

TORRENTE BISAGNO



PIANO DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO

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



RELAZIONE GENERALE

APPROVAZIONE	Delibera del Consiglio Provinciale di Genova n. 62 del 04/12/2001
ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO	Decreto del Segretario Generale n. 79 del 30/10/2023
ENTRATA IN VIGORE	Pubblicazione sul BURL n. 50 del 13/12/2023 – parte II

SOMMARIO

PREMESSA	2
1. QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO	6
1.1 QUADRO ISTITUZIONALE E NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	6
1.2 DATI UTILIZZATI	8
2. CARATTERISTICHE DEL BACINO	9
2.1 GEOGRAFIA	9
2.2 GEOLOGIA.....	12
2.3 GEOMORFOLOGIA.....	14
2.3.1 <i>Reticolo idrografico</i>	15
2.3.2 <i>Acclività</i>	17
2.3.3 <i>Esposizione dei versanti</i>	19
2.3.4 <i>Caratterizzazione delle coperture</i>	20
2.3.5 <i>Frane attive e franosità diffusa</i>	22
2.3.6 <i>Altri fenomeni gravitativi</i>	24
2.3.7 <i>Alluvioni e terrazzi fluviali</i>	25
2.3.8 <i>Aree in erosione</i>	26
2.3.9 <i>Cave</i>	26
2.3.10 <i>Riperti artificiali - discariche</i>	28
2.3.11 <i>Riordino del Vincolo Idrogeologico</i>	29
2.4 IDROGEOLOGIA.....	29
2.5 USO DEL SUOLO.....	34
2.6 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA	41
2.7 IDROLOGIA DI PIENA	43
3. PROBLEMATICHE E CRITICITÀ DEL BACINO	46
3.1 PREMESSA.....	46
3.2 PROBLEMATICHE DI TIPO GEOMORFOLOGICO (SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO DEI VERSANTI).....	47
3.3 PROBLEMATICHE DI TIPO IDRAULICO (VERIFICHE IDRAULICHE E AREE INONDABILI).....	53
<i>Aree storicamente inondate</i>	53
<i>Valutazioni sulla vulnerabilità storica</i>	53
<i>Verifiche idrauliche</i>	62
3.4 PRINCIPALI CRITICITÀ DEL BACINO.....	71
3.5 CONSIDERAZIONI SUL TRASPORTO SOLIDO	106
4. RISCHIO IDROGEOLOGICO	109
4.1 PREMESSA.....	109
4.2 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	110
4.3 CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	112
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	113

PREMESSA

I Piani di bacino, secondo quanto previsto dalla legge regionale n. 9/93, nascono per integrare tutte le conoscenze sul bacino, anche al fine di affrontare in modo multidisciplinare le problematiche idrauliche, geologiche, ambientali, urbanistiche e legate all'uso del territorio. La struttura completa del Piano di bacino, così come previsto dalle leggi vigenti, tuttavia rende necessari studi molto complessi ed onerosi, non ottenibili in tempi brevi, rischiando così di ritardare l'efficacia dello strumento stesso anche per temi particolarmente urgenti.

La decisione, presa dall'Amministrazione Provinciale è stata quindi quella di predisporre i Piani di bacino secondo stralci relativi a settori funzionali che devono in ogni caso costituire fasi sequenziali ed interrelate con i contenuti generali dei piani, come previsto dalla legge n. 493/93, onde dotare tempestivamente i soggetti competenti di efficaci strumenti di governo del territorio per fronteggiare adeguatamente le emergenze cui la Provincia di Genova è frequentemente assoggettata.

Tali stralci, anche secondo quanto suggerito nei «Contenuti generali e finalità» dei Criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino ed in considerazione degli ulteriori criteri più recenti, redatti dall'Autorità di Bacino di rilievo regionale, riguardano in particolare i seguenti temi:

-  *rischio idrogeologico,*
-  *situazione geologico - geomorfologica,*
-  *revisione dei vincoli*
-  *definizione delle fasce di inondabilità*

Per la predisposizione del Piano di bacino stralcio del torrente Bisagno, nella sua prima redazione da parte del Comitato Tecnico Provinciale approvata con D.C.P. n. 62/2001 e s.m.i., si sono resi necessari studi propedeutici generali relativi alle caratteristiche del territorio, alle problematiche e criticità del bacino, che sono stati affidati in successione temporale a due gruppi interdisciplinari di professionisti (in ogni gruppo è stata richiesta la presenza di almeno un geologo, un ingegnere idraulico, un architetto, un forestale, un agronomo, un naturalista) al fine di definire, attraverso specifiche cartografie e relazioni, il quadro conoscitivo completo ed organico su cui basare le scelte generali in rapporto a tutte le azioni pianificatorie gestionali.

Successivamente il Comitato Tecnico Provinciale, previa la validazione dei dati effettuata a campione e l'integrazione del materiale elaborato da parte di alcuni giovani neolaureati e diplomati assunti a tempo determinato mediante lo strumento del Cantiere Scuola-Lavoro, ha elaborato le linee della pianificazione, comprensive di una sintesi degli aspetti economici e finanziari, ha analizzato i canali di finanziamento possibili e stimato la loro prevedibile alimentazione, ha definito le modalità di attuazione del piano con norme, vincoli e direttive finalizzate a regolamentare le azioni ed i comportamenti dei soggetti operanti nel bacino, ha formulato i programmi di attuazione del Piano stralcio.

La scelta dell'Amministrazione Provinciale di attuare il percorso di formazione del Piano di bacino del torrente Bisagno attraverso stralci trova evidenti motivazioni nelle diverse, complesse ed articolate criticità che in bacini come questo, in considerazione delle forti interconnessioni con l'area urbanizzata e con significative infrastrutture di rilevanza sia per il corso d'acqua sia per la viabilità, presentano un insieme di problemi strettamente intersecati per alcune significative connotazioni territoriali:

- *la dimensione già significativa (95 kmq), nel contesto provinciale, del bacino idrografico che gravita su un contesto urbanizzato molto fitto;*

- *un forte disordine per quel che attiene alcune infrastrutture, ubicate sopra od a distanza dal corso d'acqua non sufficiente a garantire un'adeguata sezione di deflusso: la copertura terminale, dal ponte ferroviario di Brignole alla foce non riesce a smaltire portate di massima piena con periodo di ritorno 20-ennale ÷ 50-ennale;*
- *una condizione "montana" a relativamente breve distanza dalla foce che finisce per incidere negativamente, dati i tempi di corrivazione dell'ordine delle 3-4 ore, sul fenomeno di smaltimento complessivo delle elevate portate che si originano spesso, ormai con ricorrente frequenza, in rapporto a precipitazioni intense;*
- *un complesso di versanti che, anche nei tratti non urbanizzati, hanno subito intense modificazioni antropiche (attività estrattive, forme di coltivo basate sulla tecnica dei terrazzamenti, riporti, etc.) che comunque costituiscono un fattore di reazione e di risposta spesso artificiale od artificializzato alle sollecitazioni di tipo meteorologico;*
- *una situazione di dissesto idrogeologico dei versanti abbastanza accentuata sia per fenomeni franosi di notevoli dimensioni sia per un certo numero di paleofrane e di movimenti gravitativi profondi di versante (D.G.P.V);*
- *l'esistenza di alcune specifiche criticità idrauliche, distribuite nel tratto vallivo con una particolare rilevanza per gli aspetti connessi alla ormai evidente insufficienza sotto il profilo dello smaltimento delle portate di piena della copertura relativa al tratto focivo, sono nel complesso elementi significativi della risposta del bacino in alcune situazioni puntuali, alle condizioni determinate da fenomeni meteorici particolarmente intensi;*
- *la presenza di consistenti attività di cava che ha un peso significativo nel contesto del tessuto urbano collocato attorno a tali aree estrattive derivanti dalle interferenze complessive di queste con l'ambiente circostante.*

L'elaborazione del presente piano di bacino stralcio adempie a quanto indicato nel D.P.R. del 18/7/1995 "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino" ed è intesa ad adeguarsi a quanto stabilito dall'art. 8 della legge regionale n. 9/93 che, in conformità alla legge n. 183/89, agli artt. 2 e 15 detta le attività programmatiche e di pianificazione relative ai piani di bacino idrografico.

Si evidenzia che la redazione degli studi propedeutici relativi al bacino del torrente Bisagno è stata completata in epoca antecedente all'emanazione delle Raccomandazioni e dei criteri dell'Autorità di bacino regionale.

A seguito del parere vincolante espresso dalla Giunta Regionale con DGR 356/2012 e trasmesso dall'Autorità di bacino regionale con nota n. PG/2012/64425 del 30/04/2012, si è provveduto ad una revisione complessiva del Piano sia a livello normativo che cartografico, al fine di omogeneizzare la metodologia di redazione della Pianificazione di bacino su tutto il territorio provinciale, andando nell'ottica di un "Piano di bacino per la tutela dal rischio idrogeologico", riallineando quindi i contenuti del Piano di bacino, approvato con DCP 62/2001, ai criteri approvati a partire dal 2001 da parte dell'Autorità di bacino regionale.

Il Piano di Bacino stralcio del torrente Bisagno approvato con D.C.P. n. 62/2001 è stato redatto dall'Amministrazione Provinciale che si è avvalsa del parere del *Comitato Tecnico Provinciale* composto da: Ing. Paolo TIZZONI – *Presidente* - Dr. Marino TRIMBOLI - *esperto in materie geologiche* - Prof. Giulio SCARSI e Prof. Paolo BARTOLINI- *esperti in materia di ingegneria idraulica* - Dr. Ilda VAGGE - *esperta in discipline naturalistiche* - Dr. Mauro LOMBARDI - *Provincia di Genova* - Arch. Pierpaolo TOMIOLO - *Provincia di Genova* - Dr. Claudio CELLA – *C.M. Valli Aveto-Graveglia-Sturla* - Arch. Adriano BIAMONTI - *C.M. Argentea* - Geom. Mauro VIGO - *C.M. Alta Val Polcevera* - Geom. Sergio PIERGALLINI - *C.M. Alta Valtrebbia* - Geom.

Angelo ALISMO - C.M. Valle Stura - Geom. Giovanni GARAVENTA - C.M. Fontanabuona - Dr. Pierluigi TIMOSSO - C.M. Alta Valle Scrivia - P.A. Aldo MASSA - C.M. Val Petronio - Sig.ra Tiziana BRIZZI – *segreteria* - Ing. Stefano MASSONE - *Dirigente della Regione Liguria, senza diritto di voto.*

Gli studi propedeutici al Piano per la porzione di bacino che comprende gli affluenti di destra del T. Bisagno dal Rio Veilino al Rio Ruina sono stati eseguiti dal Gruppo interdisciplinare composto da: Dott. Arch. Maurizio MAGGIALI - Dott. Arch. Natale RAINERI - Dott. Geol. Paolo CHIOZZI - Dott. Geol. Roberta IVALDI - Dott. Ing. Marco PASTORELLI - Dott. Agr. Luigi VIACAVALA - Dott. For. Luca IACOPI - Dott. Stefania BARBERIS, *naturalista.*

Gli studi propedeutici al Piano per la porzione di bacino che comprende l'asta principale del T. Bisagno e i suoi bacini tributari di sponda sinistra dalla Foce a Prato, le porzioni medio valliva e montana del bacino del T. Bisagno in sponda destra e sinistra, il bacino del T. Lentro sono stati eseguiti dal Gruppo interdisciplinare composto da: Prof. Ing. Renzo ROSSO - Dott. Ing. Pietro MISURALE - Dott. Geol. Francesco CIPOLLA - Dott. Geol. Claudio SEBASTIANI - Dott. Arch. Maurizio MAGGIALI - Dott. Arch. Natale RAINERI - Dott. Agr. Giovanni MARZI - Dott. Agr. Stefania NOTARNICOLA - Dott. Stefania BARBERIS, *naturalista.*

Per la redazione delle carte e delle sintesi relative alle problematiche legate agli incendi e alla definizione delle unità suolo-paesaggio, il Comitato Tecnico Provinciale si è avvalso della collaborazione del *Naturalista Andrea BALDI* e del *Forestale Stefano MORASSUTTI.*

Il Comitato è stato supportato dall'Ufficio Programmazione e Gestione Piani di Bacino dell'Area 06 dell'Amministrazione Provinciale, composto dal Dott. Aurelio GIUFFRÈ', dal Dott. Stefano ODDONE, dalla Dott.ssa Maria FERRANDO, dall'Arch. Clara STERLICK, coadiuvati a tempo parziale dal Geom. Fabrizio BRICHETTO .

Ha collaborato alla redazione del Piano il Dott. Alessandro TOMASELLI, consulente geologo dell'Amministrazione Provinciale.

Per l'opera di validazione a campione degli studi propedeutici sono stati utilizzati i seguenti laureati e diplomati assunti a tempo determinato mediante lo strumento dei Cantieri Scuola-Lavoro: Naturalista Andrea BALDI, Geometra Alberto BASSO, Geologo Daniele BOTTERO, Geologo Corrado CANEPA, Geologo Lorenza CASALE, Ingegnere Domenico CHIAINO, Geometra Silvia CIBELLI, Architetto Anna COLOMBO, Geometra Simona CURCI, Geologo Paolo DI GIOVANNI, Ingegnere Sara DELUCCHI, Geometra Soana MARGIOCCO, Geometra Simona MARRAPODI, Forestale Stefano MORASSUTTI, Geologo Barbara MUSANTE, Geometra Raffaele PALAGONIA, Geometra Enrico RIDELLA, Geologo Alessandro SACCHINI.

Il Piano di Bacino stralcio è stato adeguato, integrato, aggiornato, completato ed omogeneizzato dall'Amministrazione Provinciale di Genova che si è avvalsa di:

A) Personale interno Ufficio Pianificazione di Bacino e Protezione Civile:

- Dott. Mauro LOMBARDI - Dott. Biol. Maria TRAVERSO
- Dott. Geol. Aurelio GIUFFRÈ' - Dott. Geol. Maria FERRANDO
- Dott. Paolo SPOTORNO- Dott. Ing. Paolo PERSICO

B) Collaboratori assunti a tempo determinato

- Dott. Geol. Francesca BATTINI, Dott. Geol. Simona FUIANO, Dott. Biol. Chiara BELOTTI,
- Dott. For. Alessio PERCIVALE, Dott. Arch. Barbara GARRONE, Dott. Arch. Mariangela

PERSANO, Geom. Elisa MARANGONI.

In vigore dall'8 aprile 2014, la Legge n. 56 del 7 aprile 2014 "Disposizioni sulle città metropolitane, sulle province, sulle unioni e fusioni di comuni"(c.d. legge Delrio) ridisegna confini e competenze dell'amministrazione locale.

Tale legge prevede che a partire dal 1° gennaio 2015 la Città Metropolitana di Genova subentra alla Provincia di Genova e ne esercita le funzioni. Il territorio della Città metropolitana coincide con quello della provincia omonima.

Gli organi della Città metropolitana sono il sindaco metropolitano, il consiglio metropolitano e la conferenza metropolitana. Il sindaco metropolitano è di diritto il sindaco del comune capoluogo.

La presente edizione del Piano, predisposta ai sensi del D.L. 180/98 e s.m.i. su richiesta dell'Autorità di Bacino regionale, è stata aggiornata dall'Ufficio pianificazione territoriale della Città Metropolitana di Genova -Direzione 3- con la supervisione del Direttore di Direzione.

Il 1° luglio 2015 entra in vigore la L.R. n.15 del 10 aprile 2015 che ridisegna il quadro delle competenze e delle funzioni in materia di difesa del suolo relativamente a Regione, Città Metropolitana e Province.

Pertanto, il presente Piano, approvato con DCP n. 40 dell'11/12/2014 e modificato con DCM n.11 dell'11/03/2015 dalla Città Metropolitana di Genova, ai sensi della suddetta L.R.15/2015 è aggiornato dal Dipartimento Ambiente – Settore Assetto del Territorio della Regione Liguria.

1. QUADRO GENERALE DI RIFERIMENTO

1.1 Quadro istituzionale e normativo 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 e più in generale da tutte le normative che definiscono l'ordinamento istituzionale, le attribuzioni di competenza e le relative responsabilità delle istituzioni rappresentate nelle Autorità di Bacino.

In particolare, la legge 183/1989 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" definisce finalità, strumenti e modalità dell'azione della pubblica amministrazione in materia di difesa del suolo, introducendo importanti innovazioni nella normativa vigente e soprattutto nella filosofia con cui affrontare in maniera più integrata ed organica il complessivo delle azioni intese a pianificare "il bacino".

Inoltre, ai sensi anche della L.R. 36/97, il Piano di bacino, così come i suoi stralci funzionali, vincola, nelle indicazioni di carattere prescrittivo, la pianificazione territoriale di livello regionale, provinciale e comunale con effetto di integrazione della stessa e, in caso di contrasto, di prevalenza su di essa.

Per gli aspetti connessi alla pianificazione di bacino di rilievo regionale, il primo riferimento, in ordine temporale, è costituito dalla legge regionale 28 gennaio 1993, n. 9, di cui alcuni articoli sono stati abrogati dalla legge regionale 21 giugno 1999, n. 18.

L'assetto dell'Autorità di bacino di rilievo regionale istituito con la L.R. 9/93 è stato modificato dapprima con la L.R. 18/99 e poi, più recentemente, dalla legge regionale 4 dicembre 2009 n. 58 che ha di fatto soppresso i Comitati tecnici preesistenti istituendo un unico Comitato tecnico di bacino e nuovi percorsi e tempistiche per l'approvazione dei piani e delle loro varianti.

Tali criteri sono peraltro stati integrati nel tempo e formano oggi un mosaico complesso di determinazioni volte ad omogeneizzare e migliorare l'attività pianificatoria in campo regionale.

Di questo corso di leggi occorre, in questa fase della pianificazione di bacino, sottolineare la legge 4 dicembre 1993, n. 493 ed in particolare l'art. 12 che integra l'art.17 della L.n.183/1989 con il comma 6 ter che recita:

«I Piani di Bacino idrografico possono essere redatti ed approvati anche per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali che in ogni caso devono costituire fasi sequenziali ed interrelate rispetto ai contenuti di cui al comma 3» (richiama l'art. 17 della legge 18 maggio 1989, n. 183).

Risulta necessario infine richiamare il Dlgs. n. 152/2006 che ha rivisto le norme in materia ambientale.

Di seguito, viene riportata la tabella in cui sono indicate le principali leggi relative alla pianificazione di bacino o comunque ad essa collegate.

Riferimenti normativi attinenti la pianificazione di bacino

R.D. 523/1904	Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie
D. lgs. lgt. 1019/1918	Modificazioni e aggiunte al D.L.Lgt. 4/10/1917 n. 1679, recante provvedimenti per opere pubbliche a favore di varie province del regno
R.D.L. 3267/1923	Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani
Legge 319/1976	Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento
D.P.R. 236/1988	Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'rt. 15 della legge 16/4/1987, n. 183
Legge 183/1989	Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo
D.P.C.M. 23/3/1990	Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18/5/1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo
Legge 142/1990	Riforma delle autonomie locali
Legge 253/1990	Disposizioni integrative alla legge 183/1989, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo
L.R. 9/1993	Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della L. 18/5/1989 n. 183
Legge 236/1993	Interventi urgenti a sostegno dell'occupazione
Decreto legislativo 275/1993	Riordino in materia di concessioni di acque pubbliche
Legge 493/1993	Disposizioni per l'accelerazione degli investimenti ed il sostegno dell'occupazione e per la semplificazione dei procedimenti in materia edilizia
Legge 36/1994	Disposizioni in materia di risorse idriche
Legge 37/1994	Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche
L.R. 45/1994	Norme in materia di sicurezza urbana da rischi idrogeologici
Legge 97/1994	Nuove disposizioni per le zone montane
Legge 22/1995	Interventi urgenti a favore delle zone colpite dalle eccezionali avversità atmosferiche e dagli eventi alluvionali nella prima decade del mese di novembre 1994
Legge 265/1995	Modifiche e conversione del D.L. 154 Aumento di alcune provvidenze del D.L. 691 ed ulteriori correzioni al D.L. 646
D.P.R. 18/7/1995	Criteri per la redazione dei Piani di bacino, atto di indirizzo e coordinamento
L.R. 46/1996	Norme finanziarie in materia di difesa del suolo ed ulteriori modifiche alla L.R. 28/1/1993 n. 9 (Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della L. 18/5/1989 n. 183). Modifiche alla L.R. 16/4/1984 n. 22 (Legge forestale regionale)
L.R. 36/1997	Legge urbanistica regionale
Legge 267/1998	Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania
Decreto legislativo 112/1998	art. 57 – Pianificazione territoriale di Coordinamento e pianificazione di settore, art. 87 – Approvazione Piani di bacino
L.R. 4/1999	Norme di foreste e di assetto idrogeologico
L.R. 18/1999	Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli Enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia
Legge 365/2000	Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000
Decreto legislativo 267/2000	Testo unico delle leggi sull'ordinamento degli enti locali.
D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380	Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
Decreto legislativo 152/2006	Norme in materia ambientale.
L.R. 14/2006	Regime transitorio per l'esercizio delle funzioni delle Autorità di bacino di rilievo regionale ed interregionale.
L.R. 20/2006	Nuovo ordinamento dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure e riorganizzazione delle attività e degli organismi di pianificazione, programmazione, gestione e controllo in campo ambientale.
D.M. 14-01-2008	Norme tecniche per le costruzioni.
L.R. 11/2015	Modifiche alla legge regionale 4 settembre 1997, n. 36 (Legge urbanistica regionale)
L.R. 15/2015	Modifiche all'assetto dell'Autorità di bacino di rilievo regionale

Un 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. 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.

Le attività previste dal DL 180/98 relative all'individuazione e alla perimetrazione delle aree a rischio di inondazione e a rischio di frana dovranno essere articolate nelle seguenti tre 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).

Trattandosi di uno stralcio funzionale non esaurisce chiaramente tutte le tematiche previste dal piano di bacino completo, ma rappresenta una parte del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del quale risulterà quindi parte integrante, inteso come Piano di bacino completo.

Esso viene quindi approvato con le procedure ordinarie previste dalla L. R. 15/2015 e s.m.i.. Nell'ambito del presente Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico, sono stati seguiti le raccomandazioni, i criteri e gli indirizzi emanati dall'Autorità di bacino regionale a partire dal 2001.

1.2 Dati utilizzati

Per la redazione del Piano sono stati utilizzati innanzi tutto i documenti testuali e cartografici relativi al Piano approvato con DCP 62/2001, successivamente le foto aeree in dotazione all'Amministrazione Provinciale ed alla Regione Liguria, le cartografie geologiche e geomorfologiche redatte dal Comune di Genova per la predisposizione del nuovo Piano Urbanistico Comunale adottato con DCC n. 92/2011, i dati interferometrici satellitari, la Cartografia del progetto CARG, l'Atlante dei Centri Abitati Instabili della Liguria, studi e progetti di Amministrazioni Pubbliche, Aziende e di privati insistenti sul territorio in esame. La base cartografica utilizzata è la carta tecnica regionale in scala 1:5.000 e scala 1:10.000 (in formato raster e vettoriale), che riporta il bacino nei fogli n° 213120, 213160, 214090, 214100, 214130 e 214140.

2. CARATTERISTICHE DEL BACINO

Lo studio è stato finalizzato all'individuazione dei lineamenti geolitologici, geomorfologici, idrogeologici ed idraulici del bacino del Torrente Bisagno.

L'individuazione dei diversi fattori geologici, geomorfologici e dei parametri morfometrici è stata attuata riferendosi agli usuali standard di indagine geologica e geomorfologica.

In particolare, in una prima fase di analisi, si è svolta una ricerca documentale utilizzata quale base informativa. A ciò ha fatto seguito un'indagine diretta sul territorio effettuata sia mediante rilievi di campagna, sia utilizzando tecniche di telerilevamento su fotografie aeree.

In questa fase sono stati individuati e descritti tutti quei fattori ritenuti rilevanti ai fini della valutazione delle condizioni di stabilità dei pendii ed acquisibili, ovvero cartografabili per aree vaste.

In particolare, i parametri rilevati in modo puntuale (per campione), ovvero tutti quegli elementi che presentano variazioni a scala locale, sono stati rappresentati su area vasta mediando il comportamento e cioè individuandone l'andamento prevalente.

Infine, in una terza fase operativa di lavoro, sono state effettuate le elaborazioni dei dati acquisiti finalizzate alla produzione delle sintesi finali.

La documentazione prodotta costituisce elemento base di conoscenza finalizzato alla programmazione di piccola e media scala (scala di bacino). Ogni applicazione dei risultati ottenuti ad areali più ristretti, ovvero a scala puntuale, attuata senza opportuni controlli e verifiche, potrà ingenerare valutazioni erronee non coerenti con la scala di riferimento.

2.1 Geografia

DATI GENERALI SUL BACINO

- ✓ *Superficie:* 95 kmq
- ✓ *Aree interessate:* Comuni di Genova, Bargagli, Davagna, Sant'Olcese, Lumarzo, Sori e Bogliasco;
- ✓ *Quota massima del bacino:* 1034 m s.l.m. - Monte Candelozzo
- ✓ *Lunghezza asta principale:* 25 km
- ✓ *Pendenza media dei versanti:* 31%
- ✓ *Tessuto urbano:* 13%
- ✓ *Opere idrauliche censite:* oltre 290
- ✓ *Densità dei dissesti:* censiti oltre 300 eventi franosi
- ✓ *Attività estrattive:* una cava attiva
- ✓ *Portata di piena T200:* 1300 mc/s

Tra i corsi d'acqua appenninici del versante ligure tirrenico, il torrente Bisagno, presenta un bacino di dimensioni medio-piccole, con superficie complessiva di circa 95 kmq. Il bacino imbrifero è delimitato a Nord dallo spartiacque Bisagno-Scivia (dal monte Alpe al passo della Scoffera); ad Ovest dallo spartiacque Bisagno-Polcevera (dal monte Righi al monte Alpe seguendo l'antico percorso del crinale dei Forti); ad Est dallo spartiacque Bisagno-Lavagna (dal

passo della Scoffera al monte Becco) ed a Sud dallo spartiacque Bisagno-torrenti Sturla, Nervi, Poggio e Sori (dal monte Becco all'area urbana della spianata di S. Martino, passando per il colle di Bavari ed i Camaldoli).

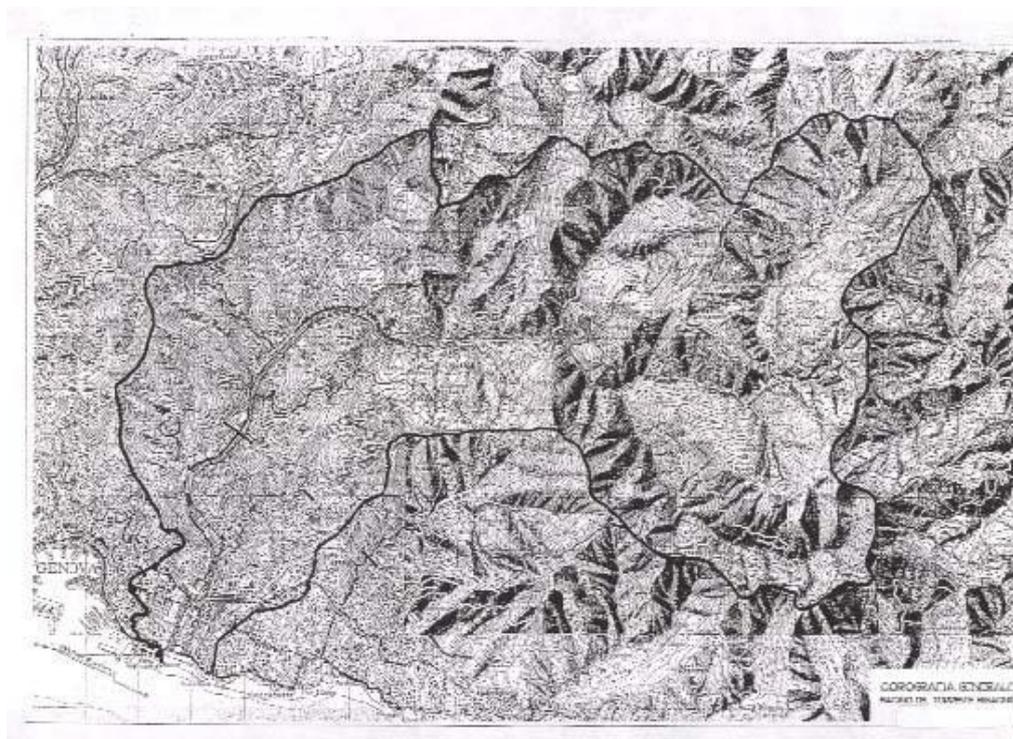
Fanno parte del bacino, interamente o in quota parte, i territori dei Comuni di *Genova, Davagna e Bargagli*, mentre interessano porzioni assai limitate di bacino i territori dei Comuni di *Sant'Olcese, Lumarzo, Sori e Bogliasco*.

Il bacino del T. Bisagno ha una forma complessa ed articolata, sviluppata in due direzioni principali N-S ed E-W per influenze neotettoniche, si presenta con profili trasversali quasi sempre asimmetrici e con bacini secondari molto sviluppati in sponda orografica destra rispetto a sinistra. Il reticolo idrografico non corrisponde ad un preciso tipo morfologico, se non alla scala di alcuni sottobacini.

L'alto corso del torrente Bisagno ha inizio al colle della Scoffera (675 m sul l.m.m.) e termina in località La Presa ove riceve in sponda sinistra il T. Lentro; poco a valle riceve alla sua destra idrografica il T. Canate.

Il tratto medio, che inizia approssimativamente in corrispondenza dell'abitato di Prato, è caratterizzato da un particolare assetto: lungo la sponda sinistra del torrente i versanti costituiscono una sorta di striscia di larghezza costante, corrispondenti al prato di S. Eusebio, drenati da brevi incisioni perpendicolari all'asta principale, mentre per quanto riguarda il versante destro confluisce in località Doria il rio Torbido e, dopo le pendici di S. Siro, il torrente Geirato a Molassana. A valle della confluenza del T. Geirato, si presentano in sponda sinistra alcune aree drenate da brevi incisioni e quindi il rio Montesignano, mentre in destra confluiscono a S. Gottardo il rio Trensasco e, dopo poche centinaia di metri, il rio Cicala. In prossimità del cimitero di Staglieno confluisce in destra il rio Veilino, che raccoglie le acque dei rii Rovena, Briscata e S. Antonino e, quindi, a Marassi il rio Fereggiano. nel basso corso hanno anche recapito le fognature bianche dell'area urbanizzata.

Il tratto terminale ha la sua foce all'estremità orientale del bacino portuale, alla sinistra del quartiere fieristico il cui sporgente accompagna la corrente.



AFFLUENTI PRINCIPALI

SPONDA DESTRA	SPONDA SINISTRA
Veilino	Lentro
Cicala	Fereggiano
Trenasco	Eo
Geirato	
Torbido	
Canate	

Il territorio in esame nonostante l'alta percentuale di tessuto urbano (13%), presenta tuttavia alcune situazioni di pregio in contesti ancora a bassissima antropizzazione.

In particolare lungo il corso del Lentro e presso i corsi d'acqua di alcune vallette secondarie esistono interessanti presenze vegetazionali e faunistiche (crostacei, anfibi, rettili, uccelli) indice di situazioni non compromesse.

Sotto l'aspetto storico-architettonico vi sono indubbi motivi di interesse: il complesso delle fortificazioni ottocentesche, il tracciato dell'acquedotto seicentesco e i manufatti ad esso legati (ponti, mulini, ecc.), la rete degli antichi sentieri di crinale che collegavano la Val Bisagno con l'entroterra e la costa, rappresentano elementi attraverso i quali, unitamente alle emergenze naturalistiche e paesaggistiche, il territorio può sviluppare le proprie potenzialità turistico-escursionistiche.

Vi sono peraltro situazioni particolarmente compromesse nella parte urbanizzata più vicina alla città, stati di degrado connessi al forte impatto delle attività estrattive e delle infrastrutture presenti in tutto il tratto terminale.

Le frane di grandi dimensioni presenti nel bacino hanno una tendenza alla rimobilizzazione degli accumuli attraverso movimenti caratterizzati da cinematismi lenti e molto lenti, anche se le zone interessate da deformazioni gravitative profonde di versante (D.G.P.V.) possono in linea teorica evolvere verso fasi parossistiche a cinematismo veloce e pertanto occorrerà un'azione di monitoraggio rispetto alle situazioni più critiche, oltre evidentemente alla previsione di interventi finalizzati alla riduzione di tale ipotesi.

Le cause innescanti i più comuni fenomeni di riattivazione di movimenti preesistenti sono rappresentate dall'attività antropica, dall'erosione e dalle precipitazioni.

Inoltre l'erosione incanalata costituisce un'importante causa innescante di rimobilizzazione in tutto il territorio esaminato; un elevato numero di frane censite presenta, infatti, interferenze con il reticolo idrografico principale e secondario costituendo, peraltro, un'importante fonte di alimentazione del trasporto solido.

Per contro, le verifiche idrauliche e gli studi idrologici effettuati individuano lungo l'asta principale del torrente Bisagno, nel tratto terminale coperto (dallo sbocco a mare al ponte ferroviario di Brignole) ed in quello scoperto compreso fra il ponte ferroviario e la confluenza con il rio Fereggiano le principali criticità idrauliche del bacino con particolare riferimento al rischio di inondazione. Il tronco più critico è quello terminale a causa della grave insufficienza del tratto canalizzato e coperto per il quale la portata di piena con periodo di ritorno 200-ennale è stimata in 1300 m³/s, valore che supera ampiamente la sua attuale capacità di smaltimento, calcolata in 500 m³/s in fase di progetto; valore superabile con periodo di ritorno

20-ennale-50-ennale e superato più volte, sia nel corso di questo secolo, sia in precedenza. L'elevato rischio di esondazione per superamento della capacità di smaltimento del tronco canalizzato e coperto comporta pericolosi effetti di rigurgito a monte. Tali effetti si ripercuotono fino alla confluenza del rio Fereggiano e sono amplificati dalla presenza di ulteriori manufatti di attraversamento e/o strutture interferenti con l'alveo.

Conseguenza dell'attuale configurazione geometrica, assai lontana da quella naturale, è un'elevata suscettibilità al rischio di inondazione che, a causa dell'elevata densità del tessuto urbano circostante, delinea una situazione di vera e propria emergenza idraulica.

Va rilevato, in proposito, come la possibilità che una consistente zona urbana, sede di importanti insediamenti residenziali, commerciali e di servizio, sia soggetta a inondazioni con frequenza poco più che ventennale rappresenta, sia a livello italiano che europeo, un caso limite di vulnerabilità alluvionale.

2.2 Geologia

Relativamente agli aspetti strettamente geologici del bacino del t. Bisagno, si è fatto riferimento alla cartografia ed alle note illustrative del "Foglio Genova" nell'ambito del progetto nazionale "CARG" (il "Progetto CARG" =CARTografia Geologica, avviato nel 1988, prevede la realizzazione di fogli geologici e geotematici, alla scala 1:50.000, per la copertura dell'intero territorio nazionale) e alla carta geologica regionale con elementi di geomorfologia (cgr) a scala 1:25000 – tavoletta n. 214.3 Bargagli.

L'area del bacino del torrente Bisagno è caratterizzata dalla presenza di unità litostratigrafiche di origine sedimentaria prevalentemente di età Cretaceo-Paleocenica e da sedimenti Plio-Quaternari.

I terreni di età Cretaceo-Paleocenica sono costituiti da sedimenti di natura flyschoidi caratterizzati prevalentemente da alternanze di Calcari, Calcari Marnosi, Arenarie ed Argilliti. La **Formazione del Monte Antola** costituisce la litologia maggiormente affiorante nel bacino. Alla



Affioramento di calcari della
Formazione di Monte Antola

base dei Calcari di Monte Antola si rileva la presenza di sedimenti di natura argillosa appartenenti alle **Argilliti di Montoggio** che risultano affioranti lungo il fondovalle del rio Mermi, lungo il torrente Geirato, nella zona compresa tra Molassana e Prato ed infine in corrispondenza degli abitati di Morego e Davagna.



argilliti policrome da rosso vinaccia a
grioglio-verde (livelli varicolori)
riscontrabili al tetto delle Argilliti di
Montoggio

Nella parte alta del bacino (zona di Borgonovo e Sant'Alberto) inoltre, si rileva la presenza di limitati affioramenti delle **Argilliti di Montanesi**.

Sono presenti infine, in sponda sinistra, nella zona di Davagna, litologie appartenenti alla **Formazione di Ronco**.

I sedimenti pliocenici, appartenenti alle **Argille d'Ortovero**, sono localizzati in prossimità dell'attuale linea di costa lungo una depressione d'origine tettonica orientata secondo una direzione circa E-W.

Nel redigere la carta geolitologica, sono state accorpate le litologie simili presenti (ad es. tutti le argilliti insieme) secondo il seguente schema:

Carta geolitologica "Piano di bacino"	CARG
Argilliti	Argilliti di Montoggio
Argille	Argille di Ortovero
Calcari marnosi (e flysch)	Formazione di Monte Antola
Argilloscisti	Formazione di Ronco - Argilliti di Montanesi

Per la descrizione specifica di ogni litologia si rimanda alle "note illustrative" allegate rispettivamente al foglio CARG Genova e alla tavoletta cgr Bargagli.

Nella carta geolitologica sono stati riportati dalla sopraddette carte CARG e cgr solo gli affioramenti che presentano un'estensione minima pari a mezzo ettaro.

Il complesso geologico descritto appartiene all'orogenesi appenninica e presenta motivi tettonici associati ad uno stile plicativo, caratterizzato da diverse fasi deformative che hanno prodotto un'estrema variabilità di giaciture, intensa fratturazione dei materiali a prevalente comportamento fragile e scistosità nei materiali a prevalente comportamento duttile.

La zona, inoltre, è caratterizzata da un'attività tettonica recente (Plio-Quaternaria) che ha fortemente influenzato l'evoluzione morfologica dell'area. In generale la ripresa del sollevamento della catena, accompagnata da un suo inarcamento e da una tettonica fragile espressa da lineamenti fra loro subortogonali (NNE-SSW e WNW-ESE), ha determinato un modello strutturale configurato a blocchi soggetti a fenomeni di dislocazione indipendente.

Si può constatare che alle principali linee tettoniche corrispondono le anomalie del reticolo idrografico nonché l'affioramento dei termini stratigraficamente inferiori della serie dei terreni presenti.

Nella zona a mare antistante il bacino idrografico è nota la presenza di un canyon sottomarino attivo (Fossa del Bisagno), nel quale proseguono le linee tettoniche corrispondenti alle aste terminali dei corsi d'acqua Bisagno e Sturla.

Nel bacino del Bisagno i **sedimenti alluvionali** sono presenti con estensioni importanti lungo l'asta principale a partire dalla zona di Prato e in prossimità della foce, raggiungono spessori superiori ai 40 metri; presentano una diffusione areale piuttosto estesa, ricoprendo l'area dei fondovalle del rio Torbido, del torrente Geirato, del rio Trensasco, del rio Cicala e del rio Veilino.

Un caso particolare è rappresentato dal T. Geirato il cui fondovalle risulta coperto da una coltre alluvionale di potenza anomala: questo fatto può essere causato dalla presenza, nel bacino a monte, di una paleofrana di grandi dimensioni (Prato Casarile). Gli apporti detritici derivati dall'erosione del corpo di frana vanno ad aggiungersi alla normale portata solida del Bisagno, causandone l'anomalo "colmamento".

Il materasso alluvionale, in questo tratto, ha una potenza variabile, comunque sempre notevole, crescente da Prato a Staglieno (dove raggiunge lo spessore massimo di circa 50 m). La granulometria è piuttosto grossolana, ghiaioso-ciottolosa, ma è presente anche la frazione fine; quest'ultima, derivata dall'erosione e smantellamento delle formazioni argillose (prima tra tutte le Argilliti di Montoggio), forma delle lenti, di dimensioni anche piuttosto ampie, all'interno della coltre alluvionale. Si viene così a formare una stratigrafia alquanto complessa, che favorisce l'instaurarsi di numerose importanti falde acquifere, talvolta anche artesiane.

2.3 Geomorfologia

L'assetto oroidrografico del bacino del T. Bisagno è fortemente condizionato da fattori geodinamici endogeni la cui influenza appare evidente soprattutto in relazione ad una serie di indicatori geomorfologici che testimoniano la rilevante correlazione tra attività tettonica quaternaria ed evoluzione morfologica del bacino stesso. La presenza, infatti, di superfici fossili, terrazzi morfologici, movimenti di massa e meandri, testimonia come l'assetto attuale sia stato raggiunto attraverso fasi successive d'erosione rapida avvenute in epoche relativamente recenti.

E' questo il caso delle frane e dei collassi di versante, delle esondazioni e dei processi erosivi lungo i corsi d'acqua, fenomeni che prendono solitamente l'avvio dal convergere di più fattori. Molti sono determinati da cause naturali, altri vedono il contributo dell'azione dell'uomo. I fattori scatenanti possono essere infatti legati a particolari aspetti geologici della zona, ad eventi idrometeorologici di eccezionale intensità.

In altri casi si osserva la marcata impronta dell'attività umana, con l'alterazione di equilibri a volte precari, l'eliminazione della vegetazione e di drenaggi naturali, l'edificazione in aree morfologicamente non idonee o la non corretta gestione del patrimonio forestale.

Per quel che riguarda l'erosione e il dilavamento dei versanti, si può ricordare che sono dovuti a più fattori, quali la natura del materiale, i fattori morfologici, i fattori climatici, il tipo di copertura vegetale e i fattori antropici. Nel territorio studiato sono intensi i processi erosivi dovuti alle acque dilavanti ed ai corsi d'acqua.

Il profilo longitudinale dei torrenti in questo territorio non sembra aver raggiunto l'equilibrio ma pare essere ancora in una fase di evoluzione; si assiste infatti ad un'intensa erosione al piede, che è causa dell'instabilità nei versanti, dal momento che i corsi d'acqua incidono le proprie abbondanti alluvioni si può addirittura parlare di sovralluvionamento degli alvei.

Questo copioso alluvionamento, formato da ghiaie, ciottoli e blocchi di grandi dimensioni, è dovuto alla presenza nelle valli di grande quantità di detriti, di cui sono serbatoi le numerose

frane e paleofrane. In effetti durante le piene si hanno eccezionali apporti di materiale con conseguente innalzamento dell'alveo e successivamente avviene una ripresa dell'erosione quando il regime del corso d'acqua è di nuovo normalizzato: poiché questo si verifica anche per i rii meno importanti, tale situazione sembra essere generale.

Sono evidenti una serie di indicatori geomorfologici che testimoniano fasi di ringiovanimento del ciclo erosivo. In particolare nella valle del T. Lentro si rileva la presenza di superfici fossili e valli sospese mentre lungo il T. Canate ed lungo il T. Bisagno, a monte di Prato, sono ben osservabili un serie di meandri incassati in roccia il cui andamento appare fortemente correlato all'assetto strutturale.

L'influenza di fattori geodinamici endogeni sull'evoluzione geomorfologica del bacino del T. Bisagno risulta anche evidenziata dalla risposta dei versanti sui quali si riscontra un rilevante numero di movimenti di massa a scala di versante correlabili direttamente o indirettamente al sollevamento dell'area ovvero al ringiovanimento del ciclo di erosione.

Le forme dei versanti sono soprattutto condizionate dall'assetto strutturale mentre, rispetto alle litologie presenti, differenze rilevanti d'andamento e forma dei versanti si riscontrano soprattutto in corrispondenza dei litotipi di natura prevalentemente argillosa.

Nel bacino del T. Bisagno, in relazione agli assetti litostrutturali ed ai caratteri morfologici presenti, sono riconoscibili tre principali configurazioni morfostrutturali tipiche dei versanti. In particolare sono individuabili i seguenti morfotipi principali:

- + un «sistema versante» il cui andamento è condizionato dalla presenza di fratture o faglie che hanno subito processi di regolarizzazione determinando la forma attuale dei versanti e che generalmente presentano accumuli detritici colluviali ubicati alla base dei versanti stessi ed in corrispondenza del fondovalle degli impluvi minori;
- + un «sistema versante» in rocce a prevalente comportamento fragile caratterizzato da profili concavi-convessi ovvero gradonati riconducibili a D.G.P.V.;
- + un «sistema versante» la cui forma ed evoluzione sono influenzati dalla presenza di complessi rocciosi a prevalente comportamento fragile sovrapposti a complessi a comportamento prevalentemente duttile.

In relazione ai diversi aspetti morfologici che caratterizzano l'area in esame, sono stati analizzati prevalentemente gli elementi caratteristici d'instabilità geomorfologica. In particolare sono stati analizzati e identificati nel dettaglio:

- + l'andamento areale delle coperture detritiche superficiali e delle caratteristiche generali di comportamento in relazione alle diverse litologie di substrato;
- + le forme ed i processi geomorfologici connessi alla gravità;
- + le forme ed i processi legati all'azione delle acque correnti superficiali;
- + l'esame dei fenomeni antropici che determinano un'elevata influenza sulla stabilità dei versanti.

Per le frane si è analizzato lo stato d'attività secondo le definizioni dell'UNESCO (1993), i cui termini (attiva, quiescente, stabilizzata etc.) corrispondono a quelli delle raccomandazioni della Regione Liguria (1997).

Le indagini sono state condotte sia effettuando rilievi di campagna, sia utilizzando tecniche di telerilevamento su fotografie aeree.

2.3.1 Reticolo idrografico

Ai fini di predisporre uno strumento utile alla pianificazione di bacino, si riporta, di seguito, la gerarchizzazione del reticolo idrografico del torrente Bisagno, ottenuta applicando lo schema di Horton rivisitato da Strahler (1957). La gerarchizzazione, seppure non direttamente utilizzata nei calcoli idrologici, contribuisce alla caratterizzazione geometrica, morfologica ed idraulica del reticolo idrografico.

Si è quindi rappresentato il reticolo idrografico stesso attraverso una serie di segmenti, interconnessi da nodi; si sono definiti in particolare i "rami sorgenti", cioè i tratti che drenano esclusivamente i versanti e che non hanno reticolo a monte: ad essi si è attribuito l'ordine gerarchico 1. E' stato quindi attribuito un ordine a tutti i successivi "links" del reticolo, utilizzando le seguenti regole:

- *il ramo che nasce dall'unione di due rami di uguale ordine "n" assume ordine "n+1";*
- *il ramo che nasce dall'unione di due rami di ordine diverso assume ordine pari al maggiore degli ordini dei rami confluenti;*
- *l'ordine del bacino è il maggiore ordine fra gli ordini dei rami.*

Si è poi proceduto al calcolo dei principali elementi morfometrici relativi ai diversi sottobacini. In particolare sono stati presi in esame i sottoindicati parametri per i quali, relativamente all'intero bacino del T. Bisagno, si sono ottenuti i seguenti valori:

- *lunghezza totale delle aste fluviali: 314.2 km*
- *superficie del bacino: 97.7 km²*
- *ordine del bacino: 6*
- *numero di aste di ordine 1: 739*
- *densità di drenaggio: 3.39 km/km²*

I fattori che più influenzano la densità della rete idrografica sono:

- *il tipo di roccia, che dà origine a reticoli idrografici molto differenti a seconda che sia dura o tenera e quindi resistente o meno all'erosione;*
- *la permeabilità, che favorisce il ruscellamento superficiale, se è bassa, o l'infiltrazione idrica, se è alta, e pertanto diminuisce o incrementa la densità di drenaggio;*
- *la copertura vegetale, che ostacola, qualora presente, o favorisce, se assente, l'erosione del terreno.*

In generale le densità di drenaggio risultano essere basse o medio-basse, con valori compresi tra 1.12 km/kmq (sottobacino del Canate sotteso alla confluenza con il T. Arvigo) e 5.13 km/kmq (sottobacino della parte più montana del T. Lentro).

I valori più bassi della densità della rete idrografica si trovano in corrispondenza delle aree a minore acclività, generalmente interessate da coltri detritiche superficiali e grossolane. Le aree a massima densità corrispondono generalmente a versanti ad alta acclività dove l'elevata pendenza non consente la dispersione delle acque superficiali per infiltrazione. Nelle parti del bacino altimetricamente più elevate, l'infittirsi del reticolo idrografico è spesso correlabile a diverse condizioni climatiche che determinano una minor copertura vegetale, determinando l'instaurarsi di intensi fenomeni erosivi.

Dallo studio del profilo longitudinale dei corsi d'acqua, dalla densità della rete idrografica e da osservazioni dirette sul terreno è stato possibile definire le caratteristiche idrografiche del bacino del torrente Bisagno.

I litotipi prevalenti sul bacino sono i calcari e le argilliti.

Il litotipo calcareo, generalmente fratturato e fessurato, è facilmente aggredibile dagli agenti atmosferici che favoriscono l'allargamento delle fessure e degli interstizi delle rocce da cui deriva una facile alterabilità e quindi una scarsa resistenza all'azione erosiva delle acque di

ruscellamento.

Il litotipo argillitico, generalmente impermeabile o semipermeabile per fratturazione, favorisce per contro il ruscellamento superficiale.

L'attuale forma della rete idrografica è senza dubbio dovuta all'adattamento in misura varia della stessa rete all'assetto tettonico generale: si può constatare infatti che alle principali linee tettoniche corrispondono le anomalie del reticolo.

2.3.2 Acclività

Nell'ambito delle cartografie di base si è ritenuto utile inserire il tematismo dell'acclività dei versanti per l'implicazione che tale parametro può avere nei confronti della stabilità ed in riferimento agli eventi franosi pregressi, onde consentire un'analisi la più completa possibile delle cause che li hanno generati. L'acclività è infatti uno dei principali fattori che individuano morfologicamente un bacino e rappresenta un riferimento per la soluzione di svariati problemi geologici ed idrogeologici.

Le considerazioni espresse, molto generali e riferibili al bacino nel suo complesso, saranno successivamente riprese nella valutazione degli aspetti vegetazionali e di uso del suolo del territorio, soprattutto in relazione alla sua funzionalità idrogeologica.

Per poter esprimere valutazioni di maggiore dettaglio è stato necessario redigere la Carta dell'acclività, per la quale è stata utilizzata la cartografia redatta da Regione Liguria nel 2001, al fine di uniformare la metodologia di studio in tutti gli ambiti territoriali della Provincia di Genova.

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

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

La carta dell'acclività è stata realizzata a partire dal modello digitale del terreno (DTM) ottenuto dall'interpolazione di punti appartenenti ad una griglia a passo regolare di 40 metri. Per l'identificazione delle diverse classi si è fatto specifico riferimento alle Raccomandazioni Regionali che individuano le seguenti classi di acclività:

- 
- ✚ classe 1, acclività 0% - 10%;
 - ✚ classe 2, acclività 10% - 20%;
 - ✚ classe 3, acclività 20% - 35%;
 - ✚ classe 4, acclività 35% - 50%;
 - ✚ classe 5, acclività 50% - 75%;
 - ✚ classe 6, acclività 75% - 100%;
 - ✚ classe 7, acclività >100%.

Rispetto alle classi di pendenza sopra indicate su un'area di circa 94 km² (area del bacino idrografico) il 26.3% ed il 34.1% ricadono rispettivamente nelle classi 4 e 5 mentre la classe 3 occupa circa il 18.5% dell'area di riferimento.

Le classi 1 e 2 occupano, invece, entrambe circa il 5.6% dell'area di riferimento, la classe 6 il

9.4%, mentre la classe 7 occupa solo circa lo 0.5%.

La seguente tabella riporta in maniera più dettagliata le percentuali ottenute in funzione delle superfici che ricadono nelle classi di acclività, calcolate automaticamente utilizzando il modello di cui sopra:

CLASSE DI ACCLIVITA'	SUPERFICIE (KM ²)	PERCENTUALE
1	5.3	5.6
2	5.3	5.6
3	17.5	18.5
4	24.9	26.3
5	32.3	34.1
6	8.9	9.4
7	0.5	0.5
	SUPERFICIE TOTALE 94.7	

Il bacino del torrente Bisagno si sviluppa sul territorio da una quota minima pari al livello del mare, in corrispondenza della Foce, fino a raggiungere la quota massima di 1034 m s.l.m. in corrispondenza della vetta di M. Candelozzo; è da rilevare che la linea di crinale che delimita il versante destro del bacino, dal M. Alpesisa (m 983 s.l.m) al passo della Scoffera, sullo spartiacque Bisagno-Scrvia, si sviluppa su quote medie di oltre 900 m s.l.m., collegando le vette di M. Lago (m 941 s.l.m.), M. Lago Est, M. Bastia Sud (m1032 s.l.m.), M. Candelozzo, M. Dragonat (m 978 s.l.m.) e M. Spina (m 986 s.l.m.).

Le quote medie dei crinali tendono a diminuire, portandosi progressivamente a quote medie comprese tra i 400 ed i 600 m s.l.m. nel settore più occidentale, lungo i crinali dei Forti; a levante, in corrispondenza dello spartiacque Bisagno-Lavagna, si raggiungono quote medie, superiori a 900 m s.l.m., come le cime di M. Croce di Fo (973 m s.l.m.) e di M. Bado (912 m s.l.m.).

Soprattutto nel tratto mediano del bacino la notevole quota dei crinali settentrionali determina condizioni di acclività media dei versanti sottostanti, in funzione dell'ampia superficie sottesa e della distanza dall'asta principale del T. Bisagno mentre nel versante sinistro, a fronte di una quota media inferiore, si riscontrano valori di acclività generalmente più elevati. A titolo di esempio, nel tratto di asta compreso tra Prato e La Presa il crinale in sponda destra è posto a distanze comprese tra 3000 e 4500 m circa dal torrente (misurate sul piano orizzontale), mentre nello stesso tratto il crinale sinistro è posto a distanze comprese tra circa 1000 e 2000 m.

Le considerazioni espresse, molto generali e riferibili al bacino nel suo complesso, saranno successivamente riprese nella valutazione degli aspetti vegetazionali e di uso del suolo del territorio, soprattutto in relazione alla sua funzionalità idrogeologica.

Le principali variazioni di pendenza si osservano soprattutto in corrispondenza dei cambi di litologia; laddove infatti sono presenti litotipi argillosi generalmente la pendenza presenta valori medio-bassi, mentre, in corrispondenza dei litotipi calcarei si registrano valori medio-alti.

Nell'ambito delle litologie calcaree, inoltre, differenze sostanziali dell'andamento e dell'acclività si registrano in relazione alla diversa evoluzione morfogenetica dei pendii stessi. In particolare, laddove i versanti presentano profili rettilinei regolarizzati secondo

l'andamento delle principali discontinuità presenti, le pendenze medie risultano elevate, mentre in corrispondenza di versanti caratterizzati da profili complessi (concavo-convessi e/o gradonati), generalmente riconducibili a deformazioni gravitative profonde di versante (D.G.P.V.), le pendenze maggiori si rilevano in corrispondenza dei crinali e del fondovalle con frequenti interruzioni e locali riduzioni di acclività nelle zone intermedie.

In alcuni tratti del bacino (sottobacino del Lentro), infine, si osserva una situazione particolare rispetto al contesto complessivo. In particolare in tali tratti si identificano versanti con evidente profilo convesso dove le zone a minore acclività sono poste alla sommità dei pendii mentre incrementi di pendenza si registrano nei settori medio-bassi. Tale andamento è fortemente correlato all'evoluzione valliva più recente dove le porzioni di versante a minore acclività, presenti a quote elevate, rappresentano superfici fossili mentre i tratti a maggiore acclività testimoniano l'attività di un ciclo erosivo recente.

Le classi a maggior acclività si riscontrano prevalentemente in corrispondenza dei crinali ed alla testa del bacino stesso, nonché nell'ambito delle litologie a prevalente componente calcarea.

Localmente soprattutto in corrispondenza delle incisioni vallive minori, lungo i crinali ed a tratti negli affioramenti calcarei lungo il contatto con le argilliti le pendenze presentano valori superiori al 100% con andamento subverticale.

Questi valori comunque non possono fornire informazioni univoche sulla instabilità dei versanti ma sicuramente sulla velocità che possono acquistare le acque meteoriche all'interno dei sottobacini idrografici presenti nell'area in esame.

2.3.3 Esposizione dei versanti

L'orientamento dei versanti determina importanti variazioni microclimatiche che si riflettono sulla distribuzione delle differenti serie di vegetazione e sui processi dinamico-evolutivi delle stesse, sui processi pedogenetici e di alterazione superficiale. In ultima analisi, quindi la Carta dell'esposizione dei versanti può fornire indicazioni utili per gli approfondimenti di carattere pedologico e vegetazionale, finalizzati alla stabilità dei versanti e all'uso dei suoli, aspetto quest'ultimo che verrà trattato nel completamento del Piano di bacino.

L'analisi dell'esposizione non è di per sé sufficiente a trarre delle particolari indicazioni, ma va confrontata con i dati climatici e geomorfologici, in primo luogo, e secondariamente con altri parametri esaminati (geologici, morfologici ed idrogeologici).

Nell'ambito della redazione degli strumenti di base per la conoscenza del territorio, è stata pertanto elaborata la Carta dell'esposizione dei versanti, nella quale il territorio è stato suddiviso nelle seguenti classi di esposizione:

■ Classe N	<i>Nord</i>	■ Classe SE	<i>Sud-Est</i>	■ Classe O	<i>Ovest</i>
■ Classe NE	<i>Nord-Est</i>	■ Classe S	<i>Sud</i>	■ Classe NO	<i>Nord-Ovest</i>
■ Classe E	<i>Est</i>	■ Classe SO	<i>Sud-Ovest</i>	■ Classe	<i>zenitale</i>

La pedogenesi, a parità di altre condizioni, si svolge con maggior regolarità sui versanti freschi e tendenzialmente ove lo spessore di suolo è maggiore.

E' utile ricordare che la disposizione dei versanti controlla in parte l'umidità di un bacino (effetto di maggiore o minore evaporazione) ed inoltre può incrementare il rischio di incendi boschivi, in relazione alla esposizione ai diversi tipi di vento. Le direttrici di sviluppo,

l'andamento delle valli, nel complesso la geomorfologia, determinano la particolare orientazione dei versanti.

A livello di descrizione dell'orientamento generale del bacino, si deve sottolineare una estrema irregolarità del reticolo idrografico, con l'asta principale del T. Bisagno ad andamento longitudinale a spezzata molto accentuata e profili trasversali raramente simmetrici che determina una conseguente generale complessa esposizione dei versanti orografici.

Le valli sono incise prevalentemente in direzione NNE-SSW nella parte alta del Bisagno, nelle valli del T. Canate, del R. Torbido, del T. Geirato e del R. Fereggiano, mentre le incisioni vallive legate al T. Lentro, al R. Trensasco ed al R. Cicala sono orientate prevalentemente in direzione WNW-ESE; l'orientamento del R. Veilino e della parte terminale dell'asta principale è invece pressochè N-S.

In termini generali, questa complessa situazione di orientamento dei versanti, che verrà successivamente richiamata in riferimento ad altri temi oggetto del presente Piano, può influenzare in maniera consistente la formazione dei deflussi.

I nubifragi più salienti, che si sono verificati in passato, sono stati caratterizzati da una elevata variabilità spaziale, con elevati tassi di pioggia soprattutto nella parte mediana e valliva del bacino. Questa circostanza è anche riflessa dalle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica, che forniscono, a parità di frequenza, altezze di pioggia, per assegnata durata, più elevate per le stazioni pluviometriche di Genova Università, Genova Servizio Idrografico e Ponte Carrega. Queste stazioni ricadono tutte nella parte del bacino esposta direttamente alle perturbazioni provenienti dal mare.

Inoltre, l'esposizione dei versanti, come già anticipato sopra, influenza distribuzione e tipologia della vegetazione ed uso del suolo; in particolare, versanti esposti a sud ospitano serie di vegetazione termofile o xerofile, limitando lo sviluppo di quelle mesofile o mesotermofile che trovano condizioni ecologiche adatte al loro insediamento, e successiva evoluzione, sui versanti maggiormente freschi ed umidi a prevalente esposizione nord.

Come già accennato, i principali rii posti in sponda destra (T. Canate, R. Torbido, T. Geirato) scorrono con direzione NNE-SSW, dando luogo ad incisioni vallive caratterizzate da versanti ad esposizione prevalente NNW e SSE. Sempre in sponda destra, fanno eccezione il R. Trensasco ed il R. Cicala, che presentano un andamento prevalentemente WNW-ESE, dando origine a versanti esposti a SSW ed a NNE.

Nel versante sinistro del Bisagno la situazione è differente, in considerazione del fatto che gli unici affluenti di un certo rilievo sono il T. Lentro ed il R. Fereggiano che scorrono rispettivamente in direzione analoga al Trensasco ed al Geirato.

In molti casi, anche i principali affluenti sono caratterizzati da un complesso reticolo idrografico minore che determina la formazione di vallecole secondarie e situazioni di esposizione dei relativi versanti molto diversificate, anche se di limitate superfici unitarie.

2.3.4 Caratterizzazione delle coperture

Roccia affiorante

Nel bacino del T. Bisagno rilevante è l'estensione delle zone caratterizzate da roccia affiorante e subaffiorante ovvero interessate da una copertura detritica eluvio colluviale sottile con spessori fino a 0.5-1 metro.

In generale gli ammassi rocciosi presenti sono caratterizzati da ridotte caratteristiche

meccaniche talché questi sono stati classificati come ammassi in scadenti condizioni di conservazione, alterati e/o particolarmente fratturati rispetto al pendio.

In particolare mentre per i litotipi a componente argillosa le ridotte caratteristiche litotecniche sono determinate prevalentemente da fenomeni di alterazione e dalla struttura scistosa degli ammassi, per i litotipi calcarei rilevante è l'influenza della fratturazione.

Nella formazione dei calcari di M.te Antola, infatti, anche laddove l'andamento della giacitura degli strati risulta favorevole rispetto all'orientazione dei versanti, si registra comunque la presenza di diverse famiglie di fratture lungo le quali sono possibili cinatismi di blocchi isolati o di porzioni anche rilevanti dell'ammasso roccioso che interessano gli strati più superficiali spesso alterati e decompressi.

Tale comportamento trova conferma nell'evoluzione di molti dei versanti in calcari dove le coperture detritiche rappresentano spesso il risultato di fenomeni di modellamento dei versanti per antichi fenomeni di crollo o scivolamento lungo le fratture presenti dell'ammasso roccioso.

Un'ulteriore conferma delle ridotte qualità dell'ammasso roccioso riferibile ai litotipi calcarei è altresì evidenziata dalle risultanze di numerosi test di qualità realizzati su affioramento utilizzando la nota classificazione di Bieniawski (1979). Tali analisi mettono generalmente in luce valori di RMR (Rock Mass Rating) variabili, correlabili a classi di qualità generalmente «mediocre» e «scadente», talvolta «discreta».

Coperture detritiche superficiali

La presenza di depositi detritici superficiali è un parametro importante nella valutazione e caratterizzazione della stabilità dei versanti; sono stati perciò distinti i settori dove tale elemento discriminante risulta presente in modo esteso e continuo condizionando la stabilità potenziale dei versanti interessati. Le coperture detritiche sono state distinte inoltre sia in base agli spessori, evidenziando i depositi con spessori medi compresi tra 1 e 3 metri e quelli di spessore superiore ai 3 metri, sia in base alla tessitura degli accumuli.

Alla campitura dei diversi settori si è giunti mediante valutazioni puntuali ed analisi su aree campione dove si è individuato il comportamento prevalente dei diversi litotipi di substrato. Sono state eseguite, inoltre, valutazioni in rapporto alla pendenza dei versanti ed all'assetto vegetazionale.

L'informazione ottenuta ha permesso così una zonazione del territorio del bacino del Torrente Bisagno in settori discreti ad andamento prevalente che si ritiene significativa in rapporto alla scala del lavoro con margini di valutazione propri e comunque connaturati con un lavoro orientato alla pianificazione.

Nel contesto del bacino significativa è la presenza di coltri detritiche; si tratta in prevalenza di depositi di pendio riferibili a eluvium, colluvium e detrito di falda ma che spesso possono risultare anche correlabili ad antichi accumuli di frana che in relazione a successivi fenomeni di modellamento anche di natura antropica non rivelano, ad oggi, indicatori certi della genesi originaria. Per tali situazioni è perciò spesso assai opinabile l'inquadramento di tali accumuli detritici nell'ambito dei fenomeni franosi in senso stretto visto la rilevante incertezza associata all'individuazione e classificazione di tali fenomeni.

Nelle litologie a prevalente comportamento calcareo le coperture eluvio colluviali presentano una prevalenza di spessori medi (1-3 metri) con tessitura e struttura caotica d'elementi lapidei immersi in una matrice fine di natura limo-argillosa.

Gli accumuli di detrito con potenze superiori ai 3 metri, si riscontrano localmente in

corrispondenza di corpi di frana, di fasce e zone fortemente tettonizzate, ai piedi dei versanti ed in aree caratterizzate da livelli elevati d'alterazione del substrato roccioso che si riscontrano soprattutto nei terreni a comportamento argilloso.

Va sottolineato, inoltre, che l'elevata predisposizione alla disgregazione ed alterazione delle argilliti, degli argilloscisti e dei marnoscisti spesso non permette una distinzione netta tra il terreno di copertura ed il substrato roccioso resistente.

In tali terreni generalmente si riscontra la presenza di uno strato intermedio d'alterazione, talvolta di potenza elevata, le cui caratteristiche meccaniche sono scadenti e paragonabili a quelle dei terreni di copertura.

Questi materiali presenti su pendii non si riferiscono solo ad eluvium, colluvium ed a detriti di falda (senza contare i depositi alluvionali) ma anche in buona parte a depositi di origine franosa, il che rende abbastanza difficile tentare di individuare la genesi prima, visto anche il non trascurabile rimaneggiamento di natura antropica: è stato peraltro calcolato da studi precedenti che in quasi il 40% del bacino del T. Bisagno sono presenti coltri detritiche di potenza superiore a 50 cm (fino alle decine di metri) e che solo 1% può definirsi come "roccia nuda affiorante" (escluse le incisioni torrentizie e le aree totalmente urbanizzate).

Nell'ambito dell'analisi delle coperture superficiali è stata valutata, inoltre, la distribuzione delle alluvioni di fondovalle: le coltri alluvionali attuali e quelle antiche e recenti per lo più terrazzate o miste a detrito della fascia pedemontana e delle vallecole secondarie, occupano l'alveo attuale e limitate aree adiacenti il torrente principale ed i suoi maggiori affluenti.

2.3.5 Frane attive e franosità diffusa

I fenomeni di instabilità di versante sono processi di modificazione del territorio che si realizzano in rapporto a diversi fattori di ordine geologico, morfologico, climatico ed antropico.

Tali fenomeni si sviluppano con modalità diverse nei diversi «ambienti» geologici e geomorfologici sotto le più diverse condizioni climatiche e si evolvono attraverso meccanismi e cinematismi estremamente variabili.

La franosità si esplica, inoltre, sia come risultato dell'azione a lungo termine di una serie di fattori responsabili, sia come processo connesso a modificazioni parossistiche o comunque di breve durata. La franosità risulta dunque un processo variabile nello spazio e nel tempo: è evidente quindi come sia necessario un'analisi del problema di tipo sistematico, compatibilmente con le difficoltà connesse alla generalizzazione del problema stesso.

L'analisi della franosità reale è un momento fondamentale nell'ambito d'indagini finalizzata all'identificazione del comportamento di area vasta; dalla conoscenza della franosità reale si traggono sia informazioni sull'assetto attuale del territorio sia utili elementi di predizione del comportamento potenziale nello spazio.

Le indagini sono state condotte effettuando analisi storiche, rilievi di campagna ed utilizzando tecniche di telerilevamento su fotografia aerea; i fotogrammi utilizzati sono relativi a voli aerei eseguiti in epoche diverse (1973-1992).

Sono stati censiti ed individuati tutti quei fenomeni cartografabili alla scala del lavoro evidenziando prevalentemente le frane di medie e grandi dimensioni.

Le frane di dimensioni troppo piccole per poter essere cartografate alla scala della cartografia utilizzata sono state rappresentate con simboli indicatori di una localizzazione approssimativa.

In generale i diversi fenomeni franosi individuati sono stati classificati in base alla geometria, tipologia, età, attività; sono stati, inoltre, evidenziati i principali parametri identificativi ed i principali attributi geoambientali, nonché i probabili fattori predisponenti ed innescanti.

Sono state cartografate e censite indistintamente «zone franose» e singoli «corpi di frana» individuando, compatibilmente alle modalità di indagine, la distribuzione e lo stile associato ai movimenti.

Si sono distinte, ed ubicate sulla carta, forme attive e forme inattive, forme quiescenti e forme stabilizzate con la distinzione desunta dalla letteratura geologico-applicativa ufficiale - ZARUBA Q. & MENCL V., Landslides and their control, 1969, VARNES D.J., Landslides types and processes, 1978 -, e ripresa più recentemente da una Nota del Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia, Boll. Soc. Geol. It., Vol. CVI, Fasc.2, 1987, pgg.199-221, dove si dice: *le forme attive sono quelle che risultano in movimento nell'ultimo anno (al momento della rilevazione), ovverosia nel periodo compreso tra la fine dell'ultimo movimento ed il presente (momento della rilevazione), cioè < 1 anno.*

Si considerano invece *inattive quelle forme non in movimento da più di un anno, ovverosia nel periodo compreso tra la fine dell'ultimo movimento ed il presente (al momento della rilevazione), cioè > 1 anno.*

A loro volta, le forme inattive si dividono in:

- ⇒ quiescenti se non sono in movimento da più di un anno, ma potenzialmente riattivabili
- ⇒ stabilizzate se non sono in movimento da più di un anno e non sono più soggette alle cause che le hanno originate.

Nell'ambito del bacino del T. Bisagno è presente un complesso di tipologie di movimenti franosi assai diversificato e non sempre i fenomeni risultano facilmente identificabili con certezza: tale situazione si riscontra soprattutto laddove sono presenti fenomeni *vecchi* o *molto vecchi* rispetto ai quali le successive fasi di modellamento naturale ed antropico rendono molto incerta l'identificazione del movimento originario.

Per molte situazioni si hanno elevati margini di incertezza nell'identificazione dello stato dell'attività dei fenomeni e delle dimensioni delle masse coinvolte in profondità che, spesso, sono individuabili con certezza solo attraverso la realizzazione di attente indagini geologiche, geotecniche e monitoraggi in situ a scala molto più approfondita di quella di bacino oggetto del presente Piano.

Infine è importante evidenziare come, generalmente, i fenomeni osservati siano connessi alla combinazione di più meccanismi di movimento avvenuti simultaneamente (stile composito) o in tempi successivi (stile complesso) nell'ambito del medesimo versante.

Crolli e ribaltamenti

Fenomeni significativi pregressi riconducibili a frane di crollo sono identificabili in modo diretto ed indiretto soprattutto in corrispondenza del contatto calcari-argilliti al margine delle placche calcaree sottoposte a fenomeni di espansione laterale: in tali zone, anche laddove non si evidenziano segni di attività recente, l'ammasso roccioso si presenta decompresso e le discontinuità risultano spesso aperte o molto aperte.

L'evoluzione per crollo di tali versanti è altresì testimoniata dalla presenza di estesi accumuli detritici, frequentemente antropizzati, che mascherano il contatto argilliti-calcari.

Ulteriori situazioni che presentano problematiche di evoluzione per crollo si registrano inoltre in corrispondenza dei fronti di cava esistenti ed a tratti in modo assai localizzato lungo i tratti stradali interessati da tagli con fronti di altezza rilevante (Strada Comunale di Cisano e Strada

Provinciale di Davagna).

Scorrimenti e Colamenti

I fenomeni riconducibili a scorrimento e colamento costituiscono la tipologia di frana più frequentemente osservata nel territorio in esame: in genere si tratta di lenti movimenti che interessano la coltre detritica eluvio-colluviale e gli antichi accumuli di frana e non sono rare le situazioni riconducibili a scivolamenti pregressi che hanno interessato il substrato roccioso. Particolarmente consistenti sono i fenomeni di scivolamento e colamento che interessano le litologie argillose dove la franosità, oltre ad essere condizionata dalle ridotte caratteristiche meccaniche dei materiali coinvolti, è influenzata dalle condizioni idrogeologiche connesse alla presenza del contatto calcari-argilliti.

Fenomeni a stile complesso e composito

Generalmente sui versanti interessati da frane i movimenti presentano uno stile complesso con combinazioni di diversi fenomeni succedutisi nel tempo a quelli originari per evoluzione della zona di nicchia ovvero dell'accumulo; in alcuni casi sono state individuate situazioni nei quali i movimenti originari sono correlabili ad evoluzione a stile composito.

Tali fenomeni, che si registrano soprattutto nelle zone medio-alte dei pendii, sono generalmente riconducibili a crolli e scivolamenti associati a colamenti rapidi di detrito.

Tali situazioni, che appaiono generalmente cicatrizzate, sono ben osservabili nella zona di Cisiano e Terusso, a monte dell'abitato di Fontanegli, in loc. Sella presso Davagna e nella sponda destra del T. Canate.

Frane di natura complessa allo stato attivo sono inoltre presenti nei bacini del Geirato e del Torbido.

Soil slip e debris flow

Nell'ambito del presente stralcio sono state effettuate indagini in merito al comportamento del territorio in particolari condizioni meteorologiche.

In corrispondenza di piogge intense e concentrate infatti si sviluppano lungo i versanti fenomeni di instabilità del terreno di copertura superficiale che in grandissima prevalenza corrispondono tipologicamente a colamenti rapidi (prevalentemente soil-slip e debris flow): si tratta in genere di movimenti di ridotte dimensioni che, in rapporto alle caratteristiche dell'evento, possono raggiungere elevatissime concentrazioni per unità di superficie.

Nel bacino del T. Bisagno la mancanza di dati di riferimento attendibili e significativi non consente analisi rigorose di tale tipologia di franosità; da studi condotti però da molti Autori, nell'ambito di diverse zone del territorio Italiano, si evidenzia che, generalmente, tali fenomeni si sviluppano entro ampi intervalli di pendenza del versante e che maggiori concentrazioni si registrano in zone non boschive soprattutto in corrispondenza dei bacini di ordine minore e dove le pendenze locali favoriscono una più rapida saturazione del terreno.

Per quanto riguarda la distribuzione nel tempo si precisa che un approccio significativo per individuare soglie di innesco ad oggi può essere realizzata a scala comprensoriale solo disponendo di dati pluviometrici e di effetti al suolo significativi.

2.3.6 Altri fenomeni gravitativi

Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (D.G.P.V.)

Sono stati classificati nell'ambito delle D.G.P.V. quei fenomeni di movimenti di massa in cui la presenza di un'eventuale superficie di scorrimento continua non è macroscopicamente evidente e non è necessario postularla per rendere conto delle deformazioni osservate in superficie ed in profondità.

Tali movimenti di massa rappresentano la risposta più evidente dell'evoluzione dei versanti rispetto ai fenomeni di abbassamento rapido per erosione dei fondovalle che hanno determinato variazioni degli stati tensionali presenti nei pendii.

Le D.G.P.V. sono soprattutto evidenti nella parte medio-alta del bacino dove la presenza di indicatori geomorfologici (trincee e contropendenze, reincisioni profonde del talweg riferibili ad epoca recente e forme di versante concavo-convesse o gradonate) spesso associati, sono correlabili ad evoluzione gravitativa a scala di versante anomala rispetto al *morfortipo standard* individuato.

In genere si tratta di fenomeni di *espandimento laterale* o di *insaccamento* che interessano interi versanti e che presentano differenti gradi di evoluzione.

I fenomeni di espandimento risultano ben evidenziati lungo i versanti caratterizzati da litologie a prevalente comportamento fragile (calcari) sovrapposti a litologie con associato un comportamento duttile (argille).

Tali fenomeni sono ben osservabili nel bacino del T. Geirato (presso la Costa di Pino ed in loc. Fontanelle) e lungo la sponda sinistra del T. Bisagno (zona di M.te Rosato, M.te Trinea e M.te Lungo, M.te Massapello).

Sono invece verosimilmente riconducibili a fenomeni di insaccamento le situazioni osservabili nell'alto Bisagno (zona Bargagli, zona del rio Eo, zona della sella presso Davagna) e nel bacino del T. Canate (zona versante sinistro rio Arvigo).

Riguardo all'attività ed alla possibile evoluzione si deve sottolineare che non si evidenziano indicatori significativi correlabili ad attività importanti in atto; spesso infatti gli indicatori osservati appaiono cicatrizzati talchè i movimenti sono in genere classificabili come *vecchi* e *molto vecchi* anche se non si possono escludere comunque evoluzioni verso fasi parossistiche significative anche se la ridotta casistica di riferimento non consente l'individuazione di scenari specifici evolutivi.

A tal riguardo si evidenzia che le grandi frane di Marsiglia e Prato Casarile sono verosimilmente riconducibili ad evoluzioni catastrofiche di D.G.P.V. che nel caso di Prato Casarile ha determinato anche uno sbarramento d'alveo.

2.3.7 Alluvioni e terrazzi fluviali

Nella Carta geomorfologica sono stati cartografati i depositi alluvionali in forma indifferenziata, secondo quanto indicato al foglio CARG Genova e alla tavoletta cgr Bargagli.

Le coperture alluvionali sono dovute alla deposizione di materiale da parte dei corsi d'acqua, sia durante la normale attività dell'asta sia durante i fenomeni alluvionali.

Alle **Alluvioni indifferenziate (a)** corrispondono pertanto, oltre gli alvei attuali e attivi in materiale sciolto, rimaneggiato e ampliato dalle piene e dalle divagazioni stagionali dei corsi d'acqua, quelle aree pianeggianti lungo i principali corsi d'acqua, in cui l'intensa attività antropica che si è svolta nel tempo, rende di difficile discernimento le caratteristiche delle singole strutture geomorfologiche.

2.3.8 Aree in erosione

Sono state analizzate forme e processi d'erosione idrica sia perché essi possono costituire importanti elementi di dissesto superficiale, sia per lo stretto rapporto che, talora, tali elementi hanno nel contesto dell'innescò e dell'evoluzione dei movimenti di massa.

In particolare si sono analizzati l'erosione laterale e di fondo lungo le aste torrentizie, nonché i fenomeni erosivi diffusi sui versanti.

Lungo i versanti sono state rilevate tutte quelle zone in cui si è riscontrata una propensione al denudamento sia dei terreni di copertura sia dei materiali disgregati derivanti da disfacimento del substrato roccioso.

Sostanzialmente sono state identificate quelle zone scarsamente vegetate presenti in corrispondenza di versanti ad elevata pendenza, di forma prevalentemente allungata che influenzano la concentrazione del ruscellamento.

In alcune situazioni si è spesso rilevato che l'azione erosiva e l'azione gravitativa sono in stretto rapporto. In tali casi il termine erosione è stato utilizzato nel suo significato più ampio.

I processi di erosione spondale sono stati segnalati soprattutto in corrispondenza di zone in cui tale fenomeno risulta marcatamente evidente e per tratti d'alveo in curva dove l'azione dell'acqua può determinare scalzamenti di materiale lungo le sponde esterne.

Sono stati, infine, individuati, i tratti d'alveo con evidenti incisioni di fondo ovvero quei tratti dove, in rapporto ad un'evoluzione a lungo termine, si riscontra una prevalente erosione di fondo dell'alveo stesso che può influenzare l'evoluzione nel tempo dei versanti.

2.3.9 Cave

È noto come i fenomeni antropici determinano forti interferenze con l'assetto dei versanti e l'evoluzione geomorfologica naturale del territorio.

Per alcuni elementi antropici si è analizzata la rilevanza che questi hanno sul territorio esaminato; in particolare si sono individuate le modificazioni connesse alle attività estrattive di cava.

Sono state inserite le indicazioni relative alle cave attive ed inattive presenti sul territorio del Bacino del T. Bisagno in considerazione dell'importanza che tale attività riveste ed ha rivestito in passato.

In genere l'attività estrattiva era finalizzata alla produzione di inerti e calce da costruzione e si localizzava in siti di piccole dimensioni talvolta anche in sotterraneo ed era concentrata nei calcari marnosi della Formazione del M.te Antola.

Ad oggi risulta ancora attivo un importante impianto di estrazione a cielo aperto, che viste le rilevanti dimensioni costituisce situazioni di significativa incidenza sul territorio sotto il profilo morfologico con presenza di alti fronti di cava ad elevato impatto ambientale con conseguente interferenze sulla stabilità potenziale dei versanti.

Numerose sono le cave di piccole dimensioni attualmente non più attive che si osservano soprattutto lungo la sponda destra del Bisagno nel tratto compreso tra la loc. Prato e la loc. Trapena, in loc. San Pantaleo e nei pressi del cimitero di Staglieno nel bacino idrografico del Veilino, a Molini di Trensasco ed a Bric San Martino.

Presso la loc. Rosata si rileva, inoltre, la presenza di un vecchio impianto estrattivo che

costituisce l'unico esempio di estrazione di materiale argilloso per la produzione di mattoni.

Cave in attività

Viene di seguito descritta l'unica cava attiva presente nel bacino: solo tale cava è in atto ed autorizzata e pertanto, come tale, è inserita sotto la voce "Ca" nella carta dell'assetto Geomorfologico del Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico della Regione Liguria.

Scheda di progetto derivate dal P.T.R.A.C.

Cava Montanasco (1)

Sita in Comune di Genova, località Molassana, si caratterizza come coltivazioni a cielo aperto a gradoni.

Il sistema di abbattimento prevede sia l'uso di esplosivo che mezzi meccanici.

Viene estratto calcare marnoso usato per la produzione di inerti per usi edili e stradali, sabbia, pietrisco e ghiaia.

Per quanto concerne la viabilità viene confermata quella esistente; sono consentiti interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria sulle volumetrie esistenti.

Compatibilità

Cava Montanasco (1)

All'interno della cava esistono locali volumi instabili dell'ammasso roccioso e fenomeni di erosione anche rilevanti delle coperture superficiali nella zona del fronte e nelle aree interessate da piste di servizio.

Sussistono potenziali interferenze con la strada in sponda sinistra.

Allo stato attuale, rispetto le dimensioni dell'impianto, una sistemazione a gradoni volta alla diminuzione della pendenza sarebbe sconsigliabile per l'enorme volume degli sbancamenti necessari a tal fine.

Cave inattive

Sono state censite 20 cave inattive per le quali di seguito si indicano le problematiche più salienti. In queste, con l'aggiornamento del PTRAC del 2008, sono state inserite la cava "S. Gottardo" e la cava "Forte Ratti"

Cava S. Gottardo

Sita in Comune di Genova, località Molassana, si caratterizzava come coltivazioni a cielo aperto a gradoni.

Il sistema di abbattimento prevedeva sia l'uso di esplosivo che mezzi meccanici.

Veniva estratto calcare marnoso usato per la produzione di inerti per usi edili e stradali, sabbia, pietrisco e ghiaia.

Si evidenziano locali problematiche di instabilità e necessità di sistemazione del deflusso idrico superficiale. Deve essere previsto un recupero ambientale del sito.

Cava Forte Ratti

Situata in Comune di Genova, località Forte Ratti, risultava essere una coltivazione a cielo aperto a gradoni che per l'abbattimento faceva uso di esplosivo e di mezzi meccanici. Veniva estratto calcare marnoso usato per la produzione di inerti per usi edili e stradali, sabbie, ghiaie e pietrisco.

La cava presenta problematiche locali di instabilità dei fronti; rilevante risulta la

probabilità di smottamenti dello “smarino” depositato alla testa del bacino del rio Fereggiano.

Si segnala la necessità di liberare le briglie esistenti, poste a protezione lungo il rio Fereggiano, dal materiale accumulato.

Cave San Pantaleo, Molini di Trensasco e Bric San Martino

Per la sistemazione ed il recupero ambientale delle aree di cava si ritengono indispensabili la messa in opera di reti metalliche e tiranti per evitare pericolosi distacchi di trovanti rocciosi e la regimazione delle acque nella parte sommitale dei cigli di scarpata per evitare fenomeni di infiltrazione che potrebbero favorire dei pericolosi scivolamenti e scorrimenti delle bancate calcaree. È inoltre necessaria l'eliminazione del materiale detritico presente ai piedi delle scarpate delle cave Molini di Trensasco e Bric San Martino.

Cava in località Cimitero di Staglieno

Con il fronte stratificato a bancate aventi giacitura da travepoggio a franapoggio, l'area di cava è in via di bonifica; sono state messe in opera reti metalliche, tiranti e barriere elasto-plastiche; è stato in parte rimosso il conoide detritico dietro il muro del cimitero; sono stati predisposte gabbionate tutto attorno al muro del cimitero.

Cava Montanasco (2)

Rilevanti problemi di stabilità del fronte con elevata probabilità di fenomeni legati a cinematismo veloce (crolli e rotolamenti di materiale lapideo) che determinano elevato rischio alla circolazione lungo la strada in sponda sinistra. Necessita una sistemazione statica del fronte, diretta o indiretta.

Cave Staglieno, Rosata, Trapena

Sono da segnalare locali problemi di stabilità dei fronti dismessi per i quali necessitano comunque interventi di protezione.

2.3.10 Riporti artificiali - discariche

Per quanto riguarda la presenza di riporti e/o discariche di importanza rilevante, sono stati segnalati i casi in cui l'intervento artificiale ha determinato modifiche significative della morfologia originaria.

Si tratta in generale di riporti di materiale inerte che, in alcuni casi, sono stati utilizzati per la realizzazione di impianti sportivi e impianti industriali e/o commerciali.

Nell'area esaminata sono stati individuati diversi siti caratterizzati dalla presenza di discariche e/o riporti sia di tipo intervallivo sia di versante. In particolare tali abbancamenti sono ubicati:

- ↪ in loc. Castagnello (zona Molassana);
- ↪ presso il forte Santa Tecla;
- ↪ in loc. Rosata;
- ↪ presso lo sbocco del rio Serino;
- ↪ in loc. Sottocolle (zona Davagna);
- ↪ in loc. Sant'Eusebio;
- ↪ lungo il rio Mermi;

- ↪ presso il ponte dell'autostrada (zona Staglieno);
- ↪ presso lo svincolo autostradale di Genova est.

Sono da segnalare, inoltre, accumuli importanti di materiale sversati lungo i versanti nella zona del Forte Ratti alla testata del bacino del rio Fereggiano ed a valle del monte Cordona lungo la strada di cornice che collega l'abitato di Uscio con la loc. Apparizione.

2.3.11 Riordino del Vincolo Idrogeologico

Il riordino del vincolo idrogeologico è previsto dall'art. 34 della L.R. n. 4/1999 e richiamato dall'art. 15 comma 1 punto b della L.R. 9/93 come contenuto del Piano di bacino.

Il notevole lasso di tempo trascorso dalla individuazione delle zone sottoposte al vincolo, effettuata in periodi immediatamente successivi all'entrata in vigore del R.D.L. n. 3267/1923, ed i criteri adottati all'epoca che tennero scarsamente conto delle intrinseche caratteristiche geologiche di alcuni luoghi, rendono la distribuzione delle zone in questione largamente superata o inefficace.

A titolo di esempio si possono citare le grandi estensioni di territorio completamente urbanizzato della città di Genova, per le quali la permanenza della tutela vincolistica ha perso ormai significato non essendo più necessario tutelare la stabilità di versanti naturali ed il mantenimento di un'idonea copertura vegetale ove queste non esistano più, ed i casi di alcuni comuni dell'interno dove viceversa non risultano sottoposte al vincolo alcune delle zone più problematiche dell'intera provincia.

Appare quindi coerente sottoporre al vincolo idrogeologico le aree indicate nella *Carta dei principali vincoli territoriali*, perimetrata secondo quanto previsto dalla DGR 1795/2009 "Approvazione dei criteri in materia di vincolo idrogeologico – aggiornamento della cartografia di riferimento. Integrazione dei criteri di cui alla DGR 357/2001". La metodologia applicata ha tenuto conto, oltre delle aree di cui al Piano di bacino del t. Bisagno approvato con D.C.P. n. 62/2001, delle aree ricadenti in suscettività al dissesto elevata (pg3a e pg3b) e molto elevata (pg4).

2.4 Idrogeologia

Le valutazioni in merito alle caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nell'area del bacino del Torrente Bisagno hanno, nell'ambito del lavoro svolto, carattere generale ed indicativo in quanto dedotte dall'esame della permeabilità relativa delle diverse litologie presenti.

Obiettivo principale di tale analisi è stato l'individuazione, seppure in termini generali, di un parametro utilizzabile per valutare la potenziale influenza delle condizioni idrogeologiche sulla franosità.

Ulteriori approfondimenti sono stati effettuati inoltre per individuare elementi di valutazione della vulnerabilità potenziale dell'acquifero presente nell'ambito dei principali sedimenti alluvionali.

Nel definire il diverso grado di permeabilità relativa si sono analizzate le diverse caratteristiche litologico-strutturali nonché la presenza o meno di contatti di permeabilità o particolari zone d'impregnazione idrica.

Il territorio è stato così suddiviso in settori a diverso grado di permeabilità correlabili a diversi

comportamenti idrogeologici.

Sono state così individuate quattro classi fondamentali di permeabilità associate alle diverse litologie, in particolare sono state classificate generalmente «*impermeabili*» le litologie a prevalente comportamento argilloso.

Le litologie a prevalente comportamento calcareo sono state invece classificate come «*permeabili per fratturazione e localmente per carsismo*», mentre i litotipi appartenenti alla Formazione di Ronco sono stati considerati, rispetto ad una scala relativa di permeabilità, «*semipermeabili per fratturazione*».

Infine sono stati classificati «*permeabili per porosità*» i depositi alluvionali di fondo valle.

Le litologie caratterizzate da elevata permeabilità per fratturazione sono sede di circuiti idrici fortemente condizionati dall'andamento (orientazione e densità) e dalla persistenza delle discontinuità presenti.

In rapporto al tipo di circolazione (in mezzo *non darcyano*) è importante segnalare che il meccanismo e la dinamica d'infiltrazione influenzano la genesi di movimenti franosi.

In particolare, mentre in condizioni di precipitazioni di normale entità si determina un'elevata infiltrazione d'acqua, in condizioni di piogge intense e concentrate la capacità d'infiltrazione si riduce notevolmente e, lungo le discontinuità, si generano incrementi di pressione interstiziale che possono essere causa scatenante di movimenti franosi.

Nei litotipi semipermeabili ed impermeabili la circolazione idrica lungo le discontinuità è fortemente influenzata da fenomeni d'alterazione che interessano i materiali argillosi; i prodotti d'alterazione, infatti, tendono ad intasare le discontinuità presenti rallentando e limitando i processi di circolazione idrica.

Nell'ambito del bacino, quindi, l'infiltrazione in tali litologie va ad alimentare una circolazione idrica prevalentemente superficiale caratterizzata da una rete di flusso discontinua.

In particolare nelle argilliti e nell'ambito delle coperture detritiche eluvio-colluviali a prevalente matrice fine argillosa sono possibili circolazioni idriche di ridotta entità riconducibili ad uno schema di flusso limitato che si realizza lungo orizzonti ben determinati, discontinui e spesso isolati.

In prossimità del substrato roccioso fenomeni di impregnazione idrica del terreno di copertura possono essere connessi con sorgenti poste nel substrato stesso mentre, in corrispondenza del piano campagna, la circolazione idrica è in stretta connessione con gli apporti meteorici.

Al verificarsi di eventi intensi e concentrati gli strati più superficiali dei terreni di copertura vengono, generalmente, a trovarsi in condizioni di elevata saturazione: tale condizione, oltre a ridurre l'infiltrazione verso orizzonti più profondi, è la principale causa innescante di fenomeni franosi superficiali.

Caratteristiche principali dell'acquifero alluvionale

Per quanto riguarda i depositi alluvionali si evidenzia che questi sono sede di un importante acquifero attualmente sfruttato ad uso idropotabile.

A tal riguardo, nell'ambito del presente stralcio di Piano, sono riportate alcune informazioni generali finalizzate ad individuare la vulnerabilità naturale dell'acquifero sulla base d'elementi caratteristici (geometria e tipologia dell'acquifero, caratteristiche idrogeologiche e meccanismo di ricarica) dedotte da studi specifici esistenti opportunamente integrati con dati derivanti da stratigrafie di sondaggi di recente esecuzione.

Le informazioni qui riportate costituiscono un primo livello d'indagine che non ha valore esaustivo rispetto alle problematiche in gioco e la cui analisi completa deve svilupparsi nel

dettaglio nell'ambito del completamento del Piano.

In generale dalle informazioni acquisite (vedi Figura sotto) si rileva che lungo l'asta principale del T. Bisagno (da Prato alla Foce) sono presenti depositi alluvionali che sono sede di un reservoir idrico di discreta importanza. In particolare:

- da Prato a Staglieno sono presenti depositi alluvionali ghiaiosi e sabbiosi che sono sede di una falda freatica;
- da Staglieno alla Foce nei depositi alluvionali di natura ghiaiosa e sabbiosa si registra la presenza di un orizzonte prevalentemente argilloso, di spessore crescente verso valle e che, pur contenendo falde in pressione minori, divide i depositi superficiali ghiaiosi, sede di una falda freatica di subalveo, da quelli profondi, sede di una falda in pressione principale con caratteristiche artesiane.

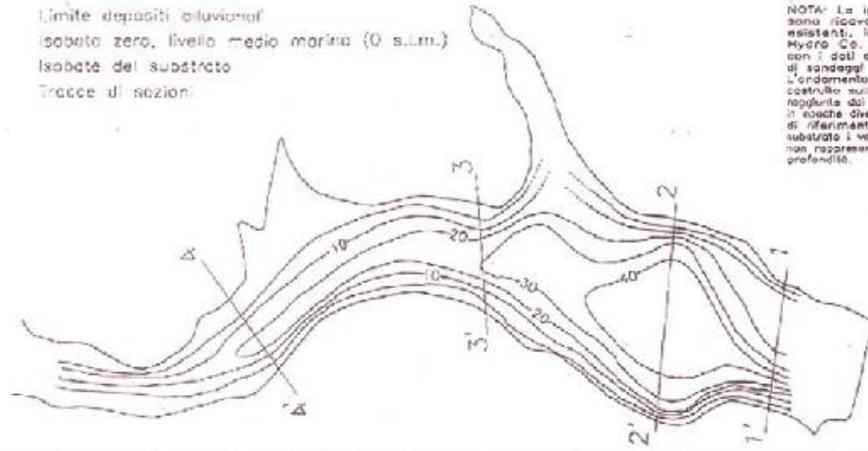
Lo spessore del materasso alluvionale supera, in alcune zone, i 40 metri; il subalveo roccioso è costituito prevalentemente dai calcari marnosi e solo localmente sono presenti marne d'età pliocenica.

In corrispondenza della foce (Via Cecchi) si registra una riduzione dei volumi dell'acquifero. In questo tratto, infatti, in sponda sinistra, è presente un contrafforte calcareo che limita l'estensione degli acquiferi sia freatico sia artesiano.

ACQUIFERO ALLUVIONALE DEL TORRENTE BISAGNO NEL TRATTO COMPRESO TRA STAGLIENO E LA FOCE

PLANIMETRIA DELLE ISOBATE DEL SUBSTRATO

- Limite depositi alluvionali
- Isobate zero, livello medio marino (0 s.l.m.)
- Isobate del substrato
- Tracce di sezioni



NOTA: Le informazioni riportate sono ricavate da lavori e studi esistenti, in particolare Studio Hydra Co. 1988 ed aggiornati con i dati derivanti da stratigrafie di sondaggi di recente esecuzione. L'andamento del substrato è stato costruito sulla base delle profondità raggiunte dai diversi sondaggi eseguiti in poche diverse. Laddove il sondaggio di riferimento non ha raggiunto il substrato i valori di profondità indicati non rappresentano i valori massimi di profondità.

PRINCIPALI SEZIONI INDICATIVE DELL'ACQUIFERO DEL TORRENTE BISAGNO NELLA ZONA COMPRESA TRA STAGLIENO E LA FOCE



- Materiali e sedimenti superficiali
- Materiali prevalentemente granulosi, a rete caratterizzata alla presenza di una o più linee formate di sabbie e ghiaie e grossi ciottoli
- Materiali prevalentemente argillosi, con presenza di zone formate anche solo da piccoli ciottolini e sabbie e limi e fanghi argillosi

NOTA: Le informazioni riportate sono ricavate da lavori e studi esistenti, in particolare Studio Hydra Co. 1988 ed aggiornati con i dati derivanti da stratigrafie di sondaggi di recente esecuzione. L'andamento del substrato è stato costruito sulla base delle profondità raggiunte dai diversi sondaggi eseguiti in poche diverse. Laddove il sondaggio di riferimento non ha raggiunto il substrato i valori di profondità indicati non rappresentano i valori massimi di profondità.

I principali parametri fisici e le modalità riguardanti l'alimentazione dell'acquifero sono stati desunti direttamente da studi specifici riportati in bibliografia (Calvino, Hydro. Co.) dove la stima dei parametri idrogeologici principali (Trasmissività e Permeabilità) sono derivate da prove in sito di emungimento e di ricarica.

Da tali prove si evidenziano coefficienti di trasmissività T e coefficienti di permeabilità K rispettivamente pari a $15 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ - $39 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ e $1.3 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ - $3 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$.

I valori di K riportati evidenziano l'elevato grado di permeabilità dell'acquifero, in cui, peraltro, la piezometrica subisce repentine oscillazioni del livello statico sia in rapporto all'andamento pluviometrico che in concomitanza ai fenomeni di maree.

La ricarica del sistema acquifero descritto avviene con modalità diverse che possono essere così schematizzate:

- ✚ alimentazione diretta del sistema freatico per infiltrazione delle acque superficiali defluenti nell'alveo del T. Bisagno (sistema acquifero/fiume);
- ✚ alimentazione del sistema artesiano per infiltrazione delle acque superficiali defluenti nell'alveo del Bisagno nel tratto compreso tra Prato e Staglieno;
- ✚ alimentazione del sistema acquifero dovuta al contributo laterale sotterraneo delle acque circolanti nel substrato roccioso ed al contributo di falde di subalveo degli affluenti minori.

Per quanto riguarda le modalità di *deflusso* e di *scarico* delle portate delle falde si evidenzia una condizione tipica degli acquiferi alluvionali presenti in Liguria dove le zone prossime alla costa costituiscono un sistema acquifero/mare.

A tale situazione sono associati fenomeni di «inquinamento naturale» per ingressione di acqua salata collegati sia a decrementi naturali del livello statico della falda sia a variazioni del livello dinamico connesso allo sfruttamento della falda stessa.

In rapporto alle informazioni attualmente disponibili si rileva un incremento di salinità solo nelle zone molto prossime al mare. La presenza, infatti, di un contrafforte calcareo, che costituisce un diaframma naturale, limita i processi di ingressione marina nelle zone più a monte dell'acquifero.

La conoscenza acquisita e disponibile sulle caratteristiche dell'acquifero alluvionale evidenzia un'elevata vulnerabilità naturale¹ del sistema.

In particolare si evidenzia:

- ✚ un alto grado di vulnerabilità del sistema freatico;
- ✚ un alto grado di vulnerabilità del sistema artesiano connesso alla presenza di potenziali fonti inquinanti nella zona di alimentazione (zona compresa tra Prato e Staglieno);
- ✚ un basso grado di vulnerabilità naturale per diffusione verticale di inquinanti del sistema artesiano connesso alla presenza del potente strato di argilla di ridotta permeabilità che separa l'acquifero freatico da quello in pressione nel tratto compreso tra Staglieno e la Foce. In tale tratto però, recenti interventi antropici, realizzati in sotterraneo, sembrerebbero aver messo in comunicazione l'acquifero freatico con quello artesiano; ciò potrebbe determinare un incremento della vulnerabilità verticale del sistema artesiano.

¹ Nell'ambito di valutazioni riguardanti il rischio relativo al degrado qualitativo delle risorse idriche, la vulnerabilità naturale definisce la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi ad ingerire e diffondere un inquinante naturale o artificiale idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità delle acque sotteranee nello spazio e nel tempo.

2.5 Uso del suolo

Considerazioni generali

Il lavoro ha avuto come oggetto la revisione della Carta dell'uso del suolo prodotta per il Piano di Bacino del torrente Bisagno (D.L. 183/89), approvato nel 2001.

La revisione è stata effettuata mediante rilievi di campagna che hanno interessato tutta l'area di studio. Il supporto cartografico utilizzato per il controllo in campo è stato approntato con carte tecniche regionali in scala 1:10000 con evidenziazione dei crinali e degli altri elementi morfologici utili alla georeferenziazione e con la Carta dell'uso del suolo prodotta per il sopraccitato Piano di Bacino.

Con i dati raccolti sono state operate, laddove necessarie, le opportune modifiche alla Carta dell'uso del suolo fino ad ottenere la carta definitiva. Per la restituzione grafica sono state utilizzate le Carte Tecniche Regionali in scala 1:10.000.

Nell'individuazione delle categorie d'uso del suolo e nella successiva revisione della carta è stata seguita la Raccomandazione n° 4A/1996, ("Legende per: Carta della vegetazione reale - Carta di copertura e di uso del suolo - Carta di dettaglio dei movimenti franosi - Scheda per il censimento dei movimenti franosi") dei "Criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino" della Regione Liguria. All'interno della categoria "zone urbanizzate" (1.1) è stata inserita la voce "nuclei di case sparse" (1.1.3).

Contestualmente all'individuazione delle categorie di uso del suolo è stato attribuito anche l'indice di efficienza idrogeologica seguendo le indicazioni riportate nell'allegato della Raccomandazione n° 2/2000 ("Indicazioni metodologiche per la redazione della carta di suscettività al dissesto dei versanti") dei "Criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino" della Regione Liguria.

Analisi delle categorie

TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE

Superficie totale: 15,1 Km², pari a 1510 ha (15,9% della superficie del bacino), totale zone urbanizzate: 13,22 Km².

Suddivisa in:

- 1.1.1 Tessuto urbano continuo: 9,71 Km²
- 1.1.2 Tessuto urbano discontinuo: 3,39 Km²
- 1.1.3 Case sparse: 0,12 Km²
- 1.2.1 Aree industriali o commerciali: 0,89 Km²
- 1.2.2 Reti autostradali, ferrovie e spazi accessori: 0,34 Km²
- 1.3.1 Aree estrattive: 0,40 Km²
- 1.4.1 Aree verdi urbane: 0,04 Km²
- 1.4.2 Aree sportive e ricreative: 0,21 Km²

Zone Urbanizzate

Viene classificato come tessuto urbano continuo quell'area perimetrata occupata dalle abitazioni per una superficie superiore all'80%, interessa tutta la porzione cittadina rientrante nell'area di bacino, il fondovalle sino all'altezza del ponte della Paglia, il quartiere di Marassi ed il fondovalle del torrente Geirato.

Sulle pendici del Bisagno e nella porzione alta del bacino si sono evidenziati centri urbani con

la definizione di tessuto urbano discontinuo (situazioni in cui gli edifici e la viabilità coprono più del 50% della superficie totale) Alcuni esempi sono rappresentati da: Trensasco, San Siro, San Cosimo, San Martino, Cartagenova, Mareggia, Marsiglia, Dercogna, Bargagli, Viganego, Traso e Davagna.

Le porzioni di territorio caratterizzate dalla presenza di abitazioni, per lo più a carattere agricolo o secondario sono indicate come case sparse, ad esempio Carpi, Sottana, Canate e Valle.

Zone industriali commerciali e reti di comunicazione

Il territorio è attraversato dall'autostrada Genova-Livorno e nei pressi del cimitero di Staglieno è ubicato il casello di Genova Est.

La porzione bassa del bacino in destra orografica è attraversata dalla ferrovia Genova-Casella particolarmente interessante da un punto di vista turistico in quanto attraversa aree incontaminate ricche di percorsi escursionistici e rappresenta una delle poche ferrovie a scartamento ridotto presenti in Italia, all'interno del tessuto urbano, è presente la stazione ferroviaria di Genova-Brignole.

Le aree industriali e commerciali sono localizzate: in sinistra orografica da Staglieno al ponte Feritoie, a Molassana, a Prato e lungo il fondovalle del Geirato.

Aree estrattive e discariche

Si rilevano tre importanti realtà estrattive: le due cave del monte Croce e una terza cava posta sul crinale a sud del Forte Ratti; tutte determinano un pesante impatto visivo.

Una discarica di carcasse d'automobile è stata segnalata sopra Trapena, sul crinale che divide la valle del Lentro da quella del Bisagno.

Zone verdi artificiali non agricole

Le aree verdi urbane rilevate sono rappresentate dal Parco Pubblico dell'Acquasola e dal Parco di Villa Imperiale; l'unico parco-giardino di una certa estensione, esterno al contesto urbano, si trova nei pressi di S.Eusebio, alla fine della valletta di Monte Zignano. Il Cimitero di Staglieno per le sue caratteristiche andrebbe inserito almeno in parte nella categoria dei parchi e giardini urbani essendo la zona collinare che esso riveste, ricoperta da una rigogliosa alberatura a prevalenza di lecci e cipressi.

Le aree sportive e ricreative di maggiore rilevanza presenti nel bacino del Bisagno sono lo stadio comunale L. Ferraris, le piscine ed i campi sportivi della Sciorba, i campi sportivi Ligorna, le piscine di Via D'Albertis, alcuni campi da calcio (Cà de' Rissi, S. Eusebio, Sottocolle), il maneggio di via San Felice ed il Poligono di Quezzi.

TERRITORI AGRICOLI

Colture permanenti arboree

Ad eccezione di alcuni oliveti di una certa estensione (170 ha) presenti nella valle del Ratti (località Quezzi, Egoli, Finocchiara), nell'aree delle Gavette e di Cadale questi sono ormai coltivati solo come residuo di antiche tradizioni e fungono più che altro da copertura di colture ortive o prative sottostanti. Scarso è il raccolto ed in nessuna località si è potuta notare l'adozione di moderne pratiche colturali quali l'abbassamento delle chiome ed il diradamento delle piante, che peraltro non raggiungono le altezze e le densità riscontrabili ad esempio negli

oliveti della Riviera di Levante.

La raccolta delle olive è dunque da ritenersi assai limitata, anche se mancano dati certi: prova ne è l'assenza di un frantoio in tutta la Val Bisagno.

Prati e pascoli

Cenni storici

Le zone di crinale, con altitudine più elevata, avevano una destinazione di tipo pastorale. Tali superfici di pascolo erano state recuperate attraverso la pratica del debbio (più remota), successivamente con il taglio di sfruttamento dei boschi esistenti (documenti del XV e XVI secolo), per la costruzione di navi, per l'approvvigionamento di combustibile alle fornaci e per la produzione di calce.

L'iconografia sei-settecentesca rappresenta queste montagne in modo non dissimile dalla situazione contemporanea, documento che testimonia una trasformazione ormai attuata.

Ancora oggi è possibile individuare i segni dell'utilizzo pastorale di tale territorio: dai toponomi utilizzati per l'identificazione di luoghi (*Comunaglia*, cioè terreni comuni sfruttati sia per il bosco che per il pascolo; *Casoni*, manufatti rurali atti ad ospitare i pastori, gli attrezzi e le greggi, etc.), a costruzioni ancora visibili sul territorio come i muri di pietra nella Valle del Lentro (via di collegamento con la Val Fontanabuona attraverso il passo del Becco), che presentano le caratteristiche *creste* (pietre disposte a coltello sui muretti) per indirizzare il bestiame lungo la giusta via e la fitta rete di mulattiere e tratturi lungo i fianchi e sul crinale dei monti, utilizzata per la pratica della transumanza che dal Bisagno (pascoli invernali, Bavari e Colle Caprile) si spostavano verso la Val Trebbia per i pascoli estivi.

Con l'abbandono della pastorizia verso allevamenti bovini a stabulazione fissa, i pascoli vennero utilizzati soprattutto come prati per la pratica della fienagione. In queste aree sono ancora leggibili sul terreno le opere di terrazzamento volte alla creazione di prati da sfalcio.

Descrizione generale e localizzazione nel bacino

Le aree prative presenti nell'area in esame sono distinte in prati-pascoli, originati e mantenuti da pratiche pastorali, e praterie.

Queste ultime non sono praterie propriamente dette in quanto non sono la formazione climacica; l'evoluzione verso il bosco è impedita oltre che dalla ridotta profondità dei suoli, dagli incendi e dal passaggio di greggi ovine, che risulta peraltro piuttosto saltuario e non razionale. Il pascolo non calibrato, non tenendo conto del calcolo del carico di bestiame massimo ammissibile per unità di superficie, può determinare localmente problemi contrapposti (ma intimamente collegati) di sottocarico e sovraccarico.

Nel primo caso gli animali mangiano solo parte delle piante presenti, permettendo così agli arbusti di svilupparsi, nel secondo caso mangiano tutto il cotico erboso e provocano fenomeni di erosione superficiale diffusa e, nei casi più gravi, incanalata. E' quanto avviene in alcune delle zone menzionate.

Nella zona dei Prati di Capenardo si ha una gestione più accurata dei pascoli ed un carico animale, soprattutto bovino ed equino, sufficientemente ben calibrato determinano una situazione che non necessita di provvedimenti sbrigativi quali l'abbruciamento: al contrario in tale comprensorio non si sono più verificati incendi dal momento della ripresa dell'attività zootecnica pochi anni orsono dopo un certo periodo di totale abbandono.

Attualmente questa formazione occupa 89 ha l'area prato-pascoliva più estesa è rappresentata dal Monte Prati di Capenardo e dal versante sovrastante Borgonovo si rilevano

inoltre superfici prative prevalentemente in prossimità dei centri abitati che rappresentano una variazione d'uso delle zone un tempo coltivate.

In seguito all'abbandono delle campagne i proprietari si limitano a sfalciare le aree circostanti le case un tempo coltivate per evitare l'invasione da parte di infestanti (rovi, vitalba, ecc.).

Aree agricole eterogenee

Cenni storici

Gli orti compresi nel territorio tra la Foce e Marassi, paesaggio scomparso ed inglobato nello sviluppo urbano contemporaneo, erano gestiti dalla corporazione degli ortolani di Bisagno già nel XV secolo.

Tali luoghi vengono infatti descritti dal Giustiniani come «in larghezza di un miglio e lunghezza di dua sono bellissimi e fruttisissimi horti coltivati con molta diligenza per il che producono ogni specie e ogni varietà di herbe e di frutti hortilicii in grandissima abbondantia».

Diverse riproduzioni della città, a partire dalla metà del XVI secolo fino a quelle del XVIII secolo, documentano la presenza di orti nel fondovalle.

La scomparsa degli orti nella piana del Bisagno coincide con la pianificazione ottocentesca per realizzare il nuovo tessuto urbano, a maglie ottagonali.

I terrazzamenti di Molassana, S. Siro, S. Cosimo, S. Martino, Fontanegli e Bavari venivano probabilmente utilizzati per la coltivazione della vite. In epoche successive si è assistito ad un graduale abbandono della coltivazione specializzata per orientarsi verso una diversificazione delle produzioni agricole (XV - XVI secolo) rappresentate da oliveti, frutteti ed orti.

Quindi il paesaggio agrario che si è venuto a delineare tra il XVI e il XVIII secolo nella media valle si è mantenuto pressoché inalterato, sia per quanto riguarda le estensioni delle superfici coltivate, sia per il tipo di produzione.

Descrizione generale e localizzazione nel bacino

Nel bacino del Bisagno non è riscontrabile alcuna attività agricola specializzata e per tale motivo si parla di "zone agricole eterogenee" (390 ha), aree in cui sono presenti tutti i tipi di consociazioni colturali possibili tra specie arborea, arbustiva ed erbacea; deputata a soddisfare il consumo diretto dei produttori: piccoli appezzamenti ad ulivo, colture orticole, alberi da frutta si alternano e si frammezzano in spazi ristrettissimi.

Anche gli orti che sopravvivono nei pressi delle case rurali hanno una produzione limitata all'uso domestico, se si escludono alcuni orti di dimensioni più ampie nella zona di Pino dove le condizioni morfologiche più favorevoli determinano la presenza di larghe fasce lavorabili agevolmente con mezzi meccanici.

Le aree agricole rappresentano un aspetto in declino e regressione rispetto alla vegetazione naturale, anche nelle zone a maggiore tradizione agricola quale quella di Struppa.

Le superfici agrarie si concentrano nell'intorno degli abitati che si sviluppano sui versanti facenti parte del bacino (Pino Sottano, Bavari, Fontanegli, Viganego, Bargagli, Davagna, Dercogna, Traso, eccetera).

Nei territori comunali dell'interno, l'orticoltura e la frutticoltura occupano gli appezzamenti in prossimità della strada e del centro abitato. Il calo della popolazione agricola attiva si è riflesso sulla scelta dei terreni da coltivare: le terre più lontane dall'abitato, quelle più sfavorite per la loro lavorazione, sono state abbandonate e la vegetazione naturale ha preso il sopravvento.

In particolare in alcune zone i terreni non più coltivati si ricoprono di piante infestanti (varie

specie di rovo e una clematide, la vitalba). Questo fatto va attribuito alla pratica del fuoco controllato adottata per pulire i fondi agricoli dagli sterpi, dalle malerbe e dai residui delle colture: nel lungo periodo si creano le condizioni ambientali adatte a tali piante, allungando i tempi di ritorno degli arbusti e quindi del bosco.

Le problematiche del mondo rurale, quali l'invecchiamento della popolazione agricola (l'età media degli agricoltori si è elevata) e lo sviluppo di un'agricoltura di tipo «part-time» (lavorare la terra non è più l'attività principale dalla quale si ricavava l'unico reddito familiare, bensì un'integrazione al reddito derivante da altra attività) si riscontrano in questi territori, come in tutte le zone marginali della nostra regione.

Ex-coltivi

La categoria degli ex coltivi occupa una superficie di 294 ha, sono stati inseriti in questa classe tutti quegli appezzamenti abbandonati dove la vegetazione naturale sta prendendo il sopravvento; ciò è evidenziato dalla presenza di arbusti cosiddetti ricostruttori quali *Spartium junceum* e di plantule di roverella sui terrazzamenti meglio esposti, in terreni più fertili con abbondante presenza di nutrienti si verifica l'insediamento di vegetazione nitrofila (rovi in particolare).

Queste formazioni sono dislocate prevalentemente in prossimità dei centri abitati, più frequentemente nelle porzioni medio-alte del bacino.

TERRITORI BOSCATI ED AMBIENTI SEMINATURALI

Praterie

Come già precedentemente accennato sono rappresentati da superfici in passato utilizzate come pascoli ed attualmente pascolate solo saltuariamente ed in modo irrazionale; l'evoluzione verso il bosco è impedita dal periodico passaggio del fuoco correlato al ridotto spessore e fertilità dei suoli.

Queste formazioni occupano una superficie di 5688 ha e sono localizzate prevalentemente in aree di crinale: si hanno nella zona del Parco delle Mura, nelle pendici alte e nelle creste delle valli dei rii Veilino e Preli, fossato di Cicala, Monte Alpesis, Monte Lago, dal Monte Bastia Sud al Passo della Scoffera, lungo Monte Bastia, Monte Cordona e dal Monte Costa Leone al Monte di Traso per giungere al crinale di demarcazione dalla Val Lavagna e proseguire sino a Monte Rotondo.

In alcuni casi la cotica erbosa risulta solcata da fenomeni erosivi e ciò è stato messo in evidenza dall'indice di efficienza idrogeologica che risulta essere più basso.

Zone boscate

Nell'ambito di questa grande categoria, che ricopre una superficie di 5688 ha, rientrano tutte le formazioni forestali in cui la copertura del suolo (area di insidenza della chioma) è superiore al 20%, indipendentemente dalle essenze forestali che le compongono.

Cenni storici

La media valle, compresa sui versanti tra Staglieno e Prato, era destinata alla produzione di vino e di castagne (inventario dei beni fondiari della Curia Arcivescovile di Genova - Domoculta di Molassana). Il bosco di castagno che si estendeva fino alle colline di Albaro, occupava le aree esposte a nord, più umide e meno soleggiate. I castagneti, costituenti la specie

predominante nelle formazioni di bosco di angiosperme mesofile, venivano sfruttati oltre che per il frutto e per il fogliame (utilizzato per la costituzione della lettiera degli animali), anche per il legname utilizzato per la costruzione di pali per i pergolati dei vigneti (topie) e come materiale da costruzione per i manufatti ad uso rurale (fienili).

Descrizione generale e localizzazione nel bacino

Lo sfruttamento dei boschi è oggi sostanzialmente diverso dal passato, quando dai castagneti la società contadina otteneva risorse indispensabili per la sopravvivenza. Attualmente il castagneto da frutto è una realtà relittuale: lungo la strada per Capenardo, nei pressi di Marsiglia, si può ancora, come già detto, osservare un castagneto da frutto, esteso non più di 4.000 metri quadrati, sui cui vengono effettuate le tradizionali cure colturali.

La gran parte dei boschi viene utilizzata solo come fonte di legname; l'odierno assetto forestale è costituito in gran parte da cedui maturi o stramaturi. Per tale motivo occorrerebbe, attraverso l'attuazione di un piano di gestione di tagli, rendere più razionale il loro sfruttamento e prevedendo eventualmente la conversione dei cedui in fustaie.

I boschi sono stati trattati in modo più approfondito nel capitolo relativo alla vegetazione reale.

Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva

Le aree che presentano vegetazione arbustiva occupano una superficie di 370 ha e sono rappresentate essenzialmente dagli ex coltivi in evoluzione naturale, siano essi derivanti da zone con antica destinazione agricola, sia da aree in cui si esercitava attività pastorale (ex prati-pascoli in evoluzione).

Queste formazioni possono essere sia a macchia mediterranea che ad arbusteto sub-montano. Si rimanda alla trattazione più approfondita del precedente capitolo, relativo alla vegetazione.

Zone con vegetazione rada o assente

Occupano una superficie piuttosto limitata (14 ha) e sono rappresentate dalle rocce nude e dalle aree con vegetazione rada (calanchi, conoidi detritici).

Si rileva un'area nella porzione bassa del bacino in prossimità della cava situata sul crinale di Forte Ratti ed altre piccole aree nella porzione alta in prossimità di Monte Camello.

Indice di efficienza idrogeologica

L'indice di efficienza idrogeologica, associato alle diverse tipologie di uso del suolo, esprime, mediante un giudizio numerico, una valutazione sintetica e qualitativa sulla funzionalità delle diverse categorie di uso del suolo. L'indice assume una rilevante importanza nella difesa del suolo in quanto associa all'informazione sulla distribuzione delle diverse tipologie, un'informazione specifica sulla capacità di regimazione delle acque e di controllo dell'erosione superficiale da parte della copertura del suolo.

L'indice d'efficienza idrogeologica, riferito alla singola categoria di uso del suolo, viene assegnato sulla base delle seguenti valutazioni preliminari:

1. stratificazione della struttura verticale della fitocenosi e copertura del suolo;
2. stabilità fisica del soprassuolo, sulla base della densità del soprassuolo arboreo ed il rapporto tra altezza e diametro degli individui;
3. presenza/assenza di fenomeni di erosione concentrata.

1. Stratificazione della struttura verticale della fitocenosi e copertura del suolo

Valutazione del grado di protezione dell'acqua battente e dilavante derivato dai valori percentuali di copertura dei diversi strati di vegetazione (a: arboreo, b: arboreo inferiore, c: arbustivo, d: erbaceo, e: muscinale) secondo il metodo di Pirola-Montanari-Credaro (1980) modificato come segue:

Indice di protezione dall'acqua cadente (Fe):

Copertura media % strati a+b+c+d+e	Indice	Protezione
>151	1	buona
101-150	2	discreta
1-100	3	ridotta

Indice di protezione dall'acqua dilavante (Pd):

Copertura media % strati d+e	Indice	Protezione
>61	1	buona
31-60	2	discreta
1-30	3	ridotta

2. Stabilità fisica del soprassuolo, sulla base della densità del soprassuolo arboreo ed il rapporto tra altezza e diametro degli individui

- densità del soprassuolo arboreo da normale a rada, sia in fustaia che ceduo con $Hm < 100$ Dm (Hm = altezza media del soprassuolo dominante; Dm = diametro medio del soprassuolo dominante);
- densità del soprassuolo arboreo da alta a molto alta sia in fustaia che in ceduo con $Hm \geq 100$ Dm.

3. Presenza/assenza di fenomeni di erosione concentrata

- assenza di erosione o erosione idrica incanalata con rigagnoli e canaletti di erosione, scarsi e profondi pochi centimetri;
- erosione incanalata moderata, contraddistinta da canaletti e rigagnoli che non superano i 20-40 centimetri di profondità o piccoli movimenti franosi superficiali di pochi metri quadri di superficie e di profondità inferiore ad 1 metro ed interessano meno di un terzo della superficie;
- erosione idrica incanalata e movimenti franosi superiori a quanto indicato nel punto precedente.

Dalla somma dell'indice di protezione dell'acqua cadente (Fe) e dell'acqua dilavante (Pd) si ottiene il grado di protezione.

Il valore finale di efficienza idrogeologica (Id) si determina a seconda della maggiore o minore influenza dei punti 2 e 3 sopra analizzati.

I valori di efficienza idrogeologica calcolati sono stati raggruppati secondo le seguenti classi:

1	alta	$2 \leq Id \leq 3$
2	media	$3 < Id \leq 5$
3	bassa	$Id > 5$

Ad ogni tipologia di uso del suolo in relazione all'indice di efficienza idrogeologica è stato attribuito un parametro chiamato CN (Curve Number) compreso fra 0 e 100.

Questo parametro valuta la capacità di ogni singola tipologia, di assicurare una maggiore o minore infiltrazione idrica ed una maggiore o minore erosione superficiale.

Il Curve Number è determinato in base all'uso del suolo, alle lavorazioni e al tipo di suolo dove valori più bassi corrispondono a suoli in grado di garantire una maggiore capacità di assorbimento idrico.

Funzionalità idrogeologica delle classi d'uso del suolo del torrente Bisagno

La superficie a cui viene attribuito un indice di efficienza idrogeologica è pari a 79,38 Km² ossia l'83,7% della superficie totale del bacino.

La superficie, principalmente (69,59%), è rappresentata da efficienza idrogeologica alta assegnata ai boschi.

L'indice di efficienza medio occupa 14,17 Km² (17,86%) ed è attribuito principalmente agli arbusteti, agli oliveti, agli ex coltivi in evoluzione verso il bosco e ai prati-pascolo.

La superficie ad indice di efficienza basso risulta la meno rappresentata (9,97 Km²) le formazioni alle quali è imputato questo indice sono le aree estrattive, le zone agricole eterogenee, gli ex coltivi occupati da infestanti, le praterie (caratterizzate da cotico infeltrito, frequenti rocce affioranti e soluzioni di continuità) e le zone con vegetazione rada o assente.

2.6 Descrizione della rete idrografica

Come già indicato nelle premesse la redazione del presente piano stralcio si basa su due studi propedeutici elaborati successivamente e quindi separatamente per le due parti nelle quali è stato suddiviso il bacino (affluenti di sponda destra e bacino principale).

Per quanto riguarda in particolare l'analisi idrologico-idraulica essa è stata affrontata con metodologie diverse nei due studi; la rilevanza rivestita dall'asta principale del torrente Bisagno e soprattutto del suo tratto terminale sotto l'aspetto del rischio idraulico, considerata in particolare l'area fortemente urbanizzata che il torrente attraversa, ha suggerito infatti l'opportunità di intraprendere per questa parte di bacino uno studio più approfondito e con tecniche più onerose ma maggiormente affidabili in senso probabilistico.

I risultati in termini di portate di massima piena forniti dalle due metodologie sono comunque risultati coerenti fra loro permettendone quindi l'uso congiunto.

Nel seguito vengono sintetizzate le metodologie utilizzate e i principali risultati sui quali si basa la successiva analisi delle criticità idrauliche e del rischio idraulico. Per i dettagli delle trattazioni dei due studi propedeutici si rimanda alle appendici 1 e 2 ed agli allegati 6 - 7 - 8, contrassegnati con la lettera A quelli relativi al bacino principale, con la lettera B quelli relativi agli affluenti di destra dal Veilino al Rio Ruinà.

Nel precedente paragrafo 2.3.1 è stata descritta la metodologia utilizzata per redigere la carta

della gerarchizzazione del reticolo idrografico. Di seguito viene illustrata una caratterizzazione generale del bacino, rimandando allo specifico allegato *Sottobacini e parametri caratteristici*, riferiti rispettivamente al bacino principale e agli affluenti in sponda destra dal Veilino al rio Ruinà, per i parametri caratteristici fisici ed idrologici dei vari sottobacini e del bacino complessivo.

Il torrente Bisagno ha origine al Passo della Scoffera (675 m sul l.m.m.) e si sviluppa in modo articolato lungo due principali direzioni, E-W e N-S, sino allo sbocco a mare, in loc. Foce. I principali affluenti sono, in sponda destra, il T. Canate (che sottende una superficie totale di circa 8.8 kmq), il R. Torbido (6 kmq), il T. Geirato (7.6 kmq), il R. Trensasco (2.7 kmq), il R. Veilino (3.3 kmq); in sponda sinistra il T. Lentro (11.6 kmq), il R. Fereggiano (4.9 Kmq).

La superficie totale del bacino imbrifero è di circa 93 kmq.

La pendenza media dei versanti è di circa il 31%; la lunghezza dell'asta principale è di circa 25 km e la sua pendenza media complessiva è del 3.5% mentre nella parte alta sino alla località La Presa la pendenza media è del 6.6%.

La quota massima del bacino si raggiunge al Monte Candelozzo con 1034 m sul l.m.m., mentre la quota media è di circa 397 m sul l.m.m.

Nella *Carta dei sottobacini e delle sezioni di chiusura* in scala 1:25000 sono riportati i limiti del bacino del torrente Bisagno, delimitati dallo spartiacque individuato sulla cartografia tecnica regionale, e la suddivisione nei sottobacini principali. Sono inoltre tracciate le aree scolanti non comprese nei suddetti bacini.

Per i diversi corsi d'acqua analizzati sono state individuate opportune sezioni di chiusura, indicate, oltre che schematicamente nell'allegato *Sottobacini e parametri caratteristici*, nella Carta dei sottobacini. In particolare per gli affluenti in sponda destra dal rio Veilino al rio Ruinà sono state individuate in totale 37 sezioni di chiusura, contraddistinte da valori numerici compresi tra 1 e 56, mentre per l'asta principale ed i rimanenti affluenti sono state individuate 28 sezioni, contraddistinte dalle lettere da A a T.

Per ogni sottobacino ed ogni bacino sotteso dalle sezioni di chiusura individuate sono stati determinati i parametri fisici necessari per le successive determinazioni idrologiche.

In particolare per ciascuna sezione di chiusura sono stati determinati:

- ⇒ *la superficie sottesa* [kmq]
- ⇒ *la quota media del sottobacino o area scolante sotteso* [m s.l.m.]
- ⇒ *la quota massima* [m s.l.m.]
- ⇒ *la quota della sezione di chiusura* [m s.l.m.]
- ⇒ *la lunghezza dell'asta principale* [km]
- ⇒ *la portata di massima piena annuale per diversi tempi di ritorno* [mc/s]

In particolare per i sottobacini sottesi dagli affluenti in sponda destra dal rio Veilino al rio Ruinà nell'allegato *Sottobacini e parametri caratteristici* sono riportate le valutazioni dei valori di CN (parametro del metodo CN-SCS per la modellazione del processo di infiltrazione nel modello afflussi-deflussi) e la stima dei tempi di corrivazione (metodo di Giandotti); per i sottobacini dell'asta principale del Bisagno e dei rimanenti affluenti nell'allegato *Sottobacini e parametri caratteristici* sono indicate la pendenza media dell'asta principale [%], la pendenza media dei versanti [%], la lunghezza totale delle aste, la densità di drenaggio, l'ordine del bacino ed il numero di aste di ordine 1, mentre le valutazioni dei valori di CN sono riportate nell'allegato *Idrologia*.

Si noti che, per le sezioni di chiusura individuate sull'asta principale, i dati riportati nelle tabelle dell'allegato *Sottobacini e parametri caratteristici* si riferiscono al bacino sotteso dalla sezione

nella sua interezza. Ad esempio la pendenza media dell'asta non si riferisce al tratto compreso tra la sezione di chiusura in oggetto e quella a monte, ma bensì a tutta l'asta, dall'origine alla chiusura.

2.7 Idrologia di piena

Regime delle piogge intense e linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

La *previsione quantitativa delle piogge intense* riveste una importanza fondamentale per le scelte pianificatorie e progettuali alla scala di pianificazione di bacino.

Le sollecitazioni dovute alle precipitazioni meteoriche più intense sono un dato essenziale, oltre che per la progettazione di reti di drenaggio, anche per studiare gli interventi di difesa e conservazione del suolo, per progettare le opere idrauliche e, più in generale, tutti i manufatti soggetti, in modo diretto o indiretto, all'azione meteorica.

Poiché i nubifragi forniscono la principale sollecitazione idrometeorologica sul territorio, la loro previsione è un requisito essenziale per valutare il rischio idrologico e geologico, sia dal punto di vista strettamente alluvionale, sia per quanto riguarda la stabilità dei versanti e l'erosione superficiale.

Le previsioni dei nubifragi vengono condotte valutando la sollecitazione meteorica temibile con assegnata frequenza, prefissata dal progettista, utilizzando una impostazione probabilistica o, meglio, stocastica. Nella previsione delle piogge intense riveste un ruolo fondamentale la descrizione probabilistica del processo in esame del quale bisogna, di conseguenza, studiarne le proprietà statistiche, quali emergono dalle osservazioni sperimentali.

La *previsione statistica* dei nubifragi comporta, in prima istanza, l'analisi del comportamento locale della pioggia nel tempo in termini globali, studiando cioè il fenomeno in un punto dello spazio.

Se questo punto corrisponde alla localizzazione di una stazione di misura pluviometrica dotata di una serie di osservazioni sufficientemente lunga, l'analisi si basa sulla elaborazione statistica di tale serie. In caso contrario, l'informazione ottenuta dalle osservazioni nelle stazioni della *rete pluviometrica* viene estrapolata nello spazio al fine di fornire indicazioni sul sito in esame. Analizzare il *comportamento globale* del nubifragio significa valutare l'afflusso idrico complessivamente rovesciato sul sito esaminato, durante un certo lasso di tempo, indipendentemente dalla variabilità del fenomeno stesso all'interno di questo intervallo temporale.

Poiché il tasso di precipitazione varia nel tempo in modo assai marcato, l'afflusso idrico rilasciato dal nubifragio, in termini di volume specifico o di tasso medio della precipitazione, varia notevolmente con la lunghezza dell'intervallo temporale considerato e bisogna quindi studiare la natura di tale variabilità. Le Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica forniscono una risposta a questa necessità.

Pertanto, nel contesto del presente piano, particolare importanza riveste la conoscenza delle precipitazioni di forte intensità e breve durata, che, oltre a rivestire un peculiare interesse climatologico, risulta indispensabile per la progettazione delle opere idrauliche e, soprattutto, di quelle necessarie per la difesa del suolo in genere e per la sistemazione dei corsi d'acqua, in particolare.

In merito, si osserva come l'analisi dei dati effettuata dagli studi propedeutici mostri che nel

periodo compreso tra il 1932 ed il 1991, la massima precipitazione di 24 ore consecutive, per le stazioni che interessano il Bisagno, sia stata rilevata nel 1970 nella stazione di Ponte Carrega, con 453.4 mm, mentre quella massima di 1 ora si è registrata nel 1977 nella stazione di Genova Università, con 108.8 mm.

E' inoltre emerso che il regime pluviometrico dell'area in esame risulta intermedio fra il tipo sublitoraneo appenninico e quello marittimo, con un massimo assoluto in autunno (novembre) ed un minimo assoluto in estate (luglio). Esso presenta anche un massimo e un minimo relativo rispettivamente, in primavera e in inverno. La precipitazione media annua oscilla fra 1000 e 1500 mm, con punte che, in qualche caso, raggiungono 2000 mm (a Scoffera, per esempio, 2015 mm).

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica individuano per ogni tempo di ritorno di interesse l'altezza massima annuale di pioggia per date durate. Per quanto riguarda i modelli probabilistici adottati al fine di determinare tali linee segnalatrici, data la complessità delle problematiche legate alle analisi statistico-probabilistiche delle precipitazioni ed alle metodologie di approccio ai modelli adottati, la trattazione dettagliata dell'argomento viene rimandata all'allegato *Idrologia*, relative rispettivamente al bacino principale e agli affluenti in sponda destra dal Veilino al rio Ruinà.

In sintesi, comunque, per il bacino del Bisagno, esclusi gli affluenti di destra dal Veilino al Ruinà, sono stati esaminati due metodi per il calcolo delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica identificabili come «modello lognormale scala-invariante» e «modello lognormale dissipativo» (allegato *Idrologia*).

Per il calcolo delle linee segnalatrici relativo ciascuna stazione è stato quindi adottato il modello lognormale dissipativo che, benché presenti una formulazione più complessa, ha fornito stime dell'altezza di pioggia più attendibili per il bacino nel suo complesso; esso presenta infatti, in generale, un buon adeguamento alle osservazioni.

Per la restante parte di bacino le elaborazioni sulle serie storiche di dati pluviometrici sono state invece condotte interpretando probabilisticamente le altezze di pioggia massime annuali per ciascuna durata utilizzando la legge probabilistica asintotica del massimo valore (legge di Gumbel), tradizionalmente impiegata per la determinazione delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica.

Dati elaborati

In virtù delle definizioni precedenti, la determinazione delle linee segnalatrici richiede una preliminare elaborazione degli ietogrammi registrati dalla stazione pluviografica in esame. In base alle registrazioni continue del processo va ricostruito un campione di osservazioni sperimentali della variabile aleatoria altezza di pioggia massima $H(d)$ per ogni valore di durata d di interesse tecnico: si ottiene in tal modo una serie di altezze di pioggia massime per ogni diversa durata di integrazione presa in esame.

I dati sono stati ricavati dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano, Parte I, Sezione Autonoma del Genio Civile con sede in Genova per i bacini con foce al litorale tirrenico dal Roja al Magra; le informazioni relative alle stazioni sono state tratte dall'elenco delle stazioni termopluviometriche del Servizio Idrografico Italiano, pubblicazione n. 27, Ministero dei Lavori Pubblici.

Per la porzione di bacino che comprende l'asta principale del Bisagno ed i suoi bacini tributari di sponda sinistra dalla Foce a Prato, le porzioni medio valliva e montana del bacino del T. Bisagno, il bacino del T. Lentro le stazioni pluviometriche sono state scelte in base al numero

di dati a disposizione (almeno venti anni di registrazione) e rientrano quasi tutte nel bacino idrografico del Bisagno.

I dati utilizzati sono le altezze di pioggia, espresse in millimetri (mm), delle precipitazioni di massima intensità, registrate ai pluviografi delle stazioni di Genova Università, Genova Servizio Idrografico, Ponte Carrega, S. Eusebio, Prato, Viganego Scoffera, per le durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore per ogni anno di osservazione.

Per la porzione di bacino che comprende gli affluenti di destra del T. Bisagno dal rio Veilino al rio Ruinà, dopo un'analisi specifica, sono state scelte quali stazioni maggiormente rappresentative per posizione topografica ed altimetrica quelle di Prato, Ponte Carrega, Genova Castellaccio e Molassana.

Per le elaborazioni statistico-probabilistiche si è fatto riferimento alle precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi per le durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore e per le durate minori di un'ora con intervalli ogni 5 minuti.

Valutazione delle portate di massima piena annuale

L'individuazione delle criticità idrauliche dei vari corsi d'acqua del bacino, delle aree conseguentemente inondabili a vari tempi di ritorno e la definizione degli interventi di sistemazione idraulica si basano sulla determinazione delle portate di piena massima annuale a diversi tempi di ritorno.

Tale determinazione è stata affrontata in maniera diversa negli studi propedeutici per le due diverse porzioni di bacino, essenzialmente perché la valutazione dell'importanza che l'asta terminale del T. Bisagno e di conseguenza le sue note e gravi criticità rivestono sul tessuto urbano dell'area genovese ha suggerito di utilizzare per la porzione di bacino che comprende l'asta principale una metodologia più affinata ed aggiornata di valutazione della portata.

Anche in questo caso i dettagli di entrambe le procedure si trovano nell'allegato *Idrologia*.

Per la porzione principale di bacino è stata proposta una nuova procedura di valutazione della portata di massima piena, anche in considerazione delle notevoli divergenze riscontrabili nelle varie stime di portata massima condotte nel corso del tempo.

La procedura adottata si basa sull'integrazione tra l'informazione idrometrica regionale e l'analisi idrologica di dettaglio dell'assetto del bacino; quest'ultima si giova di una descrizione distribuita della variabilità spaziale delle caratteristiche statistiche delle piogge intense, del tipo idrologico dei suoli e dell'uso del suolo stesso.

In base a tale impostazione, è stato innanzitutto utilizzato il metodo della regionalizzazione statistica, che ha condotto alla determinazione della curva di crescita regionale, curva che fornendo il valore della portata adimensionalizzata rispetto ad una portata «indice» in funzione del tempo di ritorno è in grado di descrivere le caratteristiche di variabilità delle massime piene.

La massima piena Q_T temibile lungo il corso del torrente Bisagno può essere quindi valutata tramite la relazione

$$Q_T = Q_{indice} \left[0.619 - \frac{0.369}{0.319} (1 - e^{-0.319y}) \right],$$

dove y rappresenta la variabile ridotta di Gumbel, funzione del periodo di ritorno T , in anni, pari a

$$y = y_T = -\ln\{\ln[T/(T-1)]\},$$

mentre Q_{indice} indica la media dei massimi annuali di portata al colmo.

La valutazione della portata indice Q_{indice} viene messa in relazione al regime delle piogge intense già determinato e delle caratteristiche del bacino idrografico sotteso dal sito di interesse.

L'allegato *Idrologia* presenta nel dettaglio l'esame di due diversi metodi per la determinazione di tale portata indice: l'applicazione per via diretta e per via indiretta del metodo geomorfoclimatico.

Il confronto tra questi due metodi ha indicato una sostanziale concordanza di risultati, ma è stato infine privilegiato il metodo geomorfoclimatico indiretto, sia perché le stime risultano più cautelative sia perché tale procedimento che utilizza le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica risulta più semplice e robusto.

I risultati complessivi per i nodi di interesse vengono dettagliatamente illustrati nelle schede inserite nell'allegato *Idrologia*.

È opportuno sottolineare come la stima dei valori 500-ennali, cui corrisponde una probabilità annua di non superamento (probabilità cumulata F) del 998 per mille, sia soggetta ad incertezze di stima assai elevate: tali incertezze sono dovute, in generale, alla composizione tra l'incertezza di stima del quantile F-esimo della curva di crescita regionale e l'incertezza di stima della portata indice.

L'incertezza complessiva aumenta notevolmente quando si voglia addivenire a stime di portata al colmo relative a elevati valori di tempo di ritorno e quindi di F (ad es. per T= 500 anni, F=0.998).

L'interpretazione e l'impiego di questi risultati vanno perciò condotti con la massima cautela.

Per la porzione di bacino compresa tra gli affluenti in sponda destra del Bisagno dal Veilino al Ruinà si è applicato il metodo razionale, utilizzando il metodo del CN per la determinazione delle piogge nette per la trasformazione in deflusso ed il tempo di corrivazione calcolato con la formula di Giandotti.

Per la trattazione di dettaglio sull'applicazione del metodo si rimanda all'allegato *Idrologia*.

3. PROBLEMATICHE E CRITICITÀ DEL BACINO

3.1 Premessa

Esistono situazioni naturali particolari che limitano fortemente o addirittura inficiano la possibilità di un utilizzo potenziale delle parti di territorio ove esse si manifestano; in generale si tratta di fenomeni legati alla instabilità attiva o potenziale dei versanti, situazioni di disequilibrio vegetazionale, presenza di emergenze naturalistiche significative (fitocenosi di elevato livello qualitativo) ed incidenza di fenomeni meteorologici rilevanti.

Il particolare regime climatico presente nella zona, comune a buona parte del versante marittimo della provincia, che ha assunto negli ultimi anni caratteristiche progressivamente peggiori con piogge particolarmente intense e concentrate, comporta la necessità di tutelare

l'integrità e la qualità dell'alveo dei corsi d'acqua onde consentire lo smaltimento della massima piena.

Laddove questi fenomeni hanno prodotto in passato inondazioni o allagamenti, queste porzioni di territorio devono essere assoggettate, sino a che non siano effettuati interventi di riqualificazione idraulica, a specifiche normative tese ad indicare condizioni di salvaguardia per la definizione di politiche di gestione più compatibili ed integrate rispetto alla situazione complessiva del bacino.

Il bacino del Bisagno è caratterizzato nella parte della zona valliva compresa tra Prato e la Foce dalla presenza di un intenso sviluppo dell'urbanizzato, risultato di un'antropizzazione disordinata delle aree di pertinenza fluviale.

Oltre al forte incremento della percentuale del suolo impermeabilizzato e la relativa diminuzione dei tempi di corrivazione, il tratto terminale canalizzato e coperto è il più critico a causa della sua grave insufficienza: la portata indisturbata di massima piena con periodo di ritorno duecentennale supera infatti ampiamente la sua capacità di smaltimento.

L'elevato rischio di esondazione per superamento della capacità di smaltimento comporta pericolosi effetti di rigurgito a monte. Tali effetti si ripercuotono fino alla confluenza del rio Fereggiano e sono amplificati dalla presenza di ulteriori manufatti di attraversamento e/o strutture interferenti con l'alveo.

Conseguenza dell'attuale configurazione geometrica, assai lontana da quella naturale, è un'elevata suscettibilità al rischio di inondazione che, a causa dell'elevata densità del tessuto urbano circostante, delinea una situazione di vera e propria emergenza idraulica.

Va rilevato, in proposito, come la possibilità che una consistente zona urbana, sede di importanti insediamenti residenziali, commerciali e di servizio, sia soggetta a inondazioni con frequenza poco più che ventennale rappresenta, sia a livello italiano che europeo, un caso limite di vulnerabilità alluvionale.

È da segnalare inoltre che nell'ambito di ricerche svolte dal Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse dell'Università di Genova risulta una contaminazione da mercurio nei sedimenti dell'alveo della media Val Bisagno, costituendo un serio pericolo per la salute pubblica, a causa della estrema tossicità e pericolosità di questo elemento e di molti suoi composti.

Ulteriori cause di degrado ambientale prodotte da interventi antropici sono inoltre presenti in una certa misura nel bacino del torrente Bisagno: discariche abusive, che influiscono pesantemente sul trasporto solido, si trovano nella valle del Canate; le briglie lungo l'Eo, nella parte alta del bacino, denotano un cattivo stato di manutenzione; diverse cave sia attive che abbandonate, sono localizzate lungo la valle principale e lungo i principali affluenti in sponda destra.

3.2 Problematiche di tipo geomorfologico (Suscettività al dissesto dei versanti)

Nel bacino del torrente Bisagno esistono delle zone ad elevata franosità che sono state evidenziate nella carta della suscettività al dissesto; ovviamente la presenza di tali aree comporta la necessità di inserire, nella parte normativa, vincoli per la salvaguardia del territorio circostante per non aumentare il grado del dissesto o ampliarne l'areale ed in generale per incentivare azioni che tendano ad un recupero di equilibrio complessivo.

La carta della suscettività al dissesto è uno “strumento previsionale” del probabile comportamento dei versanti nello spazio e nel tempo. La valutazione della suscettività al dissesto è generalmente complessa e richiede la qualificazione e quantificazione spaziale e temporale della probabilità di occorrenza di eventi franosi di determinate caratteristiche.

Nell’ambito della revisione del presente Piano si è proceduto ad un aggiornamento che ha comportato modifiche sostanziali alle carte di analisi, in particolare a quelle geomorfologiche; in conseguenza di ciò, vista la difficoltà oggettiva di aggiornare la carta derivata della suscettività al dissesto, si è deciso di “rigenerarla” completamente ottemperando così alle seguenti esigenze:

- aggiornare il tematismo “suscettività” alle carte di base modificate;
- uniformare i criteri di calcolo della suscettività tra un bacino idrografico e l’altro, in quanto in una prima fase erano stati usati criteri differenti;
- adeguare detti criteri alle raccomandazioni e alle indicazioni di Regione Liguria.

I documenti che sono stati presi come riferimento per la strutturazione della procedura di generazione della carta sono i seguenti:

- *Linea guida relativa alle “indicazioni metodologiche per la redazione della carta della suscettività al dissesto dei versanti” (redatta da Regione Liguria);*
- *Piano pilota ex-D.L. 180/98 del torrente Sturla (realizzato da Regione Liguria);*
- *Piani di bacino stralcio per il rischio (Ambiti ex D.L. 180/98 e s.m.i.) aggiornati in seguito al recepimento dei pareri vincolanti espressi da Regione Liguria*

Dall’insieme di queste indicazioni è nata una procedura informatica in ambiente GIS che, tramite l’assegnazione di “pesi” ad ogni elemento giudicato “influyente” ai fini del calcolo della suscettività, porta alla “somma algebrica” di tali pesi e alla realizzazione di una “gradazione di suscettività” che copre l’intero territorio analizzato; tramite la definizione di range si ricava la Carta della suscettività al dissesto alla quale vanno sovrimposte alcune categorie tra le quali le frane “quiescenti” e quelle “attive” rispettivamente nelle classi “alta” e “molto alta”; i pesi utilizzati non sono stati ricalcolati sul presente bacino idrografico ma sono stati presi direttamente dalla procedura già collaudata sui Piani di bacino stralcio per il rischio (Ambiti ex D.L. 180/98 e s.m.i.); questa scelta è dovuta sostanzialmente a due motivazioni:

- *i pesi precedentemente calcolati erano riferiti all’intera superficie dei cinque ambiti regionali (12/13, 14, 15, 16 e 17) e pertanto già sufficientemente rappresentativi dell’intero territorio provinciale per il versante tirrenico;*
- *mantenendo gli stessi pesi, range di riferimento e classi sovrainposte, si è ottenuto un livello informativo omogeneo e confrontabile.*

La procedura informatizzata si basa sui dati di base georiferiti e strutturati su file Microstation J mediante l’utilizzo del software GIS Intergraph Mge e del database Microsoft Access ’97 seguendo le raccomandazioni emanate da Regione Liguria; rispetto a dette raccomandazioni si sono rese necessarie alcune variazioni.

La procedura utilizzata ha diversi pregi e alcuni innegabili limiti che brevemente si elencano:

pregi:

- ☺ *Risulta la procedura più “oggettiva” tra quelle sino ad ora utilizzate;*
- ☺ *Consente di uniformare i calcoli svincolandosi dalle considerazioni soggettive e quindi non omogenee dei rilevatori;*
- ☺ *Consente di collegare direttamente il dato di sintesi “suscettività” con i dati di analisi ed è quindi facilmente rigenerabile in caso di aggiornamento.*

limiti:

- ⊖ *Tiene conto di pochi parametri rispetto ai molteplici fattori che influiscono sulla suscettività al dissesto;*
- ⊖ *I fattori di cui si tiene conto sono riferibili alla “scala di bacino”; non sono considerati pertanto i fattori locali, come ad esempio opere antropiche di taglio dei versanti, opere di regimazione delle acque, ecc.*
- ⊖ *Essendo una procedura automatizzata opera una “generalizzazione” piuttosto spinta e non consente di trattare i casi singolarmente;*
- ⊖ *essendo una procedura che analizza contemporaneamente l'intero territorio in questione rende complessa qualsiasi verifica sul territorio che non sia a campione.*

Assegnazione dei pesi

Per i criteri utilizzati per l'assegnazione dei pesi si riporta per completezza la procedura utilizzata nella redazione dei già citati “Piani per il rischio”.

Formazioni litologiche

I pesi relativi all'influenza delle differenti tipologie litologiche sono stati calcolati mediante la formula proposta da Regione Liguria che mette in relazione la superficie di affioramento con la totalità della superficie in frana sull'affioramento medesimo.

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

dove:

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

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

A'n = Aree parziali di primo ordine: area totale di presenza della litologia n [km²]

A''n = Aree parziali di secondo ordine: aree interessate da movimenti franosi in atto o recenti all'interno delle A'n. [km²]

A_T = Area totale del bacino [km²]

Si precisa che per rendere più significativi i calcoli sulle superfici sono stati “ipotizzati” i limiti litologici anche al di sotto delle coltri potenti (con spessore maggiore di metri 3), dato non presente nel livello informativo della carta geolitologica; questo espediente si è reso necessario per non trascurare l'incidenza di tutti quei fenomeni geomorfologici coltri potenti. I pesi ottenuti mediante la formula di cui sopra sono stati “normalizzati” per ogni Ambito di Bacino di Rilievo Regionale della provincia di Genova e successivamente mediati tra tutti i 5 Ambiti.

Il risultato finale è stato successivamente modificato su tre pesi.

I pesi finali utilizzati nella procedura sono riportati in Tabella 1.

LITOLOGIA (GXX_DLT.DGN)	sigla	peso
Argilliti	ag	10
Argilloscisti	as	6
Calcari marnosi	cm	4
Marne	ma	3

COPERTURE DETRITICHE (GXX_DLT.DGN)		
Coltri detritiche potenti (sup. 3 mt)	dt dt1 dt2	10
Depositi alluvionali terrazzati rec.	ar	5
Depositi alluvionali terrazzati ant.	aa	3
Depositi alluvionali mobili attuali	am	0
Grossi riporti	gr	10

Tabella 1

Acclività dei versanti

Per il calcolo della suscettività è stata utilizzata la Carta dell'Acclività Regionale in scala 1:10.000 derivata dal modello digitale del terreno generato nell'ambito del progetto IT2000. I pesi assegnati ad ogni classe sono quelli già utilizzati per il torrente Polcevera e sono riportati in Tabella 2.

CLASSE DI ACCLIVITÀ (gXX_acl.dgn)	sigla	peso
Classe 1 (0 - 10 %)	1	0
Classe 2 (10 - 20 %)	2	0
Classe 3 (20 - 35 %)	3	3
Classe 4 (35 - 50 %)	4	4
Classe 5 (50 - 75 %)	5	10
Classe 6 (75 - 100 %)	6	12
Classe 7 (>100 %)	7	13

Tabella 2

Uso del suolo

E' stato utilizzato un peggiorativo per la classe "ex-coltivi"; sono stati inoltre inseriti i pesi per i diversi indici di efficienza idrogeologica, lasciando a zero il peso dell'alta efficienza e attribuendo un peggiorativo alle altre due classi (Tabella 3).

CLASSE DI USO DEL SUOLO (gXX_uso.dgn)	sigla	peso
Ex coltivi	2.5	3
INDICE DI EFF. IDROGEOLOGICA (gXX_uso.dgn)		
Efficienza idrogeologica alta	1	0
Efficienza idrogeologica media	2	1
Efficienza idrogeologica bassa	3	2

Tabella 3

Geomorfologia

Oltre allo stato della roccia e alle coltri "sottili" sono state prese in considerazione, ove presenti, le ex-cave, le ex-discardie e le aree caratterizzate da ruscellamento diffuso areale e da erosione diffusa areale (Tabella 4).

STATO DELLA ROCCIA (GXX_MOR.DGN)	sigla	peso
Roccia in buone cond. fav. al pendio	R	0
Roccia in buone cond. sfav. al pendio	RS	2
Roccia in scadenti condizioni	RF	5
Roccia non rilevabili	R0	5
COLTRI SOTTILI (inferiore a 3 m) (GXX_MOR.DGN)		
Granulometria indifferenziata	c	6
Granulometria grossolana	cg	6
Granulometria fine	cf	7
AREE SPECIALI		
Ex cave		3
Ex discardie		3
FENOMENI EROSIVI (GXX_MRF.DGN)		
Ruscellamento diffuso	rusc	5
Erosione diffusa	eros	5

Tabella 4

Buffer

Sono stati creati dei buffer per tutti quegli elementi lineari e puntuali che possono incidere sulla suscettività al dissesto; l'ampiezza dell'area è stata fissata in base ai possibili effetti morfologici causati dagli stessi elementi, tenendo conto anche della scala alla quale il calcolo restituisce i risultati. Per tutti gli elementi lineari si è usato un buffer simmetrico, cioè si è costruita un'area di uguale ampiezza da una parte e dall'altra dell'elemento, ad eccezione dell'erosione spondale il cui buffer è calcolato sul solo lato esterno. Per gli elementi puntuali il buffer è rappresentato da un cerchio (Tabella 5).

TIPOLOGIA DI BUFFER	buffer	peso
Limite formazionale (gXX_dlt.dgn)	25+25	1
Faglia (gXX_str.dgn)	25+25	2

Erosione concentrata di fondo (gXX_mrf.dgn)	25+25	7
Erosione spondale (gXX_mrf.dgn)	0+25	7
Orlo di terrazzo (gXX_mrf.dgn)	15+15	3
Rottura di pendio (gXX_mrf.dgn)	15+15	3
Frana puntuale attiva (gXX_fra.dgn)	r. 25	25
Frana puntuale quiescente (gXX_fra.dgn)	r. 25	20
Conoide detritica puntuale (gXX_fra.dgn)	r. 25	10
Ciglio di frana attivo (gXX_fra.dgn)	25+25	10
Ciglio di frana quiescente (gXX_fra.dgn)	25+25	2

Tabella 5

Classi di suscettività al dissesto

La sommatoria dei pesi applicati alle singole classi è stata suddivisa in range per la definizione delle classi di suscettività al dissesto, come da Tabella 6.

CLASSE DI SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO	sigla	range
Molto bassa	Pg0	Pg0<7
Bassa	Pg1	7<=Pg1<14
Media	Pg2	14<=Pg2<20
Elevata	Pg3b	Pg3b>=20

Tabella 6

Classi sovrainposte

In ottemperanza alle raccomandazioni della Regione Liguria ed in conformità con la Normativa del Piano, in considerazione del fatto che la Carta della suscettività al dissesto ha anche ricadute normative, sono state sovrainposte le classi elencate in Tabella 7.

Si precisa che alla classe “cave attive, miniere attive e discariche in esercizio” non è stata attribuita alcuna classe di suscettività in quanto dette aree sono normate da specifici Piani di Settore e dalla normativa di Piano stesso; per quanto riguarda le altre aree speciali (ex cave, ecc.), la classe sovrainposta è stata resa “trasparente” per lasciare visibile anche la suscettività calcolata.

CLASSE SOVRAIMPOSTA	Classe di suscettività	sigla
Frana attiva	Molto elevata	Pg4
Frana quiescente	elevata	Pg3a
Frana relitta o stabilizzata	elevata	Pg3b
DGPV	elevata	Pg3b

Area a franosità diffusa attiva	elevata	Pg3a
Area a franosità diffusa quiescente	elevata	Pg3b
Frana superficiale – soil slip quiescente	elevata	Pg3b
Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio	Area speciale	Tipo A
Ex cave, ex miniere	Area speciale	Tipo B1
ex discariche e riporti antropici	Area speciale	Tipo B2

Tabella 7

3.3 Problematiche di tipo idraulico (Verifiche idrauliche e Aree inondabili)

Aree storicamente inondate

La *Carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate* riporta le mappature relative alle aree inondate nel corso di due dei più recenti eventi alluvionali: l'evento dell'8 ottobre 1970 e l'evento del 27 settembre 1992, nonché le aree storicamente inondate come individuate con DGR 594/01. La carta è stata integrata con le aree interessate dall'evento del 4 novembre 2011, come individuate da Regione Liguria.

Per quanto riguarda l'evento del 1970, si è fatto riferimento alla mappatura delle aree vulnerate in corrispondenza del tratto terminale del torrente Bisagno, redatta dall'Ing. Lino Cati nell'ambito della pubblicazione *L'evento alluvionale del 7-8 Ottobre 1970 sui bacini dei torrenti Leiro, Polcevera e Bisagno* (estratto dagli Annali Idrologici 1970 – Parte II).

Per quanto riguarda invece l'evento del 1992 si è fatto riferimento alla mappatura delle aree vulnerate redatta nell'ambito del *Rapporto di Evento: Savona 22 settembre 1992 e Genova 27 settembre 1992* da parte del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del C.N.R.

La mappatura delle aree interessate dall'evento del 4 novembre 2011 è stata redatta dai funzionari dell'Amministrazione provinciale sulla base dei sopralluoghi effettuati nei giorni successivi all'evento e dei filmati e delle testimonianze raccolte in seguito.

La mappatura è stata effettuata attraverso metodi di valutazione geomorfologici ed empirici con riferimento ai danni prodotti alle diverse strutture ed infrastrutture presenti sul territorio.

Valutazioni sulla vulnerabilità storica

Negli anni 1945, 1951, 1953, 1970, 1977, 1992, 2011 e 2014 si registrarono su tutto il bacino del torrente Bisagno o su parte di esso piogge di estrema intensità, le quali furono causa di gravi e diffusi fenomeni di esondazione del sistema fluviale.

Nei casi più gravi (1953, 1970, 2011 e 2014) la copertura andò in pressione, provocando l'allagamento delle zone cittadine site sulla piana alluvionale del Bisagno, con vittime e aumento della gravità del danno per via dell'effetto di rigurgito della stessa.

Per questi eventi si dispone altresì di una certa documentazione ai fini di una valutazione di massima dei danni, quale non è possibile condurre per le piene precedenti, anche per i mutamenti d'uso del territorio prodotti dall'urbanizzazione del basso bacino del torrente Bisagno nella seconda metà del XIX secolo e, soprattutto, nella prima metà del secolo XX.

Va peraltro rilevato come gli effetti di una piena quale quella del 26 ottobre 1822 sarebbero oggi assai più rilevanti di quelli registrati all'epoca².

Di seguito per ciascun evento si riporta una breve sintesi delle informazioni e dati disponibili e, ove possibile, una stima economica dei danni materiali subiti attualizzata al 1996.

L'evento del 29 ottobre 1945

Il 29 ottobre 1945 il versante destro e il basso bacino del Bisagno furono investiti da un'intensa precipitazione di circa 200 mm in quattro ore, che fecero immediato seguito a una settimana piovosa con circa 70 mm di pioggia caduti nei sei giorni precedenti, causando l'esondazione del torrente nel tratto a monte della copertura.

La stampa locale³ fornisce notizie sulla sommersione del ponte di Sant'Agata e di allagamenti in Piazza della Vittoria, Piazza Verdi, oltrechè in Corso Sardegna e Piazza Romagnosi.

Vengono inoltre ricordate le esondazioni dei rii Fereggiano (Piazza Galileo Ferraris), Montesignano, Veilino, Geirato e Torbido, con il crollo di alcuni ponti sulla S.S. 45.

La portata di piena fu stimata dall'ufficio idrografico del Genio Civile in circa 450 m³/s: sempre in base alle segnalazioni riportate dalla stampa, l'esondazione fu principalmente causata dall'ingombro della copertura per via dei materiali di scarica precedentemente accumulati in alveo e non rimossi.

Essa costò allora 5 morti e danni ingenti, oggi difficilmente valutabili.

L'evento dell'8 novembre 1951

Contemporaneamente al grave evento alluvionale che colpì i bacini del Polcevera e dell'Entella anche sul bacino del Bisagno si registrarono intense precipitazioni che causarono una piena non regolarmente smaltita dall'alveo del torrente anche se, in questo caso, non si hanno indizi certi del funzionamento in pressione della copertura.

Le notizie di stampa registrarono del rio Fereggiano, che esondò in Piazza Galileo Ferraris e del rio Geirato che produsse danni al ricostruito ponte della Strada Stalale n.45. L'osservazione

² Le manifestazioni idrauliche più salienti della piena del 26 ottobre 1822 furono il crollo di alcune arcate del Ponte Sant'Agata, il crollo parziale del vecchio Ponte Pila per rovina della pila e dei due archi insistenti sulla stessa, nonché il tirante idrico raggiunto in corrispondenza della Chiesa di Santa Zita e nel borgo Pila. In particolare, il Ponte Pila, che attraversava allora il letto del torrente e con un arco in sponda destra ne sottendeva l'area di espansione sotto gli spalti delle fortificazioni, subì il crollo della pila centrale e l'esondazione interessò soprattutto la zona dei magazzini e degli artigiani di Ponte Pila. La vivida descrizione della stessa "Gazzetta di Genova" riporta che "nella maggior parte delle botteghe di detto borgo Pila l'acqua si innalzò a dieci palmi e nella parte più bassa dirimpetto alla via che conduce al cantiere fino a undici palmi. Né questa è ancora l'altezza maggiore; perché nella strada dritta verso Albaro presso la casa di Steria, ov'è di confluente di molti rigagnoli e fossi, si alzò fino a dodici palmi e mezzo. I danni prodotti da questo funesto accidente sono immensi. Il borgo della Pila è tutto formato da fondachi, botteghe e magazzini, ove sono ricchi depositi di olio, di vino, di farine, di panni, ed ogni altro genere. L'irruenza delle acque fu così rapida che s'ebbe appena il tempo di trasportare qualche cosa nei piani superiori e di mettere in salvo le persone. Insomma a dieci ore di mattina non vi era alcuna apparenza di pericolo e a un'ora tutto il male era fatto. Molte di dette botteghe avranno un danno di due o tre mila lire; una fabbrica di cordami avrà una perdita di otto o nove mila lire, ecc. La perdita di bestiame è stata poco considerabile: la più forte è di settanta circa in una stalla di Sant'Agata. Che se da questo borgo si passi ai proprietari degli orti i danni sono forse anche più gravi per l'estensione delle muraglie abbattute e per la grande quantità di sabbia e di rottami trascinati sul terreno coltivato. I danni maggiori però diconsi quelli accaduti nel fossato di Sturla, ove alcune ville sono state affatto devastate. I guasti sono tali che per alcuni proprietari ascenderanno, dicesi, a lire ventimila."

³ Cfr. "Il Secolo XIX" e "Il Lavoro Nuovo" del 30 ottobre 1945.

delle altezze idrometriche in corrispondenza di Staglieno permise di valutare la portata massima al colmo di circa 600 m³/s.

I danni accertati dal Comune di Genova in quell'occasione ammontarono a circa 700 milioni di lire dell'epoca per le sole opere pubbliche⁴; valutando tali danni approssimativamente nel 30% del totale, come per il 1970, il loro valore complessivo ammonta a circa 2.5 miliardi di lire del 1951, corrispondente a circa 33 miliardi di lire attuali (1996).

Non si ha notizia di alcuna vittima.

L'evento del 19 settembre 1953

Il 19 settembre 1953 intense piogge si concentrarono sul versante destro del medio e del basso bacino del Bisagno causando esondazioni negli abitati di Molassana, Ca' de Riva, nella zona di Piazza Romagnosi e Piazza Galileo Ferraris.

La copertura andò in pressione e la conseguente esondazione interessò Borgo Incrociati e Corso Sardegna oltre a Via San Vincenzo, Via XX Settembre e Corso Torino.

Oltrepassata la ferrovia, le acque esondate o rigurgitate dalle fognature allagarono la zona delimitata a ponente dalle Vie Fiume, XX Settembre, Granello, Diaz e Brigate Partigiane sino alla Foce e a levante da Via Archimede, Corso Buenos Aires, Piazza Savonarola, Via Pisacane e Via della Libertà sino alla Foce.

L'Ufficio Idrografico del Genio Civile stimò il valore della portata di piena compreso tra 750 e 800 m³/s.

Le acque di piena provocarono il crollo di numerose passerelle pedonali lungo l'asta principale e dei due ponti sul rio Geirato a Molassana e sul rio Torbido alla Doria.

Oltre ai danni alla viabilità cittadina, ingenti furono quelli subiti da negozi, magazzini ed autorimesse del centro urbano.

I danni vennero allora valutati in circa 1.5 miliardi di lire dell'epoca con riferimento alle sole opere pubbliche ed alle strade⁵.

Tale valore può essere realisticamente valutato nel 30% del totale dei danni, utilizzando l'analogo rapporto riscontrato nel 1970.

Questa valutazione di massima porta a determinare in circa 5 miliardi il danno complessivo di allora, che attualizzato si pone intorno ai 65 miliardi di lire del 1996.

Non si ha notizia di vittime.

L'evento dell'8 ottobre 1970

L'evento alluvionale più intenso dopo la costruzione della copertura si verificò il giorno 8 ottobre 1970.

La portata transitante, stimata in circa 950 m³/s dall'Ufficio Idrografico del Genio Civile di Genova, mandò in pressione la copertura ed esondò causando un allagamento dalle proporzioni catastrofiche, che si spinse a ponente sino a Via Colombo, Via XX Settembre, Via Fiasella, Via Diaz, Via Brigate Partigiane sino alla Foce e a levante sino a Via Tolemaide, Via Teodosio, Via Caffa, Via Montesuello, Via Casaregis.

A monte le aree esondate corrisposero pressoché a tutte le aste terminali degli affluenti.

I danni furono ingentissimi. Gli Uffici Comunali stimarono in circa 10 miliardi i danni subiti in

⁴ Cfr. "Il Secolo XIX" del 28 novembre 1951.

⁵ Cfr. "Il Secolo XIX" del 25 settembre 1953.

quell'occasione, di cui circa il 30% alle sole opere pubbliche⁶.

Il bilancio economico fu aggravato da 10 vittime.

I privati denunciarono danni per più di un miliardo, mentre i danni alle proprietà edilizie ammontarono a circa 1.6 miliardi di lire⁷, di cui circa 600 milioni di lire furono i danni denunciati per la sola area del centro⁸.

Tali danni costituiscono quindi circa il 40% del totale denunciato.

Valutando proporzionalmente nel 40% del totale i danni provocati dalla sola esondazione del torrente Bisagno, una stima del danno compresa tra 8 e 10 miliardi di lire dell'epoca risulta abbastanza realistica.

Attualizzati, essi corrispondono a circa 75 miliardi di lire attuali (1996).

L'evento del 6 ottobre 1977

L'evento del 6 ottobre 1977 ha avuto caratteristiche meteorologiche simili a quello del 1951, dando luogo ad esondazioni degli affluenti, senza tuttavia mandare in pressione la copertura. Gli allagamenti delle zone urbane sono stati provocati dalle esondazioni dei rivi coperti quali il rio Ca' dei Rissi e il rio dell'Olmo a Molassana, il rio delle Gavette, i rivi Briscata, Antonino e Veilino a Staglieno in sponda destra, i rivi Montesignano e Torre ed il rio Mirto a Marassi in sponda sinistra.

I danni ammontarono in questo caso a circa 27 miliardi di lire dell'epoca per l'intera provincia ed a circa 16 per il solo comune di Genova; 5 miliardi furono i danni stimati per i soli privati.

Il valore complessivo dei danni ammonta quindi a circa 51 miliardi di lire attuali (1996). Non è noto in questo caso il valore della portata massima al colmo nell'asta principale.

L'evento del 27 settembre 1992

L'evento del 27 Settembre 1992 produsse due diverse tipologie di fenomeni alluvionali: allagamenti, provocati da un evento idrometeorologico particolarmente intenso, ed esondazioni, dovute alla notevole portata dell'evento idrologico e idraulico.

Per via dell'intensità dell'evento idrometeorologico le fognature bianche non furono in grado di smaltire l'intero deflusso superficiale urbano.

Si produssero così, inizialmente, allagamenti di tutta la zona urbana posta a bassa quota, accompagnati da notevoli danni alla rete fognaria.

Successivamente, a causa delle portate convogliate dal torrente Bisagno, alcune zone, poste in prossimità della foce dei torrenti, furono inondate.

Nella zona tra il cimitero di Staglieno e la Foce, tutte le aree afferenti al torrente vennero allagate e vennero maggiormente colpiti i quartieri di Marassi, San Fruttuoso e la zona di Piazza della Vittoria.

Gli allagamenti conseguenti al fenomeno di esondazione provocarono ingenti danni nella zona di Borgo Incrociati, dove il tirante idrico raggiunse la quota di 180 cm sul piano stradale.

I volumi d'acqua esondati, in conseguenza del sormonto del Ponte Castelfidardo e in relazione al crollo del tratto di spalletta d'argine di via Canevari all'altezza di Borgo Incrociati, defluirono verso valle attraverso le gallerie viarie e pedonali, che conducono nella zona di Piazza della

⁶ Cfr. "Il Secolo XIX" del 20 ottobre 1970.

⁷ Cfr. "Il Secolo XIX" del 27 ottobre 1970.

⁸ Ossia, 275 milioni di lire per negozi e garage, 245 milioni di lire per beni condominiali, 150 milioni di lire per danni alle abitazioni (Cfr. "Il Secolo XIX" del 13 ottobre 1970).

Vittoria.

Particolarmente gravi furono i danni nella zona di Via San Vincenzo; in prossimità della stazione Brignole i parcheggi sotterranei del complesso di Corte Lambruschini furono completamente allagati.

Complessivamente l'esondazione provocò danni a tutte le attività commerciali situate ai piani terra e nei locali seminterrati.

La portata di piena all'altezza del Ponte Castelfidardo fu valutata in circa 700 m³/s.

Non si hanno dati attendibili sulla valutazione dei danni complessivi.

L'evento del 4 novembre 2011

L'evento meteorologico che ha interessato la regione tra la serata del 3 e la mattina del 9 novembre 2011 sarà tristemente ricordato per l'esondazione del Torrente Bisagno e del Rio Fereggiano, verificatesi nel giorno venerdì 4 novembre, in cui hanno perso la vita 6 persone.

Il lungo ed intenso periodo perturbato ha interessato la Liguria dopo soli 8 giorni dall'alluvione che ha colpito le Cinque Terre e le valli del Vara e del Magra nella giornata del 25 ottobre, causando ingenti danni e perdita di vite umane.

Il temporale organizzato che nella mattinata del 4 novembre ha colpito la città di Genova è stato sicuramente l'episodio antropicamente più impattante dell'evento meteoidrologico nel seguito descritto. Tuttavia, nel corso del lungo periodo perturbato si sono registrati altri episodi di esondazione, localizzati principalmente in zone golenali agricole, anche sui versanti padani della regione (Scrvia a Isola del Cantone il 4 novembre, Bormida di Millesimo a Millesimo e Bormida di Spigno a Piana Crixia il 5 novembre), numerose frane e smottamenti. A ciò si aggiungono gli ulteriori danni materiali provocati dalle due mareggiate abbattutesi sulle coste liguri nello stesso periodo.

Le piogge osservate hanno fatto registrare quantitativi anche molto elevati (massimo areale di circa 150 mm/12h e di 210 mm/24h sulla zona D a cavallo tra il 4 ed il 5 novembre) ed intensità molto forti (fino a 180 mm/1h a Vicomorasso, comune di Sant'Olcese, nella giornata del 04/11), in particolare nella prima fase dell'evento.

All'incirca un'ora dopo l'esondazione del Fereggiano, alla quale sono dovute le sei vittime dell'evento, anche sull'asta principale del Bisagno si è verificata l'esondazione, nella parte immediatamente a monte dell'imbocco della copertura terminale. Anche in questo caso, la conoscenza della situazione idraulica del tratto è la chiave per comprendere la dinamica dell'esondazione, la cui causa è da ricercare nell'insufficienza della capacità di smaltimento della tombinatura.

Gli effetti del rigurgito si manifestano con l'inondazione dapprima in sponda destra (l'area di Borgo Incrociati) dove all'acqua fuoriuscita dal Bisagno si somma quella che discende dal versante destro che non riesce ad essere smaltita nell'asta principale. L'acqua trova una via di transito inondando i sottopassi, sia quello pedonale che quello carrabile, raggiungendo la zona di Brignole, da dove inonda Viale Brigata Bisagno dirigendosi verso mare, le aree di Piazza Brignole e Via Fiume verso destra e la zona di Via Tolemaide e Via Invrea verso sinistra.

Qualora, come in questo caso, il livello del pelo libero del Bisagno a monte della copertura, superi anche quello dell'argine sinistro, l'acqua che fuoriesce da questo lato invade Piazza Giusti, la parte bassa di Corso Sardegna e si inoltra nei sottopassi di Via Archimede e Corso Sardegna stesso, unendosi a valle della ferrovia con l'acqua esondata in sponda destra.

Nel caso dell'evento in esame il picco di piena del Bisagno ha avuto fortunatamente una durata piuttosto breve, ed il volume d'acqua complessivamente esondato ha provocato l'inondazione

di una parte relativamente piccola dell'area a rischio.

Gli allagamenti che si sono manifestati nel quartiere di San Fruttuoso, in sponda sinistra del Bisagno (zone di Piazza Martinez, Terralba, Via Giovanni Torti e limitrofe) sono da ricondurre all'esondazione dei numerosi piccoli rii che drenano i versanti delle rispettive alture (rio Noci, rio Rovare ed altri), spesso in concomitanza con la piena del Bisagno che ne impedisce lo smaltimento, oppure per la limitata capacità di smaltimento delle rispettive tombinature.

La portata di piena all'altezza di passerella Firpo è stata stimata in circa 700 m³/s.

Non si hanno dati attendibili sulla valutazione dei danni complessivi.

Le aree inondate durante l'evento, come da mappatura approvata con DGR 34 del 13/01/2012, sono riportate nella *Carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate*.

Le aree inondate comprese nel tratto indagato dallo studio di dettaglio sono state classificate nella fascia di inondabilità in coerenza ai risultati dello stesso; invece, le aree collegate a colatori minori o comunque non indagate nell'ambito dello studio di approfondimento, sono state analizzate caso per caso.

In particolare, relativamente alle aree inondate nel 2011:

- **rio Rovare**: l'area è stata classificata in fascia A, sulla base dei risultati di una verifica idraulica semplificata condotta sul tratto più critico della tombinatura del rio, che ha evidenziato una portata massima smaltibile con tempo di ritorno di circa 10 anni;
- **rio Noce**: tenuto conto della modesta estensione dell'area mappata e della carenza di informazioni disponibili sulla geometria delle sezioni, si mantiene l'attuale classificazione di fascia A*;
- il **tratto di monte del rio Fereggiano** viene classificato in fascia C, come area storicamente inondata in tratto indagato;
- **sponda sinistra del t. Bisagno (via Adamoli)**: l'area viene classificata in fascia B sulla base di uno studio di dettaglio, presentato alla Provincia, sulla cava Montanasco, che ricostruisce le cause che hanno portato all'allagamento dell'area; nello studio si evidenzia, altresì, un rischio residuo collegato, da un lato, alla ancora attuale criticità della discarica del rio Brumà, causa primaria dell'allagamento del 2011, e, dall'altro, dalla insufficienza idraulica dei tre rii analizzati, ubicati a monte dell'area di interesse;
- la zona del **rio Sciorba**, tenuto conto che l'esondazione del 2011, che in parte si è ripetuta nel 2014, è stata causata dall'ostruzione della tombinatura causata dal trasporto solido e che è stato completato un intervento di disostruzione, è stata tolta la fascia A*, ripristinando le fasce di inondabilità preesistenti, basate su uno studio idraulico;
- la zona del **rio Ca' de' Rissi**, viene riportata in fascia A, come da perimetrazione già approvata nel 2010 e per errore materiale modificata in A*, nella revisione complessiva del Piano approvata nel 2014;

L'evento del 9-10 ottobre 2014

La giornata del 9 ottobre è stata caratterizzata da precipitazioni copiose, a tratti di intensità molto forte, che hanno interessato in prevalenza la parte centrale della Liguria (ossia la città di Genova, il suo entroterra e il Tigullio). Il maltempo ha raggiunto il culmine nella serata del 9 ottobre, quando un evento alluvionale ha interessato il capoluogo, ed in particolare il bacino del torrente Bisagno, che è esondato provocando l'inondazione della città. L'evento si è

collocato in un contesto meteorologico spiccatamente instabile, caratterizzato da forte attività temporalesca con strutture stazionarie, pur non essendo direttamente riconducibile all'approssimarsi o al transito di un sistema frontale.

Le precipitazioni hanno colpito l'area genovese in due momenti distinti intervallati da una breve tregua di qualche ora: una prima fase temporalesca si è sviluppata tra la mattinata e le prime ore del pomeriggio; una seconda fase, più breve ma più intensa, tra la serata e le prime ore della notte successiva quando le piogge hanno fatto registrare notevoli picchi orari e tri-orari (tra gli altri: Genova Geirato 141 mm/1 ora e 226 mm/3 ore, Vicomorasso 112 mm/1 ora e 230 mm/3 ore, Torriglia 88 mm/1 ora e 212 mm/3 ore).

Le intense precipitazioni della serata hanno portato all'esondazione del rio Carpi nel centro di Montoggio e, pochissime ore dopo, all'esondazione del torrente Bisagno e dei rii Fereggiano, Sturla e Vernazza nella città di Genova.

In questo caso l'"epicentro" degli scrosci ha interessato dapprima l'abitato di Montoggio e poi una porzione del Bisagno, **limitata alla parte occidentale media e bassa del bacino, fino al Geirato compreso**. Le parti orientale e di monte del bacino idrografico hanno contribuito molto meno alla formazione della piena.

Gli idrogrammi rendono evidente il carattere "impulsivo" della piena sul Bisagno sul quale, nonostante si consideri comunemente un tempo di corrivazione superiore alle 3 ore, il tempo di risposta è stato questa volta dell'ordine dei **75-90 minuti**, tipico di un bacino esteso per meno della metà.

A conferma di quanto sopra, osservando i valori misurati dagli idrometri posizionati nel bacino idrografico del Bisagno, si evidenzia come la piena si sia sviluppata nella parte medio-bassa: infatti il colmo della piena (quella che ha provocato l'inondazione del centro città) è transitato alle 23.00 sul Geirato ed alle 23.45 sia sul Fereggiano che a Passerella Firpo, mentre nella parte alta del bacino i massimi valori di livello sono stati misurati più tardi, e l'entità della portata ad essi associata non ha provocato ulteriori criticità a valle.

Va ancora sottolineato che l'esondazione del Bisagno è iniziata intorno alle 23.15, cioè circa 30 minuti prima del manifestarsi della massima portata prodotta dall'evento.

Come di consueto, la piena del Bisagno non è stata contenuta nella parte terminale dell'alveo, caratterizzata dalla copertura che inizia con il sottopasso ferroviario e termina a mare.

Le acque del torrente in piena, fuoriuscite intorno alle 23.15 all'altezza del Ponte di S. Agata (Ponte Castelfidardo) dapprima in sponda destra (Borgo Incrociati) e poco dopo in sponda sinistra, hanno quindi oltrepassato il rilevato ferroviario attraverso i sottopassi pedonali e carrabili di Borgo Incrociati, Via Canevari, Via Archimede e Corso Torino. Il centro della città, dalla zona di Brignole, è stato invaso dall'acqua e dal materiale trasportato. L'inondazione ha interessato gran parte del quartiere della Foce con tiranti massimi dell'ordine di 2-3 metri nelle parti più depresse a piano strada, e con tiranti evidentemente maggiori nei cortili e nei locali interrati o seminterrati.

Il culmine della piena è transitato all'idrometro di Passerella Firpo (posizionato 500 metri a monte dell'imbocco della copertura) intorno alle 23.45, ed il livello presso tale stazione di rilevamento si è mantenuto al di sopra della soglia di esondazione per circa un'ora. Per tutto questo tempo il volume d'acqua defluente eccedente la capacità di smaltimento della copertura stessa ha trovato sfogo all'esterno dell'alveo.

Un ulteriore contributo all'inondazione del centro città, oltre che a quella dell'area di Via Fereggiano, Corso Sardegna, bassa San Fruttuoso e Corso Torino, è stato dato dall'esondazione del rio Fereggiano; il rio, pur apportando un volume complessivo di acqua

decisamente inferiore rispetto all'alluvione del 4 novembre 2011, è infatti nuovamente esondato in corrispondenza dell'imbocco della tombinatura terminale. L'esondazione del Fereggiano si è prodotta questa volta mentre era già in atto quella del Bisagno, iniziata intorno alle 23.15. Dal punto di imbocco della copertura terminale del Fereggiano, la portata eccedente la capacità di smaltimento della galleria è defluita lungo Via Fereggiano, Piazza Galileo Ferraris e Corso Sardegna.

L'inondazione del Bisagno si è estesa, a levante, fino a Piazza Tommaseo e Piazza Palermo; a sud l'acqua è arrivata lungo le direttrici di Via Casaregis e Corso Torino, a lambire Piazza Rossetti; a ponente l'acqua ha raggiunto i limiti della zona inondabile, costituiti da Via Diaz, Via Fiasella, la parte bassa di Via XX Settembre, Via Colombo, Via Galata, Via San Vincenzo e Via Tollot.

I danni in città sono stati dovuti prevalentemente all'inondazione dei piani terreni o seminterrati (attività commerciali, officine, magazzini), di autorimesse e garages sotterranei anche molto sviluppati nel sottosuolo (come ad esempio quello del complesso di Corte Lambruschini) e, più in generale, all'inondazione dei fondi della maggior parte degli edifici ricadenti nell'area.

Fuori dal centro città, in forte analogia con l'evento dell'8 ottobre 1970, sono stati maggiormente interessati i sottobacini del rio Veilino e del rio Geirato. In quest'ultimo, all'altezza della stazione idrometrica attiva, l'acqua ha depositato materiale (in prevalenza di pezzatura medio-grande) per circa 1,50 metri di spessore.

L'evento ha provocato una vittima sorpresa dalle acque fuoriuscite dal Bisagno all'altezza del sottopasso pedonale di Borgo Incrociati, e nel complesso sono stati stimati danni per circa 300 milioni di Euro.

Le aree inondate durante l'evento, come da mappatura approvata con DGR 59 del 28/01/2015 e s.m.i., sono riportate nella *Carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate*.

In base al livello massimo misurato a passerella Firpo, sulla base del modello idraulico bidimensionale del Bisagno, la portata al colmo transitata è stimabile in circa 960 m³/s, corrispondente ad un tempo di ritorno di circa 90 anni.

Pertanto, le aree dovute all'esondazione diretta del Bisagno, vengono comprese in fascia B; si evidenzia comunque che tali aree non eccedono i limiti della fascia B individuata tramite modellazione idraulica.

Riguardo ai colatori minori, l'esondazione è in genere riconducibile alla medesima tipologia di criticità: questi piccoli impluvi, dopo aver attraversato una prima parte molto acclive più o meno naturale, nel tratto terminale, dove la pendenza diminuisce drasticamente, sono stati tombati; le piogge molto intense registrate nell'evento hanno senz'altro provocato un significativo trasporto solido, che ha occluso, in parte o completamente le tombinature, riversando lungo le strade vere e proprie colate di acqua, fango e pietre.

Scendendo nel dettaglio per ciascuna zona allagata, fermo restando quanto precisato nel paragrafo precedente, la criticità nell'area del rio Rovare è da ricercare nel funzionamento in pressione del tratto più a valle, con allagamenti provenienti dalle caditoie o dai tombini. Inoltre, durante l'evento in questione, c'è stato un notevole apporto di acque ruscellanti

provenienti da via Gaulli, che probabilmente ha raccolto le esondazioni di due colatori provenienti dal versante soprastante; durante il sopralluogo non è però stato possibile verificare questa ipotesi.

L'area intorno a via Tortona è da attribuire all'incapacità di smaltimento dell'imbocco della tombinatura, probabilmente occlusa durante l'evento; le acque ruscellante si sono riversate poi lungo la strada fino a valle.

L'area di Caderiva si è allagata per l'azione combinata di diversi corsi d'acqua: da nord c'è stato il significativo apporto proveniente dall'esondazione all'imbocco della tombinatura sul rio S. Antonino che attraversa il cimitero, occlusa per il trasporto solido di sedimenti; procedendo verso sud c'è stata l'esondazione di un piccolo rio in corrispondenza della rampa di accesso al casello di Genova est e la più significativa esondazione del rio Ca' de Riva. Quest'ultimo risulta tombinato nel tratto terminale al di sotto di via delle Ginestre e anche in questo caso la criticità è da attribuire alla risalita delle acque dai tombini e dalle caditoie, aggravata dalla presenza nel piedritto sinistro della tombinatura di alcune aperture, realizzate per consentire lo scarico delle acque piovane che però, in caso di piena, costituiscono una fonte di allagamento.

L'area allagata all'interno del cimitero di Staglieno è da associare alla messa in pressione e conseguente esplosione della tombinatura sul rio Pontasso che attraversa lo stesso nella parte orientale.

L'area di via delle Gavette si è allagata per l'occlusione della breve tombinatura posizionata in corrispondenza del civico 29, anche a causa dell'eccezionale trasporto solido grossolano mobilizzato dalle acque di scolo del soprastante viadotto autostradale, convogliate nel rio.

L'allagamento dell'area di piazzale Adriatico è da attribuire all'incapacità di smaltimento della rete fognaria, associata alla piena del rio Torre di Quezzi.

L'area di via Lodi è da associare all'occlusione dell'imbocco della tombinatura su un rio minore in sponda destra, proveniente da località Case Solari, con conseguente deflusso delle acque ruscellanti lungo la via; ad oggi (agosto 2015) sono state eseguite delle opere sull'imbocco, alzando la quota sommitale dei muri di imbocco.

L'area lungo il rio Sciorba è conseguente al funzionamento in pressione della tombinatura, conseguente alla parziale occlusione della stessa; ad oggi è stato completato l'intervento di disostruzione, con costruzione di briglia selettiva a monte dell'imbocco, per cui sono state ripristinate le fasce di inondabilità precedenti all'evento.

L'area lungo il rio Trensasco è imputabile alla mancata ricezione delle acque piovane da parte della rete fognaria, in quel tratto a quota inferiore rispetto al corso d'acqua.

L'area di Molassana in corrispondenza del rio dell'Olmo e del rio Ca' de' Rissi è dovuta alla nota criticità della zona, come descritta in seguito, nel paragrafo dedicato all'interno del capitolo sulla sintesi delle criticità idrauliche. Ad oggi (giugno 2017) sono terminati i lavori di sistemazione del rio Ca' de Rissi, mentre restano da completare gli interventi sul rio dell'Olmo, per il quale permane una criticità in termini di inondabilità.

L'area di Ca' di Ventura è stata causata dall'insufficienza della tombinatura di attraversamento sotto via Molassana, associata, anche in questo caso, ad un rilevante trasporto solido.

Anche l'area di Giro del Fullo è associata a un eccezionale trasporto solido che ha ostruito la tombinatura terminale del rio. Ad oggi (agosto 2015) è stata realizzata una vasca di sedimentazione nel tratto iniziale della copertura.

Infine relativamente alle aree lungo il rio Torbido, delle quali non è mai stata rilevata nessuna evidenza, e alla piccola area in località Canova, non sono stati riscontrati collegamenti diretti con criticità dei corsi d'acqua limitrofi, per cui si ritiene probabile che siano associabili a

criticità locali della rete di smaltimento delle acque piovane.

In mancanza di osservazioni dirette di portata, le aree inondate sui colatori minori vengono normativamente classificate come fascia A*.



Le valutazioni in termini economici dei danni associati a ciascun evento, effettuate sulla base delle informazioni disponibili, sono state attualizzate al dicembre 1996 in base alle variazioni dell'indice ISTAT dei prezzi al consumo dal 1945 in poi.

In base a tale attualizzazione, il totale dei danni, dei soli eventi per i quali è stato possibile effettuare una stima economica, ammonta a circa 225 miliardi di lire 1996 in circa trent'anni (dal 1951 al 1977) equivalenti a circa 7.5 miliardi di lire 1996 all'anno.⁹

In Tabella 3.3.1 si riportano i valori delle portate al colmo, la stima dei relativi danni e l'associato periodo di ritorno per gli eventi alluvionali presi in considerazione.

Tabella 3.3.1 - Effetti delle alluvioni salienti del torrente Bisagno dal 1945 al 2014

Data	Portata al colmo stimata alla foce (m ³ /s)	Periodo di ritorno (anni)	Danni attualizzati (10 ⁹ Lire 1996)	Perdita di vite umane
29 ottobre 1945	450 ^a	10 ?	=	5
8 novembre 1951	(600) ^a	(19) ?	33	=
19 settembre 1953	750-800 ^a	44 ?	55	=
8 ottobre 1970	950 ^a	111 ?	75	10
6 ottobre 1977			51	=
27 settembre 1992	700 ^b			=
4 novembre 2011	700	40		6
9 ottobre 2014	960 ^c	90 ^d		1

^aCfr. REGIONE LIGURIA, Commissione Scientifica Regionale per lo Studio della Difesa del Suolo, "Piano di Bacino del Torrente Bisagno, Metodologia di redazione e finalità", Genova, Dicembre 1980

^bCfr. M. CONTI, P. LA BARBERA & L.G. LANZA, "Analisi idrologica d'evento: modellazione su base GIS e stima delle portate di piena", in: "Rapporto di Evento, Savona, 22 Settembre 1992, Genova, 27 Settembre 1992, a cura delle uu.oo. 3.2, 3.16, 3.20 e 3.29 del CNR GNDCI, 1993, pp.63-115.

^c cfr Studio di dettaglio bidimensionale Bisagno – ricostruzione evento 2014

^d Cfr allegato idrologia – curva di crescita nodo S

Verifiche idrauliche

L'obiettivo primario delle verifiche effettuate è stato quello di determinare il livello di criticità idraulica complessiva dei singoli tratti o manufatti esaminati, pertanto, pur mantenendo un

⁹ In proposito, si può rilevare come, già nella prima metà degli anni ottanta, si stimava che "...a seguito di ricorrenti esondazioni, si sono valutati i danni accertati in 30 anni ... dell'ordine dei 90 miliardi di lire del 1978", ossia di 3 miliardi di lire all'anno in lire del 1978. (Cfr. "Il Bisagno: i pericoli e lo stadio" a cura del Prof. Erminio Raiteri, da: "Il Buongiorno" il 11 maggio 1985).

elevato livello d'affidabilità, esse rivestono carattere qualitativo, finalizzato alla sola pianificazione di bacino.

Secondo quanto descritto con maggior dettaglio nei paragrafi successivi, per ciascun tratto è stata effettuata una verifica idraulica di tipo globale con i tre valori di portata di massima piena 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale, riportati nell'allegato *Idrologia* e riassunti nella tabella delle portate di piena con assegnato periodo di ritorno allegata.

Per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali dell'alveo e dei manufatti con esso interferenti, si è fatto riferimento ad una serie di rilievi topografici, effettuati da diversi Enti o soggetti proponenti, nell'ambito di studi (pianificazione territoriale, simulazioni idrauliche, esperienze su modello fisico, ecc.) e progetti (viabilità spondale, manufatti d'attraversamento, opere idrauliche, ecc.), nel corso degli ultimi anni.

I rilievi di dettaglio sono stati integrati con la cartografica tecnica disponibile (Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000, cartografia tecnica del Genio Civile in scala 1:1000 aggiornata al 1972 e relativa all'asta terminale del torrente Bisagno) e con una serie di rilievi diretti in sito.

Metodologie di calcolo

Le verifiche idrauliche dei vari tronchi d'alveo esaminati sono state condotte secondo due tipi d'approccio, uno a carattere globale, riferito al tratto d'alveo nel suo insieme, e l'altro a carattere puntuale, riferito ad un singolo manufatto o una singola sezione critica.

La maggior parte dei corsi d'acqua risulta, in seguito della revisione complessiva del Piano, indagata con verifiche di tipo globale; rimangono ancora alcune verifiche di tipo locale, in tratti con bassa esposizione di elementi a rischio.

Inoltre, come meglio specificato in seguito, il Bisagno a valle di ponte Monteverde e il Fereggiano a valle di largo Merlo, sono stati indagati con un modello idraulico bidimensionale, che ha permesso l'individuazione di tiranti e velocità nelle aree inondabili.

Di seguito sono brevemente descritte le diverse metodologie di calcolo utilizzate.

Verifiche globali monodimensionali

Le verifiche idrauliche di tipo globale sono state effettuate mediante l'ausilio di un *software*¹⁰ per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali che consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali, ecc.

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

¹. HEC-RAS, Haestad Methods Inc. - Waterbury USA

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K} \right]^2$$

dove $Q[mc/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A[mq]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3} s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il valore del coefficiente n è determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

In particolare, vista la natura e le caratteristiche dei corsi d'acqua in studio, si sono considerati come parametri preminenti il materiale del fondo alveo e delle sponde, l'irregolarità del fondo alveo e le variazioni della forma e delle dimensioni delle sezioni.

Ai fini del calcolo in tutte le verifiche è stato assunto un valore del coefficiente n pari a 0.03, corrispondente alla situazione di alveo naturale con presenza di ciottoli e ghiaia, sezioni di forma sostanzialmente regolare, presenza di ostruzioni in alveo quali pile di ponti, basamenti di tralicci ecc., scarsa presenza di vegetazione, andamento meandriforme non apprezzabile.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e $V_2 [m/s]$ sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombature (*culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalco dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello utilizza il metodo dei momenti (*Momentum Balance*) che consiste nell'uguagliare i momenti fra la sezione di monte e di valle del manufatto attraverso tre passi successivi:

1) tra sezione esterna di valle (sezione 2) e sezione interna di valle (sezione D):

$$(my)_D + (mq)_D = (my)_2 - (my)_p + (mq)_2 + F_f - W_x$$

2) tra sezione interna di valle (sezione D) e sezione interna di monte (sezione U):

$$(my)_U + (mq)_U = (my)_D + (mq)_D + F_f - W_x$$

3) tra sezione interna di monte (sezione U) e sezione esterna di monte (sezione 1):

$$(my)_1 + (mq)_1 = (my)_U + (mq)_U + (my)_p + \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \left(\frac{Ap_1}{A_1} \right) \cdot (mq)_1 + F_f - W_x$$

avendo indicato con:

$my = A \cdot Y =$ prodotto dell'area per la distanza verticale tra il pelo libero e il centro di gravità delle sezioni di deflusso.

$$mq = \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

$C_D =$ coefficiente di "drag" variabile in funzione della forma delle pile.

$F_f =$ forza dovuta all'attrito sul fondo e sulle pareti.

$W_x =$ forza peso nella direzione del flusso.

$p =$ pedice di riferimento della sola sezione bagnata delle pile.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove $Q[mc/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[mq]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove $Q[mc/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$ e $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzeanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Verifiche locali

In assenza di variazioni significative della forma e delle dimensioni dell'alveo sono state determinate le caratteristiche della corrente nelle condizioni critiche e in moto uniforme.

La verifica della sezione è stata effettuata con riferimento alle condizioni più sfavorevoli.

Poiché le sezioni esaminate sono risultate prevalentemente di forma regolare, per semplicità di calcolo sono state assimilate a sezioni rettangolari equivalenti.

Le condizioni di moto uniforme sono state determinate mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove Q [mc/s] è la portata, χ [$m^{1/2} s^{-1}$] il coefficiente di attrito, A [mq] l'area della sezione liquida, R [m] il raggio idraulico, i_f la pendenza dell'alveo.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

dove n [$m^{-1/3} s$] è il coefficiente dimensionale di scabrezza definito in funzione della natura dell'alveo.

In presenza di restringimenti dovuti alla particolare conformazione dell'alveo o alla presenza di manufatti artificiali, si è ipotizzato il moto con transizione attraverso lo stato critico all'interno della sezione ristretta ed è stata calcolata la profondità nella sezione di monte dovuta al rigurgito in corrente lenta.

Vista la natura torrentizia degli alvei in studio, tale scelta risulta cautelativa in quanto la corrente indisturbata presenta nella maggior parte dei casi le caratteristiche di corrente veloce.

In assenza di pile in alveo la quota del pelo libero subito a monte è stata calcolata imponendo l'uguaglianza dell'energia tra le due sezioni.

Nel caso di pile in alveo è stata utilizzata la formula di Marchi, valida per sezioni rettangolari:

$$Y_m = K \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b_m^2 \cdot F_L^2}}$$

dove K è un fattore di forma delle pile, b_m [m] è la larghezza della sezione di monte e F_L è il valore del numero di Froude limite tabulato in funzione del rapporto di restringimento.

Confluenze

La verifica dei nodi di confluenza è stata eseguita all'interno delle verifiche idrauliche estese, tramite il software Hec Ras, applicando, quale metodo di calcolo, il teorema della quantità di moto.

In particolare viene individuato un volume di controllo definito dalla superficie di contorno del tratto in esame in cui è applicabile la relazione generale:

$$F_e + G = M_u - M_e$$

dove F_e è la risultante delle forze di superficie (spinta idrostatica e attrito del fondo e delle pareti) agenti dall'esterno sul volume di controllo, G è la risultante delle forze di massa (in genere la forza peso), M_u ed M_e le quantità di moto delle masse che nell'unità di tempo entrano ed escono dal volume di controllo.

Il calcolo è stato eseguito con riferimento allo schema geometrico che prevede la confluenza di un affluente nel corso d'acqua principale secondo un angolo di incidenza α rispetto alla direttrice principale di deflusso.

Le verifiche idrauliche effettuate hanno riguardato i seguenti nodi di confluenza:

- Confluenza t. Bisagno - t. Lentro
- Confluenza t. Bisagno - t. Canate
- Confluenza t. Bisagno - rio Torbido
- Confluenza t. Bisagno - t. Geirato
- Confluenza t. Bisagno - rio Trensasco
- Confluenza t. Bisagno - rio Veilino
- Confluenza t. Bisagno - rio Fereggiano

I calcoli sono stati eseguiti con riferimento alle due configurazioni di portata che prevedono la portata di piena nella sezione di valle del corso d'acqua principale e alternativamente nella sua sezione di monte e nell'affluente. In particolare il primo caso è stato esaminato nel project di Hec Ras relativo all'asta principale, mentre il secondo nel project relativo a ciascun affluente. La mappatura eventuale delle aree inondabili segue, caso per caso, la configurazione peggiore

Modelli idraulici bidimensionali

Tratto t. Bisagno compreso tra ponte Feritore e ponte Serra

Il modello idrodinamico utilizzato è basato sul codice di calcolo MIKE FLOOD del Danish Hydraulic Institute. Tale modello combina dinamicamente l'approccio monodimensionale e quello bidimensionale. Gli alvei dei corsi d'acqua sono stati modellati con approccio monodimensionale attraverso l'inserimento delle sezioni trasversali disponibili, comprensive delle geometrie dei ponti interferenti con il deflusso di piena.

Gli alvei sono stati poi collegati dinamicamente alle aree laterali inondabili, sia in sponda destra che in sponda sinistra, mediante speciali funzioni di MIKE FLOOD, nel rispetto delle reali quote di sponda. La modellazione accurata della dinamica di piena, effettuata con approccio bidimensionale, è stata estesa all'intera zona in esame, sia in sponda destra che in sponda sinistra, rappresentata mediante un modello del terreno a celle quadrate, contenente gli edifici e tutte le strutture in grado di avere effetto nella propagazione della piena stessa sul territorio.

Per quanto concerne le modellazioni in alveo, i risultati delle simulazioni condotte sono forniti sotto forma di profili longitudinali di livello e tabelle contenenti i principali parametri idraulici sezione per sezione. Relativamente alle aree inondate, invece, i risultati ottenuti sono forniti sotto forma di mappe di tiranti idrici e velocità di scorrimento riferite ai loro valori massimi e a diversi momenti della piena.

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione tecnica dello studio di approfondimento, allegata al Piano

Successivamente alla conclusione dell'incarico affidato per lo svolgimento dello studio di approfondimento, in occasione dell'evento alluvionale che ha interessato il bacino del torrente Bisagno nell'ottobre del 2014, il modello bidimensionale è stato aggiornato e ulteriormente affinato, al fine di ricostruire al meglio le esondazioni osservate.

Tratto t. Bisagno a valle di ponte Serra e rio Fereggiano

A seguito del completamento dei lavori di rifacimento della copertura terminale del torrente Bisagno e della realizzazione del canale scolmatore delle piene del rio Fereggiano, l'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale ha affidato allo studio ITEC Engineering l'incarico per la realizzazione di un nuovo modello idraulico bidimensionale aggiornato per la *Riperimetrazione preventiva delle fasce di inondabilità del tratto terminale del torrente Bisagno da ponte Serra alla foce.*

Il software utilizzato per implementare il modello idraulico è **Infoworks ICM** di *HR Wallingford Innovyze*. Il modulo InfoWorks ICM costituisce un sistema di calcolo a moto vario monodimensionale e bidimensionale che utilizza la metodologia dei volumi finiti.

Il software consente di rappresentare in modo completo e accurato tutte le situazioni reali dei corsi d'acqua.

All'interno di un'unica interfaccia utente si possono rappresentare sezioni fluviali aperte con approccio monodimensionale, domini bidimensionali, reti di drenaggio chiuse e tutti i manufatti speciali presenti in ambito fluviale o fognario (ponti, soglie, sollevamenti, scaricatori di piena ecc).

Le aste fluviali possono essere rappresentate, secondo le preferenze dell'utente, o con un dominio interamente 2D (comprendente sia l'alveo inciso che le golene) che con modellazione mista (generalmente 1D per l'alveo inciso e 2D per le zone di espansione golenali).

Aree inondabili

La mappatura delle aree inondabili è attività complessa ed articolata che mira a simulare la propagazione dei volumi d'acqua esondati sulle aree prossime al corso d'acqua interessato e, seppur sviluppata attraverso metodologie "semplificate" che non si avvalgono di modelli matematici sofisticati di propagazione dei volumi esondati, deve comunque prefigurare scenari di evento in grado di definire le possibili dinamiche d'inondazione.

Per la redazione della carta delle aree inondabili si è fatto riferimento ai risultati delle già citate verifiche idrauliche, come meglio descritti nei paragrafi successivi, individuando, per ogni sezione o tratto d'argine soggetto ad esondazione, la relativa area di influenza attraverso il confronto fra la quota del pelo libero e le quote della viabilità e delle aree circostanti, applicando i franchi idraulici previsti dalla normativa.

Pertanto, a titolo di esempio, si evidenzia come tratti tombinati con correnti molto veloci – e quindi con elevato carico cinetico – possono comportare aree inondabili anche se il pelo libero risulta contenuto dalle sponde.

Ai fini dell'interpretazione dei risultati va sottolineato che la metodologia semplificata applicata è da considerarsi cautelativa in quanto non tiene conto degli effetti di laminazione dell'alveo e delle aree inondate e degli effetti dovuti alla propagazione del relativo idrogramma di piena.

Pertanto la mappatura effettuata consente l'individuazione dell'involuppo delle aree *potenzialmente interessate da fenomeni di inondazione* durante eventi di piena con tempo di ritorno assegnato; in pratica ciò significa che durante i singoli eventi l'inondazione non interessa contemporaneamente tutte le aree mappate.

Tale procedura è perciò da intendersi quale strumento conoscitivo di base del Piano Stralcio per quanto riguarda il rischio di inondazione, la valutazione dei risultati, debitamente integrati con gli opportuni studi di scenario e di vulnerabilità, è di fondamentale importanza per l'avvio delle azioni proprie della programmazione territoriale finalizzate alla mitigazione degli squilibri connessi al rischio idrogeologico ed idraulico in particolare.

Nel tratto di corso d'acqua interessato dalla modellazione bidimensionale, le aree inondabili sono ottenute in maniera diretta, come output del modello; tuttavia, al fine di verificare, in coerenza con i criteri dell'AdB regionale, la sensitività del modello alla carenza di "franco idraulico", qualora sia tale da non assicurare la capienza certa del deflusso in alveo, tenendo conto quindi della tolleranza con cui sono determinati i livelli idrici, è stata applicata dai progettisti una metodologia che prevede una parzializzazione della sezione idraulica utile al deflusso delle portate in corrispondenza delle opere di attraversamento.

Si ricorda infatti che, con riferimento alla perimetrazione delle aree inondabili, con la dizione di "franco idraulico" ci si riferisce alla distanza tra il livello di piena stimato e la sommità delle opere di difesa presenti o l'intradosso delle strutture presenti, e la sua entità fornisce una valutazione del grado di vulnerabilità e rischio corrispondente al passaggio di una portata di

piena attraverso una determinata sezione. Tale parametro rappresenta, in generale, la stima di un “coefficiente di sicurezza” da assumere rispetto agli esiti delle mere modellazioni matematiche, e ha pertanto lo scopo di tenere conto di tutte le incertezze legate alla modellazione idrologico-idraulica (concettuale, matematica e numerica) e ai vari fenomeni che possono occorrere durante gli eventi di piena, dei quali la modellazione non tiene conto. Per il modello sviluppato da DHI, i progettisti hanno proposto di introdurre delle parzializzazioni della sezione idraulica in corrispondenza delle opere di attraversamento, valutate sulla base delle caratteristiche geometriche delle opere nonché dell’interferenza sul deflusso delle stesse; tali parzializzazioni vanno dal 15%, per le strutture meno vulnerabili, fino al 40% dell’area disponibile al deflusso in corrispondenza delle opere di attraversamento e tengono conto della tolleranza con cui sono determinati i livelli idrici e della criticità rispetto al deflusso in alveo.

Per le strutture individuate come più critiche, per le quali cioè il livello stimato di pelo libero in alveo non garantiva la capienza “certa”, in quanto inferiore ad una data tolleranza, è stata poi eseguita una modellazione idrodinamica completa per l’intero tratto studiato, nelle ipotesi di sezione ridotta, con l’individuazione delle relative aree inondabili; la mappatura finale è ottenuta dall’involuppo dei diversi scenari di pericolosità.

Si rimanda alla Relazione idraulica dello Studio idraulico di approfondimento, nella revisione di luglio 2014, per maggiori dettagli sul metodo applicato e sulle schede relative a ciascun’opera esaminata.

La verifica di interferenza collegata a ponte Carrega è stata condotta dai progettisti soltanto per tempo di ritorno pari a 200 anni, in quanto, ad una prima analisi, non appariva significativa l’interferenza del ponte stesso con portate minori; in realtà, tenuto conto che la differenza tra sponda e pelo libero per portata cinquantennale è pari soltanto a circa 30 cm, durante la fase istruttoria in Comitato Tecnico di bacino, è emersa la necessità di integrare la mappatura con gli esiti della verifica del ponte Carrega anche per la portata 50-ennale. Pertanto, in accordo con i criteri assunti dai progettisti, è stata effettuata dagli Uffici un’ulteriore simulazione per portata con tempo di ritorno di 50 anni e percentuale di riduzione della sezione pari al 30%, i cui risultati sono stati integrati nell’involuppo delle mappature di pericolosità idrauliche.

La tabella seguente, costruita sul modello utilizzato dai progettisti per individuare la percentuale di riduzione, riporta i valori adottati nella simulazione per ponte Carrega per portata cinquantennale.

GRADO DI VULNERABILITA' RISPETTO ALLE CARATTERISTICHE PROPRIE DELLA STRUTTURA				
grado di vulnerabilità	MODERATO	MEDIO	ELEVATO	MOLTO ELEVATO
a - franco minimo sulla piena di progetto	adeguato (>1,0 m)	insufficiente (0,3 - 1,0 m)	inadeguato (<0,3 m)	sormonto
b - interferenze con il corso d'acqua:				
- rigurgito	moderato (<0.3 m)	medio (0.3 - 1.0 m)	elevato (1,0 - 2,0 m)	molto elevato (>2,0 m)
- ostruzione luci	moderata	media	elevata	molto elevata
Criticità complessiva della struttura	ELEVATA	La geometria dell'attraversamento pedonale comporta una notevole interferenza col deflusso, sia per la significativa dimensione delle pile in alveo sia per la geometria ad arco. La ridotta luce verticale delle due arcate alle estremità aumenta la criticità della struttura. La criticità media rispetto al franco riduce la criticità complessiva della struttura.		
% ostruzione ipotizzata	30			

Per i tratti indagati da ITEC, è stata condotta un'analisi di sensitività dei risultati della modellazione al variare degli idrogrammi in ingresso oppure alla variazione dei coefficienti di scabrezza in alveo o nelle aree esterne soggette ad allagamento. Si rimanda alla Relazione idraulica dello studio idraulico di approfondimento, nella revisione di febbraio 2020, per maggiori dettagli sul metodo applicato.

3.4 Principali criticità del bacino

Sintesi delle criticità geomorfologiche

Nel bacino del Bisagno, pari a ~ 93km², sono state censite oltre 300 frane; in riferimento a tale campione si rileva che:

- + il 38% presenta dimensioni inferiori ad 1Ha, il 52% ha dimensioni comprese tra 1-10 Ha ed il 10% ha dimensioni maggiori di 10 Ha (nella valutazione non sono state considerate le frane non cartografabili alla scala del lavoro);
- + il 56% dei movimenti censiti sono stati classificati “quiescenti” mentre il 44% è risultato “attivo” in rapporto alle evidenze morfologiche presenti e rilevabili alla scala del lavoro;
- + il 51% dei movimenti individuati presenta uno stile caratterizzato da più tipi di movimenti associati;
- + le tipologie più frequenti sono gli scivolamenti associati a colamenti, mentre in misura minore risultano i fenomeni caratterizzati da crolli associati a scivolamento. I fenomeni di colamento osservati presentano cinematismi lenti; solo nelle frane classificate a stile composito gli scivolamenti sono associati a colamenti a cinematismo veloce;
- + rispetto alla totalità dei movimenti franosi individuati, una parte dei fenomeni presenta, sulla base dell’andamento morfologico dei versanti, potenziali situazioni di ampliamento dell’area in frana;
- + una percentuale dei fenomeni franosi risulta inoltre interessato da fenomeni di erosione areale ovvero da potenziali fenomeni di riattivazione per erosione al piede o laterale dell’accumulo;
- + movimenti franosi si registrano in corrispondenza di contatti litologici, ovvero su versanti caratterizzati da contrasti di permeabilità e competenza e lungo versanti che presentano indicatori morfologici riconducibili a D.G.P.V.

A titolo di esempio nella tabella seguente è riportata l’influenza della litologia come elemento discriminante della distribuzione della franosità rispetto al valore medio di riferimento (15.9%) per la porzione di bacino relativa all’asta principale del Bisagno ed ai suoi affluenti in sponda sinistra.

FORMAZIONE	AREA TOTALE (kmq)	AREA TOTALE (%)	AREA IN FRANA (kmq)	AREA IN FRANA (%)	AREA IN FRANA AREA FORMAZIONE (%)
Flysch calcarei e marnosi	40.82	67.6	4.97	51.8	12.2
Argilliti	4.43	7.3	2.48	25.8	56
Flysch marnosi e argilliti	10.4	17.2	1.29	13.4	12.4
Flysch di marne e arenarie finissime	4.8	7.9	0.86	9.0	17.9
TOTALE*	60.45	100.00	9.6	100.00	15.9

(*) Il totale dell’area non considera le aree di fondovalle e le zone caratterizzate da urbanizzazione compatta.

Confronto fra le percentuali di area in frana per ciascuna delle formazioni affioranti nella porzione di bacino dell’asta principale del Bisagno e dei suoi affluenti in sponda sinistra.

La tabella successiva - sempre relativa alla parte di bacino che comprende l'asta principale del Bisagno ed i suoi affluenti di sinistra - permette di individuare invece, nell'ambito della stessa litologia, domini con un diverso grado di distribuzione della franosità misurando la percentuale di area in frana riferita a "gruppi" di versanti (sotto-bacini), tenuto conto degli effetti connessi alle principali caratteristiche geologiche, strutturali e morfologiche rilevate nella zona in esame nell'ambito delle diverse litologie.

In generale si rileva che elevate percentuali di area in frana sono presenti in corrispondenza della litologia a componente prevalentemente argillosa (>30%) ovvero nei terreni caratterizzati da ridotta permeabilità; mentre, a parità di litologia, si riscontra un'elevata concentrazione di fenomeni franosi (20%-30%) in corrispondenza di contrasti di competenza ovvero dove i versanti sono caratterizzati da indicatori di movimenti gravitativi profondi (*movimenti principali*) e lungo i quali si riscontrano elevate concentrazioni di movimenti secondari.

Piano di bacino del torrente BISAGNO
 RELAZIONE GENERALE

DOMINIO	AREA DOMINIO (km ²)	AREA DOMINIO (%)	AREA LITOLOGIA (km ²)	AREA IN FRANA (km ²)	AREA IN FRANA AREA LITOLOGIE (%)	
Alto Bisagno (versante Dx)	8.3	12	A	5.7	0.62	10.8
			B	0.8	0.45	56.7
			C	0.7	-	-
			D	1.1	0.03	2.5
Alto Bisagno (versante Sx)	3.7	5.4	D	3.7	0.84	22.8
Alto Bisagno (Bargagli - Traso)	6	8.8	A	0.15	-	-
			B	0.9	0.57	63
			C	4.95	1	21.3
Alto Bisagno (Trapena)	4.8	7	A	1.75	0.03	1.9
			B	0.025	-	-
			C	3	0.09	2.9
Lentro (versante Dx)	5.3	7.7	A	3.7	0.32	8.4
			B	0.05	-	-
			C	1.6	0.15	9.3
Lentro (versante Sx)	6.1	8.9	A	6	0.36	5.9
			C	0.15	-	-
Canate	8.8	12.9	A	8.8	1.17	13
Medio Bisagno (La Presa)	2.9	4.2	A	2.9	0.44	15.1
Medio Bisagno (Le Pigne)	5.2	7.6	A	2.5	0.69	27.2
			B	2.4	1.35	56.5
Rio Mermi	2.2	3.2	A	1.92	0.24	12.3
			B	0.25	0.1	44
Rio Ferreggiano	4.9	7.2	A	3.9	0.43	10.9
Basso Bisagno	10.3	15.1	A	3.5	0.7	19.8
TOTALE	68.4	100.00		60.45*	9.6	15.9

(*) Il totale dell'area non considera le aree di fondovalle e le zone caratterizzate da urbanizzazione compatta.

Confronto fra le percentuali di area in frana per la porzione di bacino dell'asta principale del Bisagno e dei suoi affluenti in sponda sinistra per ciascuna delle litologie affioranti con riferimento a domini areali predefiniti. Con: A = Flysch calcarei marnosi; B = Argilliti; C = Flysch marnosi ed argilliti; D = Flysch di marne ed arenarie.

Sintesi degli eventi alluvionali verificatisi nell'autunno 2014

Due eventi alluvionali hanno interessato nell'autunno 2014 il territorio della città di Genova ed il suo entroterra. Durante quello di ottobre, il maltempo ha raggiunto il culmine nella serata del 9 ottobre, quando le precipitazioni intense hanno interessato il capoluogo genovese, in particolare il bacino del torrente Bisagno, che è esondato provocando l'inondazione della città. L'evento ha avuto ripercussioni nel Comune di Genova, dando origine a nuovi dissesti localizzati particolarmente nella parte media del bacino, soprattutto nelle valli del Geirato e del Torbido.

L'aggiornamento ha portato a perimetrare oltre 40 nuovi dissesti cartografabili alla scala di piano di bacino. Si tratta prevalentemente di frane complesse, soil sleep e debris flow che hanno interessato peraltro anche viabilità sia principali che secondarie (ad esempio la S.P. per Creto, la strada per Carpi e San Nicolò nel sottobacino del rio Gaxi); una frana in loc. Aggio ha interessato una civile abitazione.

Relativamente al sottobacino del Geirato, i dati censiti dai sopralluoghi diretti sono stati integrati anche con quelli emersi dal censimento dei fenomeni franosi elaborato dai ricercatori del *CNR-IRPI Geohazard Monitoring Group di Torino*.

L'evento meteo-pluviometrico inoltre ha attivato fenomeni di erosione lineare su impluvi minori come ad esempio quelli nei pressi della loc. Cartagenova

Più nel dettaglio, come sotto riportato negli stralci cartografici e nella documentazione fotografica, l'evento alluvionale ha attivato parte di una frana quiescente del vigente piano nel sottobacino del rio di Pino, originato nuovi dissesti inquadrabili alcuni come debris flow all'interno della dinamica torrentizia dei tratti di monte (rio Bastia, rio Maggiore, rio Piano) altri classificabili come soil sleep o frane complesse generate principalmente dallo scalzamento al piede dei rii stessi (rio Monte di Pino, rio Piano, rio di Pino).

In sponda destra del rio Gaxi una delle due nuove frane complesse ha interrotto la viabilità con la loc. Carpi, oggi ripristinata con tracciato alternativo più a monte.

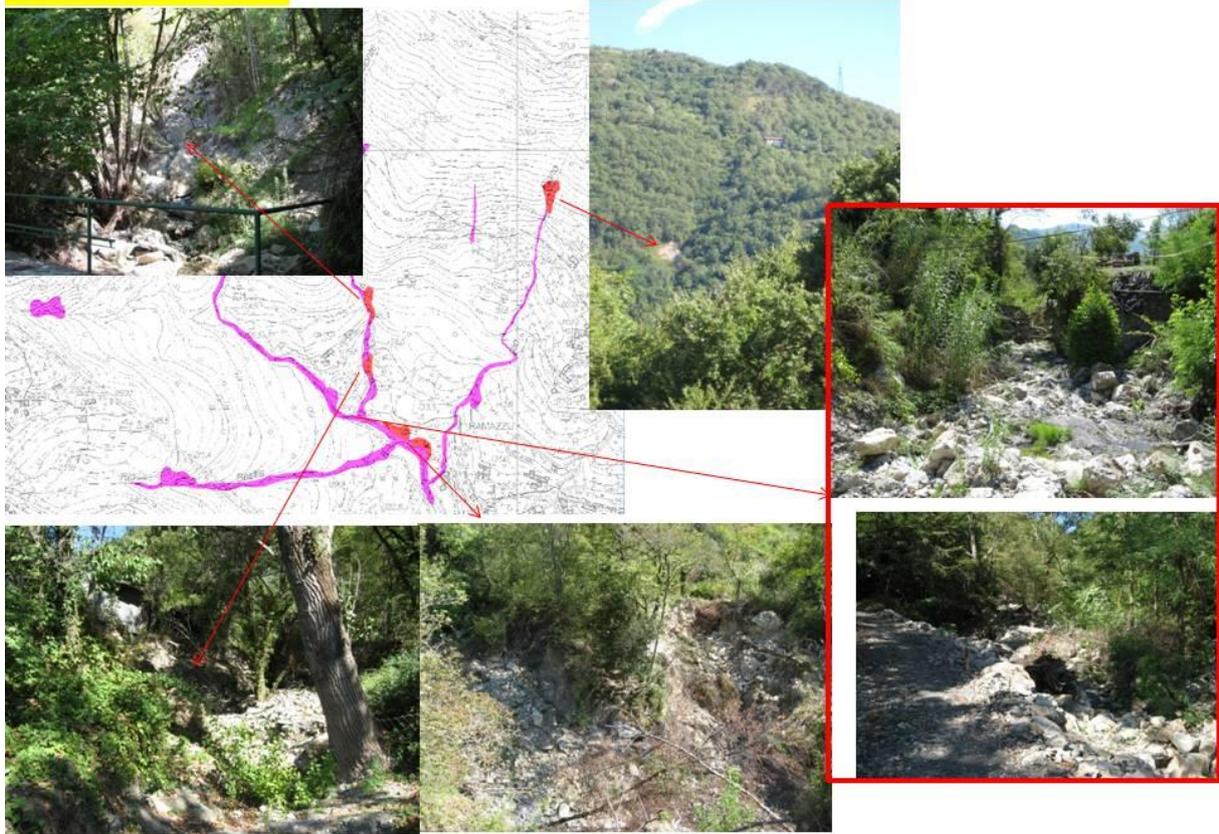
Nella parte alta del Geirato ad ovest di Prato Casarile tra Pizzo Corvo e Monte Mezzano sono stati perimetrati nove nuovi dissesti tra soil sleep e movimenti complessi, oltre i debris flow che interessano l'aveo dell'alto Geirato e di suoi affluenti.

Procedendo verso monte lungo il Bisagno una nuova frana si è generata all'interno del complesso estrattivo Montanasco e si è ampliata la frana nei pressi di Giro del Fullo.

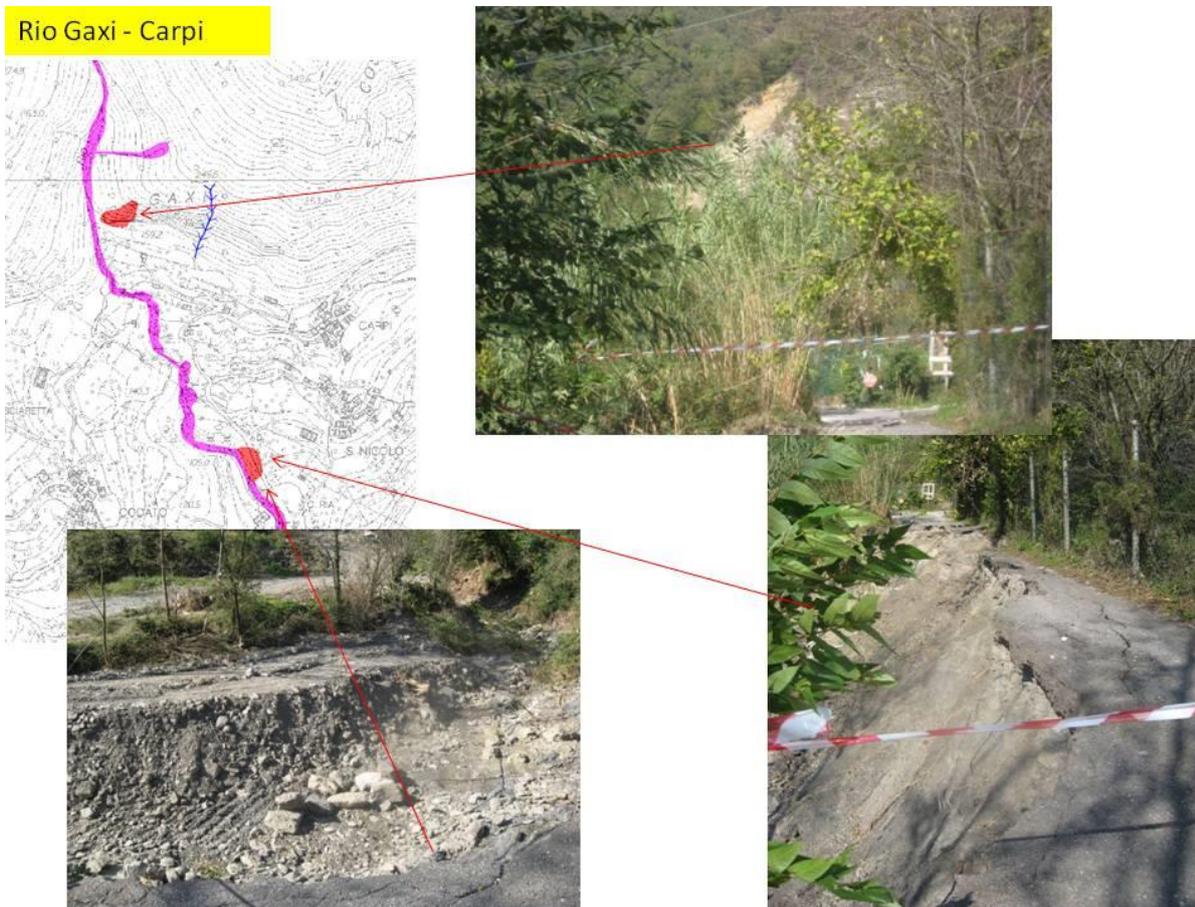
Nel sottobacino del rio Torbido dei nuovi otto dissesti, quattro sono localizzati all'interno della loc. Aggio, due lungo le sponde del rio Aggio e due hanno interessato la viabilità provinciale per Creto nella sua parte più settentrionale, uno dei quali risulta fare già parte di una più ampia frana attiva del piano vigente.

Infine, lungo la S.S.45 si sono originati due dissesti, rispettivamente un soil sleep nei pressi di loc. Cavassolo subito a valle di un edificio sul quale sono già stati effettuati interventi di sistemazione e un debris flow lungo il rio Erbuenza, affluente minore di sinistra del Bisagno, poco prima della loc. La Presa.

Geirato – Rio di Pino



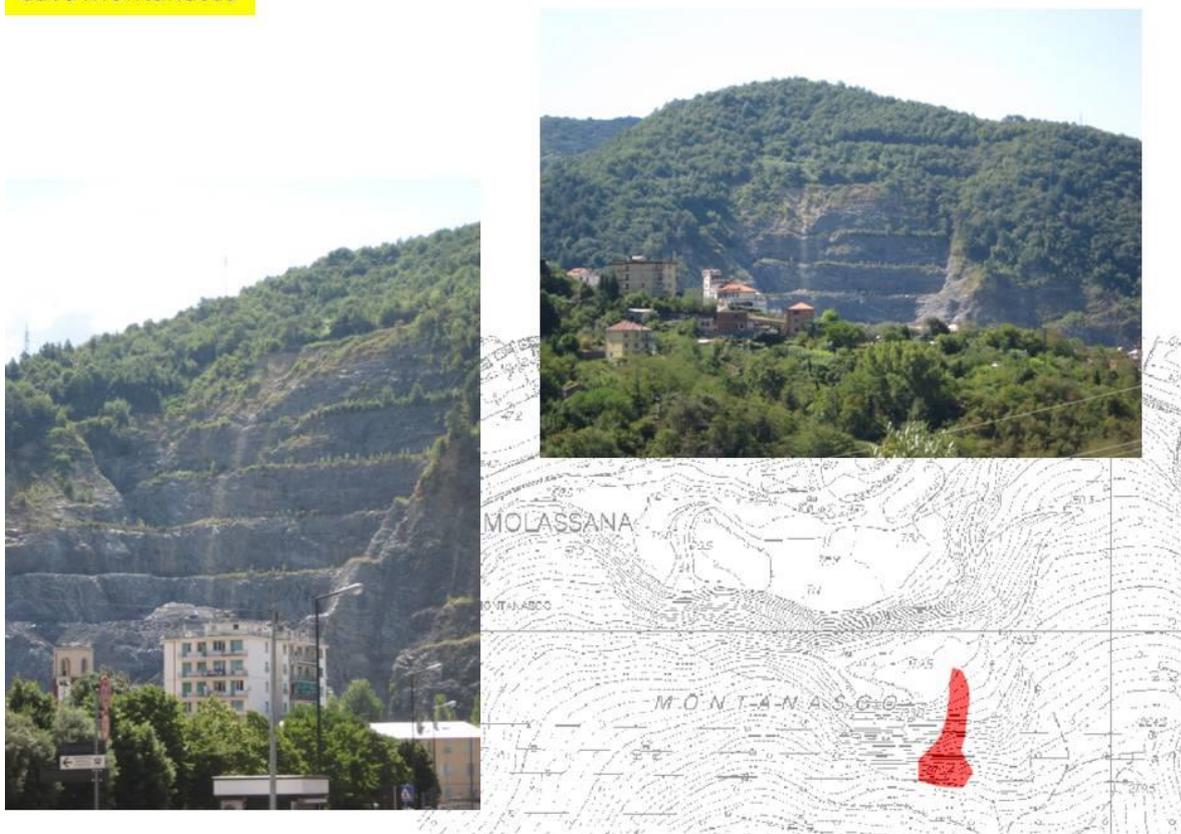
Rio Gaxi - Carpi



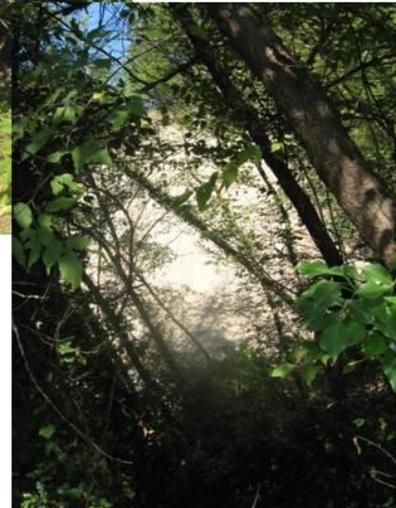
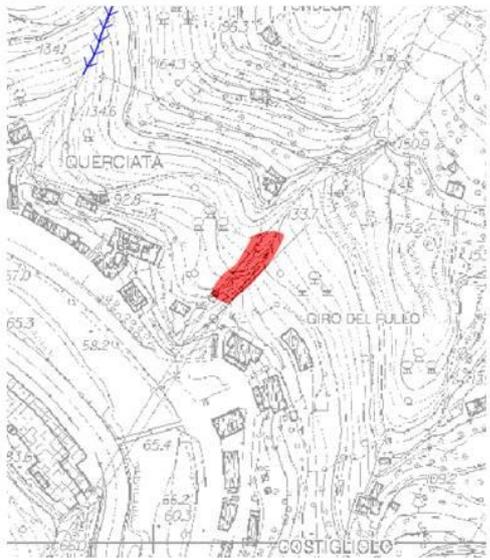
Geirato



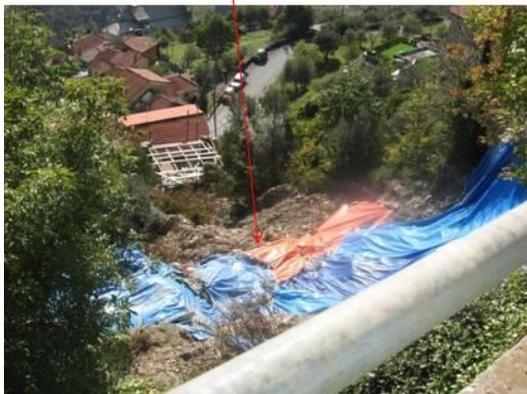
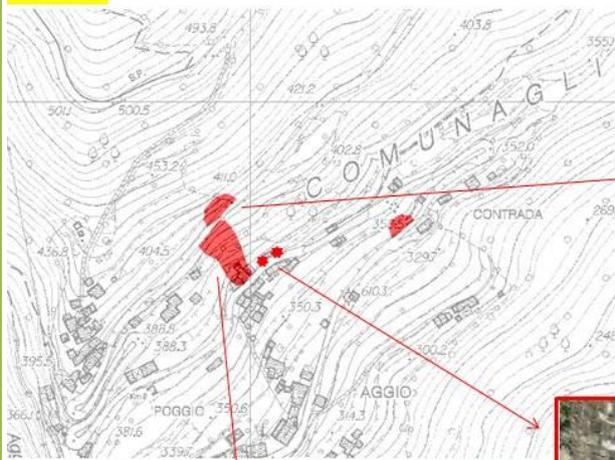
Cava Montanasco



Giro del Fullo



Aggio



Aggio



Aggio



S.P. Creto



S.S. 45



Sintesi delle criticità idrauliche

VERIFICHE IDRAULICHE TORRENTE BISAGNO

Come già anticipato in premessa, sono state condotte verifiche idrauliche in moto permanente con i tre valori di portata di massima piena cinquantennale, duecentennale e cinquecentennale. Sull'asta principale coprono il tratto compreso tra località La Presa, a monte della confluenza con il Torrente Lentro, e il ponte Feritore, all'altezza di San Sebastiano. Sono inoltre stati indagati tutti gli affluenti principali con le relative confluenze ed alcuni affluenti minori. La carta delle tracce delle sezioni idrauliche e tratti indagati riporta nel dettaglio i tratti indagati e l'ubicazione delle sezioni di calcolo.

L'asta principale tra ponte Feritore e lo sbocco a mare, nonché il tratto del rio Fereggiano a valle della tombinatura di largo Merlo, sono coperti da modellazione bidimensionale.

I risultati delle verifiche idrauliche monodimensionali sono riassunti in forma numerica e grafica nell'allegato *Verifiche idrauliche* e comprendono profili di rigurgito, sezioni idrauliche con livelli piezometrici e carichi totali e tabelle numeriche riassuntive delle principali grandezze idrauliche.

I risultati del modello bidimensionale comprendono, oltre a quanto sopra, anche i tiranti e le velocità massimi valutate nelle celle di calcolo del modello.

In estrema sintesi, si può osservare che il tronco più critico è quello terminale a causa della insufficienza del tratto canalizzato e coperto per il quale la portata indisturbata di massima piena con periodo di ritorno 200-ennale è stata stimata in 1300 m³/s, valore che supera ampiamente la sua capacità di smaltimento, che fu calcolata in 500 m³/s in fase di progetto¹¹; valore superabile con periodo di ritorno 20-ennale - 50-ennale e superato più volte, sia nel corso di questo secolo¹², sia in precedenza¹³.

A seguito del completamento dei lavori di adeguamento della copertura terminale (2021), la portata ora smaltibile con adeguato franco risulta essere circa 850 m³/s, corrispondente ad un tempo di ritorno superiore a 50 anni.

L'elevato rischio di esondazione per superamento della capacità di smaltimento del tronco canalizzato e coperto comporta pericolosi effetti di rigurgito a monte che si ripercuotono fino alla confluenza del rio Fereggiano e sono amplificati dalla presenza di ulteriori manufatti di attraversamento e/o strutture interferenti con l'alveo.

Pur non rientrando tra le tematiche di approfondimento di questo Piano stralcio, negli studi propedeutici degli affluenti dal Veilino al Ruinà sono state individuate le aree in cui il fenomeno dell'esondazione è dovuto alle acque che, scendendo dalle colline, a causa dell'insufficiente sistema fognario, non trovano opportuno sfogo nelle caditoie.

Le zone a cui si fa riferimento sono così localizzate:

1. area in prossimità della zona denominata Gavette a valle del ponte autostradale, compresa tra il rio Veilino ed il rio Preli;
2. area in prossimità della zona denominata Ca' dei Rissi, compresa tra il rio della Rocca ed il torrente Geirato;

¹¹ Cfr. G. FANTOLI, I. INGLESE & R. CANEPA, "Sulla portata massima del torrente Bisagno e sulla condotta urbana dello stesso", Relazione all'Illustrissimo Sindaco di Genova, Coi tipi della S.A.I.C.C. di Bacigalupi, Genova, 1909.

¹² Dopo la realizzazione dell'opera di canalizzazione coperta, tra il 1928 e il 1931.

¹³ Nonostante le affermazioni contrarie di FANTOLI ET ALII (1909) la piena del 1822 fu probabilmente caratterizzata da una portata al colmo assai maggiore di 500 m³/s, così come, a giudizio degli stessi autori, quella del 1892 raggiunse una portata al colmo non troppo inferiore a tale valore.

3. area in prossimità della zona denominata Prato, compresa tra il rio Torbido ed il rio Ruinà;
4. tratto urbanizzato rio Torbido;
5. tratto urbanizzato torrente Geirato.

Torrente Bisagno: dalla foce a ponte Serra. Studio idraulico bidimensionale

In questo tratto, come già anticipato, è stato sviluppato un modello idraulico bidimensionale nell'ambito dell'incarico affidato alla società ITEC, finalizzato alla ripermetrazione preventiva delle fasce di inondabilità del tratto terminale del torrente Bisagno da ponte Serra alla foce, a seguito degli interventi di adeguamento idraulico-strutturale della copertura terminale del torrente Bisagno e della realizzazione dello scolmatore del rio Fereggiano

In sintesi, le attività si sono sviluppate nelle seguenti fasi:

- raccolta e analisi della documentazione disponibile relativa a cartografia, rilievi topografici, studi idraulici, progetti, ecc. relativa all'area in esame;
- sistematizzazione e omogeneizzazione delle verifiche idrauliche disponibili sul torrente Bisagno da ponte Serra allo sbocco a mare e sul rio Fereggiano dall'imbocco del canale scolmatore (inizio Via Ginestrato) allo sbocco nel torrente Bisagno;
- determinazione degli idrogrammi di piena per diversi tempi di ritorno secondo la metodologia riportata nella DGR 357/08 relativi al torrente Bisagno alla confluenza con il rio Fereggiano e allo sbocco a mare, e al rio Fereggiano alla confluenza con il torrente Bisagno, nell'ipotesi di presenza dello scolmatore del rio Fereggiano;
- acquisizione della base topografica costituita dal LIDAR del Ministero dell'Ambiente a maglia 1x1 metri per la porzione di territorio interessata dallo studio;
- integrazione e controllo dei punti della maglia del DTM in base alla cartografia e ai rilievi topografici di dettaglio disponibili;
- ricostruzione dei fenomeni di allagamento in caso di portata di piena 50-ennale e 200-ennale con l'utilizzo di un modello bi-dimensionale per la determinazione dei tiranti idraulici e delle velocità di scorrimento;
- analisi di sensitività del modello e dei parametri di calcolo adottati;
- mappatura dei tiranti idraulici e delle velocità di scorrimento in caso di portata di piena 50-ennale e 200-ennale;
- proposta di mappatura delle fasce di inondabilità in accordo con i criteri indicati dalla DGR 91/2013.

Per la trattazione dettagliata del modello, delle analisi condotte e dei risultati ottenuti si rimanda ai documenti dello Studio, allegati al Piano.

Torrente Bisagno: da ponte Serra a ponte Feritore. Studio idraulico bidimensionale

In questo tratto, come già anticipato, è stato sviluppato un modello idraulico bidimensionale nell'ambito dell'incarico affidato al R.T.I. composto dal Consorzio DHI Italia, con sede a Torino, e da ART Ambiente Risorse Territorio s.r.l., con sede a Parma.

Nel dettaglio, la finalità dell'incarico è collegata alla verifica dell'adeguatezza dei contenuti del Piano di Bacino, con specifico riguardo all'assetto del territorio in relazione all'evento alluvionale verificatosi nel Comune di Genova il 4 novembre 2011.

In sintesi, le attività si sono sviluppate nelle seguenti fasi:

- aggiornamento del quadro conoscitivo, volto alla ricostruzione il più fedele possibile

- della geometria del corso d'acqua e delle aree golenali;
- allestimento del sistema modellistico integrato idrologico-idrodinamico, tramite un modello matematico-numerico che integra in un'unica piattaforma il calcolo della trasformazione afflussi-deflussi, la simulazione del deflusso della portata di piena in alveo e l'eventuale fase di esondazione sul territorio urbano;
 - analisi degli eventi alluvionali del 2011 e del 2014, finalizzata in particolare alla calibrazione del modello idraulico;
 - simulazione idrodinamica degli eventi di progetto con tempo di ritorno 50, 200, 500 anni;
 - analisi di sensitività dei risultati del modello idraulico rispetto alla verifica della capienza certa in alveo del deflusso, attraverso ipotesi di riduzione della sezione idraulica in corrispondenza di ponti o coperture per valutare i conseguenti effetti sull'estensione delle aree inondabili;
 - predisposizione delle carte delle aree inondabili, dei tiranti e delle velocità massime e degli ambiti normativi.

Per la trattazione dettagliata del modello, delle analisi condotte e dei risultati ottenuti si rimanda ai documenti dello Studio, allegati al Piano.

Torrente Bisagno: da ponte Feritore a confluenza con il torrente Geirato

Descrizione del tratto

Il tronco d'alveo oggetto di verifica è compreso tra il ponte Feritore, poco più a valle dello sbocco in Bisagno del rio Cicala, e la confluenza fra il torrente Bisagno ed il torrente Geirato in prossimità dell'abitato di Molassana (compreso tra i nodi M ed L dello schema del reticolo idrografico).

Esso ha una lunghezza complessiva di circa 1900 m con direzione prevalente NE-SO e andamento leggermente curvilineo con convessità rivolta verso la sponda destra.

Le sezioni sono di forma regolare assimilabile alla rettangolare con larghezze al fondo variabili tra 55 e 70 m circa; la pendenza media del tratto è pari allo 0.7%.

Il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni e risulta inciso nella sua parte centrale con presenza ai lati di depositi, in alcuni tratti anche di consistente entità, e di vegetazione arbustiva.

Entrambe le sponde sono arginate con diverse tipologie costruttive: in sponda destra nel tronco compreso tra il ponte Feritore e la passerella pedonale a monte di ponte Gallo l'argine è in blocchi di pietra e calcestruzzo intonacato con parapetto in muratura piena, dalla passerella alla confluenza con il torrente Geirato è in c.a. con parapetto pieno; in sponda sinistra è interamente in c.a. con parapetto pieno.

Lungo il tratto sono presenti, da valle verso monte, i seguenti manufatti di attraversamento: ponte Feritore (in c.a., sette campate), passerella pedonale (in c.a., tre campate), ponte Gallo (in c.a., due campate), passerella pedonale (in c.a., tre campate).

È presente inoltre una briglia in calcestruzzo, ubicata circa 120 m a valle della confluenza con il torrente Geirato.

Gli affluenti principali del torrente Bisagno in questo tratto sono, procedendo da valle verso monte, in sponda destra, il rio Cicala, il rio Trensasco, il rio della Rocca e il torrente Geirato, mentre in sponda sinistra non sono presenti affluenti significativi.

Le aree adiacenti alle sponde sono fortemente urbanizzate; la viabilità principale si sviluppa lungo gli argini del corso d'acqua ed è costituita in sponda destra da Via Emilia e Via Molassana

e, in sponda sinistra, da Via Adamoli.

Le portate utilizzate per le verifiche sono riportate nella tabella successiva:

TRATTO	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q ₅₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q ₅₀₀ [m ³ /s]
t Geirato – r. Trensasco	BIS 98-BIS 86	M	637	1049	1440
r. Trensasco – p. Feritore	BIS 85-BIS 79	O	696	1147	1573

È stato adottato un valore del parametro di Strickler di $33 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$, pari a un valore del coefficiente di Manning di $0,03 \text{ sm}^{-1/3}$.

Risultati delle verifiche idrauliche

Ai fini delle verifiche è stato utilizzato un rilievo dell'alveo in scala 1:500 messo a disposizione da A.M.G.A. ed eseguito nel 1996 nell'ambito del progetto di massima della nuova condotta adduttrice dell'acquedotto Val Noci.

Il rilievo è relativo al solo alveo del torrente da sponda a sponda senza le quote della sommità degli argini.

Queste ultime sono state ricavate, per la sola sponda destra, che risulta più bassa di quella sinistra e con argini di più vecchia realizzazione, dalla cartografia in scala 1:1000 dell'asta terminale del torrente Bisagno aggiornata al 1972 e messa a disposizione dalla Provincia di Genova.

Dato il carattere torrentizio del corso d'acqua e la presenza di diversi ostacoli in alveo, la verifica è stata eseguita integrando il profilo per entrambe le condizioni di corrente lenta da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle con i tre valori tipici di portata.

Da un punto di vista generale si può affermare che il tratto è in grado di smaltire la portata di piena duecentennale senza dare luogo ad esondazioni.

Tuttavia, rispetto alla portata 200-ennale, si segnala una leggera criticità (franchi minimi) nel tratto compreso fra ponte Gallo (BIS86) e la passerella pedonale più a monte (BIS90) in sponda destra.

Relativamente alle opere di attraversamento, si segnala in particolare Ponte Gallo che risulta critico con franchi nulli o molto contenuti (minori di un metro) rispetto alla quota del pelo libero della portata 200-ennale.

T. Bisagno: da confluenza con il torrente Geirato a confluenza con il rio Torbido

Descrizione del tratto

Il tronco d'alveo oggetto di verifica è compreso tra la confluenza tra il torrente Bisagno e il torrente Geirato a valle (in prossimità dell'abitato di Molassana) e la confluenza tra il torrente Bisagno e il rio Torbido (loc. Struppa) a monte (compreso tra i nodi I ed H dello schema del reticolo idrografico).

Esso ha una lunghezza complessiva di poco più di 2400 m e presenta un andamento a forma di S con direzione prevalente E-O.

Le sezioni sono di forma regolare assimilabile alla rettangolare con larghezze al fondo variabili tra 50 e 55 m circa; la pendenza media del tratto è pari allo 0.9 % circa.

Il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie e grosse dimensioni e, circa a metà del tratto, in corrispondenza del doppio cambio di direzione, da banchi di roccia sub-affiorante.

Entrambe le sponde sono arginate con muri in c.a. e relativo parapetto.

Lungo il tratto sono presenti, da valle verso monte, i seguenti manufatti: ponte Fleming (in

c.a., campata unica), ponte pedonale Cavalletti (in c.a., quattro campate), passerella pedonale Castello (in c.a., cinque campate), ponte Solimano (in c.a., quattro campate), ponte Gualco (in c.a., tre campate).

Sono inoltre presenti cinque briglie in calcestruzzo d'altezza fuori acqua variabile da 0.5 a 2 m circa.

Gli affluenti principali del torrente Bisagno in questo tratto sono, procedendo da valle verso monte, in sponda destra il rio Prau, il rio Fundega, il rio Prou e il rio Consigliere, in sponda sinistra, il rio Pianoletti, il rio Castagnello, il fosso Bruma e il rio Serino.

Le aree adiacenti alle sponde sono fortemente urbanizzate; la viabilità principale si sviluppa lungo gli argini del corso d'acqua ed è costituita in sponda destra da Via Molassana e Via Struppa e, in sponda sinistra, dalla Via Adamoli.

Le portate utilizzate per le verifiche sono riportate nella tabella successiva:

TRATTO	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q ₅₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q ₅₀₀ [m ³ /s]
r. Torbido – t. Geirato	BIS 116-BIS 99	I	559	921	1264

E' stato adottato un valore del parametro di Strickler di $33 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$, pari a un valore del coefficiente di Manning di $0,03 \text{ sm}^{-1/3}$.

Risultati delle verifiche idrauliche

Per questo tratto non erano disponibili rilievi di dettaglio, ma solamente la cartografia regionale in scala 1:5000 e la cartografia in scala 1:1000 dell'asta terminale del torrente Bisagno aggiornata al 1972 e messa a disposizione dalla Provincia di Genova. Nella fase di revisione del Piano sono stati realizzati diversi rilievi ad hoc per integrare le sezioni mancanti lungo l'intero tratto.

I risultati delle verifiche confermano la scarsa criticità del tronco d'alveo; i manufatti di attraversamento risultano infatti sufficienti al deflusso della portata 200-ennale con quote del pelo libero nella sezione rigurgitata di monte inferiori di oltre 1 m rispetto a quelle dell'intradosso.

Torrente Bisagno: da confluenza con il rio Torbido a ponte della Paglia

Descrizione del tratto

Il tratto in oggetto è in corso di profonda modificazione a seguito degli interventi in corso di realizzazione per la costruzione della nuova viabilità in sponda sinistra, accompagnati da una sistemazione idraulica globale dell'intero tratto. Infatti, oltre al nuovo argine continuo in sponda sinistra, si è provveduto ad allargare il corso d'acqua, a eliminare gli attraversamenti che interferivano con il regolare deflusso e a realizzare le adeguate opere di protezione arginale in sponda destra a difesa degli edifici in fregio all'alveo.

Di seguito i principali interventi già realizzati: il ponte tubo dell'acquedotto, che costituiva un ostacolo al deflusso già per portate 100-ennali, è stato rimosso; la sezione tipica di deflusso è stata allargata; l'intero tratto risulta ora arginato su entrambe le sponde; è stato costruito un nuovo ponte carrabile a campata unica in località Canova (BIS 127).

Il tronco d'alveo oggetto di verifica costituisce il primo tratto dell'asta valliva del torrente Bisagno ed è compreso tra gli abitati di Prato e Struppa in sponda destra e Rosata e Castagnello in sponda sinistra (compreso tra i nodi G ed F dello schema del reticolo idrografico).

Esso ha una lunghezza complessiva di circa 1500 m con andamento sostanzialmente rettilineo in direzione E-O, ad esclusione di un primo tratto in curva (circa 150 m) con convessità rivolta

verso la sponda sinistra in corrispondenza del ponte della Paglia.

Le sezioni sono per la maggior parte di forma regolare assimilabile alla rettangolare con larghezze al fondo variabili tra 45 m e 60 m circa; la pendenza media del tratto è pari all'1% circa.

Il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli di medie dimensioni e risulta sgombero da grossi depositi e con scarsa vegetazione arborea e arbustiva.

La sponda sinistra è costituita dalla nuova viabilità di scorrimento realizzata da ANAS.

La sponda destra è arginata, con muri in c.a., in corrispondenza dello stesso tratto di cui sopra e nella parte terminale per circa 300 m dal ponte Nuovo della Rosata sino alla confluenza con il rio Torbido.

Oltre alla già citata briglia in c.a., lungo il tratto sono presenti, da valle verso monte, i seguenti manufatti di attraversamento: ponte confluenza rio Torbido (in c.a., tre campate), ponte Vecchio della Rosata (ad arco in pietra, tre campate), ponte Nuovo della Rosata (in c.a., tre campate), nuovo ponte della Canova (campata unica), ponte della Paglia (ad arco in pietra e mattoni, tre campate).

Oltre al rio Torbido, affluente di destra all'estremità di valle del tratto, sono presenti una serie di affluenti minori quali il rio Ruina in sponda destra e, da valle verso monte, il rio Rosata, il rio Chiusette, il rio Baggio (Del Gatto), il rio Cunietto e il rio Castagnello in sponda sinistra.

Le aree adiacenti in sponda destra sono fortemente urbanizzate e la viabilità principale, costituita da Via Struppa, costeggia il corso d'acqua nel solo tratto a valle del ponte Nuovo della Rosata.

Le aree adiacenti in sponda sinistra sono costituite dal versante naturale e da aree urbanizzate e capannoni industriali; è presente la nuova viabilità di sponda.

Le portate utilizzate per le verifiche sono riportate nella tabella successiva:

TRATTO	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q ₅₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q ₅₀₀ [m ³ /s]
Ponte Paglia – r. Torbido	BIS 143-BIS 117	G	475	782	1073

È stato adottato un valore del parametro di Strickler di $33 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$, pari a un valore del coefficiente di Manning di $0,03 \text{ sm}^{-1/3}$.

Risultati delle verifiche idrauliche

Ai fini delle verifiche è stato utilizzato un rilievo di dettaglio dell'alveo in scala 1:500 messo a disposizione da A.N.A.S. ed eseguito nel 1996 nell'ambito del progetto di prosecuzione della strada a scorrimento veloce in sponda sinistra, opportunamente integrato con rilevamenti realizzati ad hoc.

Dato il carattere torrentizio del corso d'acqua e la presenza di diversi ostacoli in alveo, la verifica è stata eseguita integrando il profilo per entrambe le condizioni di corrente lenta da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle con i tre valori tipici di portata.

Le verifiche idrauliche condotte sulle sezioni di progetto dell'ANAS mostrano una sufficienza del tratto in esame al deflusso della portata duecentennale, che transita in genere con franco superiore al metro, tranne in corrispondenza del nuovo ponte Canova, ove si riduce a circa 80 cm; il pelo libero della 500-ennale risulta superiore alla quota dell'impalcato

Il tratto risulta nel complesso sufficiente allo smaltimento della portata 200-ennale; si evidenzia una criticità relativamente alla quota della sponda destra nel tratto compreso tra le sezioni BIS132 e BIS141.

La sponda sinistra, a seguito della realizzazione della nuova viabilità non presenta criticità; le aree inondabili sono in questo caso causate dall'insufficienza delle canalizzazioni dei tratti

terminali dei rivi laterali, che provocano l'inondazione delle aree limitrofe.

I manufatti d'attraversamento risultano sufficienti al deflusso delle portate di verifica.

Inoltre si evidenzia una tendenza dell'intero tratto al deposito di sedimenti in alveo, tanto da richiedere una continua manutenzione volta al mantenimento dei franchi di progetto rispetto alle opere realizzate.

Torrente Bisagno: da località La Presa a ponte della Paglia

Descrizione del tratto

Il tronco d'alveo oggetto di verifica presenta caratteristiche geomorfologiche differenti dal tratto più a valle in quanto scorre incassato, con andamento meandriforme, in zone poco urbanizzate. Pertanto le criticità presenti si limitano a singoli edifici costruiti in fregio all'alveo, tipicamente all'interno di un'ansa.

Le portate utilizzate nelle verifiche sono quelle del nodo A a monte della confluenza con il Lentro (BIS 209), quelle del nodo D fino alla confluenza del Canate (BIS 193) e quelle del nodo G fino al ponte della Paglia (BIS 144).

TRATTO	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q ₅₀ [m ³ /s]	Q ₂₀₀ [m ³ /s]	Q ₅₀₀ [m ³ /s]
monte Lentro	BIS 212-BIS 209	A	247	406	558
Lentro - Canate	BIS 208-BIS 193	D	346	570	783
Canate – Ponte Paglia	BIS 192-BIS 144	G	475	782	1073

Le sezioni sono in genere naturali, con fondo in ciottoli di varie misure e presenza di vegetazione arbustiva piuttosto diffusa: pertanto si è adottato un valore del coefficiente di Manning di $0.033 \text{ sm}^{1/3}$

Risultati delle verifiche idrauliche

L'antico ponte ad arco nella sezione BIS 211 provoca un discreto rigurgito verso monte, comunque contenuto negli argini.

La zona che presenta criticità maggiori è costituita dalle case in sponda destra subito a valle della confluenza con il torrente Lentro, che vengono interessate da esondazione sia dalla briglia posta a monte della confluenza BIS 209, sia dal rigurgito provocato dalla briglia dell'opera di presa dell'acquedotto e accentuato dalla presenza della passerella pedonale, non contenuto dall'argine destro.

Più a valle la corrente mantiene caratteristiche prossime a quelle critiche per un lungo tratto, fino alla confluenza con il Canate, dove si instaura nuovamente un profilo di corrente lenta, che interessa gli edifici costruiti in sponda destra, privi di adeguata difesa spondale. A valle della confluenza il percorso del corso d'acqua diventa più tortuoso e presenta insediamenti abitati all'interno delle anse, che possono venire interessati in varia misura dal deflusso di piene con elevati tempi di ritorno.

Il ponte in BIS 185 risulta insufficiente al deflusso della portata 200-ennale e l'edificio in sponda destra subito a valle del ponte, posto a una quota poco superiore al fondo alveo, è interessato dal deflusso della portata 50-ennale.

Più a valle, vale analogo discorso per l'edificio in sponda destra in corrispondenza della passerella in BIS 167; per l'edificio in sponda sinistra in corrispondenza delle sezioni BIS 159 e seguenti, la costruzione di un nuovo argine ha migliorato la situazione, senza però arrivare alla

messa in sicurezza totale della zona

VERIFICHE IDRAULICHE GLOBALI AFFLUENTI

Torrente Canate

Le verifiche idrauliche in moto permanente coprono un breve tratto di circa 120 m a monte della confluenza.

Le portate di progetto sono quelle relative al nodo idrologico E. Quale condizione al contorno di monte è stata imposta la profondità di moto uniforme in una sezione fittizia posta 100 m a monte della prima sezione di calcolo; a valle è stata analizzata la confluenza con il Bisagno. Quale coefficiente di scabrezza è stato adottato un valore di Manning pari a $0,033 \text{ sm}^{-1/3}$.

La tabella successiva riporta le portate utilizzate per le verifiche:

CORSO D'ACQUA	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q50 (m3/s)	Q200 (m3/s)	Q500 (m3/s)
t. Canate	CAN 4 – CAN 1	E	121	200	274
T. Bisagno valle	BIS 192 -	F	439	722	991
T. Bisagno monte	- BIS 193	F – E	318	522	717

Risulta particolarmente gravosa la configurazione con portate di piena calcolate sul Bisagno e differenza sull'affluente: infatti, in questo caso, il rigurgito sul Canate si propaga verso monte con notevoli tiranti, interessando l'abitato.

Più a monte, le verifiche idrauliche effettuate hanno riguardato i tratti d'alveo a cavallo dei quattro manufatti di attraversamento della strada di accesso alla centrale idroelettrica e relative opere accessorie dell'acquedotto del Brugneto di proprietà dell'Azienda Mediterranea Gas e Acqua (AMGA) di Genova.

Procedendo da monte verso valle gli attraversamenti ed i relativi tratti d'alveo oggetto di verifica sono i seguenti:

- Ponte 1 (BSCA PT06), circa 1.1 Km a monte della confluenza nel torrente Bisagno (lunghezza del tratto $L=77 \text{ m}$);
- Ponte 2 (BSCA PT05), circa 850 m a monte della confluenza nel torrente Bisagno ($L=67 \text{ m}$);
- Ponte 3 (BSCA PT04), circa 700 m a monte della confluenza nel torrente Bisagno ($L=55 \text{ m}$);
- Ponte 4 (BSCA PT03), circa 450 m a monte della confluenza nel torrente Bisagno ($L=70 \text{ m}$).

Per ciascun tratto è stata effettuata una verifica idraulica di tipo globale con il valore della portata di massima piena 200-ennale, pari a 200 mc/s (nodo E del reticolo idrografico), con riferimento ai valori riportati nell'allegato *Idrologia* e riassunti nella tabella delle portate di piena con assegnato periodo di ritorno allegata.

Per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali dell'alveo e dei manufatti con esso interferenti, si è fatto riferimento ad una serie di rilievi topografici di dettaglio effettuati da A.M.G.A. S.p.A. nel 1997.

Per ciascun tratto sono state individuate una serie di sezioni trasversali in funzione della presenza di briglie o manufatti isolati (pile, tralicci, sbalzi, ecc.) e delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, depositi al fondo, vegetazione, ecc.).

Nelle sezioni di calcolo del profilo, in mancanza di altri riferimenti, quale quota di riferimento

della sommità degli argini è stata assunta quella del piano viabile delle strade adiacenti.

Descrizione

Nel tronco interessato dalla strada di accesso alla centrale idroelettrica di Canate dell'acquedotto del Brugnato il torrente Canate è caratterizzato da un andamento generalmente curvilineo con frequenti cambi di direzione. La pendenza media è variabile tra 1.8% e 3.5% circa.

Le sezioni hanno una forma assimilabile a quella trapezia con larghezze al fondo variabili tra 10 e 15 m circa e altezza superiore a 3 m.

Le sponde sono costituite dal versante naturale con pendenze elevate e, per brevi tratti, da muri di contenimento in calcestruzzo a sostegno del piano viabile adiacente.

L'alveo è inciso nel substrato roccioso affiorante in più punti; il fondo è caratterizzato dalla presenza di ciottoli e ghiaia e di vegetazione erbacea ed arbustiva, in particolare sulle aree laterali.

I quattro manufatti di attraversamento della strada di accesso alla centrale idroelettrica di Canate presentano le stesse caratteristiche: sono costituiti da un ponte in c.a. a due campate disposto obliquamente, con una inclinazione di circa 30 gradi rispetto all'asse del corso d'acqua; le campate hanno una larghezza di 9.7 m ciascuna, la pila centrale ha uno spessore di 0.6 m alla base e 0.5 m in sommità.

La luce libera è mediamente pari a 4 m circa, con un minimo di 2.5 m ed un massimo di 5.5 m, l'impalcato è largo circa 5 m ed ha uno spessore di 0.8 m; l'area complessiva di deflusso, perpendicolare all'asse del torrente, è mediamente pari a 60 mq.

Risultati

Le verifiche hanno mostrato che il deflusso è caratterizzato in tutti i tratti da un'alternanza di correnti lente e veloci con numeri di Froude prossimi all'unità.

Ponte 1 (BSCA PT06)

Il numero di Froude varia tra 0.6 e 1.4, le velocità sono comprese tra 3.5 e 6.3 m/s, la quota del pelo libero passa da 139.4 m s.l.m. nella sezione 6 a 147.6 m s.l.m. nella sez. 1 (con profondità variabili da 2 m a 3.4 m) ed è pertanto sempre contenuta all'interno dell'alveo.

Il deflusso attraverso il manufatto di attraversamento avviene a pelo libero con caratteristiche della corrente prossime allo stato critico ($Fr=1$) ed un franco di sicurezza rispetto alla quota dell'impalcato di circa 1.8 m.

Ponte 2 (BSCA PT05)

Il deflusso in tale tratto è caratterizzato da numeri di Froude variabili tra 0.5 e 1.7 con velocità comprese tra 2.7 e 6.6 m/s; la quota del pelo libero passa da 136.81 m s.l.m. nella sezione 7 a 134.63 m s.l.m. nella sez. 1 (con profondità variabili da 1.5 m a 3.3 m) ed è pertanto sempre contenuta all'interno dell'alveo.

Il deflusso attraverso il manufatto di attraversamento avviene a pelo libero in corrente lenta ($Fr=0.6$) ed un franco di sicurezza di circa 1 m rispetto alla quota dell'impalcato e di circa 2 m rispetto alla quota della sede stradale adiacente.

Ponte 3 (BSCA PT04)

Le verifiche hanno mostrato che il deflusso avviene in corrente veloce con numeri di Froude variabili tra 1 e 1.9, comunque prossimi all'unità. Le velocità sono comprese tra 5.1 e 7.5 m/s,

la quota del pelo libero passa da 133.37 m s.l.m. nella sezione 6 a 130.43 m s.l.m. nella sez. 1 (con profondità variabili da 2.7 m a 1.3 m) ed è pertanto sempre contenuta all'interno dell'alveo.

Il deflusso attraverso il manufatto di attraversamento avviene a pelo libero in corrente veloce ($Fr=1.5$) ed un franco di sicurezza rispetto alla quota dell'impalcato di circa 2.5 m e di oltre 3.5 m rispetto alla quota del piano viabile.

Ponte 4 (BSCA PT03)

Le verifiche hanno mostrato che il deflusso avviene per la maggior parte in corrente lenta con un breve tratto a valle dell'attraversamento in corrente veloce, con numeri di Froude variabili tra 0.6 e 1.3, comunque prossimi all'unità. Le velocità sono comprese tra 3.4 e 6.3 m/s, la quota del pelo libero passa da 124.5 m s.l.m. nella sezione 6 a 122.17 m s.l.m. nella sez. 1 (con profondità variabili da 2.3 m a 3.6 m) ed è pertanto sempre contenuta all'interno dell'alveo.

Il deflusso attraverso il manufatto di attraversamento avviene a pelo libero in corrente lenta ($Fr=0.7$) ed un franco di sicurezza rispetto alla quota dell'impalcato di circa 0.5 m e di oltre 1.2 m rispetto alla quota del piano viabile.

Affluenti in località Prato

Descrizione

Il Bisagno riceve in località Prato una serie di affluenti minori: sono, da monte a valle, il rio Ruinà in sponda destra e i rii del Gatto (o rio Raggio), Chiusette e Rosata in sinistra.

Essi presentano caratteristiche simili, in quanto dopo aver percorso tratti poco antropizzati, nel fondovalle attraversano zone densamente edificate, dove l'alveo è stato ridotto a larghezze minime.

In particolare, il rio Ruinà nasce alle pendici del monte Bastia, in località San Martino di Struppa e si sviluppa per circa 2,1 km prima di sfociare nel Bisagno. L'area del bacino, chiusa alla confluenza, è pari a 1,35 km².

Il rio del Gatto nasce dalla confluenza dei rii Raggio e Baggio e sfocia nel Bisagno in località Canova. La lunghezza dell'asta principale è pari a circa 2 km² e l'area sottesa alla sezione di chiusura è pari a 1,98 km².

Il rio Chiusette nasce in località Rosata Superiore e dopo circa 0,95 km raggiunge il Bisagno; l'area sottesa è pari a 0,38 km².

Il rio Rosata ha origine alle pendici del monte Rosato e sfocia nel Bisagno in corrispondenza del ponte nuovo di Rosata dopo circa 1,85 km. L'area del bacino è pari a 0,89 km².

La tabella successiva riporta le portate utilizzate per le verifiche, nonché i nodi di riferimento per il calcolo delle portate di piena:

CORSO D'ACQUA	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q₅₀ (m³/s)	Q₂₀₀ (m³/s)	Q₅₀₀ (m³/s)
Rio Ruinà	RUI 11 – RUI 1	54	24	39	53
Rio del Gatto	GAT 15 – GAT 1	G2	31	51	70
Rio Chiusette	CHI 14 – CHI 1	G3	8	13	18
Rio Rosata	ROS 28 – ROS 1	G1	16	27	37

Tabella 0-1: portate di piena per gli affluenti minori a Prato.

Si è adottato un valore del parametro di Strickler di 30 m^{1/3}s⁻¹ pari a un valore del coefficiente di Manning di 0.033 sm^{-1/3}; nei tratti plateati si è adottato un valore di Strickler pari a 40 m^{1/3}s⁻¹, equivalente a un coefficiente di Manning di 0.025 sm^{-1/3}.

Quale condizione al contorno di valle è stata assunta la quota del pelo libero nella sezione sul Bisagno più prossima alla confluenza, calcolata con la portata massima di piena con tempo di ritorno assegnato; si è quindi ipotizzata, a favore di sicurezza, la contemporaneità della piena sull'affluente e sull'asta principale. A monte, in mancanza di sezioni di controllo, si è costruita una sezione fittizia posta 100 m dalla prima sezione di calcolo, nella quale si è imposta la profondità di moto uniforme per la pendenza del tratto. Sul rio Rosata, la condizione al contorno di monte è costituita dalla profondità critica imposta sulla briglia in ROS 28.

Risultati delle verifiche idrauliche

Le verifiche idrauliche sono state condotte su sezioni ricavate da progetti di sistemazione idraulica dei rivi Rosata e Chiusette integrate con sezioni rilevate in proprio sul Ruinà e rio del Gatto. Inoltre, per i rivi in sponda sinistra, sono state aggiunte le sezioni a progetto degli attraversamenti della nuova viabilità già realizzati da ANAS.

Nel dettaglio, il rio Ruinà presenta criticità diffuse già per portata 50-ennale, dovuta in genere a sezioni insufficienti al deflusso e alla presenza di manufatti di attraversamento (ponte ad arco in RUI 9, passerella metallica in RUI 6, ponte carrabile in RUI 5 per portate 200-ennali); si evidenzia la situazione estremamente pericolosa del passaggio pedonale in sponda sinistra nel tratto terminale (a valle di RUI 4 e a monte del ponte in RUI 1), dove si realizzano tiranti significativi già per piene con tempo di ritorno di 50 anni.

I nuovi attraversamenti realizzati per la viabilità in sponda sinistra presentano sempre franchi idraulici adeguati.

Anche il rio del Gatto presenta gravi problemi idraulici, legati all'insufficienza dei manufatti di attraversamento, aggravata da un rilevante deposito di sedimenti in corrispondenza del ponte in GAT 12; il pelo libero della portata 50-ennale sovrasta abbondantemente l'impalcato. La portata 200-ennale non è mai contenuta in alveo, se non negli ultimi 80 metri prima della confluenza.

La criticità principale del rio Chiusette è costituita dal ponte carrabile in sezione CHI 12-13 che provoca un evidente rigurgito verso monte che arriva a interessare lo sbocco della tombinatura; quest'ultima non presenta franco adeguato rispetto alla 200-ennale con velocità di scorrimento molto elevate. All'imbocco del tombino (CHI 16), a causa del restringimento della sezione, si forma un deciso sovrizzo del pelo libero, che comunque non arriva a tracimare dall'alveo interessando il complesso produttivo della Rosata.

Il rio Rosata presenta una serie di ponticelli di attraversamento che possono costituire potenziale ostacolo al deflusso della piena; si evidenzia comunque l'utilizzo di aree di chiara pertinenza fluviale quali orti o deposito di materiali, con evidente incremento della pericolosità in caso di eventi di piena, anche con bassi tempi di ritorno. La tombinatura al di sotto del parcheggio pubblico risulta insufficiente al transito della portata 200-ennale, per mancanza di franco rispetto al carico cinetico.

Rio Torbido

Descrizione del tratto

Il tronco d'alveo oggetto di verifica si sviluppa per circa 820 m a monte della confluenza con il torrente Bisagno.

Le sezioni sono di forma regolare assimilabile alla rettangolare con larghezze al fondo variabili tra 11 e 20 m circa.

Il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli e ghiaia e risulta interessato da depositi

anche consistenti con presenza di vegetazione.

Il muro d'argine in sponda destra si alterna alla scarpata naturale.

In sponda sinistra, arginata con muri in c.a. e relativo parapetto, corre la viabilità principale, costituita da Via rio Torbido.

Lungo il tratto sono presenti alcuni attraversamenti e una serie di briglie che regolarizzano la pendenza dell'intero tratto.

La tabella successiva riporta le portate utilizzate per le verifiche:

CORSO D'ACQUA	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₅₀₀ (m ³ /s)
Rio Torbido	TOR 39 – TOR 24	49	83	137	188
Rio Torbido	TOR 23 – TOR 1	46	87	143	196
T. Bisagno valle	BIS 117 -	H	549	903	1240
T. Bisagno monte	- BIS 117	H - 46	466	760	1044

Tabella 0-2: portate di piena utilizzate per la verifica idraulica del rio Torbido.

Sul rio Torbido è stato adottato un valore del coefficiente di Manning pari a $0,03 \text{ sm}^{-1/3}$, tranne per la tombinatura finale plateata, dove si è scelto $0,025 \text{ sm}^{-1/3}$.

Risultati verifiche idrauliche

Quale condizione al contorno di monte si è imposta la profondità di moto uniforme in una sezione fittizia posta 100 m a monte della prima sezione di calcolo. A valle è stata studiata la confluenza con il Bisagno: la sezione dell'affluente risulta rigurgitata con quota del pelo libero 500-ennale che arriva a lambire l'intradosso della copertura; tuttavia la presenza del salto di fondo impedisce la propagazione del rigurgito verso monte.

La passerella pedonale in TOR 38 è insufficiente anche al transito della portata 50-ennale; la briglia in TOR 30 provoca un rigurgito verso monte non contenuto dagli argini per portate con tempo di ritorno superiore a 200 anni; più a valle la passerella in TOR 13, peraltro in pessimo stato di conservazione, è sormontata dalla corrente con tempo di ritorno 200-ennale; inoltre in questo tratto la sponda destra è occupata da un fatiscente edificio industriale, oggetto di allagamento con frequenza elevata.

Torrente Geirato e affluenti

Descrizione del tratto

Il tronco d'alveo oggetto di verifica è compreso tra il vecchio ponte dell'acquedotto civico e la confluenza col torrente Bisagno, per una lunghezza complessiva di circa 2 km. Sono stati inoltre indagati due affluenti in sponda destra: il rio di Pino, per un tratto di circa 180 m a monte della confluenza, e il rio dei Servi per circa 140 m.

Il bacino del Torrente Geirato si estende da altitudini di poco superiori agli 800 metri (Monte Alpe) sino a quote prossime ai 50 m, in corrispondenza della confluenza con il Torrente Bisagno.

La superficie del bacino del Torrente Geirato è pari a circa 7.6 km^2 . La lunghezza dell'asta principale è pari a circa 4.3 Km e presenta una pendenza media del 2%.

Le sezioni dell'asta principale sono di forma regolare assimilabile alla rettangolare con larghezze al fondo variabili tra 15 e 40 m circa.

L'alveo risulta plateato poco prima dell'imbocco della copertura, mentre a monte è costituito prevalentemente da ciottoli e ghiaia, con presenza ai lati di depositi alluvionali e vegetazione.

A valle del ponte sifone dell'acquedotto, entrambe le sponde sono arginate con muri in c.a e relativo parapetto, sostituito per un breve tratto in sponda sinistra da una ringhiera metallica. Le aree adiacenti sono fortemente urbanizzate: la viabilità principale si sviluppa lungo gli argini del corso d'acqua ed è costituita in sponda destra da Via Geirato e in sponda sinistra da Via Isola del Vescovo.

Più a monte la sponda sinistra è costituita dal versante, con qualche isolato insediamento, fino al ponte in località S. Nicolò (sezione GEI 41); oltre è presente la viabilità principale. La sponda destra è limitata da via Geirato.

Il bacino del Rio di Pino si estende da altitudini di poco superiori ai 500 metri (Monte Corvo) sino a quote prossime ai 65 m, in corrispondenza della confluenza con il Torrente Geirato.

La superficie del bacino del Rio di Pino è pari a circa 2.1 km², la lunghezza dell'asta principale è pari a circa 1.86 km e presenta una pendenza media, nel tratto finale, del 1.5% circa.

Le sezioni del rio di Pino sono di forma regolare assimilabile alla rettangolare con larghezze al fondo variabili tra 9 e 14 m circa.

Il fondo alveo è costituito prevalentemente da ciottoli e ghiaia, con presenza ai lati di depositi alluvionali, vegetazione erbacea e arbustiva.

Mentre in sponda sinistra, lungo la quale si sviluppa Via rio Maggiore, l'argine è costituito da muri in c.a. con relativo parapetto, in sponda destra il muro d'argine presenta un andamento discontinuo.

Lungo il tratto sono presenti, da monte verso valle, i seguenti manufatti: una passerella pedonale con pila in alveo, due briglie, un ponte carrabile a campata unica.

L'area sottesa dal bacino del Rio dei Servi si estende dal centro abitato di Pino Sottano, ubicato ad una quota di 160 m, fino alla confluenza con il Torrente Geirato, a quota 60 m. La superficie dell'area è circa pari a 0.08 km², la lunghezza dell'asta del Rio è pari a circa 400 m.

La stima della portata di massima piena è stata effettuata mediante l'utilizzo del metodo del CIMA per piccoli bacini.

Nel tratto di alveo considerato sono presenti i seguenti manufatti (procedendo da monte verso valle): due briglie (ormai salti di fondo) di altezza paria a circa 90 cm; tratto d'alveo a sezione rettangolare plateato, di larghezza variabile tra 1.5 m e 4 m; tratto finale tombinato, fino allo sbocco nel Torrente Geirato.

Le portate utilizzate per le verifiche idrauliche sono riportate nella tabella successiva:

CORSO D'ACQUA	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q₅₀ (m³/s)	Q₂₀₀ (m³/s)	Q₅₀₀ (m³/s)
T. Geirato (monte)	GEI 47 – GEI 41	36	40	66	90
T. Geirato (valle r. Lagolungo)	GEI 40 – GEI 31	31	97	159	219
T. Geirato (valle r. di Pino)	GEI 30 – GEI 1	28	107	176	241
T. Bisagno valle	BIS 98 -	L	636	1047	1437
T. Bisagno monte	- BIS 99	L-28	529	871	1196
Rio di Pino	PIN 11 – PIN 1	33	35	57	78
Rio dei Servi	SER 18 – SER 1	-	2.2	3.2	3.9

Tabella 0-3: portate di piena utilizzate per la verifica idraulica del t. Geirato e affluenti.

Risultati verifiche idrauliche

Le sezioni idrauliche utilizzate per le verifiche provengono, in parte dal progetto definitivo ed

esecutivo di A.S.Ter. relativo alla *sistemazione idraulica e idrogeologica sull'asta terminale del T. Geirato*, in parte da rilievi eseguiti in proprio. In particolare, le sezioni da GEI 1 a GEI 31 e quelle degli affluenti sono state ricavate dallo stato attuale del progetto di A.S.Ter.; le restanti provengono da rilievi, integrati con la CTR al 5000 e con la cartografia del Genio Civile in scala 1:1000

Asta principale

Quale condizione al contorno di monte è stata assunta la profondità critica sulla briglia in corrispondenza del ponte dell'acquedotto (GEI 47). A valle è stata studiata la confluenza con il t. Bisagno.

Da un punto di vista generale si può affermare che il tratto risulta idoneo al deflusso della portata 200-ennale sebbene non sempre sia garantito il franco rispetto al valore del carico cinetico; localmente, si verificano limitate criticità, già per portata cinquantennale, in presenza di interruzioni della continuità delle sponde.

Rio di Pino

Quale condizione al contorno di monte è stata assunta la profondità di moto uniforme in una sezione fittizia posta 100 m a monte della prima sezione di calcolo. A valle è stata modellata la confluenza con il t. Geirato, nell'ipotesi di contemporaneità degli eventi di piena.

La presenza della briglia a monte del ponte induce una sconnessione idraulica della corrente, che impedisce la propagazione verso monte del rigurgito dovuto alla confluenza.

Da un punto di vista generale si può affermare che il tratto è in grado di smaltire le portate di piena senza dar luogo ad esondazioni. Tuttavia, rispetto alla portata 200-ennale, si segnala una leggera criticità (franchi minimi) nel tratto compreso tra le sezioni 4 e 5, per il rigurgito in corrente lenta dovuto al restringimento dell'alveo.

Rio dei Servi

Quale condizione al contorno di monte è stata assunta la profondità di moto uniforme in una sezione fittizia posta 100 m a monte della prima sezione di calcolo. A valle è stata modellata la confluenza con il t. Geirato, nell'ipotesi di contemporaneità degli eventi di piena.

Il tratto risulta nel complesso sufficiente allo smaltimento della portata 200-ennale anche se il franco di sicurezza non sempre risulta adeguato (franco minimo pari a 25 cm nel tratto a cielo aperto (SER 11 a monte della briglia); per tale ragione viene mappata in corrispondenza del tratto tombinato una fascia B di pericolosità residua.

Rio dell'Olmo

Le indicazioni successive provengono dagli studi idraulici allegati al Piano Urbanistico Operativo Distretto Aggregato 58B, Area Boero, Genova Molassana, promosso dal Comune di Genova

Descrizione del tratto

Il rio dell'Olmo è un affluente di destra del torrente Bisagno in cui confluisce in località Molassana, circa 200 m a valle della confluenza con il torrente Geirato.

Esso ha origine dal basso versante di Pino Sottano poco sopra l'omonima via, in località Olmo. L'asta principale del rio ha una lunghezza di circa 400 m e alla confluenza con il torrente Bisagno il suo bacino sottende un'area di circa 0,16 km².

A valle di Via Salvator Allende l'alveo del rio è costituito da un primo tratto a cielo aperto con fondo naturale, seguito da un secondo tratto a cielo aperto artificialmente canalizzato con

sezioni di forma rettangolare con larghezza variabile da 2,0 a 3,0 m circa, altezza 2,0 m e pendenza media del 14,5% circa.

Prima dell'intersezione con Via Elia Bernardini ha inizio il tratto terminale tombinato dell'alveo suddiviso nei seguenti tratti:

- primo tratto di circa 33 m delle dimensioni di 2,5x1,2 m e pendenza media del 3,4%;
- secondo tratto di circa 28 m, con origine a valle di un brusco cambio di direzione (90°) verso destra, delle dimensioni di 1,8x 1,1 m e pendenza media dell'1 %;
- terzo tratto di circa 68 m, di larghezza 1,8 m, altezza variabile tra 1,1 e 2,0 m circa, e pendenza media dello 0,6%;
- quarto tratto di circa 10 m sotto Via Molassana, con struttura in muratura e sezione rettangolare con volta a botte di larghezza di 2,5 m e altezza in sommità di 2,7 m, pendenza dell'1 %;
- quinto e ultimo tratto di circa 32 m a valle di Via Molassana fino alto sbocco nel torrente Bisagno, delle dimensioni di 2,2x2,8 m e pendenza media del 15,6%.

Lungo il secondo tratto tombinato che scorre al di sotto del tratto più depresso di Via Elia Bernardini, sono ubicate una serie di griglie trasversali per favorire il drenaggio delle acque meteoriche di scorrimento superficiale provenienti dalla sede stradale e dalle aree limitrofe.

Risultati delle verifiche idrauliche

La geometria delle sezioni di deflusso del rio dell'Olmo è stata ricavata dal rilievo topografico dell'alveo effettuato nel gennaio 2012, con alcune integrazioni effettuate nel maggio 2012.

La portata di progetto è stata determinata in accordo con quanto previsto nell'allegato *Idrologia* del Piano di bacino e risulta $Q_{50} = 3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{200} = 6,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ai fini del calcolo è stato assunto un valore del coefficiente di scabrezza equivalente n pari a 0,025 per il tratto tombinato e/o con il fondo e le sponde cementate (da sez. 1 a sez. 23), corrispondente al caso di *tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati e/o platee in buono stato*, e pari a 0,03, per il tratto d'alveo naturale (da sez. 24 a sez. 28), corrispondente al caso di *corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo*.

Le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di sponde infinite qualora il livello di piena superi le quote di sommità arginali.

Il profilo è stato integrato per entrambe le condizioni di corrente veloce ($Fr > 1$) da monte verso valle, e di corrente lenta ($Fr < 1$) da valle verso monte, imponendo quali condizioni al contorno nelle sezioni di estremità (sezione 1 e sezione 28) la profondità critica ($Fr = 1$).

Nel tratto a cielo aperto sino all'imbocco della tombinatura (tra sez. 28 e sez. 16) il deflusso della portata 200-ennale avviene in corrente veloce con numeri di Froude variabili da 1 a 4, profondità del pelo libero comprese tra 0,4 e 0,8 m e velocità variabili tra 4,2 e 6 m/s.

Nel primo tratto di tombinatura a monte della ex immissione del rio Ca' de Rissi (tra sez. 16 e sez. 12) la corrente veloce di monte si raccorda con la corrente lenta di valle con un risalto idraulico di tipo diretto; la profondità della corrente passa da 0,5 a 1,2 m e la corrente rallenta da 4,0 a 2,0 m/s circa.

Nel successivo tratto tombinato sino al salto di fondo in prossimità di via Molassana (tra sez. 12e sez. 2) la corrente si mantiene lenta con numeri di Froude compresi tra 0,5 e 0,8, profondità del pelo libero comprese tra 1,2 e 1,7 m e velocità variabili tra 2,0 e 3,0 m/s.

Il tratto terminale tombinato a valle di via Molassana è caratterizzato da una corrente veloce con numeri di Froude intorno a 3, profondità di circa 0,4 m e velocità pari a circa 6 m/s.

In base alle verifiche del torrente Bisagno il deflusso del rio dell'Olmo non risulta rigurgitato dalla piena del torrente Bisagno la cui quota del pelo libero è pari a 46 m s.l.m. (sez. 16 in prossimità dello sbocco del rio dell'Olmo).

L'evento 200-ennale da luogo ad esondazione in corrispondenza della curva a gomito, (tra sez. 12 e sez. 13) dove sono presenti sia una griglia verticale (monte curva) che una griglia orizzontale sul piano viabile.

La portata 50-ennale (3,6 m³/s) costituisce la portata limite smaltibile a pelo libero senza esondazione, nell'ipotesi di sezione idraulica completamente libera.

Tuttavia, tenuto conto di quanto avvenuto nell'evento alluvionale recente caratterizzato da un forte trasporto solido che ha notevolmente ostruito la sezione, dei parametri di scabrezza assunti, coerenti con la normativa ma non particolarmente cautelativi in tale situazione, della mancanza di franchi in alcuni tratti della tombinatura, anche per portata 50-ennale, si ritiene più realistico assumere come mappatura di pericolosità residua quella derivante dalle verifiche idrauliche condotte in condizione di sezione parzialmente ostruita, che tra l'altro sembra anche meno condizionata da elementi urbanistico-edilizi presenti.

In tale scenario, la portata limite di funzionamento a pelo libero senza messa in pressione della tombinatura si riduce a circa 3 m³/s; ciò comporta il mantenimento anche di una zona in fascia A, oltre ad una zona maggiormente estesa di fascia B.

Il tratto a valle, oggetto di recenti interventi di adeguamento, risulta adeguato allo smaltimento della portata 200-ennale

Rio Ca' de Rissi

La verifica idraulica del Rio Ca' de Rissi è basata sulla relazione idraulica, predisposta al termine dei lavori di sistemazione idraulica del rio, realizzati nell'ambito del Piano Urbanistico Operativo - Distretto Aggregato 58B - Area Boero Molassana – Genova.

Il rio Cà dei Rissi ha origine dal versante di Pino Sottano tra l'omonima via e la località Olmo, ha una lunghezza pari a circa 400 m e alla sua sezione di chiusura, alla confluenza con il torrente Bisagno, ha una superficie di circa 0,06 km².

Il rio è suddivisibile nei seguenti tratti, nella parte a monte del Passo Ca' dei Rissi:

- nel tratto a monte degli impianti sportivi U.S.S. Ca' dei Rissi, di lunghezza pari a circa 70 m, l'alveo è naturale;
- in prossimità degli impianti sportivi, per una lunghezza pari a circa 110 m il rio risulta tombinato;
- nel tratto a valle degli impianti sportivi per un tratto di lunghezza pari a circa 70 m, l'alveo è naturale ed è caratterizzato dalla presenza di folta vegetazione;
- nel tratto a monte della strada carrabile denominata Passo Ca' dei Rissi, di lunghezza pari a circa 70 m, il rio risulta tombinato con uno scatolare di sezione rettangolare con volta ad arco e caratterizzato da elevate pendenze con la presenza di salti di notevoli dimensioni.

Il tratto di valle è stato oggetto di rilevanti interventi di sistemazione idraulica, tenuto conto che nello stato precedente il rio non aveva un corso definito fino allo sbocco e scorreva in parte sulla viabilità del passo Cà dei Rissi venendo poi intercettato da una griglia stradale che ne convogliava le acque nel sistema di fognatura bianca. Da tale situazione derivava la nota condizione di criticità con conseguente mappatura di fascia A per l'area limitrofa.

Il progetto realizzato prevede, in sintesi, l'eliminazione del tratto "alveo-strada" a valle dello sbocco della tombinatura esistente ed il convogliamento delle acque di piena,

precedentemente non regimate, in una nuova inalveazione di dimensioni adeguate per il transito della portata 200-ennale. Di fatto, si tratta della realizzazione di un'opera idraulica equivalente ad un deviatore, il cui tracciato è stato selezionato tra alcune alternative, anche tenuto conto del tessuto urbano consolidato in cui si inserisce.

Più specificamente nel tratto di valle sono stati pertanto realizzati i seguenti interventi:

- realizzazione di una vasca di sedimentazione allo sbocco della tombinatura esistente nel tratto di monte del Passo Cà de Rissi;
- realizzazione di una nuova inalveazione coperta, avente dimensioni interne pari a 1,6x1,6 m nella prima parte al di sotto del piano viabile di Passo Cà de Rissi a partire dalla vasca di sedimentazione fino all'incrocio con Via Bernardini, e dimensioni interne pari a 2,0x2,0 m a partire da Via Bernardini fino allo sbocco nel torrente Geirato.

La sezione di sbocco è ubicata lungo la sponda destra del torrente Geirato (circa 100 m a monte della copertura terminale del torrente) a valle della briglia esistente al fine di evitare condizioni di criticità per la confluenza in caso piena del torrente Geirato.

Risultati delle verifiche idrauliche

La portata di progetto è stata ricavata, in ottemperanza alle norme di attuazione del Piano di Bacino considerando un contributo unitario pari a $40 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$. Pertanto il valore della portata 200-ennale del rio Cà dei Rissi è pari a $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

La verifica, condotta mediante il software di calcolo Hec-Ras 4.1, ha riguardato il tratto terminale del rio Ca' dei Rissi, per una lunghezza pari a circa 210 m, dallo sbocco nel torrente Geirato fino alla vasca di sedimentazione.

Lungo il tratto di verifica sono state rilevate una serie di sezioni trasversali, numerate in senso crescente da valle verso monte (da sez. CDR 1 a sez. CDR 9), in funzione delle caratteristiche plano altimetriche del fondo e delle sponde.

Ai fini del calcolo è stato assunto un valore del coefficiente di scabrezza equivalente n pari a 0,025, corrispondente a corsi d'acqua naturali con argini cementati.

Dato il carattere torrentizio dell'alveo in oggetto il profilo è stato integrato per entrambe le condizioni di corrente veloce ($Fr > 1$) da monte verso valle, e di corrente lenta ($Fr < 1$) da valle verso monte, imponendo quali condizioni al contorno la profondità critica ($Fr = 1$) nella sezione di estremità di monte e, cautelativamente, la quota del pelo libero nel torrente Geirato risultante dalle verifiche allegate al Piano di Bacino (sezione 8).

Le verifiche mostrano come per la portata 200-ennale la corrente mantenga per il tratto di monte a maggior pendenza fino a via Bernardini, sezione CDR 6 (lunghezza pari a 70 m circa), caratteristiche di corrente veloce con numeri di Froude mediamente compresi tra 1 e 2,8 e per il restante tratto caratteristiche di corrente lenta con numeri di Froude pari a 0,5 circa.

Il deflusso della portata 200-ennale avviene con profondità del pelo libero variabile tra 0,3 m e 0,8 m circa e velocità comprese tra 5 m/s e 1 m/s. Il franco rispetto all'intradosso risulta superiore al metro per tutto il tratto ad esclusione di un breve tratto in corrispondenza del cambio di pendenza in via Bernardini con franco minimo di 0,8 m circa. Il carico totale risulta ovunque inferiore rispetto all'intradosso della tombinatura.

Nel caso di piena 200-ennale sul torrente Geirato il rigurgito si esaurisce tra la sezione 1 e la sezione CDR 6, circa 140 m a monte della confluenza; con un incremento del pelo libero di 0,8 m alla confluenza fino a zero a monte, rispetto allo scenario con lo sbocco non rigurgitato.

Pertanto, a seguito degli interventi la nuova inalveazione, che risulta smaltire in sicurezza la portata 200-ennale, rappresenta il nuovo tracciato del rio Ca' dei Rissi, come recepito nella carta del reticolo idrografico e nella carta delle tracce delle sezioni idrauliche.

Rio Trensasco

Descrizione del tratto

Le verifiche idrauliche hanno riguardato il tratto terminale del corso d'acqua, dall'inizio del tratto plateato fino alla confluenza nel Bisagno, per una lunghezza complessiva di circa 670 m. Le sezioni sono di forma regolare assimilabile alla rettangolare con larghezze al fondo variabili tra 7.5 e 12 m circa.

L'alveo risulta plateato e arginato su entrambe le sponde con muri in c.a. e scorre in zona urbanizzata con presenza ai lati di edifici e giardini.

La viabilità principale si sviluppa lungo l'argine destro del corso d'acqua ed è costituita da via rio Trensasco.

Lungo il tratto sono presenti, da monte verso valle, i seguenti manufatti: 1 briglia, 2 briglie selettive, 1 salto di fondo, 2 ponti carrabili, 1 tombinatura che ha inglobato 1 ponte carrabile ad arco e 1 ponte carrabile posto alla confluenza del rio Trensasco col torrente Bisagno.

La tabella successiva riporta le portate utilizzate per le verifiche:

CORSO D'ACQUA	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₅₀₀ (m ³ /s)
Rio Trensasco	TRE 20 – TRE 1	16	43	71	97
T. Bisagno valle	BIS 89 -	N	659	1085	1489
T. Bisagno monte	- BIS 88	N - 16	616	1014	1392

Tabella 0-4: portate di piena utilizzate per la verifica idraulica del rio Trensasco.

Per l'intero tratto è stato adottato un valore del coefficiente di Manning pari a 0,025 s/m^{1/3}.

Risultati delle verifiche idrauliche

Ai fini della verifica si è fatto riferimento alle sezioni allegate al progetto preliminare per la sistemazione idraulica ed idrologica del rio Trensasco, nello stato di progetto, integrate con la cartografia in scala 1:1000 del Genio Civile aggiornata al 1972.

La sezione di controllo di monte è costituita dalla briglia in sezione TRE 20, ove si è imposta la profondità critica; a valle è stata analizzata la confluenza con il Bisagno.

Da un punto di vista generale si può affermare che la portata 200-ennale risulta contenuta nell'alveo anche se, localmente, con franchi insufficienti. In particolare risulta insufficiente il franco arginale al di sopra delle briglie selettive, per cui, quando esse venissero occluse dal materiale trasportato, il livello del pelo libero potrebbe oltrepassare la quota arginale, allagando il piazzale in sponda destra.

La tombinatura terminale, completata nel 2002, è stata realizzata per sopportare un parziale funzionamento in pressione; di conseguenza, sebbene non sia garantito il franco adeguato rispetto al deflusso della portata 200-ennale, la stessa non comporta l'individuazione di aree a pericolosità residua.

Tuttavia, non essendo garantito il franco rispetto alle sponde nel tratto a monte dell'imbocco della tombinatura, viene comunque mappata una fascia B residuale.

Il ponte su via Emilia, prima della confluenza nel Bisagno, presenta un franco di soli 15 cm rispetto alla portata 200-ennale.

Fossato Cicala

Descrizione del tratto

Il fossato Cicala è un affluente di destra del t. Bisagno che ha origine approssimativamente in corrispondenza delle pendici del forte "Fratello Minore" e confluisce nel Bisagno in località S.

Gottardo. Nel tratto terminale, in corrispondenza dell'abitato, per circa 340 m è canalizzato e in parte coperto.

A monte della zona urbanizzata, il rivo era stato nel passato tombinato per un tratto di circa 150 m per consentire la realizzazione di una discarica curata dalla Nettezza Urbana.

A monte di questa zona l'alveo è invece naturale, con i versanti caratterizzati da pendii alquanto scoscesi.

A seguito degli eventi alluvionali succedutisi dal 1970 ad oggi, la tombinatura realizzata al di sotto della discarica N.U. ha subito numerosi e gravi danni così da determinare una situazione di esteso dissesto idrogeologico, con pericoli di smottamenti e frane che, a causa dei forti trasporti solidi in caso di piena, possono creare pericoli per la zona a valle: attualmente infatti le acque scorrono in diversi tratti all'esterno della vecchia tombinatura, in buona parte ormai crollata.

Le portate utilizzate per il calcolo sono quelle relative al nodo idrologico 11; il coefficiente di scabrezza adottato vale $0,03 \text{ sm}^{-1/3}$.

CORSO D'ACQUA	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₅₀₀ (m ³ /s)
fossato Cicala	CIC 16 – CIC 1	11	24	40	55

Tabella 0-5: portate di piena utilizzate per la verifica idraulica del fossato Cicala.

Risultati delle verifiche idrauliche

Il tratto indagato ha una lunghezza pari a circa 650 m e parte da monte della tombinatura della discarica per arrivare fino alla confluenza con il Bisagno; le sezioni provengono da diversi progetti di sistemazione idraulica, concepiti in diversi anni, ma mai realizzati.

Come condizione al contorno di monte, in mancanza di sezioni di controllo, è stata imposta la profondità di moto uniforme in una sezione fittizia posta 100 m a monte della prima sezione di calcolo; a valle è stata imposta la quota del pelo libero del Bisagno in piena, calcolata nella sezione BIS 82 a valle della passerella e riportata nella tabella seguente:

CORSO D'ACQUA	SEZIONE	Z ₅₀ (m slm)	Z ₂₀₀ (m slm)	Z ₅₀₀ (m slm)
t. Bisagno	BIS 82	37.99	38.83	39.71

Tabella 0-6: quote del pelo libero assunte come condizione al contorno di valle

Il tratto presenta una serie di criticità diffuse legate, come già evidenziato nel paragrafo precedente, sia a dissesti, sia a insufficienza dimensionale delle strutture di attraversamento: nessuna di esse risulta adeguata al transito della portata 200-ennale. In particolare, la tombinatura finale provoca allagamenti diffusi che, nel caso di evento 500-ennale, arrivano a coprire una buona parte del quartiere di S. Gottardo.

Rio Tagliate e rio Villa Castagna (paragrafo inserito con DSG n.79 del 30/10/2023)

Il rio Tagliate e il rio Villa Castagna sono due affluenti minori del torrente Bisagno in sponda sinistra nei pressi del complesso polisportivo della Sciorba.

Il bacino sotteso alla confluenza nel Bisagno è pari a 0,05 km² per il rio Tagliate e a 0,11 km² per il rio Villa Castagna.

Le geometrie utilizzate per le verifiche idrauliche sono state definite sulla base di rilievi topografici effettuati ad hoc nel novembre 2022.

Le portate di riferimento sono state valutate applicando il metodo CIMA per i piccoli bacini

sotto i 2 km².

Corso d'acqua	Area [km ²]	Q50 [m ³ /s]	Q200 [m ³ /s]	Q500 [m ³ /s]
Rio Tagliate	0.05	1.4	2.0	2.4
Rio Villa Castagna	0.10	2.7	3.8	4.6

I due affluenti, tenuto conto delle dimensioni estremamente limitate, sono stati indagati con un modello monodimensionale in moto permanente, realizzato tramite il software HEC-RAS.

I risultati hanno evidenziato che il rio Tagliate risulta in grado di smaltire la portata 200ennale con franco adeguato; il rio Villa Castagna presenta una criticità già per portata 50ennale nel tratto scoperto a monte del tratto tombinato. In quest'ultimo tratto, la portata massima smaltibile a pelo libero in condizioni di incipiente pressione è pari a circa 3 m³/s.

Quindi, è stato implementato un nuovo modello bidimensionale, realizzato con il software Infoworks, al fine dell'individuazione delle aree inondabili; gli idrogrammi in ingresso sono stati ottenuti come differenza tra la portata idrologica e le portate massime smaltibili dai rii in condizioni d'incipiente pressione.

Infine, sulla base dei risultati ottenuti è stata disegnata una nuova mappatura delle aree inondabili per la zona interessata dal complesso sportivo Sciorba, legata all'esondazione del solo rio Villa Castagna, con l'individuazione degli ambiti normativi in accordo con i criteri della DGR 91/13.

Rio Sciorba

Descrizione del tratto

Il rio Sciorba è un piccolo affluente in sponda sinistra del torrente Bisagno nei pressi dell'area occupata dal Macello Civico di piazzale Bligny.

L'area sottesa alla confluenza è pari a circa 0,2 km²; il tratto più a monte scorre a cielo libero e presenta le caratteristiche di alveo torrentizio sistemato con salti di fondo; successivamente attraversa un tratto tombinato non ispezionabile che attraversa i fabbricati della Posta e dell'ASL; infine percorre tombinato la strada che separa l'ex canile municipale dal Mattatoio con sezione rettangolare di dimensioni interne pari a 2x2 m nel tratto iniziale per ridursi poi a 1,3x1,4 m fino allo sbocco nel Bisagno.

La verifica idraulica ha interessato il tratto terminale del rio per una lunghezza di circa 400 m. Le sezioni di calcolo provengono da una pratica autorizzativa; le portate sono state calcolate con il metodo Cima per i piccoli bacini; le condizioni al contorno sono state fornite imponendo la profondità critica in una sezione fittizia posta a monte del tratto indagato e i livelli del Bisagno in piena con medesimo tempo di ritorno a valle; il coefficiente di Manning adottato è pari a 0,022 sm^{-1/3}.

CORSO D'ACQUA	SEZIONI	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₅₀₀ (m ³ /s)
Rio Sciorba	SCI 9 – SCI 1	5.9	8.5	10.3

La verifica evidenzia una criticità del tratto tombinato che già per tempo di ritorno cinquantennale lavora in pressione, sebbene il rigurgito non raggiunga l'imbocco, se non per piene eccezionali; è stata di conseguenza prevista una zona in fascia A a causa della

pericolosità residua della tombinatura.

Rio Preli (paragrafo inserito con DSG n.119 del 23/11/2022)

Il rio Preli è un affluente di destra del t. Bisagno che ha origine approssimativamente in corrispondenza di punta Carrega e confluisce nel Bisagno in località San Sebastiano. Sottende un bacino di circa 0,6 km² e risulta interamente tombato nel tratto terminale per una lunghezza di circa 350 m a monte della confluenza nel torrente Bisagno.

Nell'ambito della "Progettazione definitiva del sistema degli assi di forza per il trasporto pubblico locale (rete filoviaria e strutture connesse)" – 02/2022, è stato realizzato un accurato rilievo topografico dell'intero tratto tombato, sulla base del quale è stato implementato dal Settore Assetto del territorio, un nuovo studio idraulico di dettaglio, tramite il software HEC-RAS.

Al fine di superare alcune incongruenze relative ai valori delle portate al colmo, è stata anche effettuata una revisione delle stesse, applicando i criteri regionali ex DGR 357/08.

Una descrizione del procedimento seguito e il dettaglio dei calcoli sono riportati nell'allegato 3 – Idrologia.

Le portate al colmo ottenute sono riportate nella tabella seguente, dove sono riportati, per memoria storica, anche i precedenti valori, da ritenersi superati:

	Q ₅₀ [mc/s]	Q ₂₀₀ [mc/s]	Q ₅₀₀ [mc/s]
Aggiornamento 2022	14	22	29
PdB - Idrologia	12	19	26
PdB- Verifiche puntuali	17	24	29

Il modello idraulico ha evidenziato da subito l'inadeguatezza delle sezioni chiuse a smaltire anche la portata con tempo di ritorno 50 anni; pertanto si è proceduto a calcolare, per tratti omogenei, la massima portata smaltibile a pelo libero, ipotizzando che la portata in eccesso venga smaltita al di fuori dell'alveo tombinato.

In particolare, il tratto compreso tra la confluenza con il rio Figallo e il breve tratto a cielo libero risulta in grado di smaltire una portata massima di circa 16 m³/s; più a valle la portata si riduce a 8 m³/s.

Al fine di definire le dinamiche di esondazione è stato pertanto implementato un modello bidimensionale basato sul modello digitale del terreno derivato dal LIDAR del MATTM, opportunamente rettificato al fine di rappresentare al meglio la realtà locale.

Tale modello ha permesso di individuare le fasce di inondabilità, che peraltro, a conferma della validità del procedimento seguito, coincide con l'estensione dell'area inondata negli ultimi eventi.

Rio Mermi

Descrizione del tratto

Il rio Mermi è un affluente di sinistra del t. Bisagno che ha origine presso S. Eusebio e confluisce nel Bisagno in prossimità di ponte Carrega. L'area sottesa alla confluenza è pari a circa 2 km² e l'asta principale ha una lunghezza di circa 1,8 km, con una pendenza media dell'11 % circa.

Il tratto di monte attraversa in tombino una zona recentemente urbanizzata; poi, dopo un tratto in cui scorre in alveo naturale, ritorna nuovamente ad essere arginato e interessato da

vari attraversamenti, a partire dalla “ex Cementifera” e fino allo sbocco nel Bisagno. Quest’ultimo tratto è stato interessato da un progetto di riqualificazione che ha condotto alla sistemazione idraulica dell’intero tratto di corso d’acqua.

Risultati delle verifiche idrauliche

Le verifiche idrauliche in moto permanente coprono due tratti distinti: quello più a monte riguarda le tombinature realizzate negli anni 80 per la costruzione di nuovi edifici; quello più a valle parte a monte della ex Cementifera e arriva fino al Bisagno.

Tratto di monte

Il tratto di monte copre il rio Mermi per una lunghezza di circa 600 m, più un tratto dell’affluente rio Serra e del sub-affluente rio Fontanelle. A parte un tratto a cielo aperto, i corsi d’acqua risultano interamente tombinati. Le sezioni di calcolo provengono dai progetti presentati ai fini dell’ottenimento della concessione idraulica; le portate sono state calcolate con il metodo Cima per i piccoli bacini; le condizioni al contorno sono state fornite imponendo la profondità di moto uniforme nella prima sezione di calcolo a monte e la profondità critica a valle; i coefficienti di Manning adottati sono $0,025 \text{ sm}^{-1/3}$ per i tratti plateati e $0,03 \text{ sm}^{-1/3}$ per i tratti scoperti.

CORSO D’ACQUA	SEZIONI	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₅₀₀ (m ³ /s)
rio Mermi monte Serra	MER 66 – MER 59	5.1	7.4	8.9
rio Mermi valle Serra	MER 58 – MER 56	8.1	11.7	14.1
rio Serra monte Fontanelle	SER 20 – SER 13	1.9	2.8	3.4
rio Serra valle Fontanelle	SER 12 – SER 1	3.0	4.3	5.2
rio Fontanelle	FON 6 – FON 1	1.1	1.5	1.8
rio Mermi tombino scuola	MER 56 – MER 37	16.3	23.6	28.4

Il tratto non presenta criticità idrauliche anche per portata 500-ennale e all’imbocco delle tombinature sono presenti briglie selettive per limitare il rischio di ostruzione; tuttavia tenuto conto che, nella tombinatura di valle, per portata 200-ennale anche la linea dei carichi totali intercetta l’intradosso della tombinatura, viene mappata una pericolosità residua di fascia B.

Tratto di valle

Le sezioni provengono dal rilievo as-built effettuato a dicembre 2014, al termine dei lavori di sistemazione idraulica del rio Mermi, effettuati nell’ambito del *Progetto delle opere di urbanizzazione connesse al progetto per la riconversione della “Italcementi S.p.a.”, opere di sistemazione idraulica del rio Mermi.*

La portata utilizzata nelle verifiche è quella relativa alla sezione di chiusura individuata con la sigla O1 e ubicata subito a monte della confluenza, come meglio specificato nella tabella successiva.

CORSO D'ACQUA	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₅₀₀ (m ³ /s)
rio Mermi monte confluenza	MER 28 – MER 1	O1	33	55	76

I valori di scabrezza utilizzati sono quelli previsti dai criteri dell'Autorità di bacino e in particolare è stato adottato un valore del coefficiente di Manning pari a 0,03 sm^{-1/3} per i tratti con fondo naturale e pari a 0,023 sm^{-1/3} per i tratti con fondo e argini cementati.

I profili sono stati integrati per entrambe le condizioni di corrente lenta da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle, imponendo come condizioni al contorno la profondità critica (Fr=1) nelle sezioni di estremità.

Le verifiche effettuate imponendo quali condizioni al contorno di valle i livelli di massima piena del torrente Bisagno hanno evidenziato che gli effetti della confluenza non influenzano il rio Mermi, anche per effetto della presenza di una briglia di altezza pari a 1.60 m circa in corrispondenza della stessa confluenza.

Per tale motivo per la condizione al contorno di valle si è mantenuta quella relativa alle condizioni critiche della corrente.

Il rio Mermi risulta ad oggi idoneo al deflusso della portata 200-ennale con adeguati franchi di sicurezza; pertanto l'intera l'area viene classificata in fascia C; tuttavia, nella parte terminale del rio rimarranno le aree inondabili collegate all'esonazione del Bisagno e dell'affluente minore rio Torre, conosciuto anche come rio Bisagnetto.

Rio Torre di Quezzi

Nell'ambito dell'analisi della pericolosità idraulica del rio Mermi, anche a seguito dei recenti eventi alluvionali che hanno portato all'allagamento della zona di Piazza Adriatico, è stato indagato con verifiche idrauliche in moto permanente il rio Torre, affluente diretto in sponda sinistra del torrente Bisagno, posto poco a valle della confluenza con il rio Mermi.

Il tratto d'alveo oggetto di verifica è costituito dal suo tratto terminale, della lunghezza di circa 300 m, sino alla confluenza nel torrente Bisagno.

In corrispondenza di tale sezione il corso d'acqua sottende un bacino di circa 0,17 km², di forma stretta e allungata con orientamento prevalente SE-NO; l'asta principale ha una lunghezza di circa 0,7 km con una pendenza del 20% circa.

Il tratto terminale è caratterizzato da due lunghi tratti coperti separati da un breve tratto a cielo aperto.

Le informazioni di carattere topografico ai fini della verifica sono state ricavate da un rilievo topografico di dettaglio dell'intero tratto e delle aree adiacenti eseguito nel febbraio 2012.

La portata duecentennale è stata valutata assumendo un contributo unitario pari a 40 m³/skm²; le portate con tempo di ritorno cinquantennale e duecentennale sono state ottenute mediante la curva di crescita riportata in tabella 3.1 dell'appendice 2 al fascicolo 2 del Piano di bacino – Valutazione delle portate di piena.

Sezione	Q (T=50 anni) [m ³ /s]	Q (T=200 anni) [m ³ /s]	Q (T=500 anni) [m ³ /s]
Confluenza Bisagno	4,1	6,8	9,3

Date le condizioni del fondo all'interno della copertura, è stato assunto a favore di sicurezza un valore del coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0,025 sm^{-1/3}, corrispondente alla situazione di tratto urbanizzati di corsi d'acqua.

Il deflusso lungo il tratto terminale tobinato è caratterizzato dalla sua messa in pressione già per portata cinquantennale, a causa della forte riduzione di pendenza al di sotto di passo Ponte Carrega con relativa esondazione dalle numerose griglie presenti. La portata esondata allaga le aree limitrofe, sia in sponda destra sia in sponda sinistra, posta ad una quota depressa rispetto all'estradosso della tobinatura.

Rio Veilino

Descrizione del tratto

Il tronco d'alveo oggetto di verifica è compreso tra la confluenza tra il rio Rovena e il rio Veilino, a monte del Cimitero di Staglieno e la confluenza nel Bisagno, per una lunghezza complessiva di circa 970 m.

Le sezioni sono di forma regolare assimilabile alla rettangolare con larghezze al fondo variabili tra 6 e 16 m circa.

L'alveo risulta interamente plateato ma a valle delle briglie di maggiore altezza si possono notare elementi del fondo scalzati dalla corrente che ostacolano il regolare deflusso e in alcuni punti la presenza ai lati di depositi e vegetazione.

Entrambe le sponde sono arginate con muri in c.a.: mentre in sponda destra l'argine degrada lentamente verso valle, in sponda sinistra presenta un andamento discontinuo.

Lungo il tratto sono presenti, da monte verso valle, i seguenti manufatti: due briglie, una passerella pedonale a campata unica, sei briglie, una tobinatura.

Si segnala che, in prossimità di VEI 45, la strada Via Superiore del Veilino attraversa l'alveo, per poi percorrerlo sul lato sinistro fino a VEI 51.

Le portate di calcolo sono riportate nella tabella seguente:

CORSO D'ACQUA	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₅₀₀ (m ³ /s)
rio Veilino	VEI 51 – VEI 1	1	51	85	116
t. Bisagno valle	BIS 40 –	P	730	1201	1649
t. Bisagno monte	– BIS 41	P-1	679	1116	1533

Tabella 0-7: portate di piena utilizzate per la verifica idraulica del rio Veilino.

Per l'intero tratto è stato adottato un valore del coefficiente di Manning pari a 0,025 s/m^{1/3}.

Risultati verifiche idrauliche

Quale condizione al contorno di monte, si è assunta la profondità di moto uniforme in una sezione fittizia posta a 100 m a monte della prima sezione di calcolo. A valle è stata studiata la confluenza con il Bisagno, che comunque non provoca rigurgito sull'affluente.

La criticità maggiore del tratto è costituita dalla tobinatura finale: per portata cinquantennale non è garantito il franco adeguato e pertanto è stata mappata una fascia A di pericolosità residua; per portata con tempo di ritorno duecentennale la tobinatura lavora interamente in pressione, con valori elevati di carico totale. Per tale ragione, sebbene non si verifici direttamente esondazione dall'imbocco della tobinatura in quanto profonda rispetto al piano campagna, è stata mappata una pericolosità di fascia B nell'area cimiteriale di valle, fino a raggiungere via Piacenza.

Rio Fereggiano

Descrizione del tratto

Il rio Fereggiano è un affluente di sinistra della parte bassa del t. Bisagno che ha origine alle

pendici di monte Ratti e sfocia subito a valle di ponte Serra.

Il tratto indagato si estende per circa 2600 m a monte della confluenza, in un tratto densamente urbanizzato; ad esso si aggiunge, a monte, un breve tratto del rio Finocchiara lungo circa 180 m.

Il corso d'acqua risulta fortemente antropizzato, con numerose strutture che interferiscono con il regolare deflusso della corrente, bruschi restringimenti, abitazioni in fregio all'alveo, ponti e tombinature.

L'intero tratto comprende solo due nodi idrologici in cui sono state calcolate le portate di piena: uno all'inizio del tratto, alla confluenza con il Finocchiara (nodo R1), l'altro alla fine, a monte della confluenza nel Bisagno (nodo R). Inoltre sono state valutate le portate in un nodo intermedio, in corrispondenza dell'imbocco del nuovo scolmatore delle piene (all'altezza di via Ginestrato, area sottesa = 3,3 km²), mediante interpolazione lineare dei contributi unitari di piena tra il nodo di monte e quello di valle già definiti dal Piano. La tabella seguente riassume le portate di calcolo utilizzate nei vari tratti.

CORSO D'ACQUA	SEZIONI	NODO IDROGRAFICO	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₅₀₀ (m ³ /s)
rio Fereggiano a monte copertura sotto ponte autostrada	FER 215 – FER 196	R1	41	67	92
rio Fereggiano (a monte imbocco scolmatore)	FER 195 – FER 183	-	55	90	124
rio Fereggiano (a valle imbocco scolmatore)	FER 83 – FER 1	R	38 (84)	61 (139)	82 (191)

Tabella 0-8: portate di piena utilizzate per la verifica idraulica del rio Fereggiano, con scolmatore attivo. Tra parentesi i valori non scolmati.

Il valore della portata scolmata alla confluenza con il Bisagno (nodo R) è stato valutato applicando il contributo unitario calcolato tra le sezioni R e R1 all'area sottesa a valle dell'opera di presa dello scolmatore (5,1-3,3=1,8 km²).

Il coefficiente di scabrezza di Manning è stato scelto pari a 0,033 s/m^{1/3} per i tratti di alveo naturali e pari a 0,025 s/m^{1/3} per quelli plateati.

La galleria scolmatrice delle piene

Sul rio Fereggiano è stata costruita una galleria scolmatrice delle piene al fine di superare la forte criticità idraulica legata alle dimensioni insufficienti del tratto terminale tombinato; infatti l'adeguamento della geometria delle sezioni, tenuto conto del contesto cittadino fortemente urbanizzato, non risulta una soluzione perseguibile.

Pertanto è stata realizzata una nuova galleria, del diametro di 5,20 m e lunghezza complessiva di circa 3,7 km, prolungando verso monte il tratto di galleria già realizzata negli anni '90 nell'ambito del c.d. progetto "Italstrade". Lo sbocco a mare, posizionato in corso Italia nei pressi dello stabilimento balneare Benvenuto, è stato dimensionato in modo da contenere anche la costruenda galleria scolmatrice del torrente Bisagno.

La galleria scolmatrice, oltre a raccogliere le acque del rio Fereggiano, è progettata anche per intercettare i rivi Rovare e Noce, sebbene ad oggi (2021) le relative opere di presa non sono ancora state realizzate.

L'opera di presa sul Fereggiano, realizzata in Via Pinetti all'altezza di Salita Ginestrato, è costituita da una luce di fondo, con paratoia mobile, realizzata in alveo al fine di consentire il

transito della portata di magra, fino ad una portata di circa 3-5 m³/s; quando tale portata viene superata, l'eccesso viene convogliato mediante una soglia a sfioro in un canale di calcestruzzo di alimentazione di un pozzo a vortice, di diametro pari a 5,80 m profondo 38 m, attraverso il quale la corrente raggiunge la nuova galleria, dopo aver attraversato la camera di dissipazione prevista ai piedi del pozzo.

L'opera è progettata per derivare una portata di 80 m³/s, correlata alla portata duecentennale prevista nel nodo (90 m³/s); tuttavia è stata verificata la funzionalità dell'opera anche per portate maggiori, fino a 110 m³/s, valore corrispondente alla stima del picco dell'evento del 4 novembre 2011.

A valle dell'opera di presa, i valori di riferimento della portata residua in alveo sono pari a 3 m³/s per Tr=50 anni, a 10 m³/s per Tr=200 anni e a 14 m³/s per Tr=500 anni.

A monte dell'opera di presa è stata realizzata una risagomatura e il rivestimento del fondo dell'alveo mediante un selciato in pietrame dello spessore di 20 cm, per un tratto di circa 100 m, lungo tutto il tratto di alveo coperto. Ciò al fine di regolarizzarne il fondo e controllare le caratteristiche idrauliche della corrente in arrivo. Inoltre, ancora più a monte, è stata realizzata una briglia selettiva per trattenere eventuale materiale flottante.

Anche a valle dell'opera di presa, per un ulteriore tratto di alveo di lunghezza pari a 40 m circa è stata realizzata la risagomatura ed il rivestimento del fondo con selciato in pietrame in analogia al tratto di monte.

Risultati verifiche idrauliche

Il tratto a valle dell'imbocco del canale scolmatore (via Ginestrato) è incluso nel modello idraulico bidimensionale del tratto terminale del torrente Bisagno (studio ITEC), a cui si rimanda per maggiori dettagli.

Relativamente al tratto a monte dell'imbocco del canale scolmatore (via Ginestrato), le sezioni utilizzate per il calcolo provengono dal rilievo effettuato per il *progetto preliminare della sistemazione idraulica del t. Fereggiano*, su incarico di A.S.Ter., a cui sono state aggiunte a monte alcune sezioni provenienti da pratiche diverse presentate presso l'Amministrazione provinciale. La geometria del modello non è ancora aggiornato con i lavori di messa in sicurezza del tratto immediatamente a monte di largo Merlo.

Quale condizione al contorno di monte è stata imposta la profondità critica nella prima sezione di calcolo, in quanto coincidente con una briglia; a valle è stata analizzata la confluenza con il Bisagno.

L'intero tratto indagato presenta criticità diffuse, legate alla pesante interferenza della viabilità e del tessuto urbano con il reticolo idrografico e aggravate dalla presenza di numerosi edifici in fregio all'alveo con finestre e porte di accesso direttamente affacciate sul corso d'acqua.

VERIFICHE PUNTUALI

Le verifiche idrauliche puntuali hanno riguardato i seguenti corsi d'acqua:

- Rii S. Antonino e Briscata
- Rio Preli
- Rio della Rocca

– Rio Mermi

I calcoli idraulici sono stati eseguiti con i tre valori di portata 50-ennale, 200-ennale e 500-ennale riferiti al corrispondente nodo di valle del reticolo idrografico.

In assenza di variazioni significative della forma e delle dimensioni dell'alveo sono state determinate le caratteristiche della corrente nelle condizioni critiche.

Poiché le sezioni esaminate sono risultate prevalentemente di forma regolare, per semplicità di calcolo sono state assimilate a sezioni rettangolari equivalenti.

La profondità critica, per sezione rettangolare, è data dall'espressione:

$$Y_c = (Q^2 / g b^2)^{1/3}$$

dove $g [m/s^2]$ è l'accelerazione di gravità, $b [m]$ la larghezza dell'alveo.

In presenza di restringimenti dovuti alla particolare conformazione dell'alveo o alla presenza di manufatti, si è ipotizzato il moto con transizione attraverso lo stato critico all'interno della sezione ristretta ed è stata calcolata la profondità nella sezione di monte dovuta al rigurgito in corrente lenta.

Vista la natura torrentizia degli alvei in studio, tale scelta risulta cautelativa in quanto la corrente indisturbata presenta nella maggior parte dei casi le caratteristiche di corrente veloce.

Nel caso di pile in alveo è stata utilizzata la formula di Marchi, valida per sezioni rettangolari:

$$Y_m = K (Q^2 / g b_m^2 F_L^2)^{1/3}$$

dove K è un fattore di forma delle pile, $b_m [m]$ è la larghezza della sezione di monte e F_L è il valore del numero di Froude limite tabulato in funzione del rapporto di restringimento.

I risultati di ciascuna verifica sono riassunti in forma numerica in una serie di tabelle nell'allegato verifiche idrauliche.

Di seguito per ciascun manufatto si riporta una breve sintesi dei risultati ottenuti:

SEZIONE	CORSO D'ACQUA	DESCRIZIONE	RISULTATI
ANT P1	Rio S. Antonino	Tombinatura (imbocco)	Sezione insufficiente La portata massima smaltibile è pari a circa 2 mc/s
BRI P1	Rio Briscata	Tombinatura (imbocco)	Sezione insufficiente La portata massima smaltibile è pari a circa 8 mc/s
ROC P1	Rio della Rocca	Tombinatura (sbocco)	Sezione insufficiente La portata massima smaltibile è pari a circa 2 mc/s
ROC P2	Rio della Rocca	Tombinatura (imbocco)	Sezione sufficiente
MER P1	Rio Mermi	Ponte BSME PT08	Non verificato
MER P2	Rio Mermi	Ponte BSME PT09	Verificato solo per Q_{50}
MER P3	Rio Mermi	Ponte BSME PT10	Verificato

Tabella 0-9: sintesi risultati verifiche puntuali.

3.5 Considerazioni sul trasporto solido

Le maggiori caratteristiche di produzione e di trasporto dei materiali solidi possono essere riassunte in termini di intensità, distribuzione nel tempo e durata. Il dettaglio con cui questi aspetti possono essere studiati dipende necessariamente dalla natura dei dati disponibili.

Nella situazione specifica, allo stato attuale, non sono disponibili informazioni derivanti da misure dirette in quanto non esiste alcuna procedura o strumentazione dedicata ad un'azione costante di controllo dei livelli di detrito periodicamente depositati.

Una rilevazione di tipo strumentale potrebbe consentire, in futuro, di conoscere non solo un valore medio valido in prima approssimazione, ma la quantità precisa di sedimento trasportato in relazione al tempo e quindi alle precipitazioni. E' noto, infatti, che nei bacini a regime torrentizio l'azione più efficace di trasporto si ha durante gli eventi di precipitazione più intensi.

La valutazione del trasporto solido viene pertanto stimata, in questa sede, sulla base di alcuni elementi "geomorfici" derivanti dal complesso di informazioni che si possono ricavare dall'analisi geomorfica quantitativa e cioè dai dati riguardanti il reticolo idrografico. Gli studi e le tavole tematiche comprese nel Piano di bacino stralcio del torrente Bisagno potranno consentire, tuttavia, ulteriori analisi, basate sulla notevole quantità di tematismi rilevati (ad es., tipologie di substrato e di vegetazione).

I parametri derivanti dall'analisi del reticolo idrografico consentono di ricavare in modo semplificato la quantità di trasporto in sospensione che giunge alla foce. In realtà il trasporto dei materiali solidi ad opera dei corsi d'acqua avviene anche per rotolamento sul fondo e per trasporto in soluzione oltreché per sospensione. Quest'ultimo, che viene anche definito trasporto torbido, generalmente viene considerato in percentuale circa il 90% del complessivo e perciò viene spesso ritenuto rappresentativo del totale trasporto solido. Nei bacini liguri, tuttavia tale percentuale tende ad abbassarsi, assumendo maggiore rilevanza il trasporto per rotolamento sul fondo. Occorre quindi attendersi che la quantità stimata in questa sede sia da ritenersi un limite minimo.

Per il calcolo stimato del trasporto torbido viene usato in prima approssimazione il metodo sperimentato da Ciccacci e al. (1980).

Si utilizza l'equazione che mette in relazione il trasporto torbido con la densità di drenaggio e l'indice di anomalia gerarchica ricavabili appunto dall'analisi geomorfica quantitativa.

L'equazione generale è, per valori di densità del drenaggio inferiori a 6:

$$\text{Log Tu} = 0,33479 D + 0,15733 Da + 1,32888$$

dove

Tu= trasporto torbido unitario

D = densità di drenaggio

Da= indice di anomalia gerarchica.

Per il bacino del torrente Bisagno:

D = lunghezza totale aste/superficie bacino 3.39 Km^{-1}

Da= numero di anomalia gerarchica/aste di ordine 1 = 1,56

Il valore ricavato è indicato nella seguente tabella ed è compreso tra 19000 e 24000 m³/anno.

Bacino		Bisagno
Superficie	S (Km ²)	92.7
Lunghezza totale	L = \sum lunghezza aste (Km)	314.2

Piano di bacino del torrente BISAGNO
RELAZIONE GENERALE

Densità di drenaggio (Ciccacci et al., 1980)	$D = L/S \text{ (Km}^{-1}\text{)}$	3.39
Ordine bacino	s	6
Ordine asta influente	i	si ricava dalla gerarchizzazione
Ordine asta recipiente	r	si ricava dalla gerarchizzazione
Numero di aste anomale di ordine i che influiscono in aste di ordine r	$N_{i,r}$	uno per ogni coppia i, r
Fattore di moltiplicazione	$f_{i,r} = 2^{(r-2)} - 2^{(i-1)}$	uno per ogni coppia i, r
Numero di anomalie gerarchiche (Avena et al., 1967)	$G_A = \sum_{i=1}^{s-2} \sum_{r=i+2}^s N_{i,r} f_{i,r}$	1155
Numero aste di ordine 1	N_1	739
Indice di anomalia gerarchica (Ciccacci et al., 1980)	$\Delta_a = G_A / N_1$	1.56292
logaritmo del Trasporto torbido unitario (Ciccacci et al., 1980)	$\log T_u \text{ (Ton/Km}^2\text{/anno)}$	2.70971
Trasporto torbido unitario	$T_u \text{ (Ton/K m}^2\text{/anno)}$	512.519
Trasporto torbido annuo	$T_u \text{ (Ton/anno)}$	47510.511
Trasporto Torbido annuo in mc (ipotizzando $P_s=2$)	$T_u \text{ (m}^3\text{/anno)}$	23755.256
Trasporto Torbido annuo in mc (ipotizzando $P_s=2.5$)	$T_u \text{ (m}^3\text{/anno)}$	19004.204

4. RISCHIO IDROGEOLOGICO

4.1 Premessa

Appare evidente come le problematiche del bacino siano fortemente interconnesse tra loro, in quanto la somma dei fattori naturali ed artificiali di degrado ambientale comporta una diminuzione complessiva del grado di fruibilità del territorio con conseguente riduzione dei fattori di sicurezza.

In merito alle specifiche aree a rischio, si possono riassumere i seguenti dati salienti:

- ↳ *l'assetto e le problematiche principali sono connesse alla presenza di un complesso di fenomeni franosi che per alcuni sottobacini, in corrispondenza di peculiari condizioni stratigrafiche e strutturali e in corrispondenza di litologie argillose assume valore significativo;*
- ↳ *nel territorio, sono presenti estese zone caratterizzate da erosione superficiale e da zone comprese nell'ambito di deformazioni gravitative profonde di versante (D.G.P.V.), per le quali non si possono escludere a priori fenomeni evolutivi indirizzati verso fasi parossistiche a cinematismo veloce. Tali situazioni sono però di norma precedute da attività preparatorie in cui la comparsa di precursori consente l'attivazione di interventi di protezione civile che, peraltro, risultano gli unici interventi possibili ed efficaci nel contesto di tali fenomenologie;*
- ↳ *le indagini geomorfologiche hanno evidenziato una elevata influenza dei bacini di sponda destra ed in particolare del T. Geirato e del T. Canate per quanto riguarda i fenomeni di trasporto in massa e le relative problematiche di sovralluvionamento del corso principale nel tratto medio-basso;*
- ↳ *lungo il corso medio-alto del bacino solo localmente (zona Davagna e zona Bargagli) si riscontrano situazioni caratterizzate da accumuli importanti di materiale.*
- ↳ *fenomeni di crollo e situazioni di possibile cinematismo dei fronti localmente si evidenziano nella cava Montanasco e nella cava Forte Ratti; maggiormente localizzate risultano, invece, le situazioni di instabilità che si rilevano nella cava San Gottardo in cui le recenti sistemazioni a gradoni hanno in parte minimizzato le problematiche di instabilità dei fronti;*
- ↳ *la maggior criticità idraulica risulta essere il tratto compreso fra lo sbocco a mare e la confluenza con il rio Fereggiano a causa della grave insufficienza del tratto terminale canalizzato e coperto (dalla Foce al ponte ferroviario di Brignole);*
- ↳ *la criticità del tronco compreso fra ponte Serra e la passerella a monte della copertura in fregio a Piazzale Marassi è dovuta principalmente all'insufficienza dello stesso ponte;*
- ↳ *la criticità del tratto compreso fra ponte Campanella e ponte Feritore è dovuta principalmente all'insufficienza e conseguenti effetti di rigurgito con innalzamento del pelo libero, di quasi tutti i ponti presenti e, per alcuni tratti della sponda destra a monte di ponte Monteverde, alla tipologia dell'argine (scarpata naturale con cordolo in pietra) e alla quota inferiore del piano viabile;*
- ↳ *il tronco compreso fra la confluenza con il rio Torbido e il ponte della Paglia presenta alcune criticità dovute alla inondabilità di aree di pertinenza del corso d'acqua non arginate e parzialmente invase da manufatti e costruzioni di vario*

genere;

- ↳ per quanto riguarda il rio Fereggiano, presenta un'elevata criticità idraulica nel tratto terminale tombinato a causa della grave insufficienza della sezione di deflusso;
- ↳ tra le tombinature che presentano alta criticità perchè idraulicamente insufficienti si possono ricordare quella sul rio Veilino, in prossimità del Cimitero di Staglieno e quella sul fossato Cicala, in prossimità del tratto urbanizzato.

Elementi a rischio

Gli elementi a rischio sono rappresentati dalla popolazione, dalle abitazioni, dalle attività economiche e dai beni culturali che possono subire danni in conseguenza del verificarsi del fenomeno franoso o idraulico, pertanto per l'individuazione delle classi, ci si è basati sull'analisi della carta dell'uso del suolo, ottenendo quattro classi:

Classe Elementi a Rischio	Codici Uso del Suolo	Descrizioni
<i>E0</i>	2.3 – 2.5 – 3.1 – 3.2 – 3.3 – 3.4.2 – 5.1.1	Prati e pascoli – Ex coltivi – Praterie – Zone boscate – Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva – Rocce nude –
<i>E1</i>	1.4.1 – 1.4.2 – 2.1.1 – 2.1.2.1 – 2.2.1 – 2.2.2 – 2.2.3 – 2.4	Aree verdi urbane – Aree sportive e ricreative – Seminativi in aree non irrigue – Seminativi, vivai, ecc. in piena aria - Vigneti – Frutteti – Oliveti – Zone agricole eterogenee
<i>E2</i>	1.1.2 – 1.3.1	Tessuto urbano discontinuo – Aree estrattive
<i>E3</i>	1.1.1 – 1.2.1 – 1.2.2 – 1.3.1 – 1.3.2	Tessuto urbano continuo – Aree industriali o commerciali – Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori – Aree estrattive – Discariche

4.2 Determinazione del rischio idrogeologico

Rischio geomorfologico

I diversi gradi di rischio di carattere geomorfologico, sono stati determinati attraverso matrici nelle quali vengono posti in relazione le classi di suscettività con le classi degli elementi a rischio così come desunte dalla Carta dell'uso del suolo. La conoscenza 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 geomorfologico è stato affrontato ponendo a confronto gli elementi a rischio con le aree del bacino caratterizzate da una certa suscettività al dissesto dei versanti.

Si tratta tuttavia di un approccio differente rispetto a quello adottato per il rischio idraulico per vari aspetti. Si consideri per esempio che le classi di suscettività al dissesto di versante non possono essere determinate in termini di tempi di ritorno di un evento, ma esclusivamente come probabilità che un dato evento si verifichi in un'area per la presenza di uno o più fattore innescanti. Per questo motivo, a differenza di quanto avviene per le fasce di inondabilità, le aree a minore suscettività geomorfologica sono aree del bacino in cui si prevede che il dissesto abbia la minore possibilità di scatenarsi, spesso a prescindere dalla dimensione del fenomeno

e quasi sempre a fronte di assoluta indeterminazione temporale. Inoltre il verificarsi di un evento franoso in un'area a media suscettività non implica automaticamente che se ne verifichino altri nelle zone a maggior suscettività.

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

Per la determinazione del rischio geomorfologico si è fatto riferimento alla seguente matrice:

Elementi a rischio	Suscettività al dissesto dei versanti				
	P0 Suscettività molto bassa	P1 Suscettività bassa	P2 Suscettività media	P3 Suscettività elevata	P4 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

Rispetto al livello di conoscenza attuale la carta del rischio costituisce uno strumento di supporto decisionale che consente di visualizzare in modo più circostanziato ed in termini maggiormente codificati le criticità messe in luce dal complesso degli studi geologici e geomorfologici ed in particolare dalla carta geomorfologica, dalla carta della franosità reale e dalla carta della suscettività al dissesto, anche se per una lettura complessiva delle criticità appare utile ribadire la necessità di una consultazione incrociata tra la carta del rischio e la carta della suscettività al dissesto.

Rischio idraulico

Il rischio idraulico, che insieme al rischio geomorfologico traccia il quadro della vulnerabilità idrogeologica del bacino, è il risultato dell'incrocio della carta degli elementi a rischio con la carta delle fasce di inondabilità. Secondo le indicazioni del Comitato Tecnico Regionale sono state individuate quattro classi di uso del suolo:

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

e altre quattro classi di rischio:

- R1 = rischio moderato
- R2 = rischio medio
- R3 = rischio elevato
- R4 = rischio molto elevato

che sono state incrociate secondo la matrice seguente:

Elementi a rischio	Fasce di inondabilità		
	200<T<500 fascia C	50<T<200 fascia B	T<50 fascia A
E ₀	R ₀	R ₁	R ₁
E ₁	R ₁	R ₂	R ₃
E ₂	R ₂	R ₃	R ₄
E ₃	R ₂	R ₄	R ₄

E' stata aggiunta anche un ulteriore classe di rischio R₀, definita come rischio lieve o trascurabile, che permette di estrarre le situazioni a rischio minore in ragione di pericolosità estremamente basse o di completa assenza di valenze socio-economiche. Tale classe è in pratica qui rappresentata dal complemento delle aree comprese nelle quattro classi di rischio rispetto alla superficie dell'intero bacino.

4.3 Carta del rischio idrogeologico

Il grado di rischio geomorfologico e di rischio idraulico viene rappresentato nella Carta del rischio idrogeologico. È importante evidenziare il significato e l'utilizzo che tale documento assume nel contesto di uno studio di vasta area ed in particolare nell'ambito di indagini funzionali alla pianificazione di bacino.

In particolare, rispetto al complesso di situazioni di rischio individuate, la carta consente di selezionare quelle situazioni a rischio alto e molto alto per le quali sono indispensabili studi di dettaglio puntuale relativamente alle caratteristiche ed alla dinamica del fenomeno, nonché alla vulnerabilità degli elementi esposti a rischio.

Dall'analisi della carta del rischio, risultano ad elevato o molto elevato *rischio geomorfologico* per la presenza di frane attive o quiescenti, ad esempio alcune zone in sponda sinistra del torrente Lentro, parti di territorio a Traso, Santa'Alberto di Bargagli, Mercato di Bargagli, Canova, Scoffera, Moranego, Sella di Davagna, Davagna, Marsiglia, Mareggia.

In Comune di Genova ad esempio ricadono in classe R₄ o R₃ alcune aree a Prato, a San Martino di Struppa, nel sottobacino del rio Lagolungo sul Geirato, a Pino Soprano, lungo il rio Fereggiano, nei pressi di Montesignano.

Per un quadro completo e chiaro della descrizione delle diverse aree con associato rischio si rimanda comunque alla specifica cartografia.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ASPETTI GEOLOGICI

AA.VV., *Elaborazione e gestione di dati morfologici idrologici e climatologici nello studio dei piccoli bacini*, CNR, 1981.

AA.VV., *Modelli idrologici superficiali nella pianificazione di bacino*, Politecnico di Milano, 1991.

AA.VV., *Atti del Seminario su La pianificazione di Bacino - Genova*, 1979.

Amadesi, E., Vianello, G., *Metodologia per la realizzazione di una carta della stabilità*, Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo" - Sottoprogetto "Fenomeni Franosi", CNR, U.O. 22.

Amanti, M., Casagli, N., Catani, F., D'Orefice, M., Motteran, G., *Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione*, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Servizio Geologico, Roma 1996

Annovi, A., e G. Simoni, *Atlante dei centri abitati instabili dell'Emilia Romagna*, Pubbl. CNR - GNDICI, U.O. 2.35, Regione Emilia Romagna, 1993.

Benjamin, Jack R., Cornell, C.Allin, *Probability, statistics and decision for civil engineers*, Mc Graw Hill, 1970.

Bieniawski Z.T. *Engineering Rock Mass Classification*. John Wiley and Sons, New York, 1989.

Bosi, C., F. Dramis e B. Gentili, Carte geomorfologiche di dettaglio a indirizzo applicativo e carte di stabilità su base geomorfologica, in: *Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo" - Sottoprogetto "Fenomeni Franosi"*, CNR, U.O. 1.16.

Brancucci, G., Canepa, G., Maifredi, P., Nosengo, S., *Le Paleofrane della Val Bisagno*, Geologia Applicata ed Idrogeologia, Bari, 1982.

Brancucci, G., Marini, M., *Considerazioni sull'evoluzione antica e recente di un tratto di spartiacque appenninico fra Scrivia e Bisagno (Liguria)*, Geogr. Fis. Dinam, Quat. 11, 53-55, 1f, 1988.

Brancucci G., Marini M. *Nuovi dati e considerazioni sulla "Paleofrana" di Prato Casarile*. Mem. Acc. Lunigianese Sc. "G. Capellini" LVII-LVIII, 1989.

Brancucci, G., Marini, M., *Le faccette triangolari: un elemento utile nell'interpretazione morfogenetica delle Valli Liguri*, Mem. Soc. Geol. It., 45, 893-898, 1990.

Bromhead, E. N., *Stabilità dei pendii*, Dario Flaccovio Editore, 1986.

Calvino, F., *Falde idriche della città di Genova*, Istituto di Geologia, Università di Genova.

Cancelli A., Casagli N. *Classificazione e modellizzazione di fenomeni di instabilità in ammassi rocciosi sovrapposti ad argilliti o argille sovraconsolidate*. Mem. Soc. Geol. Ital., 50, 83-100., 1995.

Canuti, P., F. Dramis e F. Esu, *Le condizioni di instabilità dei pendii nei centri abitati*, CNR - GNDICI, Linea 2. Pubbl. n° 544.

Canuti, P., Casagli, N., *Considerazioni sulla valutazione del rischio di frana*, estratto da "Fenomeni Franosi e Centri abitati" Atti del Convegno di Bologna del 27 Maggio 1994, CNR-GNDICI, Pubblicazione n.846, 1996.

Capponi, G. et alii, *Carta geologico-strutturale del settore centro-meridionale del Gruppo di Voltri e note illustrative*, in: *Boll. Soc. Geologica Italiana*, Fasc. 2 n° 113, 1994.

Caroni, E., *Modellistica dei fenomeni di inondazione e mappe di rischio idraulico*, in:

Valutazione del rischio idraulico geologico; strategie di intervento per la mitigazione degli effetti degli eventi estremi: Rapporto '89, edited by Siccardi, F., CNR-GNDICI, 6 pp., giugno 1992.

Caroni, E., D'Alpaos, L., Fattorelli, S., Rossi, F., Ubertini, L., Versace, P., *Valutazione delle piene*, CNR, 1982.

Caroni, E., La Barbera, P., Rizzo, *Esempio di studio sulle precipitazioni massime probabili per la determinazione delle portate temibili nei piccoli bacini*.

Carrara, A., Agnesi, V., et alii, *Modelli geomatematici per la valutazione della pericolosità connessa ai fenomeni d'instabilità dei versanti*, Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo" - Sottoprogetto "Fenomeni Franosi", CNR, U.O. 12, 39.

Carrara, A., D'Elia, B., Semenza, E., *Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi*, in Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo" - Sottoprogetto "Fenomeni Franosi", CNR, U.O. 12, 40, 44.

Carrara, A. et alii, *Sistemi informativi geografici nella valutazione del rischio connesso alla instabilità dei versanti: il bacino del F. Tescio (Umbria)*, CNR - GNDICI, U.O. 3.22, Rapporto 1989.

Carrara, A., M. Cardinali e F. Guzzetti, *Uncertainty in assessing landslide hazard and risk*, reprint from ITC Journal 1992 - 2.

Carrara, A., *Uncertainty in evaluating landslide hazard and risk*, in: Prediction and Perception of Natural Hazards, edited by Nemec, J., J.M. Nigg and Siccardi, Kluwer Academic Publishers, 9 pp, 1993.

Carta Geologica d'Italia - Foglio Genova, n. 82, 1971.

Chieco, A., Melidoro, G., *Movimenti di massa nell'Italia Meridionale "SACKUNG", calanchi, frane, subsidenza*, Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo" - Sottoprogetto "Fenomeni Franosi", CNR, U.O. 38.

Chiozzi P., *Rilevamento dello stato di dissesto dei conglomerati di Monte Cravi, Sottotesi di Laurea, Università di Genova, Dipartimento di Scienze della Terra*, 1989.

Cipolla, F., e Sebastiani C., Progetto Aree Vulnerate Italiane (Archivio Informatico Nazionale), CNR-GNDICI, 1992.

Cipolla, F., Russo, D., Sebastiani, C., *Rapporto di Sintesi Liguria*, CNR-GNDICI, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, novembre 1994.

COMETT Forum, Atti del seminario: *geostatistiche per l'ambiente ed il territorio*, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Roma 30 maggio-2 giugno 1995.

Comune di Genova, *Cartografia Geologica allegata al Piano Regolatore*, 1997.

Del Prete, m. et alii, *Rischio da frane intermittenti a cinematica lenta nelle aree montuose e collinari urbanizzate della Basilicata*, CNR - GNDICI, U.O. 2.37, Rapporto 1992.

De Luigi, G., *Elementi operativi dell'indagine geologica del Piano di bacino del Torrente Bisagno*, Seminario di Studi sulla pianificazione di Bacino, Genova, 1979.

De Stefanis, A., Marini, M., Terranova, R., *Studio Geologico del versante franoso di Viale Bracelli con l'ausilio dell'indagine elettrica per la sua sistemazione idrogeologica nel quadro dell'espansione urbanistica di Genova*, Atti II Conv. Naz. di Studi sui problemi di Geologia Applicata, Genova, 1971.

Dramis, F., Maifredi, P., Sorriso-Valvo, M., *Deformazioni gravitative profonde di versante. Aspetti geomorfologici e loro diffusione in Italia*, Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo" - Sottoprogetto "Fenomeni Franosi", CNR, U.O. 12, 37, 44.

- Fanucci, F., Nosengo, S., *Rapporti tra Neotettonica e fenomeni morfogenetici del versante marittimo dell'Appennino Ligure e del margine continentale*, Boll. Soc. Geol. It., 96, 41-51, 1977.
- Felicioni, G., Martini, E., Ribaldi, C., *Studio dei centri abitati instabili in Umbria, Atlante Regionale*, Pubblicazione n.979 del GNDICI-CNR, Febbraio 1995.
- Filice, E., *Identificazione delle piogge capaci di innescare movimenti franosi*, Estr. da: XXII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Cosenza 4-7 ottobre 1990.
- Govi, M., *L'evento alluvionale del 7-8 ottobre 1970 in Liguria, I dissesti sui versanti a Nord di Voltri (Genova)*, CNR-IRPI, 1976.
- Govi, M., *Processi d'instabilità naturale: tipologie, distribuzione, frequenza e pericolosità*, Atti del Secondo ciclo di conferenze di meccanica e ingegneria delle rocce, Politecnico di Torino, Torino 28 novembre-1 dicembre 1988.
- Govi, M., G. Mortara e P.F. Sorzana, *Eventi idrologici e frane*, in: *Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo" - Sottoprogetto "Fenomeni Franosi"*, CNR, U.O. 5.
- Gruppo informale CNR, Atti del IV seminario: *"Deformazioni gravitative profonde di versante"*, Chiusi della Verna (AR) -24-28 Maggio 1993, Mem. Soc. Geol., vol. L, 1995
- Guzzetti, F., M. Cardinali e P. Reichenbach, *Tentativo di valutazione della pericolosità e del rischio di frana nell'area Umbro-Marchigiana*, in: *Monografia: Prima*, CNR - GNDICI - CNDS - Sottocommissione Tecnico-Scientifica. 1994.
- Hydro Co., *Deviatore delle piene del Torrente Bisagno a difesa di Genova*, Progetto di fattibilità, 1986.
- Hydro Co., *Indagine sulla potenzialità della falda di subalveo del Torrente Bisagno per un corretto sfruttamento idropotabile*, Luglio 1986.
- Ismes S.p.A., *Studio di fattibilità tecnico-economica per un progetto di intervento generale finalizzato alla prevenzione e gestione delle emergenze connesse alle calamità idrogeologiche*, in : Flood hazard in the mediterranean countries, Course SP 1.5 University of Genoa, Genova, 14-16 giugno, 95 PP. 1993.
- Journel, A.G., and Huijbregts, Ch.J., *Mining Geostatistics*, Academic Press, Inc., 594 pp, 1978.
- Llamas, J., *Hydrologie générale: principes et applications*, Gaëtan Morin Editeur, 1993.
- Linsley, R.K., Kohler, M.A., Paulhus, J.L.H., *Hydrology for engineers*, Mc Graw Hill, 1975.
- Lorenz, C., *Evolution stratigraphique des Alpes Ligures depuis l'Eocene superieur*, Mem. Soc. Geol. It., 28, 211-228, 1984.
- Lunardi P., Aiello E., Froidi P., Francalanci P., Grandini G., Frassoni A. e De Lotto P. *Il Santuario della Verna. La geingegneria ed il restauro dei beni storico ambientali. Studio dei dissesti e progettazione degli interventi di consolidamento. Quarry and Construction*, luglio 1993.
- Maifredi, P., Raciti, F., *La Paleofrana di Prato Casarile e le sue condizioni di stabilità dopo l'alluvione del 08/10/1970*, Atti II Conv. Naz. di Studi sui problemi di Geologia Applicata, Genova, 1971.
- Maifredi, P., Nosengo, S., *Importanza delle Paleofrane nel campo della Geologia Applicata*, Geologia Tecnica N.3, 1975.
- Maione, U., *Le piene fluviali*, la Goliardica Pavese, 1977.
- Maione, U., Misello, U., *Introduzione alle elaborazioni statistiche*, La Goliardica Pavese, 1974.
- Maraga, F., Mortara, G., *Modificazioni dell'alveo e trasporto solido al fondo nel T. Pellice in*

riferimento alla piena del 19-20 maggio 1977, estr. Atti del Convegno: misura del trasporto solido al fondo nei corsi d'acqua: problemi per una modellistica matematica, CNR, Firenze, 13-14 ottobre 1977.

Marchi, E., Rubatta, A., Meccanica dei fluidi, Utet, 1981.

Marini, M., "Frane intercotidali" alla base del Pliocene e loro significato in rapporto alla tettonica distensiva tardoneogenica a Genova, Mem. Acc. Lunigianese Sc. "G. Capellini" XL, 1976.

Marini M., *Analisi geologico-strutturale ed interpretazione paleogeografica e tettonogenetica dei Calcari del M. Antola. Ofioliti 6 (1)*, 1981.

Marini, M., *Le deformazioni fragili del Pliocene Ligure. Implicazioni nella Geodinamica alpina*, Mem. Soc. Geol. It., 29, 157-169, 1984

Monaco Piccio. *Studio geomeccanico di un movimento franoso in flysch marnoso-calcareo con intercalazioni di argilloscisto. Atti II Conv. Naz. Studi sui problemi della Geologia Applicata*, Genova 1971.

Natale, L., Mappatura del rischio di inondazione, in: *Valutazione del rischio idraulico geologico; strategie di intervento per la mitigazione degli effetti degli eventi estremi: Rapporto '89*, edited by Siccardi, F., CNR-GNDCI, 21 pp., giugno 1992.

Nosengo, S., *Approccio metodologico per l'elaborazione del Piano di Bacino del Torrente Bisagno: le indagini geologiche*, Seminario di Studi sulla pianificazione di Bacino, Genova, 1979.

Panizza M., *Geomorfologia applicata. Ed. NIS*, 1988.

Perasso, L., *Evaluation des risques d'inondation dans la vallée du Torrent Bisagno (Gênes, Italie) Etude des causes et propositions de solution*. Université de Liège, Commission Européenne-D.G. XII programme environment unité "Climatologie et risques naturels", Università degli studi di Genova, 1996.

Piano di Bacino del torrente Sturla 1995.

Pozzani, R., *Piano Regolatore Generale del Comune di Bargagli*, Febbraio 1995.

Quaderni del Sile - *La Pianificazione di bacino - Un esempio ligure: il Bisagno*.

Regione Liguria, *Ricerche in materia di protezione civile relative ai bacini idrografici: bacino del T. Bisagno*, geoSarc, Genova, 1989.

Regione Liguria, *Piano del bacino del Torrente Bisagno*, 1980.

Regione Piemonte - CNR Istituto di ricerca per la protezione idrogeologica del bacino padano-Torino. *Banca dati geologica* a cura del settore prevenzione del rischio geologico, meteorologico e sismico, 1990.

Rossi, F., *Presentazione dell'attività svolta dalle Unità Operative della Linea 1 nel corso del 1989*, in: Rapporto 1989 Linea 1 GNDCI, Previsione e prevenzione di eventi idrologici estremi e loro controllo, 34 pp, 1992.

Rosso, R., *Analisi di frequenza delle piene*, CNR, 1981.

Sciutto A., *Studio geomorfologico e geomeccanico degli affioramenti conglomeratici di Monte Reale (Genova). Tesi di Laurea, Università di Genova, Dipartimento di Scienze della Terra*, 1988.

Serva, L., *Monografia: prima CNR, CNDS*, Settembre 1994.

Seminara, G., Tubino, M., *Debris flows: meccanica, controllo e previsione. Parte I: osservazioni sulla risposta meccanica dei miscugli granulari*, CNR-GNDCI, Linea 1, Linea 3, giugno 1993.

Siccardi, F., *Il Piano di Bacino del Torrente Bisagno*, Seminario di Studi sulla pianificazione di Bacino, Genova, 1979.

Siccardi, F., and D.N. Adom, A non- structural policy for the mitigation of flood effects: the Arno project, in: Prediction and Percetion of Natural Hazards, edited by Nemec, J.,J.M. Nigg and Siccardi, Kluwer Academic Publiscers, 10 pp, 1993.

Tonini,D., *Elementi di idrografia ed idrologia*, Libreria Universitaria Venezia, 1966.

UU.OO. *Valutazione del rischio idraulico geologico; strategie di intervento per la mitigazione degli effetti degli eventi estremi: Rapporto di evento Savona-22 Settembre 1992, Genova-27 Settembre 1992*, CNR-GNDCl, Linea 3, Settembre 1994

Varnes D.J. *Slope movements. Types and processes. In: Schuster R.L. and Krizker R.J. (Editori), Landslides: analysis and control. Nat. Acad. Of Sciences, Trasp. Res. Board, Washington, Special Report 176, 11-35, 1978.*

Ven Te Chow, *Open channel hydraulics*, Mc Graw - Hill, 1973.

Ven Te Chow, Maidment, D. R., Mays, L.W., *Applied hydrology*, Mc Graw-Hill, 1988.

Zani, S., *Metodi statistici per le analisi territoriali*, Franco Angeli, 1993.

ASPETTI VEGETAZIONALI

AA.VV., 1972 – *Carta dell'agricoltura. Utilizzazione agricola del suolo*. Vol. 2. Centro Studi Unioncamere Liguri. Genova

AA. VV., 1989 – *Atlante degli uccelli nidificanti in Liguria*. Regione Liguria, Genova

AA. VV., 1989 – *Studi propedeutici al piano territoriale di coordinamento paesistico*. Vol. 4. Storia e archeologia. Regione Liguria. Genova

AA. VV., 1994 – *Atlante degli anfibi e rettili della Liguria*. Regione Liguria, Genova

AA. VV., 1994 – *Studi e ricerche sul territorio regionale in materia di fauna minore*. Vol 1. Istituto di Zoologia Università di Genova. Genova

AA. VV., 1997 – *595 cose da scoprire a Genova e nella sua provincia*. Sagep, Genova

AA. VV., 1997 – *Bacino del torrente Bisagno, in Monitoraggio dello stato dei corsi d'acqua della provincia basato su metodi biologici. Stato delle acque interne dei bacini del Levante*. Provincia di Genova, Genova

AA. VV., 1997 – *Sintesi della carta ittica della provincia di Genova*. Provincia di Genova, Genova
G. Benini - *Sistemazioni idraulico-forestali*.

Bertolotto S., 1990 - *Ricerche geobotaniche sui boschi della Val Bisagno*. Tesi di laurea, Istituto di Botanica, Università degli Studi di Genova.

C.T.R. scala 1:10.000 Fogli N° 213-120, 213-160, 214-140, 214-130, 214-100, 214-090.

Carta dei Sentieri scala 1:25.000 Provincia di Genova – Val Bisagno – F.I.E.

Carta per la protezione civile della Regione Liguria: bacino del Torrente Bisagno. Scala 1:25.000. GeoSARC

Maranini N., 1988 – *L'avifauna di passo, nidificante e invernale nel Parco del Peralto a Genova*. PICUS 15: 7-19

Maranini N., Galuppo C., 1995 – *Presenze ornitiche rilevate da gennaio 1994 ad agosto 1995 nell'alveo del Rio Torbido*. Ined.

Maranini N., Truffi G., 1988 – *Nidificazione di rondine montana, Ptyonoprogne rupestris, alla*

periferia di Genova. Riv. Ital. Orn., 58 (3-4): 192

Martini E., 1992 – *Boschi in fiamme*. Sagep Editrice, Genova

Minciardi M.R., 1991 - *Cartografia e rilievi Botanico-Geomorfologici per l'analisi ambientale e per la formulazione di un Indice di Qualità Ambientale (I.Q.A.) relativo al parametro "suolo". Il caso dell'alta Val Bisagno*. Tesi di Laurea, ined.

Moreno D., 1990 – *Dal documento al terreno. Storia e archeologia dei sistemi agro-silvo-pastorali*. Il Mulino. Bologna

Pignatti S., 1982 – *Flora d'Italia*. Vol.1-2-3. Edagricole, Bologna

Stringa P., 1978 – *La Val Bisagno, cronologia del paesaggio tra spartiacque e mura di Genova*. Genova

Stringa P., 1988 – *L'antica strada dell'acqua*. Sagep, Genova

Zauli E., *Saggio di pianificazione territoriale su base naturalistica in un'area campione: "Il Parco delle Mura", Genova 1990*.

ASPETTI IDROLOGICI ED IDRAULICI

AMGA S.p.A. Genova, *"Progetto Europeo SPRINT 226 – Nuovo progetto pilota per la città di Genova: controllo in tempo reale del collettore fognario misto in sponda destra Bisagno"*, 1994-1996.

AMGA S.p.A. Genova, *"Progetto di massima della nuova adduttrice DN 600 dell'acquedotto Val Noci"*, 1995-1996.

ARPAL-CFMI-PC, *"Rapporto di evento meteoidrologico del 4-9/11/2011"*, 2011.

ARPAL-CFMI-PC, *"Rapporto di evento meteoidrologico del 09/10/2014"*, 2015.

Burlando Rosso - *Modello di previsione statistica delle piogge intense di progetto*.

Burlando Rosso - *L'analisi idrologica nella pianificazione di bacino*.

Brizzolaro E.,- *Studio Idrologico del torrente Bisagno*.

Cati, L., *"L'evento alluvionale del 7-8 ottobre 1970 sui bacini dei torrenti Leiro, Polcevera e Bisagno"*, Annali Idrologici Parte Seconda, Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici, 1970.

Chow, V. T., *"Open-Channel Hydraulics"*, McGraw Hill, 1973.

Chow, V. T., *"Applied Hydrology"*, McGraw Hill, 1988.

CIMA (Centro di ricerca in monitoraggio ambientale) – *Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri, 1999*

ITALSTRADE, *"Progetto di fattibilità del deviatore delle piene del torrente Bisagno a difesa di Genova"*, 1986.

La Barbera P. -. Riso P - *L' idrologia di superficie del Bacino del torrente Bisagno, determinazione degli input idrologici con associato periodo di ritorno per il calcolo delle portate temibili in diverse sezioni di chiusura*.

Marchi, E. & A. Rubatta, *"Meccanica dei fluidi"*, UTET, 1981.

REGIONE LIGURIA, Commissione Scientifica Regionale per lo Studio della Difesa del Suolo, *"Piano di Bacino del torrente Bisagno"*, 1980.

UNIVERSITA' DI GENOVA, Istituto di Idraulica, *"Modello fisico di un tronco dell'asta terminale del torrente Bisagno"*, direttore dell'Istituto Prof. Ing. E. Marchi, relatore Prof. Ing. G. Seminara, 1984.

UNIVERSITA' DI GENOVA, Istituto di Idraulica, *"Copertura del torrente Bisagno verifica analitica del comportamento idraulico alla foce"*, direttore dell'Istituto Prof. Ing. E. Marchi, relatore Prof. Ing. S. Stura, 1985.

UNIVERSITA' DI GENOVA, Istituto di Idraulica, *"La situazione idraulica del torrente Bisagno"*, direttore dell'Istituto Prof. Ing. E. Marchi, relatore Prof. Ing. G. Seminara, 1986.

UNIVERSITA' DI GENOVA, Istituto di Idraulica, *"Modello fisico dell'opera di deviazione del torrente Bisagno"*, direttore dell'Istituto Prof. Ing. E. Marchi, relatori Proff. Ingg. P. Bartolini, P. Blondeaux, G. Scarsi e G. Seminara, 1989

UNIVERSITA' DI GENOVA, Istituto di Idraulica, *"Studio su modello fisico di un tratto del torrente Bisagno compreso fra ponte Campanella e ponte Monteverde"*, direttore dell'Istituto Prof. Ing. E. Marchi, relatore Prof. Ing. G. Scarsi, 1989.

UNIVERSITA' DI GENOVA, Istituto di Idraulica, *"Studio su modello matematico delle caratteristiche del deflusso di portate di piena eccezionali nel torrente Bisagno nel tratto ponte Monteverde – ponte Feritore nell'ipotesi di risistemazione viaria della sponda destra e adeguamento dei ponti previsti dal progetto di tramvia Brignole-Geirato"*, direttore dell'Istituto Prof. Ing. E. Marchi, relatori Dott. Ing. M. Colombini e Prof. Ing. G. Seminara, 1996

US ARMY Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, *"HEC-RAS Software: Hydraulic Reference Manual"*, 1995.