calcolo dal punto in cui la corrente esonda, cercando sulla planimetria sempre la zona più vicina del piano di campagna che ha quota minore, o al più uguale a quella precedente. Questa operazione si esegue fino a che l'acqua così esondata non arrivi a trovare sbocco in mare o non ritorni in alveo in sezioni di valle. In pratica si può supporre che esista una particella d'acqua inesauribile che possa uscire dall'alveo ed interessare le aree circostanti procedendo sempre in discesa seguendo la linea di massima pendenza.

Il limite principale di questo metodo di determinazione delle aree inondabili sta nel fatto che dal punto in cui le portate fuoriescono dagli argini, le aree inondabili così calcolate hanno andamento identico con periodi di ritorno diversi, anche se in generale il fronte di esondazione sarà diverso. Ciò appare modellare male la realtà per valli incise con fronti di esondazione estesi anche per tempi di ritorno bassi.

Questo metodo permette di valutare meglio le aree inondabili dove le quote arginali destre e sinistre siano sensibilmente diverse.

I metodi utilizzati per determinare le fasce di inondabilità non permettono inoltre una definizione quantitativa delle velocità di scorrimento, tuttavia, essendo le inondazioni particolarmente concentrate in tratti urbani, si può ragionevolmente ritenere che le maggiori velocità di scorrimento si realizzino lungo la viabilità posta in prossimità degli alvei che diventa naturalmente sede preferenziale di scorrimento delle acque esondate.

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

bacino: ARRESTRA

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.

La sua determinazione non è stata ritenuta necessaria sulla base dell'esame degli interventi individuati nel presente Piano; tuttavia potrà essere prevista in fasi successive sulla base di approfondimenti in sede di aggiornamento di Piano o in fase progettuale.

3.4 Principali criticità del bacino

3.4.1 Principali criticità geomorfologiche del bacino

Le principali criticità di tipo geologico-geomorfologico emergono da una analisi delle carte della suscettività al dissesto e della franosità reale contemplando quelli che sono gli elementi a rischio presenti all'interno di ogni area/bacino.

All'interno di quest'area, in particolare per la quasi assenza di elementi a rischio nel bacino del T. Arrestra, le criticità legate al dissesto dei versanti non sono numerose. Tutta l'area si presenta generalmente con pochi ed isolati casi di dissesto puntuale, mentre una suscettività medio-alta è comune nelle parti alte dei versanti soggette a erosione e alterazione superficiale della roccia.

Si citano soltanto alcune situazioni puntuali presenti sui versanti del tratto focivo del torrente, dove alcuni insediamenti industriali e tratti di viabilità costituiscono elementi a rischio (anche se non elevato).

Il versante in coltre, sponda sinistra, alle spalle di alcuni capannoni industriali, dove uno sbancamento ha causato fenomeni di riattivazione.

La zona a monte e circostante il fronte dell'ex cava Mulinetto, dove si rilevano fenomeni di erosione areale ed incanalata, talora accentuati.

Fenomeni di erosione spondale (sponda destra) in prossimità dei campi sportivi al piede di un accumulo di frana.

3.4.2 Principali criticità idrauliche del bacino

Il tratto esaminato è quello terminale, compreso tra i campi sportivi, in corrispondenza del viadotto autostradale e lo sbocco a mare, per una lunghezza complessiva di circa 1.2 Km.

Il tratto a monte non è stato studiato in quanto la morfologia fluviale (il corso d'acqua si presenta sempre inciso con versanti acclivi) e le situazioni al contorno (una sostanziale assenza di aree urbanizzate o edificate) ne riducono al minimo le situazioni di rischio potenziale.

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

bacino: ARRESTRA

Data la presenza di numerosi manufatti in alveo, le brusche variazioni delle sezioni di deflusso e della pendenza del fondo, la verifica è stata eseguita, a favore di sicurezza, integrando il profilo nella sola condizione di corrente lenta da valle verso monte.

Per il calcolo dei profili di rigurgito, sono stati adottati come parametri di scabrezza di Manning, i valori di $n = 0.035 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ ed $n = 0.03 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$, rispettivamente per le aree golenali e per l'alveo inciso.

E' stata imposta la profondità critica nell'ultima sezione di monte (sez. 16) ed in quella di valle (sez. 0.01), che corrisponde all'ultima sezione arginata prima dello sbocco a mare.

Il deflusso della portata 50-ennale avviene prevalentemente in corrente lenta con numeri di Froude variabili da 0.26 a 1.0 e velocità mediamente comprese tra 2 e 4 metri al secondo; le profondità del pelo libero risultano comprese tra 2 e 5 metri circa.

L'insufficienza dell'alveo a contenere l'intera portata di piena dà luogo all'inondazione delle aree adiacenti su entrambe le sponde.

I ponti della linea ferroviaria Genova-Ventimiglia e della S.S. Aurelia risultano appena sufficienti al deflusso della portata 50-ennale. In particolare il ponte della S.S. Aurelia determina un profilo di rigurgito a valle che risulta comunque contenuto dai parapetti esistenti sia in sponda destra che in sponda sinistra.

Il deflusso della portata 200-ennale è del tutto analogo al caso precedente con altezze del pelo libero mediamente superiori di circa 2 m. L'insufficienza dell'alveo di morbida a contenere l'intera portata di piena dà luogo all'inondazione delle aree golenali su entrambe le sponde; tale fenomeno risulta più accentuato in sponda sinistra, in corrispondenza delle sezioni 3 e 4, che presenta quote del piano campagna mediamente inferiori a quelle in sponda destra, provocando, l'inondazione della strada posta in adiacenza all'argine e del piazzale dell'ex cava Mulinetto attualmente adibita ad usi industriali.

I ponti risultano in questo caso entrambi insufficienti con funzionamento in pressione e scavalco dell'impalcato.

In particolare, il ponte della S.S. Aurelia risulta sovrastato, con un'altezza del tirante di circa mezzo metro superiore alla quota dell'impalcato. Parte della fascia urbanizzata costiera e dei giardini pubblici sottostanti la S.S. Aurelia risultano potenzialmente inondabili.

Il deflusso della portata 500-ennale avviene con altezze del pelo libero mediamente superiori di circa 0.5 m a quello della portata 200-ennale.

I ponti risultano in questo caso entrambi insufficienti, con funzionamento in pressione e scavalco dell'impalcato.

In particolare, il ponte della S.S. Aurelia risulta sovrastato, con un'altezza del tirante di circa 1 metro superiore alla quota dell'impalcato. Parte della fascia urbanizzata costiera e dei giardini pubblici sottostanti la S.S. Aurelia risultano potenzialmente inondabili.

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

bacino: ARRESTRA

La portata massima smaltibile senza esondazioni è stata stimata pari a circa $140 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, che rappresenta una portata con periodo di ritorno circa decennale.

N.° Sezione	Tipologia dell'opera	Tempo di ritorno
0.22	Ponte ferrovia	T < 50
0.12	Ponte S.S.Aurelia	T < 50

Tabella riassuntiva della capacità di smaltimento della portata da parte delle opere in alveo

3.5 Evento alluvionale del 04.10.2010

3.5.1 Descrizione generale dell'evento

Nella mattinata del giorno 04/10/2010 l'areale varazzino è stato colpito da un intenso evento meteorologico che ha fatto registrare, nei pluviometri dell'area, un'altezza complessiva di pioggia pari a circa 300 mm in 18 ore, con un'intensità massima di 96 mm/h concentratasi per la gran parte in circa 3 ore nella prima mattinata.

L'altezza di precipitazione oraria massima è stata di 177.4 mm e quella di 3 ore pari a 285.8 mm.

Le precipitazioni si sono concentrate lungo la costa ed in particolare hanno messo in crisi i corsi d'acqua minori immediatamente a monte del centro urbano, mentre il Torrente Teiro è stato contenuto entro l'alveo.

Le conseguenti elevatissime portate hanno prodotto diffusi fenomeni di richiamo di materiali inerti lungo le sponde ed i versanti prospicienti i corsi d'acqua.

Le tipologie di dissesti che si sono manifestate comprendono fenomeni franosi sui versanti, fenomeni franosi incanalati, evolventi in colate detritiche, erosioni incanalate ed esondazioni coinvolgenti le piane di fondovalle.

In particolare l'ingentissimo trasporto solido che ha caratterizzato questo evento, ha determinato l'occlusione dei manufatti idraulici, la loro conseguente tracimazione ed il sovralluvionamento degli alvei stessi.

L'aggiramento dei citati manufatti ha comportato elevati flussi idrici lungo le strade in fregio ai corsi d'acqua, con coinvolgimento di decine di autoveicoli ed allagamento di numerosi fabbricati.

Il fenomeno meteorologico dianzi descritto ha comportato diffusi allagamenti del centro abitato al piede del percorso acclive dei rii interessati.

In particolare il Torrente Arzocco, esondando, ha provocato l'allagamento di un'areale del centro urbano di circa 11 ettari con tiranti anche superiori al metro ed elevate velocità dell'acqua.

La furia delle acque ha provocato il trasporto delle autovetture e lo sfondamento di alcune recinzioni di cortili e giardini accatastando materiale, fango ed autovetture.

Ulteriori porzioni del centro urbano in prossimità di piccoli rii (per circa 7 ettari) sono state interessate da allagamenti.

Nelle aree allagate erano presenti:

- l'edifici della scuola elementare del centro urbano che ha avuto tutto il piano fondi sommerso (mensa, aule speciali didattiche e palestre);
- gli uffici del giudice di Pace (piano terra inagibile e locale caldaia sfondato e allagato);
- biblioteca comunale, con piano terreno allagato;
- magazzini dei servizi tecnici comunali, allagato al piano terra e seminterrato;
- Palazzetto dello Sport (allagamento magazzini al piano seminterrato).

Gravissimi danni sono stati causati alle attività economiche (negozi, alberghi, officine, strutture socio-assistenziali ed attività artigianali). Il numero delle attività economiche interessate è stato di circa 150.

Numerosissime sono state le attività di emergenza attuate che vengono sintetizzate nel seguente riepilogo:

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
bacino: ARRESTRA

Prosciugamenti	38
Assistenza e trasporto	2
Rimozione fango	7
Verifiche statiche	30
Verifiche frane	14
Verifiche transitabilità	25
Ricerca dispersi	1
Persone evacuate	57
Soccorsi a persona	11
Soccorsi tecnici	85

riferite ai seguenti dati territoriali:

Aree in frane	circa 71.000 mq
Aree esondate/allagate	180.000 mq
Strade inagibili	circa 3,5 Km
Edifici prudenzialmente evacuati	4
Edifici inagibili	3

Circa 400 abitazioni siano state interessate da allagamenti totali o parziali.

Su tutto l'areale interessato dall'evento meteorico numerose strade comunali hanno subito danni. In particolare via Fossello, via Sciandra, via Don Minzoni, via Marconi, ed altre minori, sino ad un numero di circa venti.

Il numero degli edifici danneggiati in modo irreparabile è di tre unità, numerosi altri hanno subito gravi danni.

Ulteriori quattro edifici sono stati sgomberati in via precauzionale e gli abitanti sono stati alloggiati presso parenti o presso le strutture all'uopo attrezzate dalla Protezione Civile.

La stima dei danni, di larga massima, ha portato a valutare nei seguenti valori i danni patiti dalle strutture pubbliche e private:

- danni alle infrastrutture comunali viarie: 1.000.000,00-1.500.000,00 euro
- danni agli edifici ed ai servizi a rete comunali: 400.000,00 euro
- danni a strutture economiche ed esercizi commerciali: 3.000.000,00 euro
- danni a privati cittadini: 4.000.000,00 euro
- opere definitive di sistemazione di corsi d'acqua: 3.000.000,00-4.000.000,00 euro

La rete stradale provinciale interessata dall'evento è quella di fondovalle del torrente Teiro, individuata nella S.P. n. 542 "di Pontinvrea", nel tratto interessato tra la progressiva 27+600 loc S.Anna e la progressiva 29+700 loc. Parasio oltre alla tratta finale (comunale) coincidente con la via Piave.

In tale tratta si sono verificati almeno quattro significativi eventi:

- 1 Loc. s.Anna – esondazione rio S.Anna, che ha prodotto l'allagamento della sede stradale e il cedimento di parte della copertura privata a monte della sede stessa.

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

bacino: ARRESTRA

- 2 Tratta tra rio S.Anna e il rio Battaglia: interessata da un franamento del versante che ha prodotto il parziale cedimento della rete paramassi di protezione in testa al muro a monte nonché l'asportazioni di circa 60 – 70 m di guard-rail a valle della strada.
- 3 Esondazione del rio Battaglia, che ha prodotto l'invasione della sede stradale da parte di detriti e materiali vari e alcuni allagamenti, nonché l'ostruzione della tombinatura sottostrada.
- 4 Esondazione del rio dei Galli che ha variato il suo tracciato a monte dell'immissione della SP N. 57 "Varazze-Casanova- Stella S.Martino" provocando l'ostruzione con detriti sia dell'intersezione che del tratto a valle, lungo il quale il corso d'acqua si è impropriamente incanalato, sommergendo di fango e detriti la sede stradale fino alla loc. Parasio ed erodendo parte della pavimentazione.

Ulteriore viabilità che ha subito profonde incidenze è la SP n. 57 "Varazze-Casanova-Stella San Martino", che è stata pesantemente interessata da ripetute esondazioni del rio dei Galli e del rio Battaglia che hanno prodotto ingenti trasporti di materiali solidi e rocce, sia nel tratto iniziale (confluenza con SP 542) che in quello intermedio a valle di Casanova (loc. S. Pietro e immediate vicinanze) nonché ancora più a monte con puntuali scalzamenti della fondazione di alcuni muri portanti a valle della strada o di scarpate di contenimento.

In particolare nel primo chilometro, la piena del torrente ha comportato diverse fuoriuscite di materiale solido, detriti e rocce, ed ha ostruito tutti gli attraversamenti sottostrada, producendo significativi dissesti del piano viabile e delle opere di contenimento a valle.

In tale tratta la piena ha prodotto altresì l'asportazione delle contenute opere idrauliche presenti, in particolare erodendo le opere di difesa spondale e provocando fenomeni di dissesto che si sono spinti fino a coinvolgere la sede stradale.

Gli eventi hanno inoltre interessato anche la SP. N. 1 "Aurelia", coinvolta nella tratta tra Varazze ed il confine con la Provincia di Genova, da alcuni smottamenti e/o franamenti che hanno reso necessario l'intervento di un'impresa specializzata per lo sgombero della sede stradale.

Inoltre sul confine con Genova è esondato il torrente Arrestra, producendo l'allagamento del tratto stradale soprastante.

4 IL RISCHIO NELLA PIANIFICAZIONE DI BACINO

4.1 Metodologia per la determinazione del rischio idrogeologico nella pianificazione di bacini stralcio

I piani di bacino stralcio per il rischio idrogeologico hanno come compito fondamentale quello di individuare le criticità del bacino e il conseguente grado di rischio idraulico e geomorfologico. Sulla conoscenza di tale criticità e rischio si basa la definizione delle linee di pianificazione e degli interventi di mitigazione del rischio.

Le linee di pianificazione hanno il compito di individuare, in ogni bacino, il ruolo delle misure non – strutturali e strutturali di mitigazione del rischio. Le misure non strutturali sono costituite da misure “passive” di prevenzione (tramite vincoli urbanistici, eventuali prescrizioni assicurative, etc.) e da misure “attive” di prevenzione protezione civile (tramite sistemi di informazione e allarme, etc.). Le misure di tipo strutturale, che potranno eventualmente essere realizzate anche a medio e lungo termine, devono essere individuate con l’obiettivo di raggiungere una situazione di rischio controllato.

Il concetto di rischio inteso come rischio totale è basato sulla combinazione di più fattori di natura tecnica (idraulica e idrogeologica) ma anche socio – economica. L’espressione formale ormai consolidata del rischio (R), coinvolge tre componenti:

Pericolosità (P), intesa come la probabilità che si realizzino le condizioni di accadimento dell’evento calamitoso;

Valore degli elementi a rischio (E), intesi come persone e beni;

Vulnerabilità (V), intesa come la capacità degli elementi a rischio a resistere all’evento in considerazione.

Le tre componenti sono combinate attraverso la nota definizione:

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

Tali elementi possono, naturalmente, essere individuate con un diverso grado di dettaglio in relazione alle finalità e alla scala dello studio, oltreché alle informazioni ottenibili sul territorio.

Le criticità idrogeologiche sono rappresentate nelle carte delle fasce di inondabilità e della suscettività al dissesto, che rappresentano quindi carte di pericolosità. Risulta evidente quindi che nella pianificazione di bacino, al fine di salvaguardare il territorio e non aumentare il rischio esistente, le norme di salvaguardia vengono poste in corrispondenza delle aree individuate nelle carte di pericolosità.

La carta del rischio si ottiene incrociando le classi di pericolosità con l’uso del territorio, individuando quindi, anche a parità di pericolosità, aree più a rischio di altre anche in dipendenza degli elementi che vi si trovano. Tramite la gradazione del rischio R si individuano cioè le zone in cui ad elevate criticità idrogeologiche è associata una maggiore importanza antropica.

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

bacino: ARRESTRA

La carta del rischio idrogeologico, quindi, fornisce una fotografia della situazione attuale del rischio nel bacino, utili in termini assoluti per valutare la criticità del bacino stesso, anche in relazione ad altri bacini. Essa rappresenta, inoltre, uno strumento per determinare con un criterio oggettivo le misure più urgenti di prevenzione e la priorità degli interventi di mitigazione (strutturali ma anche non strutturali) sia a scala di bacino sia successivamente a scala più ampia.

4.2 Il rischio idrogeologico

Il rischio R è stato determinato mediante una procedura semplificata con l'obiettivo di individuare i fattori essenziali che lo determinano e di darne una valutazione qualitativa. Innanzitutto è stato assunta uniforme, e quindi uguale a 1, la vulnerabilità degli elementi a rischio, ritenendo cioè prioritarie le caratteristiche degli elementi a rischio rispetto alla loro capacità di sopportare le sollecitazioni esercitate dall'evento.

La definizione delle classi di elementi a rischio si basa sull'analisi della carta di uso del suolo ed è sostanzialmente in accordo con quanto previsto dall'Atto di indirizzo e coordinamento del D.L. 180/98. Tale definizione viene qui brevemente ricordata per completezza:

E₀ : aree disabitate o improduttive

E₁ : edifici isolati, zone agricole

E₂ : nuclei urbani, insediamenti industriali e commerciali minori

E₃ : centri urbani, grandi insediamenti industriali e commerciali, principali infrastrutture e servizi.

Tale classificazione è naturalmente di massima ed è stata particolarizzata, nel caso dei bacini appartenenti alle aree 1, 3 e 6, come illustrato nella tabella sottostante.

Classe Elementi a Rischio	Sigle Uso del Suolo	Specifiche
E0	2.3 – 2.5 – 3.1 – 3.2 – 3.3 – 3.4.2 – 3.4.3 – 5.1.1	Prati e pascoli – Ex coltivi – Praterie – Zone boscate – Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva – rocce nude – Aree con vegetazione rada
E1	1.3.1 – 1.3.2 – 1.4.1 – 1.4.2 – 2.1.1 – 2.1.2 – 2.2.1 – 2.2.2 – 2.2.3 – 2.4 – 3.4.1	Aree estrattive dismesse – Discariche – Aree verdi urbane – Aree sportive – Seminativi in aree non irrigue – Vigneti – Frutteti – Oliveti – Zone agricole eterogenee – Spiagge
E2	1.1.2 – 2.1.2.2	Tessuto urbano discontinuo – Seminativi in serra
E3	1.1.1 – 1.2.1 – 1.2.2 – 1.2.3 – 1.2.4 – 1.3.1 – 1.3.2	Tessuto urbano continuo – Aree industriali o commerciali – Reti autostradali, ferroviarie, infrastrutture viarie principali – Aree portuali – Aeroporti – Aree estrattive – Discariche di materiali pericolosi

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
bacino: ARRESTRA

Il bacino del torrente Arrestra presenta una significativa porzione del territorio ricadente in classe E0, in particolare nelle zone medio alte del bacino. Lungo il medio corso del torrente e in prossimità dell'abitato di Sciarborasca sono presenti piccole aree ricadenti in classe E1 ed E2. In classe E3 ricadono le aree della fascia costiera (abitato di Cogoleto) e alcune aree lungo il tratto terminale del torrente in corrispondenza di insediamenti industriali.

Il citato atto di indirizzo e coordinamento del D.L. 180/98 prevede la determinazione delle seguenti quattro classi di rischio a gravosità crescente:

□ R₁ : rischio moderato

□ R₂ : rischio medio

□ R₃ : rischio elevato

-R₄ : rischio molto elevato

Alle quattro classi appena elencate si deve aggiungere una quinta classe R₀ di rischio lieve o trascurabile.

Nel seguito verrà fornita una procedura che attraverso la definizione di una semplice matrice permette di ottenere le quattro classi di rischio partendo dalla carta degli elementi a rischio e la carta di pericolosità. I risultati indicati nelle matrici di incrocio sono comunque da considerarsi valori minimi suggeriti.

Come già osservato, il procedimento è necessariamente semplificativo, ma permette di raggiungere un risultato comunque significativo a scala di bacino e offre una stima uniforme su tutto il territorio regionale.

4.2.1 Rischio idraulico

Per quanto riguarda il rischio di inondazione nell'ambito sia della pianificazione di bacino di rilievo regionale sia delle prescrizioni progettuali, la portata di massima piena con assegnato periodo di ritorno viene generalmente assunta come parametro rappresentativo del rischio idraulico; la probabilità annua di superamento di tale portata individua la pericolosità P nel senso sopra definito.

Si ricorda che il periodo di ritorno T è l'inverso della probabilità annua di superamento di un valore di portata di riferimento e rappresenta, in media, l'intervallo temporale atteso tra due eventi di piena massima annuale con portate superiori al valore di riferimento stesso.

L'obiettivo generale a medio/lungo termine della pianificazione di bacino di rilievo regionale è attualmente quello della riduzione del rischio di inondazione a tempo di ritorno T pari a 200 anni, che rappresenta quindi il livello al quale ci si prefigge di ricondurre il rischio idraulico attraverso gli interventi strutturali (spesso designato con il termine, talvolta improprio, di "messa in sicurezza"). Così come previsto dalla raccomandazione sulle fasce di inondabilità precedentemente vista,

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

bacino: ARRESTRA

vengono 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 viene determinato dalla sovrapposizione delle tre fasce suddette con gli elementi a rischio secondo i risultati indicativi riportati nella matrice rappresentata nella tabella sottostante.

Elementi a rischio	PERICOLOSITA' (aree inondabili)		
	200<T<500 Fascia C	50<T<200 Fascia B	T<50 Fascia A
E0	R0	R1	R1
E1	R1	R2	R3
E2	R2	R3	R4
E3	R2	R4	R4

4.2.2 Rischio geomorfologico

I diversi gradi di rischio di carattere geomorfologico sono stati determinati attraverso matrici nelle quali vengono posti in relazione le classi di pericolosità con le classi degli elementi a rischio così come desunte dalla carta dell'Uso del suolo. La relativa carta del rischio geomorfologico ha perciò, come finalità principale l'evidenziazione delle situazioni di maggior criticità che possono produrre danno all'uomo e/o ai suoi beni.

Il rischio idrogeologico è stato affrontato ponendo a confronto gli elementi a rischio con le aree del bacino caratterizzate da una certa suscettività al dissesto dei versanti.

Si tratta tuttavia di un approccio differente rispetto a quello adottato per il rischio idraulico per vari aspetti. Si consideri per esempio che le classi di suscettività al dissesto di versante non possono essere determinate in termini di tempi di ritorno di un evento ma esclusivamente come probabilità che un dato evento si verifichi in un'area per la presenza di uno o più fattori innescanti. Per questo motivo, a differenza di quanto avviene per le fasce fluviali, le aree a minore pericolosità geomorfologica sono aree del bacino in cui si prevede che il dissesto abbia la minore possibilità di scatenarsi spesso a prescindere dalla dimensione del fenomeno e quasi sempre a fronte di assoluta indeterminatezza temporale. Inoltre il verificarsi di un evento franoso in un'area a media pericolosità non implica automaticamente che se ne verifichino altri nelle zone a maggior pericolosità.

Con le precisazioni e considerazioni appena esposte la carta della pericolosità individua quattro classi di suscettività al dissesto dei versanti più una classe aggiuntiva rappresentata dalle aree di frana attiva. In queste aree il dissesto è in atto e quindi si può parlare di pericolosità conclamata mentre le altre classi si riferiscono ad aree a crescente potenzialità stimata al dissesto.

Per la redazione della carta del rischio geomorfologico si è fatto riferimento alla seguente matrice.

Elementi a rischio	SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI				
	Suscettività molto bassa	Suscettività bassa	Suscettività a media	Suscettività elevata	Suscettività molto elevata
E0	R0	R0	R0	R1	R1
E1	R0	R1	R1	R2	R3
E2	R0	R1	R2	R3	R4
E3	R0	R1	R2	R4	R4

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

bacino: ARRESTRA

La carta del rischio idrogeologico corrisponde ad una carta di sintesi tra il “rischio idraulico” e il “rischio geomorfologico”.

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).

TORRENTE ARRESTRA



Ponte stradale SS Aurelia da monte verso valle.



Ponte ferroviario .

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
bacino: ARRESTRA



Viabilità in sponda sinistra in corrispondenza del ponte ferroviario



Piazzale di cava dismessa in sponda destra in corrispondenza del viadotto autostradale.



Alveo in corrispondenza dei campi sportivi con nuove arginature in sponda sinistra. Sullo sfondo l'ex cava Mulinetto.