

CAPITOLO 2

CARATTERISTICHE DEL BACINO

2.1 Inquadramento generale

2.1.1 Suddivisione dell’ambito di bacino

Rio Pinea-Pertusio

Il bacino idrografico del rio Pinea—Pertugio (o Pertusio), il sesto per dimensione tra gli undici principali, ha una superficie di 0,73 kmq e si sviluppa da quota 0 a quota 209,8, località Roccacrovaire; il suo perimetro misura 4,19 km di cui 0,38 km sono rappresentati dal tratto costiero.

L’area del bacino ricade all’interno dei comuni di Riva Ligure (S = 0.63 Km²), in cui sfocia, Castellano (S = 0.08 Km²) e, per una piccolissima porzione, nel Comune di Taggia (S = 0.02 Km²).

Alla foce il rio è di ordine 2 secondo l’ordinamento di Strahler, mentre la lunghezza dell’asta principale misura circa 1,2 Km.

Il corso d’acqua deriva dall’unione di due corsi d’acqua, il rio Pinea (a destra) e il rio Pertugio (a sinistra), che costituiscono i suoi unici ‘affluenti’.

Torrente Caravello

Il torrente Caravello sfocia nel comune di Riva Ligure, ed ha una superficie complessiva di 6.71 Km² ed è il maggiore tra quelli oggetto del presente studio; questo corso d’acqua è il più grande del comprensorio in studio. Il suo bacino si sviluppa su tre comuni: quello di Riva Ligure (0.69 Km²), quello di Castellaro (3.52 Km²) e quello di Pompeiana (2.50 Km²). La quota massima dello spartiacque è quella del Passo Rapaluvo (659,9 m s.l.m.)

L’ordine massimo secondo Horton-Strahler è 3; l’asta principale è lunga 4,7 Km, mentre lo sviluppo complessivo dei rami che costituiscono il corso d’acqua è 16,7 Km. La lunghezza complessiva del perimetro è di 13,16 Km, di cui 272, 7 m costituiscono il tratto costiero.

Nella toponomastica della cartografia utilizzata in questo studio si rileva che nei tratti a monte l’asta principale del torrente Caravello assume il nome di rio Loaghi e rio Lagoscuro.

Rio S. Caterina

Il rio S.Caterina sfocia a confine tra i comuni di Riva Ligure, a ponente, e S.Stefano al Mare, a levante.

La sua superficie complessiva è di 4,61 km² e rientra per forma e natura tra le tipologie proprie dei bacini idrografici del ponente ligure ed è il secondo per dimensione tra quelli compresi nell’ambito.

L’asta principale è lunga circa 5.06 km e presenta due affluenti principali: il rio Moro (a sinistra) e il rio Zunchi.

Oltre ai citati due comuni costieri (Riva Ligure S = 0.17 Km² e S. Stefano al Mare S = 0.30 Km²), la superficie del bacino interessa anche i comuni di Pompeiana (2.87 Km²) e Terzorio (1.27 Km²). La forma topografica è condizionata dalla presenza della collina di S. Stefano (160 m s.l.m.) che ne devia il corso verso ponente.

Il tratto principale del corso d’acqua è lungo circa 1500 m (fino alla confluenza del rio Moro) con una pendenza media del 3,3%.

Rio della Torre

Il rio della Torre, che sfocia a Santo Stefano al Mare, ha un bacino imbrifero di 2.09 Km², che si ripartiscono sui comuni di Santo Stefano al Mare (1.15 Km²), Terzorio (0.60 Km²) e Cipressa (0.34 Km²). Esso è il terzo per dimensione all'interno dell'ambito di studio.

Lo spartiacque, che ha uno sviluppo lineare di 8.53 Km, arriva alla quota massima di 539.0 m s.l.m. del Pian delle Vigne. Lo sviluppo della linea di costa è di 193.3 m.

Il reticolo idrografico ha uno sviluppo complessivo di 6.26 Km, di cui 2.40 Km costituiscono la lunghezza dell'asta principale, caratterizzata da una pendenza media del 22.4 %.

Gli affluenti principali sono due: il rio Garino (o Gavino) a sinistra e il rio Bevitore a destra; quest'ultimo procedendo verso monte prende il nome di rio Conioli e rio Bevein.

L'ordine massimo secondo il metodo Horton-Strahler è 3.

Rio Aregai

Il rio Aregai, che sfocia a Santo Stefano al Mare, è il quarto in ordine di dimensione tra i nove principali bacini compresi nell'area oggetto del presente studio, con una superficie di 1.45 Km².

Oltre al comune di Santo Stefano al Mare, interessato per 0.25 Km², il bacino si sviluppa in quello di Cipressa per 1.20 Km², dove si arriva ad una quota massima di 500 m s.l.m..

Lo spartiacque ha una lunghezza di 7.16 Km, mentre il tratto costiero ha uno sviluppo di ca. 538 m.

Secondo l'ordinamento Horton-Strahler, l'ordine massimo è 3; la lunghezza dell'asta principale è di 3.20 Km, con una pendenza media del 15.6 %. Lo sviluppo complessivo della rete di drenaggio è di ca. 4.50 Km.

Il rio Aregai, nel tratto a monte, assume il nome di rio Giurando e rio Girandi.

Fossato Aregai

Il fossato Aregai, che ha un bacino imbrifero di superficie pari a 0,82 Km², si sviluppa completamente nel comune di Cipressa, arrivando ad una quota massima di 411,4 m s.l.m..

Lo spartiacque ha una lunghezza pari a 4.72 Km, il tratto di costa è di 519 m.

L'ordine massimo è 2; la lunghezza dell'asta principale è 2.05 Km, mentre lo sviluppo complessivo della rete di drenaggio è di 2,31 Km.

Questo è il quinto per dimensione tra i nove principali all'interno dell'ambito di studio.

Rio Pantano

Il rio Pantano, che a monte si chiama rio Ordioli, ha un bacino imbrifero di 0,61 Km², tutto compreso nel comune di Cipressa, in cui arriva ad una quota massima di 411,4 m s.l.m.

La lunghezza dello spartiacque è di 3.39 Km; il tratto costiero ha uno sviluppo complessivo di ca. 550 m.

All'interno dell'ambito di studio, tra i nove bacini principali, il rio Pantano è il settimo per dimensione.

La lunghezza dell'asta principale, che è di 1.34 Km, arriva ad essere di ordine 2.

Rio Moiano

Il rio Moiano, si estende a Nord fino ad una quota di 379.8 m s.l.m., ed ha una superficie complessiva di 0.31 Km², compresi nei Comuni di Cipressa (0.30 Km²) e Costarainera (0.01 Km²).

Il rio, che non presenta affluenti, è caratterizzato da un'asta principale lunga ca. 1.0 Km e, naturalmente, ha ordinamento massimo secondo Horto-Strahler pari a 1.

La lunghezza dello spartiacque è di 3.05 Km; il tratto costiero ha uno sviluppo complessivo di ca. 260 m. All'interno dell'ambito di studio il rio Pantano è il decimo per dimensione tra gli undici bacini principali.

Rio dei Marmi

Il rio dei Marmi con i suoi 0.38 Km² risulta essere il nono tra i bacini principali oggetto del presente studio.

Lo sviluppo dello spartiacque è pari a 3.4 Km, quello del tratto costiero è di ca. 240 m.

Il bacino si estende fino ad una quota di 379.8 m s.l.m. e interessa i comuni di Cipressa (S = 0.37 Km²) e Costarainera (S = 0.01 Km²).

L'ordinamento massimo del reticolo è pari a 2, con uno sviluppo complessivo delle aste di 1.4 Km e con l'asta principale lunga ca. 1.3 Km.

All'interno dell'ambito di studio il rio dei Marmi è il nono per dimensione tra gli undici bacini principali.

Rio Ciapin

Il rio Ciapin, il più piccolo tra gli undici bacini in oggetto, ha una superficie idrografica di 0.22 Km², compresa interamente nel Comune di Cipressa.

Il suo ordinamento massimo è 2, ma gli affluenti non sono comunque significativi. L'asta principale ha lunghezza pari a 485.4 m; il reticolo idrografico completo ha uno sviluppo lineare di 617 m.

Il tratto costiero di sua pertinenza è pari a 453 m, mentre lo spartiacque si sviluppa per 1.9 Km.

Rio Piani

Il rio Piani, ottavo per estensione superficiale, sfocia a confine tra i Comuni di Costarainera e Cipressa. La sua superficie, che si estende fino a 296.3 m s.l.m., è pari a 0.52 Km² e risulta così ripartita: 0.21 Km² nel Comune di Costarainera e la restante parte nel Comune di Cipressa.

Lo sviluppo totale delle aste ammonta a ca. 2.0 Km; l'asta principale è lunga 1.2 Km. Secondo il metodo Horton-Strahler, l'ordine massimo è 2.

Lo spartiacque ha uno sviluppo complessivo di 3.4 Km, il tratto costiero è pari a circa 430 m.

Altri

All'intero ambito di bacino n. 5 – Prino – Bacini dei rii minori compresi tra il torr. Argentina e il torr. San Lorenzo - si rilevano diverse aree direttamente scolanti in mare, caratterizzate da compluvi più o meno naturali.

Le superfici di tali aree misurano complessivamente 1.98 Km² e si ripartiscono in diverse aree comprese nell'ambito di studio. Il tratto di costa interessato dallo sbocco a mare di questi compluvi ha uno sviluppo di 4.5 Km. La lunghezza complessiva della rete di drenaggio di queste aree, riportata anche sulla cartografia, è pari a 5.41 Km.

2.1.2 Inquadramento geografico

Come già anticipato nel corso del primo capitolo, la configurazione paesistica d'insieme risulta caratterizzata dalla diversità delle situazioni che caratterizzano rispettivamente la fascia costiera e quella collinare retrostante.

La prima, appare ormai compromessa da forme casuali e disorganiche di sviluppo insediativo frammiste a una diffusa utilizzazione dei suoli per colture agricole specializzate; la seconda, viceversa, ha mantenuto pressoché inalterati i propri equilibri ambientali, sia per la consistente presenza della coltura olivicola, sia per la relativa integrità della struttura insediativa di origine preindustriale.

A uno sguardo un po' più ravvicinato, l'ambito oggetto di studio risulta essere caratterizzato da un'evoluzione insediativa tale da mettere in evidenza due rilevanti fatti territoriali, peraltro messi in evidenza anche dal Ptc della costa:

- la presenza di *soluzioni di continuità nell'urbanizzazione costiera*, cioè quelle parti di territorio che - all'interno del panorama insediativo regionale - si connotano per la presenza di edilizia rada e che pertanto sono significative interruzioni dell'edificazione lungo l'arco costiero;
- la *modificazione dei pesi insediativi* tra centri urbani costieri e nuclei di prima collina, a vantaggio di questi ultimi.

In merito al primo fatto territoriale – il secondo fatto territoriale di rilievo -, il tratto costiero compreso tra il torrente Argentina e il torrente San Lorenzo, segnala la presenza di due distinte tipologie territoriali:

- il tratto da torre Aregai a torre dei Marmi, cioè una soluzione di continuità ove la connotazione morfologica prevale sulle trasformazioni intervenute e rappresenta un elemento di separazione tra due diverse realtà territoriali contigue. Il tratto considerato presenta un'estensione di circa 2 km ed è costituito da un piano inclinato continuo utilizzato intensivamente da colture terrazzate con un debole grado di edificazione residenziale e una limitata presenza di serre;
- la piana tra il comune di Taggia e il comune di Riva ligure, cioè una soluzione di continuità nell'urbanizzazione costiera che corrisponde a una zona di transizione di due realtà insediative urbane che non si sono saldate tra loro.

Per quanto attiene alla modificazione dei pesi insediativi, l'analisi delle dinamiche dal 1971 a oggi mette in evidenza un processo di trasformazione dell'assetto insediativo che, comunemente a molti tratti della Liguria, si caratterizza per la modificazione dei pesi tra centri urbani costieri e nuclei di prima collina. In altri termini, a partire dai primi anni settanta, si nota una certa vitalità dei comuni immediatamente alle spalle dei centri costieri: il complesso dei residenti nei comuni di Castellaro, Pompeiana e Terzorio passa da 1.504 nel 1971 a 2.027 alla metà degli anni novanta.

2.2 Geologia

L'ambito di studio è caratterizzato geologicamente dalla presenza di un limitato numero di litologie con la netta predominanza dei litotipi appartenenti al Flysch di S. Remo. Tale formazione caratterizza, infatti, circa 18 Km² sui 20.5 Km² dell'intero ambito di bacino in oggetto. Seguono in ordine di estensione i litotipi appartenenti alle formazioni delle Brecce di Taggia, dei Conglomerati di M.te Villa, delle Arenarie di Bordighera e delle Sabbie della Costa Terre Bianche. Di seguito viene fornita una sintetica descrizione dei litotipi menzionati:

• **UNITA' DI SAN REMO - M. SACCARELLO**

Costituisce il termine più alto della sequenza dei Flysch della Liguria Occidentale. Di gran lunga il più esteso è un tipico Flysch ad Elmintoidi (tracce fossili di organismi limivori) a prevalente componente calcarea.

L'Unità di S. Remo – M. Saccarello viene suddivisa (BONI, VANOSI 1960) in tre principali elementi, dal basso:

- ⇒ **Formazione di S. Bartolomeo**
- ⇒ **Arenarie di Bordighera**
- ⇒ **Flysch di S. Remo**

Litostratigrafia

Il Bacino di studio è stata riscontrata la presenza dei terreni appartenenti a:

Arenarie di Bordighera (arBOR)

Identificate con la sigla “Ha” del Franchi costituiscono una grossa lente di arenarie torbiditiche massicce, in spessi strati, granulometricamente piuttosto grossolane, sino a conglomeratiche. Gli apporti derivano dal disfacimento del massiccio sardo-corso e corrispondono ad una conoide sottomarina a “bassa efficienza di trasporto”, inserita tra i depositi di piana sottomarina. Dal punto di vista mineralogico si tratta di grovacche feldspatiche con alte percentuali di quarzo e minori di feldspati e miche a cemento calcitico, più o meno ricristallizzato, i frammenti detritici hanno forme poco arrotondate che testimoniano la scarsa maturità del sedimento.

All'interno del nostro bacino sono poco rappresentate (0.4 Km² circa) e affiorano in due ristretti lembi nel settore di nord-ovest in prossimità di Costa della Lampedusa e ponte dei Salici.

Flysch di San Remo (cmELM – maELM)

È costituito nel suo insieme da potenti torbiditi marnose, arenaceo-calcaree, depositatesi sul fondo di un bacino marino, lungo una piana piuttosto ristretta caratterizzata da alti tassi di accumulo e ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati.

Le torbiditi risultavano pertanto confinate in questa stretta fossa e subivano spesso fenomeni di “rimbalzamento” sui suoi fianchi.

La dimensione delle torbiditi (megatorbiditi) attestano un'intensa attività tettonica nel bacino e nelle aree vicine.

Tale formazione occupa buona parte del settore centro-orientale della provincia di Imperia ed è databile al Cretaceo superiore.

Il Franchi distingue una litozona “H2” sovrastante ad un'altra litozona denominata “H1”.

Membro H1: è un potente complesso litologico a composizione prevalentemente calcareo-marnosa. Al suo interno presenta una notevole variabilità sia laterale sia verticale, che permette la distinzione in alcune litofacies caratteristiche:

Alternanza ritmica di **calcarei detritici** grigio scuri (grigio chiaro sulle superfici esposte agli atmosferici) ed **arenarie** anche molto grossolane, sino a microconglomeratiche, spesso gradate, con colore di alterazione bruno o giallastro-rossastro. Tipica dell'estremo settore occidentale tende a scomparire verso est per progressiva diminuzione della facies clastica più grossolana. Questa zona (che corrisponde grossomodo all'Ha di Franchi) rappresenta verosimilmente la porzione più orientale del Bacino di deposizione delle Arenarie di Bordighera.

È una facies tipica, visibile sul crinale tra M. Faudo e Passo di Vena e lungo la strada Provinciale n° 46 per Boscomare. Si tratta di livelli stratigraficamente discontinui ma piuttosto omogenei al loro interno, costituiti da **marne argillose** estremamente fissili e fogliettate per la presenza di un intenso “slaty cleavage”. Il colore è grigio scuro, plumbeo, ocreo sulle superfici alterate.

È il livello più ampiamente rappresentato, un tipico **Flysch ad Elmintoidi** costituito da prevalenti **marne e marne calcaree** in banchi di spessore generalmente superiori al metro. La componente calcarea è variabile e sono presenti intercalazioni non cartografabili di arenarie e calcareniti.

Questo tipo di litotipo costituisce generalmente le costolature e le emergenze morfologiche maggiori. È probabile che l'erosione regionale selettiva ne abbia prodotto la differenziazione rispetto al livello precedente. È costituito da **calcarei compatti**, di colore grigio chiaro se alterati, in strati di spessore intorno ai 60-80 cm, con interstrati argillitico siltosi ed intercalazioni arenacee.

Detto membro caratterizza la maggior parte del territorio di indagine (13.5 Km² circa) lungo un allineamento nord ovest sud est interessando tutta la porzione centrale del bacino dal punto più settentrionale in prossimità del M.te Sette Fontane fino alla costa in prossimità dell'Istituto elioterapico.

Membro H2: costituisce il tetto del Flysch di San Remo e si identifica con “Complesso a flysch arenaceo-marnoso-argilloso” di Boni e Vanossi (1960) e con la litofacies D di Sagri (1980).

I fattori caratteristici che ne consentono un'agevole distinzione sono essenzialmente la drastica riduzione della frazione carbonatica e la diminuzione dello spessore degli strati. L'aspetto tipico degli

affioramenti, che riguardano soprattutto la zona costiera, è conferito dalla presenza di **pacchi argillitici con intercalati banchetti di arenarie a grana media, spesso micacee**, di spessore raramente superiore ai 50 cm.

A luoghi, sono presenti strati per lo più isolati di **calcilutiti** grigio, biancastre, ad alto contenuto di CaCO_3 e frattura concoide tipo “alberese”. Raramente sono presenti livelli marnoso arenacei spessi al massimo 1-2 m.

Il suo assetto strutturale risulta piuttosto complesso ed i rapporti stratigrafici con il sottostante H1 non segnano pressoché mai una brusca variazione litologica, ma sono piuttosto individuati da una fascia a volte molto estesa di variazione continua tra un litotipo e l'altro, che corrispondono ad un mutamento progressivo, non omogeneo e spesso eterocrono delle condizioni paleogeografiche.

Anch'esso ben rappresentato (5 Km²) caratterizza la porzione nord orientale del Bacino in un'ampia fascia che dalle culminazioni M.te Selletta, M.te Pian delle Vigne con un andamento nord-ovest sud-est interessa l'abitato di Costarainera spingendosi poi fino al mare in prossimità della foce del Rio S. Lorenzo.

I lembi Pliocenici.

I depositi Pliocenici rappresentano la porzione più interna del riempimento di un'ampia depressione originatasi, per cause tettoniche, nei terreni flyscioidi. Tale depressione dopo un pressoché totale riempimento della testata, si trova oggi in fase di marcata reincisione, in relazione oltre che ad una variazione del livello di base anche al riattivarsi delle attività neotettoniche che hanno guidato la morfogenesi della depressione stessa.

Sono costituiti principalmente da conglomerati, argille-marnose, sabbie, arenarie e breccie che rappresentano il risultato di deposizioni di tre distinti episodi, seppur coevi, di ingressione marina, di un unico bacino.

L'attuale geometria e disposizione degli affioramenti Pliocenici e, soprattutto, i loro rapporti con il substrato inducono a ritenere che la morfologia della costa al momento dell'ingressione Pliocenica fosse già stata preconstituita con marcata interferenza dei sistemi di faglie di cui si è già parlato e che tuttora rappresentano le lineazioni tettoniche più evidenti.

È soprattutto il sistema di fratture NW-SE che sembra aver determinato le depressioni morfologiche in cui il mare pliocenico si insinuava profondamente.

Piuttosto evidenti sono le lineazioni con direzione N 120° tra l'abitato di Aregai e Castellaro, che avrebbero potuto delimitare il principale “canale” di ingressione marina nel settore occidentale.

Peraltro questa fascia di lineazioni sembra rappresentare con buona coerenza l'emergenza del sistema di faglie attive individuato anche dagli studi sismologici, come origine di importanti episodi, anche recenti, di particolare intensità.

Quando il contatto col substrato non appare in relazione con i sistemi di faglie risulta di normale sovrapposizione stratigrafica su superfici generalmente poco inclinate. E il caso di Costa Cuccarelli e Costa Zerbe, in cui i limiti degli affioramenti appaiono arcuati e sinuosi, ed hanno chiare relazioni con i tratti dell'idrografia superficiale e della morfologia.

Il ciclo pliocenico comprende diversi litotipi raggruppati nelle seguenti formazioni:

□ Argille di Ortovero (aORV)

Argille in genere di colore grigio azzurro si presentano in bancate piuttosto massicce, a luoghi siltoso sabbiose, più o meno marnose, in grandi accumuli o in tasche discontinue e mal stratificate e con potenze variabili da qualche centimetro a diverse decine di metri. In genere a causa della elevata aggredibilità di tale litotipo da parte degli agenti atmosferici risultano molto dilavate in superficie.

Quando le argille poggiano direttamente sul substrato sono, verso la base, più sfatte, marnose, con una discreta percentuale di sabbie, indicante la trasgressione pliocenica.

Al contatto con i conglomerati assumono generalmente una colorazione giallastra, diventano più sabbiose e, talvolta anche un po' ghiaiose.

La differenza di colorazione sarebbe dovuta a un fenomeno di alterazione superficiale (lavaggio e decalcificazione, con spostamento della colorazione al giallo) dovuta alle acque di percolazione, e quindi il limite di percolazione è anche un limite freatico.

In genere le Argille di Ortovero si presentano in contatto eteropico con i conglomerati, trovandosi in parte al letto in parte intercalati a questi ultimi.

Le Argille affiorano, in aree piuttosto piccole (0.09 Km²) sul versante est sottostante l'abitato di Castellaro, in prossimità del grande riporto autostradale in località Caravello e in località Terre Bianche.

□ **Sabbie delle Costa Terre Bianche (sCTB)**

Si tratta di sabbie più o meno cementate e di arenarie, prevalentemente quarzose, in banchi o accumuli massicci. Localmente, alla base della formazione, tende ad aumentare la componente argillosa.

Sono per lo più presenti in sottili orizzonti interstratificate nelle parti medio basse dei conglomerati oppure sono eteropiche alle argille sia nella parte basale, quando queste ultime poggiano direttamente sul substrato, sia in quella sommitale, quando esse sono sottiacenti ai depositi conglomeratici.

Gli affioramenti sono piuttosto esigui (0.1 Km²) e localizzati in due aree: una in prossimità della località Terre Bianche, l'altra, costituita da un lungo e stretto lembo a contatto con i conglomerati e le brecce in prossimità del M.te Grange.

□ **Conglomerati di M.te Villa (cgCMV)**

Si tratta di conglomerati poligenici più o meno ricchi di matrice sabbiosa con rare intercalazioni argillose. Presentano una stratificazione grossolana, spesso clinostatificati e organizzati, frequentemente canalizzati. Le dimensioni dei ciottoli, per lo più arrotondati, variano da alcuni centimetri a qualche decimetro aumentando, in generale, verso l'alto.

In genere è possibile distinguere due membri all'interno della facies conglomeratica: il primo basale costituito prevalentemente da ciottoli di dimensioni medio piccole, con rari blocchi sparsi, immersi in una matrice argillo-sabbiosa brunastra e talora rossiccia per fenomeni di alterazione superficiale; il secondo superiore costituito da elementi medio grossi e talora assai grossolani, con intercalazioni arenacee spesso evidenziate dall'erosione selettiva.

La potenza di tali depositi è estremamente variabile e dipende, in massima parte, dalla diversa intensità dei processi erosivi che hanno interessato le varie località di affioramento del substrato.

Diversi affioramenti pliocenici sono attestati sui rilievi collinari in prossimità della costa. Si tratta di prevalenti conglomerati ciottolosi e ghiaiosi poco cementati, con abbondante matrice argilloso-sabbiosa; talora (Terre Bianche di Terzorio, di S. Lorenzo e di Imperia) il deposito è dato invece da argille e sabbie fini.

I settori interessati da tale litotipo, per un'estensione complessiva di circa 0.6 Km², sono quelli occidentali del bacino; un primo lembo è localizzato nei pressi dell'abitato di Castellaro, il secondo più a sud dal M.te Grange raggiunge il mare all'altezza dell'abitato di Riva.

□ **Brecce di Taggia (bcTAG)**

Si tratta di accumuli caotici molto immaturi, di pezzatura da centimetrici e decimetrici, ricchi di matrice sabbiosa e frammisti a conglomerati soprattutto verso l'alto. Localmente (Pompeiana e Terzorio) i livelli caotici risultano praticamente assenti in favore di livelli di conglomerato o ciottolami sparsi.

Al tetto della formazione, al passaggio con le Argille di Ortovero o le Sabbie della Costa Terre Bianche sono frequenti le intercalazioni sabbiose con crostoni “panchinoidi” (a Lamellibranchi).

Sono presenti in piccole aree (0.7 Km²) nel settore sud occidentale in località M.te Grange, Pompeiana, Terre Bianche e presso Castellaro.

Depositi alluvionali indistinti (a)

Si tratta di depositi alluvionali che presentano caratteristiche mineralogiche e granulometriche tali da ipotizzare una genesi complessa e derivante dalla coalescenza di depositi alluvionali fluviali commisti a materiali colluviali provenienti dal disfacimento dei sovrastanti versanti. Inoltre, tali depositi sono stati sottoposti, in più riprese, ad un rimaneggiamento (localmente con apporto di materiali) ad opera del mare.

Sono localizzati lungo la fascia costiera in prossimità dell'abitato di Riva Ligure ed ubicati in genere ad una quota sopraelevata rispetto ai depositi fluviali dei corsi d'acqua, lungo superfici subpianeggianti con pendenze comprese tra il 5-10.

Depositi alluvionali recenti ed attuali (ar)

Localizzati in massima parte in prossimità dell'abitato di Riva Ligure nel tratto terminale del rio Caravello, del rio della Torre e del rio Santa Caterina, sono ormai interessati da un'intensa antropizzazione che ne ha reso difficile il riconoscimento.

Detti terrazzi, rilevati qualche metro rispetto l'alveo attuale sono costituiti in prevalenza da materiale argillo-sabbioso e sabbioso-ghiaioso con prevalente frazione fine; localmente sono presenti concentrazioni di ghiaie anche grossolane disposte in lenti e in orizzonti che possiedono buone caratteristiche come acquiferi.

Coltri detritiche (dt)

Le coperture detritiche (dt) costituiscono le coltri di alterazione eluviali-colluviali di potenza media superiore ai 3 metri.

Le caratteristiche litologiche, unitamente alle intense vicissitudini geologiche che hanno determinato un'accentuata fratturazione delle formazioni rocciose, hanno permesso un'intensa azione di alterazione ed erosione dei versanti da parte degli agenti esogeni con formazione di estese zone di copertura eluviale e colluviale.

L'intensa fratturazione, diffusa nelle varie rocce costituenti i rilievi del bacino, è responsabile di fenomeni di erosione e crollo che danno origine a estesi e potenti accumuli detritici alle diverse quote dei versanti, nei quali si rinvencono trovanti di volume spesso superiore al metro cubo.

La composizione dei detriti eluviali e colluviali è legata a quella dell'ammasso roccioso di origine. La composizione risulta generalmente argilloso-limosa, con presenza di materiali fini ed abbondanza di scheletro lapideo e clasti di natura eterogenea in presenza di un substrato flyscioide. Presenta invece una matrice prevalentemente sabbiosa con clasti arrotondati quando derivano dall'alterazione del substrato Pliocenico.

Le coperture detritiche (dt) comprendono anche gli accumuli di frane antiche e/o paleofrane e riporti.

Nella zona indagata, come in altre valli della Liguria, ai più comuni effetti del processo di peneplanizzazione per alterazione ed erosione dei versanti (agevolate dalla acclività e dalle particolari caratteristiche di erodibilità delle formazioni presenti per litologia e fratturazione, quali le coltri eluviali e colluviali precedentemente descritte) si aggiungono gli effetti di instabilità dei versanti prodotti da un'intensa dinamica quaternaria connessa ai sollevamenti tettonici dell'area, allo sviluppo di lineazioni tettoniche ed alle variazioni del livello di base dei fiumi legati all'eustatismo di carattere glaciale (Brancucci et al., 1985; Fanucci e Nosengo, 1977).

Questi effetti sono rappresentati dagli accumuli di frana antica o paleofrana rilevati in tutto l'ambito territoriale di riferimento (vedi carta geomorfologica), sia nel settore più alto del bacino sia in prossimità della costa.

Come per le coltri eluviali e colluviali, la composizione litologica degli accumuli di frana antica o paleofrana è determinata dalla formazione coinvolta nella frana.

E' necessario rilevare come alcune di queste paleofrane presentino materiali piuttosto grossolani (Costa M.te Mezzano) derivando come genesi da grosse frane di crollo in materiale roccioso.

Tettonica

I flysch ad Helmintoidi della Liguria Occidentale sono stati coinvolti nelle fasi dell'orogenesi alpina intervenuta tra il Cretaceo superiore ed il Miocene inferiore, periodo in cui le varie Unità sono state deformate in maniera prevalentemente duttile; successivamente, nel Plio-Quaternario, hanno preso parte alla fase neotettonica associata alle deformazioni di natura fragile.

Nel corso dei parossismi alpini i Flysch sono stati scollati a livello del complesso di base e traslati verso l'esterno della catena: durante questo processo l'Unità di S. Remo-M.te Saccarello ha subito deformazioni riconducibili ad un campo di bassa pressione e bassa temperatura caratteristica del livello strutturale superficiale del Flysch.

Durante le prime due fasi dell'orogenesi, le vicende geologiche hanno coinvolto l'area in strutture plicative plurichilometriche, con assi in direzione E-W e vergenza dapprima verso sud (Eocene medio-superiore) e successivamente verso Nord (Eocene terminale), mentre nella fase tardiva post-eocenica, dovuta alla rotazione antioraria del blocco sardo-corso e delle Alpi Marittime, le pieghe si evolvono lungo assi in direzione NNW-SSE e vergenza alpina. Su questo quadro deformativo duttile, si sono impostati, nel Plio-Quaternario, diversi sistemi di faglie aventi direzioni principali NW-SE, NE-SW e N-S.

Tale evento ha smembrato il flysch, soprattutto a livello superficiale, determinando la presenza di blocchi in movimento relativo tra loro con importanti fenomeni di basculamento.

L'interpretazione delle foto aeree e le opportune verifiche di campagna hanno individuato tre sistemi principali, costituiti da lineazioni a sviluppo plurichilometrico, seppur non necessariamente continue, hanno direzioni rispettivamente N 25°, N 50° e N 120°, a cui se ne aggiunge un terzo, meno evidente e costante, a direzione N-S ed un quarto, ancor meno diffuso e marcato, a direzione E-W.

Alla mesoscala si rileva costante la presenza di due superfici di clivaggio distinte, subortogonali tra loro con direzioni mediamente coincidenti con le grandi lineazioni di cui sopra. Si tratta di un tipico clivaggio di frattura, definito da superfici nette ma non penetrative, a spaziatura variabile da metrica a centimetrica a seconda del tipo litologico.

L'intersezione di queste superfici di discontinuità, a cui se ne aggiungono talvolta altre che possono anche non essere correlate ad eventi regionali, ma semplicemente a particolarità locali, delimita cunei di roccia che spesso sono caratterizzati da piccole entità di scivolamento relativo. Il fenomeno ha grandissima rilevanza riguardo svariati aspetti sia di natura geologica in senso stretto, sia geomorfologica, sia geomeccanica, poiché è evidente quale possa essere la sua influenza non solo sulle condizioni statiche e di equilibrio all'interno di una compagine rocciosa, ma anche e soprattutto sulle azioni di degradazione fisico-chimiche.

2.3 Geomorfologia

Premessa

Nel prosieguo del capitolo saranno analizzati i principali processi geomorfologici e le forme del paesaggio ad essi strettamente connessi in relazione alle finalità del presente studio. Le forme e i processi più significativi, sono state cartografate in scala 1:10.000 producendo i seguenti tematismi:

- Carta dell'acclività
- Carta dell'orientamento dei versanti
- Carta geomorfologica
- Carta della franosità reale

In particolare lo studio geomorfologico ha preso in considerazione tutte quelle forme del territorio che si sono sviluppate sulla superficie topografica e che ne evidenziano la continua evoluzione nel tempo ed interazione con gli elementi di origine antropica.

Metodo di lavoro

La redazione della carta geomorfologica in scala 1:10.000 è stata effettuata mediante l'analisi e l'interpretazione delle foto aeree a colori in scala 1:13.000 (R.L. V.A. 1991) e successivamente controllata e confermata da una serie di rilevamenti di campagna relativi al territorio di indagine ed alle aree limitrofe.

In particolare la prima fase si è rivelata indispensabile per avere una visione complessiva dell'area di studio ponendo in evidenza le strutture a grande scala e le variazioni di pendenza dei rilievi rese più chiare dalla esagerazione verticale tipica della visione stereoscopica.

I mutamenti improvvisi nella direzione di scorrimento delle acque, il repentino cambiamento di pendenza di alcuni versanti, insieme ad altri indizi dello stesso genere hanno, inoltre, permesso l'identificazione di un fitto reticolato di faglie e fratture che detengono una rilevante importanza nello sviluppo delle forme dei rilievi (vedi capitolo precedente).

In seguito il rilevamento diretto ha consentito di controllare e confermare le informazioni acquisite nella prima fase.

Tale verifica ha permesso, quindi, un'integrazione dei dati relativi alle forme di dimensioni minori, l'osservazione dei processi di erosione, deposito e sedimentazione e l'indagine sullo sviluppo del territorio in funzione legate ai fattori climatici.

Nel corso del rilievo di campagna sono state, inoltre, censiti tutti i movimenti franosi-attivi, quiescenti, relitti - realizzando, in questo modo, un catasto delle frane più importanti sia per dimensioni che per pericolosità intrinseca o per pericolosità indotta dalla interazione delle stesse con degli elementi a rischio (edifici, strade ecc.).

Si è posta, inoltre, l'attenzione sulle caratteristiche dell'ambiente morfologico più significative al fine di determinare macro e micro aree omogenee per caratteristiche e per la risposta ai fenomeni di modellamento geomorfoclimatico in vista della elaborazione della successiva carta di sintesi denominata “carta della pericolosità o suscettività al dissesto” dei versanti.

2.3.1 Acclività dei Versanti

Nello studio della evoluzione dei versanti il fattore acclività rappresenta un dato analitico desunto dalla cartografia esistente in scala 1:10.000 utile alla definizione del livello di stabilità dei versanti e di quanto essi siano lontani dall'essere regolarizzati. In particolare, un'elevata pendenza dei rilievi corrisponde spesso ad un maggior grado di instabilità favorito molto spesso da un aumento dei fenomeni erosivi indotti dalla acque di scorrimento superficiale.

Al contrario una diminuzione della acclività può causare episodi di ristagno idrico e/o alterazioni fisico chimiche dei terreni e del substrato con evidenti conseguenze sulla vegetazione e sull'uso del suolo.

I repentini mutamenti della pendenza sui versanti possono essere anche spia di elementi geologici (faglie, fratture, zone di rigetto) o geomorfologici (paleofrane, cigli di distacco, paleoalvei) e in molti casi antropici (cave, sbancamenti, riporti).

Per la realizzazione della carta in oggetto si è utilizzato un metodo geometrico basato sul rapporto tra equidistanza tra le curve di livello e loro distanza tenendo conto del fattore scala secondo la formula:

$$a = 100.E/L$$

dove

a= acclività percentuale

E= equidistanza tra le isoipse

L= distanza tra due isoipse vicine

Di seguito sono elencate le sette classi di acclività nelle quali è stato suddiviso il territorio (Raccomandazioni Regionali 3bis):

Classe 1	pendenza del terreno compresa tra lo	0 ed il 10 %
Classe 2	pendenza del terreno compresa tra il	10 ed il 20 %
Classe 3	pendenza del terreno compresa tra il	20 ed il 35 %
Classe 4	pendenza del terreno compresa tra il	35 ed il 50 %
Classe 5	pendenza del terreno compresa tra il	50 ed il 75 %
Classe 6	pendenza del terreno compresa tra il	75 ed il 100 %
Classe 7	pendenza del terreno superiore al	100 %

L'analisi del tematismo in questione ha evidenziato come il territorio in esame possa essere agevolmente suddiviso in base alle diverse classi di acclività in settori omogenei che seguono l'andamento dei bacini dei rii minori compresi tra il T. Argentina ed il T. S. Lorenzo.

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

Classi di acclività	Aree m ²	Percentuale
1	1.341.358	6.56
2	726.552	3.55
3	4.217.800	20.64
4	10.740.29	52.57
5	3.276.706	16.04
6	80.078	0.39
7	44.583	0.21

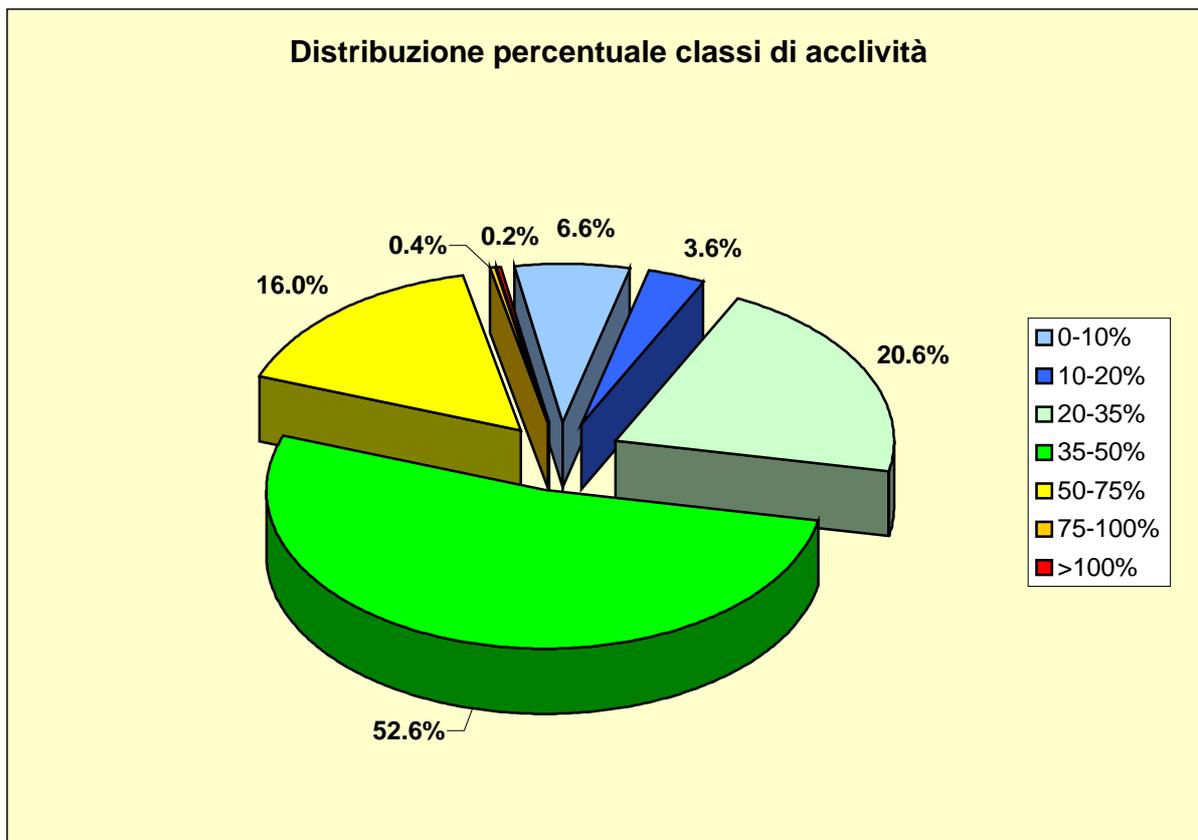


Fig. 1: Distribuzione percentuale delle classi di acclività.

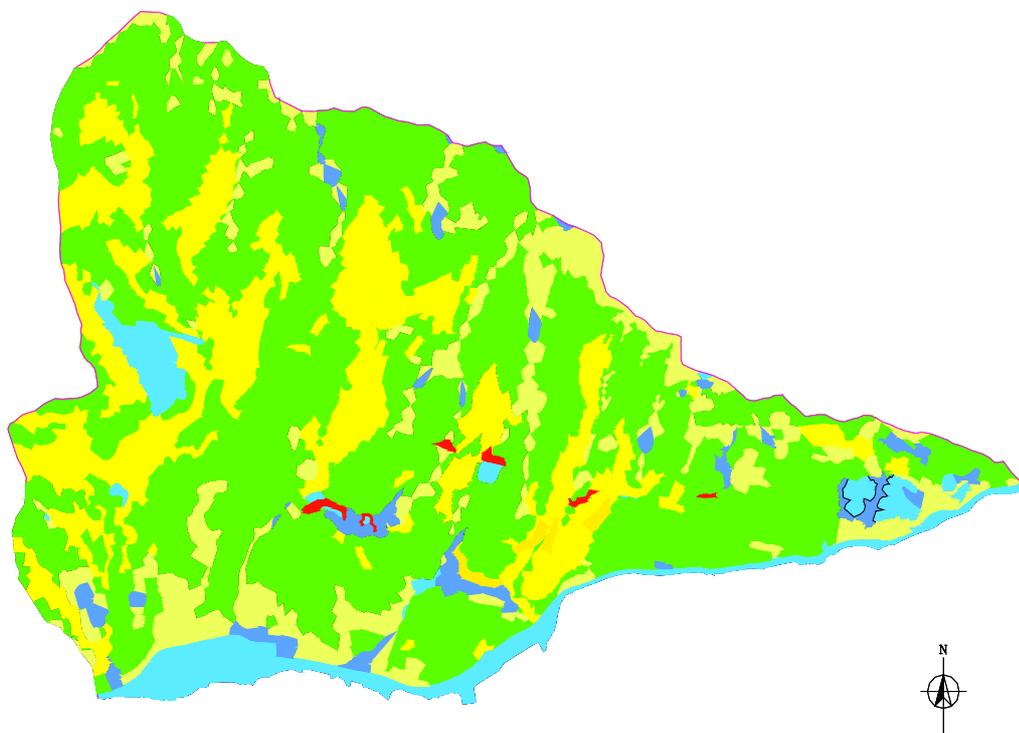


Fig.2: miniatura della Carta dell'Acclività

L'esame statistico dei dati primo esame della carta risulta evidente che la classe di acclività più rappresentate sono la terza (pendenze tra il 20-50%) e la quarta (35-50%) che interessano quasi il 75 % del territorio (verde chiaro e scuro in carta). Ben rappresentata (16 % circa è anche la classe cinque con pendenze comprese tra il 50 e il 75%.

Sintetiche indicazioni sulla distribuzione sul territorio delle diverse classi nell'ambito di bacino sono di seguito esplicate:

- **classe 1 (0-10%):** le superfici con pendenza inferiore al 10 % sono localizzate prevalentemente nella zona fociva dei corsi d'acqua maggiori e più diffusamente dove trovano spazio gli abitati di Riva Ligure e S .Stefano al Mare. Anche sui versanti si ritrovano alcune superfici subpianeggianti dove la morfologia originaria è stata completamente alterata da grossi riporti di origine antropica come nel caso della località Piani tra il viadotto Caravello ed il viadotto Lagoscuro nel Comune di Castellaro e tutta l'area denominata Piani di Cipressa nel comune omonimo (colore azzurro).
- **classe 2 (10-20%):** si tratta di una classe poco rappresentata su tutto il bacino, se non in aree di superficie limitata individuate nelle valli del Rio Moro alla confluenza col Rio S. Caterina e nella Loc. Colombera poco a monte del centro di Santo Stefano al Mare; in tutti gli altri casi si tratta di piccole porzioni di terreno relative a punti sommitali. (colore turchese)
- **classe 3 (20-35%):** interessa alcune zone in corrispondenza della sommità dei rilievi montuosi, sia a quote elevate che intermedie come l'area compresa tra il M. Negro, M. Pian delle Vigne, M. Morrei e Costa Caravella; è circoscritta, poi, a fasce di transizione tra le aree di classe 1 e quelle di classe 3; è questo il caso delle alluvioni terrazzate alla foce del Rio Caravello e del Rio Santa Caterina e delle coltri pedemontane frammiste a materiale di antica elaborazione marina perimetralmente al centro abitato di Riva Ligure. (colore verde chiaro)
- **classe 4 (35-50%):** è quella più rappresentata, occupando superfici molto ampie sia sul versante destro che su quello sinistro delle valli , sia alle quote inferiori dei singoli sottobacini che in quelle superiori. Si tratta quindi della classe che caratterizza il territorio in esame e ne evidenzia la maturità delle forme del rilievo e la ripresa dei fenomeni morfogenetici che tendono all'arrotondamento delle forme. (colore verde)
- **classe 5 (50-75%):** localizzata in presenza di zone a roccia affiorante e/o subaffiorante, caratterizza la zona orientale dell'area di studio che presenta un substrato geologico costituito prevalentemente dai depositi Pliocenici (Costa di Castellaro, San Michele, il Poggio, M. Rocche e M. Grange). Tale classe contraddistingue anche le alte valli del Rio S. Caterina e del Rio Bevitore insieme alla notevole incisione del Fosso Aregai. (colore giallo)

Le zone di classe superiore sono rappresentate sul territorio in limitatissime estensioni; in particolare la classe 6 (75-100%) è rappresentata in quattro aree poco estese in prossimità della valle del Rio Girandi ed il Fossato Aregai, mentre la classe 7 (> 100%) caratterizza aree con pareti di roccia affiorante e subaffiorante (Loc.Terre Bianche) anche causate da aperture e sbancamenti (area tra galleria Terzorio e galleria Caravella).

N.B. A chiosa di quanto detto appare importante sottolineare come l'elaborazione della carta dell'acclività dei versanti risenta dell'errore cartografico relativa alla scala grafica utilizzata (1:10.000). E' indubbio pertanto che pareti rocciose, porzioni di versante di limitate dimensioni (in scala 1:10.000, 10 m equivalgono ad 1 mm in carta) non siano rappresentabili. In tal senso, ai bassi valori percentuali delle ultime due classi (75-100% e >100%) può corrispondere talvolta una lieve sottostima dell'effettiva acclività.

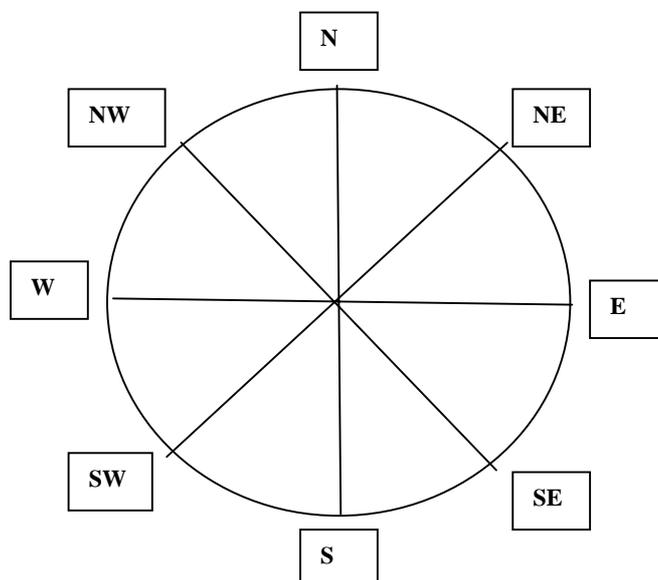
2.3.2 Carta dell’orientamento dei versanti

L’analisi di questo tematismo è risultato piuttosto importante nella redazione degli studi propedeutici al vero e proprio Piano di Bacino in quanto condiziona non solo il microclima, il tipo di vegetazione e l’uso del suolo di un territorio ma anche le modalità con le quali avvengono i processi evolutivi di erosione trasporto e sedimentazione.

Anche per la realizzazione di questo tematismo si è utilizzata la scala 1:10.000; dopo aver normalizzato le curve di livello è stata calcolata la direzione dell’isoipsa principale considerata utilizzando il goniometro posizionato correttamente rispetto al nord geografico. Ad esempio se la direzione rientrava nei 22.5° da nord, la zona veniva contraddistinta dalla sigla propria di quel punto cardinale (N); se superava tale valore ad esempio verso ovest allora la sigla che lo indicava diventava NW.

Per ogni punto cardinale è stato fatto il medesimo ragionamento secondo lo schema sottospoato indicando le aree rispettivamente con le sigle:

NORD	N
SUD	S
EST	E
OVEST	W
NORD EST	NE
NORD OVEST	NW
SUD EST	SE
SUD OVEST	SW



Nelle zone dove lo sviluppo dei rilievi determina una reale differenza nella esposizione ai raggi solari vi sono variazioni seppur minime del microclima locale; a parità degli altri caratteri ambientali, i versanti settentrionali sono quelli che presentano temperature minori al suolo mentre quelli esposti verso Sud e, quindi, più a lungo soleggiati, mantengono un tenore termico più elevato.

Il tempo di soleggiamento influisce in maniera moderatamente rilevante sulla geomorfologia, l'idrologia e la tipologia vegetazionale dell'area indagata in quanto la disposizione dei torrenti che

sfociano direttamente in mare ha un andamento prevalente da NNE verso SSW che dispone i versanti verso WNW e ESE generando minime differenze tipologiche.

La zonizzazione che è emersa da questa carta è stata comunque utilizzata come utile elemento per la definizione delle unità suolo-paesaggio in quanto influenza il regime termico in cui si sviluppano i suoli e di conseguenza le potenzialità degli stessi.

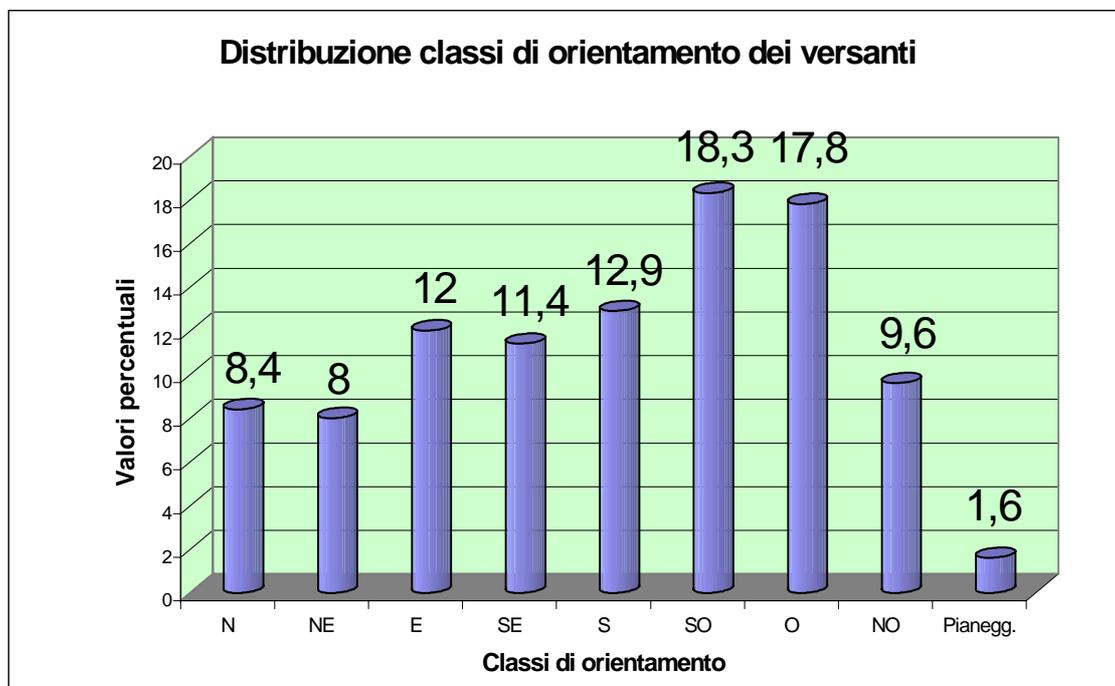


Fig. 3: Distribuzione delle classi di orientamento dei versanti

2.3.3 Caratterizzazione delle coperture detritiche.

Le coperture detritiche presenti nel territorio denominato Ambito 5 Prino possono essere distinte in due tipologie principali: coltri detritiche eluvio-colluviali e accumuli originati da fenomeni franosi di vario tipo. Per l'elaborazione della cartografia tematica sono stati stimati gli spessori maggiori di 3 m (coltri potenti, cartografate anche nella carta geolitologica) e compresi tra 1 e 3 metri (coltri sottili). Le porzioni di territorio che presentavano spessori delle coperture detritiche inferiori al metro sono state considerate come caratterizzate da roccia affiorante o subaffiorante.

Nell'elaborazione degli altri tematismi dove l'informazione sulle caratteristiche intrinseche di dette coperture è risultata di difficile acquisizione la caratterizzazione è stata comunque effettuata in base a considerazioni empiriche che tenessero conto della litologia di origine e della tipologia del fenomeno.

In pratica, ad esempio, ai fini della definizione della granulometria prevalente o della permeabilità delle coltri si è supposto che le coltri detritiche originate da rocce quali, ad esempio, il Flysch di S.Remo o le Arenarie di Bordighera generassero un accumulo prevalentemente grossolano mentre quelle da litotipi appartenenti alle Formazioni delle Argille di Ortovero e le Sabbie della Costa Terre Bianche uno prevalentemente fine.

Questo procedimento, se pur non rigorosissimo dal punto di vista oggettivo, in quanto mancante di dati diretti (sondaggi, prove di laboratorio) si è reso necessario in quanto la potenza e la permeabilità delle coltri devono necessariamente entrare nella valutazione della suscettività al dissesto.

Le coltri eluvio-colluviali sono diffuse in tutta l'area in esame e si trovano in prevalenza nei fondovalle antropizzati e su quasi tutta la fascia costiera dove si sono depositati nel corso delle ere geologiche e sono state rielaborate dalle periodiche ingressioni marine.

La tipologia delle coltri varia soprattutto in funzione della roccia che attraverso il proprio disfacimento ed erosione, le ha generate.

Il particolare, riprendendo parzialmente quanto detto nel capitolo precedente, le coltri che derivano dalla frazione più marnosa del Flysch di Sanremo presentano sempre una notevole eterogeneità, con classi granulometriche ben distribuite rispetto alle dimensioni, che porta perlopiù a classificare il sedimento come un'argilla sabbiosa debolmente ghiaiosa a media-bassa plasticità.

Quelle che derivano, invece, da un substrato flyschioide a prevalente componente arenacea, presentano sempre una notevole eterogeneità, con classi granulometriche ben distribuite rispetto alle dimensioni, che tende a far a classificare il materiale come una sabbia limosa, debolmente ghiaiosa a media-bassa plasticità.

Vi sono poi le coltri che fanno capo ai sedimenti pliocenici; questi litotipi quando sono particolarmente alterati, assumono di fatto le caratteristiche di una copertura per cui la distinzione fra roccia e coltre non è sempre agevole ed il passaggio fra l'una e l'altra risulta sfumato (M.te Grange). Si tratta comunque di coltri di copertura eterogenee, con classi granulometriche ben distribuite rispetto alle dimensioni, che porta nella maggioranza dei casi a classificarle come limi sabbioso argillosi.

Spesso le coltri di questo tipo presentano fenomeni di attivazione e morfologie che possono far pensare a movimenti gravitativi, pertanto risulta talvolta sfumata la distinzione fra coltre potente e corpo di paleofrana.

2.3.4 Corpi di frana.

I fattori che intervengono nella dinamica dei versanti sono diversi; tra i principali ricordiamo le condizioni di acclività, da media ad alta, dei versanti, le caratteristiche litologiche e strutturali delle formazioni, i contatti formazionali tra formazioni a diverso comportamento geomeccanico ed il regime termopluviometrico dell'area di studio.

Nel prosieguo del paragrafo sono descritti i principali fenomeni di instabilità per franosità o erosione identificati nel bacino e cartografati nella Carta della franosità reale in scala 1:10000 allegata al presente studio.

Le valutazioni statistiche sulla franosità nell'ambito del bacino sono state basate sul numero, sulla tipologia e sullo stato di attività dei movimenti franosi identificati sulla base delle informazioni derivate dagli uffici tecnici comunali e locali, dall'analisi delle fotografie aeree e dai rilevamenti di campagna.

La percentuale di territorio in esame coperta da coltri originate da fenomeni franosi attivi raggiunge circa il 4% dell'intero bacino considerando come dato essenziale per la comprensione delle criticità che circa il 90 % degli episodi franosi si sono verificati a seguito dell'ultimo evento alluvionale (Ottobre-Dicembre 2000).

La distribuzione delle frane sul territorio interessa soprattutto la porzione centrale e meridionale dell'ambito di indagine, evidenziando come il fattore antropico sia una concausa determinante nella loro genesi

Sono state censite ben 16 nuove frane cartografabili e innumerevoli frane di piccole dimensioni (circa 81, di dimensioni inferiori ai 20 m).

Di seguito sono elencate le frane cartografabili con indicazione del loro stato di attività:

Numero frana	TIPOLOGIA	STATO DI ATTIVITÀ
01	paleofrana	
02	paleofrana	
03	Scivolamento o scorrimento	Quiescente
04	Colamento, debris flow	Quiescente
05	Superficiale di colata, soil slip	Attiva

06	Scivolamento o scorrimento	Attiva
07	Complessa con dominante scivolamento scorrimento	Quiescente
07 bis	Paleofrana parzialmente riattivata	
08	Scivolamento o scorrimento	Attiva
09	Scivolamento o scorrimento planare	Attiva
10	Superficiale di colata, soil slip	Attiva
11	Complessa con dominante colamento	Attiva
12	Complessa con dominante scivolamento scorrimento	Attiva
13	Superficiale di colata, soil slip	Attiva
14	Colamento, debris flow	Attiva
15	paleofrana	
16	paleofrana	
17	paleofrana	
18	paleofrana	
19	paleofrana	
20	Frana complessa	Quiescente
21	paleofrana	
22	paleofrana	
23	paleofrana	
24	paleofrana	
25	paleofrana	
26	paleofrana	
27	Crollo e ribaltamento	Attiva
28	Scivolamento scorrimento	Attiva

L'analisi statistica delle tipologie dei movimenti franosi ha evidenziato come siano senza dubbio predominanti le frane superficiali di tipo soil sleep, scivolamento o colamento-debris flow (vedi figura seguente).

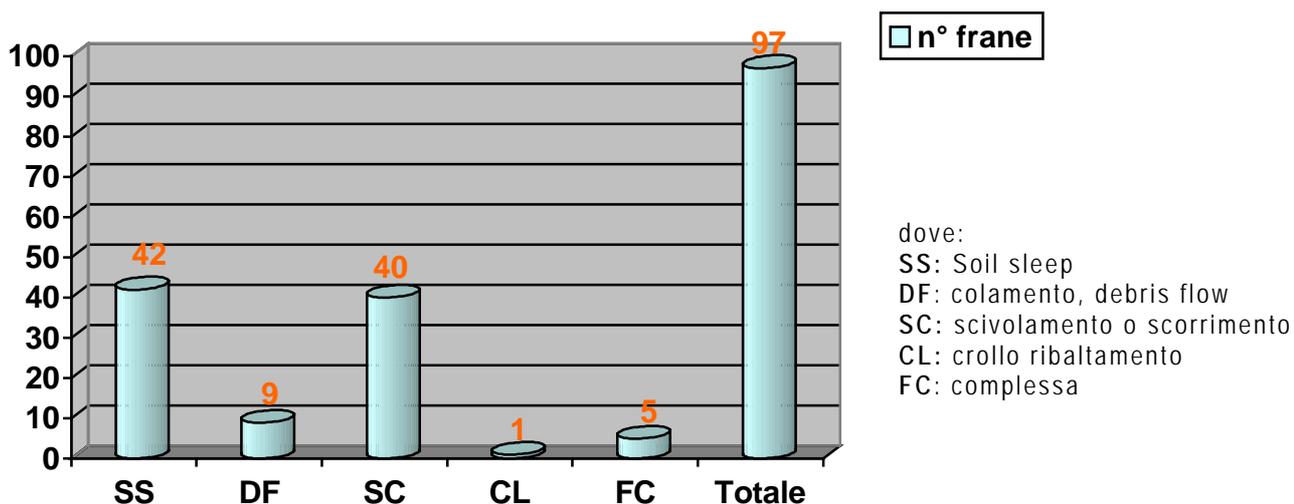


Fig. 5: Analisi statistica sulla tipologia delle frane

Fenomeni di erosione superficiale di versante, piccole frane tipo soil-slip o di scorrimento e/o scivolamento collegate anche ad erosione incanalata, sono diffusamente presenti nel sottobacino del Torrente Caravello in corrispondenza di un suo affluente il Rio Loaghi.

Entrambi i versanti di questo Rio presentano molteplici dissesti che, in sponda destra, hanno carattere areale mentre in sponda sinistra si presentano come fenomeni franosi puntuali a carattere superficiale con evidenti cicatrici dei cigli di distacco.

Da segnalare, inoltre, la riattivazione di una delle 15 paleofrane censite nel corso dei rilevamenti (vedi schede frane n° 7 e 12), in prossimità dell’Aurelia in località Aregai.

Le dimensioni delle paleofrane variano sia per estensione sia per potenza, da quelle di ridotta entità, disposte in prevalenza nella parte alta delle aste scolanti a mare o dei Rii minori. Come per le coltri eluviali e colluviali, la composizione litologica degli accumuli di frana antica o paleofrana è determinata dal litotipo dal quale si è originata la frana stessa.

2.3.5 Riporti artificiali e discariche

Le discariche ed i riporti antropici indicati sulla cartografia sono costituiti in prevalenza da materiale di smarino proveniente dalle gallerie autostradali, scavate nei materiali sopra descritti.

La dimensione granulometrica di tali materiali è crescente in funzione del metodo di scavo (con fresa, martellone ed esplosivo); dal punto di vista litologico la maggior parte dei materiali deriva dalla frazione marnosa-calcareo e in subordine da quella derivante dal litotipo arenaceo – calcilutitico.

L’alterabilità di questi litotipi porta, in genere, a una rapida e generale diminuzione della granulometria per disfacimento e scagliatura dei blocchi al contatto con l’aria e gli sbalzi di temperatura, oltre che, per le azioni dinamiche dovute al trasporto, alla discarica e al costipamento meccanico.

La gran parte del materiale derivato dallo scavo dell’ammasso roccioso flyscioide tende quindi ad uniformare la propria granulometria nel corso del tempo (pochi mesi), per alterazione naturale del materiale marnoso, la granulometria finale risulta quindi sostanzialmente indipendente dal sistema di scavo adottato.

Le granulometria finale è descrivibile come una ghiaia, con ciottoli e massi poca sabbia in abbondante limo debolmente argilloso. La frazione fine risulta classificabile come limi e argille inorganiche a bassa plasticità.



Foto 1: Riporto autostradale a valle dei viadotti Caravello e Lagoscuro (Comune di Castellaro)

Nonostante ciò risulta evidente che la tendenza del materiale di rilevato è quella di alterarsi producendo un materiale assai simile alle normali coltri detritiche derivate per alterazione in posto del flysch.

Il comportamento di tali materiali può essere quindi schematizzato in modo assai conservativo a partire dai dati geotecnici delle coltri detritiche.

2.4 Idrogeologia

2.4.1 Analisi morfometrica dei bacini

Da un attento studio delle carte, studio supportato da un'approfondita indagine sul territorio, si sono ottenute utili informazioni al fine di descrivere i bacini in oggetto. La sola analisi della cartografia ufficiale permette di riconoscere una forma del reticolo idrografico di tipo dentritico solo per il torrente Caravello, il torrente Santa Caterina e il rio della Torre.

Per gli altri corsi d'acqua non si può parlare di una 'forma', date le modeste dimensioni e la scarsità, o addirittura mancanza, di affluenti. Unica eccezione sono il rio Pinea-Pertusio e il rio Piani la cui forma potrebbe essere definita 'parallela', ma che di fatto non sono naturali, in quanto derivano dall'unione di due corsi d'acqua in origine indipendenti.

La pendenza media di tutti i corsi d'acqua è compresa tra un minimo di 12,4% del rio S. Caterina ad un massimo di 36,5% per il rio Moiano. L'osservazione dei dati delle pendenze medie evidenzia una discreta disomogeneità di conformazione territoriale nei 20,43 kmq dell'ambito in oggetto. La pendenza media non dà ragione, però, di quella che è la tipica conformazione del territorio ligure per cui nell'arco di pochi chilometri si passa dal mare ai monti. Tale andamento plano-altimetrico si riflette, evidentemente, nella pendenza dei vari tratti dei corsi d'acqua, che aumentano salendo in quota.

Nella seguente tabella si riportano i dati principali relativi ai singoli bacini: tali dati sono necessari per il successivo calcolo di alcuni parametri che caratterizzano idrologicamente i bacini stessi.

BACINI	S (Kmq)	La (Km)	Ltot (Km)	P (Km)	Hmax (mslm)	Hmedio (mslm)	Pendenza (%)
Rio Pinea-Pertusio	0.73	1.19	2.55	4.19	209.8	116	17,6
Torrente Caravello	6.71	4.74	16.7 0	13.1 6	659.9	316	13.9
Rio S. Caterina	4.61	5.06	14.6 7	11.7 0	626.7	280	12.4
Rio della Torre	2.09	2.40	6.26	8.73	539.0	182	22.4
Rio Aregai	1.45	3.20	4.48	7.69	500.0	258	15.6
Fossato Aregai	0.82	2.05	2.31	5.24	411.4	220	20.1
Rio Pantano	0.61	1.34	1.49	3.95	400.3	-	29.9
Rio Moiano	0.31	1.04	1.04	3.31	379.8	-	36.5
Rio dei Marmi	0.38	1.28	1.45	3.66	379.8	201	29.7
Rio Ciapin	0.22	0.48	0.62	2.38	145.0	-	30.2
Rio Piani	0.52	1.23	1.98	3.81	296.3	-	24.1

dove:

S= superficie del bacino in kmq

L_a = lunghezza dell'asta principale in Km

L_{tot} = lunghezza complessiva del reticolo idrografico in Km

P = perimetro del bacino compreso il tratto costiero in Km

H_{max} = altezza massima del bacino in m. s.l.m.

H_{medio} = altezza media del bacino in m. s.l.m. (valore desunto dalla curva ipsografica).

Definizione del sistema superficiale di ricezione, ritenzione, scorrimento e di diffusione delle acque di precipitazione – Densità di drenaggio

La densità di drenaggio è definita dal rapporto tra la lunghezza totale di tutti gli affluenti e la superficie alla sezione di chiusura: tale parametro assume valori che oscillano tra 2.44 1/km e 3.82 1/km, rispettivamente relativi ai rii Pantano e dei Marmi.

Nella tabella seguente sono riportati i dati relativi alla lunghezza totale delle aste e alla superficie totale dei singoli bacini e, nella terza colonna, i rapporti tra le superfici e le lunghezze delle sole aste principali. Nella figura sottostante i dati ottenuti vengono rappresentati graficamente, in cui è evidenziato un andamento molto prossimo alla media per tutti i bacini.

In particolare per i singoli bacini si hanno i seguenti valori:

Rio Pinea-Pertusio	3.49	1/Km
Torrente Caravello	2.49	1/Km
Rio S. Caterina	3.18	1/Km
Rio della Torre	2.99	1/Km
Rio Aregai	3.09	1/Km
Fossato Aregai	2.82	1/Km
Rio Pantano	2.44	1/Km
Rio Moiano	3.35	1/Km
Rio dei Marmi	3.82	1/Km
Rio Ciapin	2.82	1/Km
Rio Piani	3.81	1/Km
Valore medio complessivo:	3.12	1/Km

Il coefficiente di forma

Un altro modo per definire i bacini idrici è quello di determinare quelli che vengono definiti "fattori di forma".

Il primo, F1, è dato dal rapporto tra la lunghezza dell'asta principale e la radice quadrata della superficie; il secondo, F2, è dato dal rapporto tra la larghezza media del bacino (data dal rapporto tra la superficie totale del bacino e la lunghezza dell'asta principale) e la lunghezza dell'asta principale; il terzo, F3, detto anche coefficiente di uniformità, è dato dal rapporto tra il perimetro del bacino e la circonferenza del cerchio avente superficie pari a quella del bacino stesso; F3 = 1 significa che la forma del bacino è "circolare", al crescere dell'irregolarità cresce il valore di F3.

Bacino	F1	F2	F3
Rio Pinea-Pertusio	1.39	0.51	1.34
Torrente Caravello	1.83	0.30	1.42
Rio S. Caterina	2.36	0.18	1.52
Rio della Torre	1.66	0.36	1.69
Rio Aregai	2.66	0.14	1.79
Fossato Aregai	2.26	0.19	1.62
Rio Pantano	1.72	0.34	1.42
Rio Moiano	1.87	0.29	1.66
Rio dei Marmi	2.08	0.23	1.66
Rio Ciapin	1.03	0.94	1.42
Rio Piani	1.71	0.34	1.48

I risultati ottenuti portano a constatare che:

- La significativa variabilità di tutti e tre i coefficienti evidenzia la non uniformità dei bacini appartenenti all'ambito in esame;
- tutti i corsi d'acqua hanno caratteristiche proprie di bacini "allungati", avendo tutti un coefficiente di forma F_3 sensibilmente discostato da 1; il più vicino ad 1 risulta il Pinea-Pertusio che, però, come detto, deriva dall'unione di due bacini originariamente indipendenti;
- nel caso del rio Aregai e del fossato Aregai, il coefficiente F_2 evidenzia la forma stretta e allungata che li caratterizza.

In particolare, il coefficiente F_1 assume valori che oscillano intorno al valore 1.93; il coefficiente F_2 vale, in media, 0.32 ed il coefficiente di uniformità F_3 assume il valore medio 1,57.

La curva ipsografica

A partire dai dati ricavabili dalla cartografia ufficiale é possibile disegnare la curva ipsografica costruita riportando in ascisse la superficie di bacino superiore alla corrispondente quota riportata in ordinate. Tale calcolo è stato fatto per i sette bacini che saranno oggetto delle verifiche idrauliche.

Questa curva, costruita a partire dai dati riportati nella seguente tabella, fornisce una rappresentazione schematica dello sviluppo planimetrico del bacino.

In particolare nel grafico viene rappresentata la sovrapposizione delle curve ispografiche adimensionalizzate, in cui le ascisse e le ordinate vengono rapportate rispettivamente alla superficie totale del bacino e alla quota massima dello spartiacque.

Pinea-Pertusio		h max	209.8	M		
S > 200 m.	0.04	5.48%			S > 200 m.	0.04 5.48%
S > 100 m.	0.46	63.01%			200 > S < 100 m.	0.42 57.53%
S > 0 m.	0.73	100.00%			100 > S < 0 m.	0.27 36.99%
h media	116	m.			Totale	0.73 100.00%

Caravello		h max	659.9	m		
S > 600 m.	0.81	12.07%			S > 600 m.	0.81 12.07%
S > 500 m.	1.61	22.99%			600 < S < 500 m.	0.80 11.92%
S > 400 m.	2.38	35.47%			500 < S < 400 m.	0.77 11.47%
S > 300 m.	3.19	47.54%			400 < S < 300 m.	0.81 12.07%
S > 200 m.	4.20	62.59%			300 < S < 200 m.	1.01 15.05%
S > 100 m.	5.84	87.03%			200 > S < 100 m.	1.64 24.45%
S > 0 m.	6.71	100.00%			100 > S < 0 m.	0.87 12.97%
h media	316	m.			Totale	6.71 100.00%

S. Caterina		h max	626.7	m		
S > 600 m.	0.02	0.43%			S > 600 m.	0.02 0.43%
S > 500 m.	0.59	12.80%			600 < S < 500 m.	0.57 12.36%
S > 400 m.	1.33	28.85%			500 < S < 400 m.	0.74 16.05%
S > 300 m.	2.02	43.82%			400 < S < 300 m.	0.69 14.97%
S > 200 m.	2.79	60.52%			300 < S < 200 m.	0.77 16.70%
S > 100 m.	3.88	84.16%			200 > S < 100 m.	1.09 23.65%
S > 0 m.	4.61	100.00%			100 > S < 0 m.	0.73 15.84%
h media	280	m.			Totale	4.61 100.00%

Della Torre		h max	539.0	m		
S > 500 m.	0.01	0.48%			S > 500 m.	0.01 0.48%
S > 400 m.	0.20	9.57%			500 < S < 400 m.	0.19 9.09%
S > 300 m.	0.47	22.49%			400 < S < 300 m.	0.27 12.92%
S > 200 m.	0.75	35.88%			300 < S < 200 m.	0.28 13.40%
S > 100 m.	1.33	63.64%			200 > S < 100 m.	0.58 27.75%
S > 0 m.	2.09	100.00%			100 > S < 0 m.	0.76 36.36%
h media	182	m.			Totale	2.09 100.00%

Aregai		h max	500.0	m		
S > 500 m.	0.01	0.69%			S > 500 m.	0.01 0.69%
S > 400 m.	0.27	18.62%			500 < S < 400 m.	0.26 17.93%
S > 300 m.	0.64	44.14%			400 < S < 300 m.	0.37 25.52%
S > 200 m.	0.94	64.83%			300 < S < 200 m.	0.30 20.69%
S > 100 m.	1.26	86.90%			200 > S < 100 m.	0.22 15.17%
S > 0 m.	1.45	100.00%			100 > S < 0 m.	0.29 20%
h media	33	m.			Totale	1.45 100.00%

Fossato Aregai		h max	411.4	m		
S > 400 m.	0.01	1.22%			S > 400 m.	0.01 1.22%
S > 300 m.	0.27	32.93%			400 < S < 300 m.	0.26 31.70%
S > 200 m.	0.50	60.98%			300 < S < 200 m.	0.23 28.05%
S > 100 m.	0.62	75.61%			200 > S < 100 m.	0.12 14.63%
S > 0 m.	0.82	100.00%			100 > S < 0 m.	0.20 24.40%
h media	220	m.			Totale	0.82 100.00%

Dei Marmi		h max	379.8	m		
S > 300 m.	0.05	13.16%			S > 300 m.	0.05 13.16%
S > 200 m.	0.21	55.26%			300 < S < 200 m.	0.16 42.10%
S > 100 m.	0.32	84.21%			200 > S < 100 m.	0.11 28.95%
S > 0 m.	0.38	100.00%			100 > S < 0 m.	0.06 15.79%
h media	201	m.			Totale	0.38 100.00%

Di seguito si riportano i grafici delle curve ipsografiche relative ai principali corsi d'acqua dell'ambito di studio.

2.4.2 Gerarchizzazione dei corsi d'acqua

La classificazione di un corso d'acqua può essere fatta ricorrendo a metodologie di ordinamento gerarchico del reticolo idrografico.

Tra i metodi proposti quello di Horton-Strahler, è indicato dalla letteratura come il più appropriato per i bacini di limitate dimensioni, caratterizzati dalla presenza di molti affluenti.

L'ordinamento secondo Strahler

Secondo tale procedura i criteri di ordinamento dei rami della rete sono i seguenti:

- le sorgenti originano rami e canali di ordine 1;
- quando due rami di ordine diverso si congiungono, il ramo risultante assume l'ordine massimo dei due;
- quando due rami dello stesso ordine si congiungono il ramo risultante assume l'ordine superiore a quello dei due;
- due o più rami in successione, aventi medesimo ordine, formano un canale del loro stesso ordine;
- l'ordine del bacino di drenaggio corrisponde a quello del canale di ordine massimo.

La classificazione gerarchica della rete idrografica dei bacini in oggetto con il metodo Horton-Strahler porta ai seguenti risultati:

Rio Pinea-Pertusio	ordine massimo	2
Torrente Caravello	ordine massimo	3
Rio S. Caterina	ordine massimo	3
Rio della Torre	ordine massimo	3
Rio Aregai	ordine massimo	3
Fossato Aregai	ordine massimo	2
Rio Pantano	ordine massimo	2
Rio Moiano	ordine massimo	1
Rio dei Marmi	ordine massimo	2
Rio Ciapin	ordine massimo	2
Rio Piani	ordine massimo	2

I rapporti di biforcazione

Un metodo di confronto tra i diversi corsi d'acqua deriva dall'analisi dei rapporti di biforcazione che sono dati dal rapporto tra il numero di aste di ordine 'n-1' e quelle di ordine 'n' dove 'n' varia tra 1 e l'ordine massimo (secondo Strahler) del reticolo idrografico che si analizza.

Si indicano con R1 il rapporto tra i rami di ordine 1 e quelle di ordine 2, con R2 il rapporto tra i rami di ordine 2 e quelle di ordine 3 e così via per le classi successive.

I risultati di tale analisi sono i seguenti:

Rio Pinea-Pertusio	R1 = 2	
Torrente Caravello	R1 = 3.8	R2 = 6
Rio S. Caterina	R1 = 4.3	R2 = 6
Rio della Torre	R1 = 3.5	R2 = 2
Rio Aregai	R1 = 3.5	R2 = 2
Fossato Aregai	R1 = 2	
Rio Pantano	R1 = 2	
Rio dei Marmi	R1 = 2	
Rio Ciapin	R1 = 2	
Rio Piani	R1 = 2	

Una prima osservazione dei risultati ottenuti evidenzia, almeno per quanto riguarda la ramificazione del sistema di drenaggio superficiale, una certa omogeneità fra i corsi d'acqua di forma simile (il gruppo di quelli di forma dendritica, insieme al rio Aregai, e gli altri). Il rio Moiano non è stato riportato in quanto caratterizzato da un'unica asta.

La media del rapporto di biforcazione R1, calcolata su tutti e dieci i bacini, vale circa 2.7; quella di R2, calcolata solo su quattro di essi, vale 4.0.

Tali considerazioni derivano dall'osservazione della cartografia più recente, fornitaci dall'Amministrazione Provinciale, che riporta, naturalmente, la rete idrografica dell'ambito in oggetto così come si presenta dopo lo sviluppo urbanistico e agricolo degli ultimi decenni.

Ciò evidenzia un fenomeno che, inevitabilmente, ha modificato la rete di drenaggio naturale, soprattutto nella parte più bassa dei bacini, non permettendo più di tenere conto di tutti quelle ramificazioni naturali che sicuramente esistevano e che ora sono canalizzate nella rete di drenaggio delle acque bianche che la cartografia non riporta e che confluiscono nella rete fognaria comunale che raccoglie le acque meteoriche.

Nella seguente figura sono riportate le lunghezze di ogni tratto di torrente di omogenea classe di ordinamento.

2.4.3 Valutazione del deflusso torbido e della erodibilità

Valutazione del trasporto solido

Per la stima del trasporto torbido unitario si è fatto riferimento a due metodi di stima.

Il primo è una determinazione diretta basata unicamente sulla relazione esistente fra densità di drenaggio e trasporto torbido. Da indagini effettuate da Ciccacci (1980) tale trasporto è valutato in base alla seguente equazione di regressione lineare:

$$\log Tu = 0.35312.D + 1.43225$$

La densità di drenaggio (D) viene definita come il rapporto tra la lunghezza delle aste fluviali di un bacino e l'area di quest'ultimo. Nel considerare la lunghezza del reticolo idrografico, affinché esista una buona correlazione con l'intensità dei fenomeni erosivi, sono state considerate tutte le possibili vie ben definite di scorrimento superficiale delle acque presenti nei bacini studiati senza considerare le variazioni che il drenaggio può subire nell'arco dell'anno, variazioni peraltro di difficile individuazione. L'attendibilità della correlazione fra erosione e densità di drenaggio è riferibile, secondo Ciccacci, al legame che esiste fra densità di drenaggio, regime e intensità delle precipitazioni, nonché permeabilità ed erodibilità dei suoli, copertura vegetale e interventi antropici.

Si ritiene che la densità di drenaggio può essere considerata come la risultante dall'azione di modellamento sul paesaggio attuata dagli agenti erosivi in tempi molto lunghi, ma che non rispecchia necessariamente le condizioni eluviali attuali.

La formula adottata per la determinazione del trasporto torbido unitario è, fra quelle risultanti dalla sperimentazione di Ciccacci, una delle più significative anche se dimostra una scarsa applicabilità con valori di densità del drenaggio troppo elevati, in genere superiori a 6. Peraltro i bacini del comprensorio in oggetto hanno densità di drenaggio che non supera in nessun caso 4. Nella seguente tabella è illustrato il trasporto torbido totale per i bacini esaminati.

Trasporto torbido totale secondo Ciccacci (1989)

Denominazione dei Bacini	Area totale A Kmq	Lunghezza reticolo idrografico L Km	Densità di drenaggio D=L/A	Log Tu	Tu tonn/kmq	Trasporto torbido totale tonn
Rio Pinea-Pertusio	0.73	2.55	3.49	2.664	461	337
Torrente Caravello	6.71	16.70	2.49	2.311	205	1376
Rio S. Caterina	4.61	14.67	3.18	2.555	359	1655
Rio della Torre	2.09	6.26	3.00	2.492	310	648

Rio Aregai	1.45	4.48	3.09	2.523	333	483
Fossato Aregai	0.82	2.31	2.82	2.428	268	220
Rio Pantano	0.61	1.49	2.44	2.294	197	120
Rio Moiano	0.31	1.04	3.35	2.615	412	128
Rio dei Marmi	0.38	1.45	3.82	2.781	604	230
Rio Ciapin	0.22	0.62	2.82	2.428	268	59
Rio Piani	0.52	1.98	3.81	2.778	600	312

2.4.4 Permeabilità del substrato e dei terreni di copertura

Per quanto riguarda la permeabilità del substrato roccioso e dei terreni di copertura, sono state individuate quattro classi sulla base dei dati desunti dalla Carta Geolitologica, dalla bibliografia e dai rilievi eseguiti nel bacino:

- Formazioni permeabili per porosità;
- Formazioni permeabili per fessurazione, fratturazione;
- Formazioni semipermeabili per fratturazione;
- Formazioni impermeabili.
- Formazioni a permeabilità variabile.

I limiti delle aree appartenenti a ciascuna classe sono stati riportati sulla Carta Idrogeologica.

Zone Permeabili per Porosità (pp).

Sono state considerate tali tutte le zone interessate da depositi alluvionali, attuali, recenti o antichi, e indistinte, le coltri detritiche alluvionali e colluviali con spessori significativi (> 3m).

Per quanto riguarda i grandi accumuli di frana (cartografati nella carta Geologica come coltri potenti), anch'essi presentano in genere buone caratteristiche di permeabilità soprattutto per porosità, grazie alla elevata eterogeneità dei clasti (spesso queste zone costituiscono dei serbatoi idrici significativi).

Zone Permeabili per fratturazione, fessurazione (pf)

Vengono inserite in questa classe i litotipi prevalentemente calcareo marnosi appartenenti al Flysch di Sanremo e quelli più arenacei appartenenti alla formazione delle Arenarie di Bordighera entrambi interessati da più famiglie di fessurazioni e fratturazioni che conferiscono agli ammassi rocciosi una permeabilità secondaria in grande.

Zone semipermeabili per fratturazione o fessurazione (sp)

Appartengono a questa categoria tutte le aree interessate dalla facies arenaceo-marnosa argillosa del Flysch di Sanremo. Detta facies pur essendo interessata, come quella calcareo-marnosa, da un'intensa fratturazione e fessurazione presenta livelli più francamente argillosi che riducono in modo significativo la circolazione dell'acqua all'interno dell'ammasso roccioso. Inoltre, sono state inserite in questa classe anche i Conglomerati di M.te Villa, le Sabbie della Costa delle Terre Bianche e le Brecce di Taggia, tutti termini appartenenti al ciclo sedimentario Pliocenico. Detti litotipi presentano una buona cementazione dei materiali e sono interessati da una modesta fratturazione.

Zone Impermeabili (im)

Sono state classificate prevalentemente impermeabili tutte quelle aree il cui substrato geologico è caratterizzato dalla presenza delle Argille Plioceniche.

Vengono inoltre considerate aree impermeabili tutte quelle zone che presentano un'elevata antropizzazione. Cartograficamente dette aree corrispondono all'urbanizzato compatto tratto dalla carta dell'uso del suolo.

Aree a permeabilità variabile (pv)

Vengono inserite in questa classe tutte quelle aree cartografate nella carta geolitologica come grossi riporti, discariche e tutta l'area del porto di marina degli Aregai.

Si tratta di aree che per la loro eterogeneità risultano difficilmente classificabili; in genere sono interessati da una permeabilità per porosità da medio bassa ad alta, ma localmente possono risultare impermeabili.

2.5 Uso del suolo

Metodologia e lavoro

Nell'ambito del rilievo dell'uso del suolo sulla base dei “Criteri per l'elaborazione dei Piani di Bacino” raccomandazione n° 4, si sono adottate le classi d'uso del suolo previste dalla legenda.

Partendo dalle suddette si è eseguito una prima serie di sopralluoghi in campo, a tappeto su tutto il territorio del bacino, al fine di verificare indicativamente le classi di coltivi e le formazioni vegetazionali presenti e indicativamente i loro limiti altitudinali, o stagionali (esposizione, substrato, ecc.).

In questa fase si è realizzata una cartografia speditiva di campagna con creazione di poligoni i cui limiti sono stati determinati in modo univoco solo là dove confinavano con elementi cartografici certi, come strade, dorsali collinari, crinali, impluvi. Il sopralluogo è servito anche ad evidenziare dati relativi allo stato di abbandono delle colture, al degrado delle formazioni naturali dovuto ad incendi pregressi, alle potenzialità d'evoluzione e/o involuzione sia delle formazioni naturali che delle coltivazioni; inoltre si è verificata l'attualità d'uso delle praterie sommitali, e lo stato dei muri a secco dei coltivi abbandonati.

I poligoni della cartografia di campagna, sono stati chiusi tramite un lavoro di foto interpretazione, da cui sono emersi casi dubbi che sono stati oggetto di un secondo rilievo di campagna, non più a tappeto ma mirato.

Il risultato della foto interpretazione unito alla seconda serie di sopralluoghi di verifica ha portato alla creazione della carta della copertura ed uso del suolo.

2.5.1 Carta di copertura e d'uso del suolo

La successiva analisi sull'uso del suolo, accorpando le superfici secondo le categorie indicate in legenda, permette di ottenere la seguente suddivisione percentuale della superficie del bacino:

1. Territori modellati artificialmente:
 - **zone urbanizzate:**
 - tessuto urbano continuo: 6,12%
 - tessuto urbano discontinuo: 1,11% **7,22%**
 - **zone industriali, commerciali e reti di comunicazione:**
 - aree industriali e commerciali: 0,12%
 - reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori 1,20%
 - aree portuali: 1,30% **2,62%**

• aree estrattive e discariche:		
• aree estrattive:	0,01%	
• discariche:	<u>0,08%</u>	
		0,09%
• zone verdi artificiali non agricole:		
• aree verdi urbane:	0,15%	
• aree sportive/ricreative:	<u>0,23%</u>	
		0,38%
2. Territori agricoli:		
• seminativi:		
• in piena aria:	0,14%	
• in piena aria terrazzati:	11,23%	
• in serra terrazzati:	<u>7,29%</u>	
		18,66%
• colture permanenti arboree:		
• colture arboree:	0,13%	
• vigneti:	0,16%	
• vigneti terrazzati:	0,07%	
• oliveti terrazzati:	<u>8,71%</u>	
		9,07%
• prati e pascoli:		0,23%
• zone agricole eterogenee:		8,22%
• ex coltivi:		16,96%
3. Territori boscati ed ambienti seminaturali:		
• praterie:		4,12%
• zone boscate:		18,27%
• zone caratterizzate da vegetazione arbustiva:		12,43%
• zone con vegetazione rada o assente:		
• spiagge, dune:	0,29%	
• rocce nude:	0,81%	
• aree con vegetazione rada(conoidi detritici):	0,56%	
• aree percorse da incendi recenti inf. a 2 anni:	<u>0,05%</u>	
		1,71%

Procedendo con un criterio di analisi per settori, l'area del bacino si può, generalizzando, così suddividere:

1) Settore litoraneo ovest

è caratterizzato al di sotto della Via Aurelia dalla presenza di un tessuto urbano quasi continuo con presenza sporadica di aree ancora coltivate e strutture sportive; mentre al di sopra presenta piccole aree ad urbanizzazione continua di edificazione recente inserite in un contesto agricolo intensivo.

2) Settore litoraneo est

più acclive presenta un tessuto urbano per lo più discontinuo, oggetto di un agricoltura intensiva in serra, ma presenta anche nuclei di coltivi abbandonati, e al di sotto di Costa Rainera, una nuova area

di edificazione recente in forte espansione. La struttura ospedaliera dell'Istituto Elioterapico presenta ampi spazi dedicati a parco e giardino

3) Fascia intermedia al di sotto degli abitati

è quella sottoposta al più intenso sfruttamento agricolo in cui si alternano colture in serra ad altre in piena aria, e a colture arboree, frutteti, vigneti, oliveti e palmeti.

Zona ad agricoltura intensiva



Fascia dell'asse autostradale

comprende coltivi intervallati sugli speroni collinari dai vecchi insediamenti urbani continui di Castellaro, Pompeiana, Terzorio, Cipressa e Costa Rainera. Le coltivazioni assumono un carattere meno intensivo e salendo di quota le serre diminuiscono ed aumenta la superficie ad oliveto, fino a diventare quasi una monocoltura a ridosso del bosco, anche se sono presenti vaste zone di abbandono.

4) Fascia superiore

dove il bosco e la gariga, diventano predominanti su gli ex coltivi, in questa zona l'abbandono e il degrado sono aggravati dal ripetuto succedersi di incendi che hanno ringiovanito a più riprese la dinamica vegetazionale tendente alla ricostituzione del manto arboreo a prevalenza di roverelle che potrebbe offrire un aiuto concreto all'azione di salvaguardia del suolo.

5) Fascia sommitale

zona a vegetazione bassa costituita dalla prateria e dalla gariga.

Analizzando le singole classi di copertura, si può affermare che il territorio modellato artificialmente supera di poco il 10% della superficie totale, e che nel bacino non esistono aree propriamente industriali ma solo limitati insediamenti artigianali.

Il territorio agricolo utilizzato nel suo complesso, raggiunge una copertura del 36,18%; la coltura più rappresentata è quella dei fiori recisi o delle fronde ornamentali in piena aria (11,23%) e in serra (7,23%).

Percentualmente spiccano anche gli oliveti (8,71%) e le zone agricole eterogenee (8,22%), i primi comprendono solo gli oliveti in attualità di coltura o recentemente abbandonati (piante vive non potate e con sottostante fase erbacea sviluppata), se a questi sommassimo gli oliveti abbandonati, ma potenzialmente recuperabili, la percentuale aumenterebbe; le zone agricole eterogenee comprendono quelle aree agricole in cui vi è promiscuità fra colture arboree (oliveti, frutteti, vigneti) e colture ortive e/o serre non cartografabili separatamente.

Oliveto



Si è ritenuto di dover evidenziare una classe, la 2.2, per la coltura di palme da fronda che non poteva ricadere nelle tre suddivisioni attribuite ad vigneto, frutteto, ed oliveto.

Vi solo una piccola zona al di sopra di Pompeiana, in cui vi sono prati e pascoli, limitatamente ad un'azienda zootecnica.

Una precisazione distinta necessità la classe degli ex coltivi, copertura del 16,96%, in questa classe comprende vaste zone di terrazzamenti della fascia altimetrica mediana, quella subito al di sotto della rete autostradale, prevalentemente in esposizione ovest, si tratta di terreni marginali per le maggiori difficoltà di approvvigionamento idrico, inoltre comprende nella fascia superiore alla rete autostradale gli oliveti più in quota, abbandonati prevalentemente per le gelate o gli incendi. Queste due tipologie di ex coltivi possono evolversi in gariga o macchia bassa nel primo caso, in bosco nel secondo.

Un esempio di oliveto abbandonato



Il territorio boscato e gli ambienti seminaturali occupano una percentuale della superficie del bacino pari al 36,53%, e saranno analizzate più approfonditamente nel successivo paragrafo assetto vegetazionale.

2.5.2 Analisi statistica degli incendi boschivi e relativa mappatura

Nel periodo esaminato, 1992-2000, si sono verificati 70 incendi così ripartiti nella sottostante tabella 2.2.13.1, per anno e per comune interessato, si precisa che alcuni eventi hanno interessato più di un comune.

Comune/anno	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Castellaro		1		1	1	1			1
Cipressa		2	2	2	2	2	2	4	3
Costa Rainera				3	1	1	2		
Pompeiana	7	2	4	3	10	5	1	1	1
Riva Ligure		2	1		1				
Santo Stefano			1		1				
Terzorio	1	2			1			1	
Totale eventi	7	9	8	9	14	8	5	4	5

Tabella. Numero eventi per anno nei singoli comuni

Si può notare come il numero di eventi, mediamente 8 all'anno, sia in diminuzione, e che il comune in cui si sono verificati più eventi è quello di Pompeiana, 30 eventi per una media di 3,4 l'anno.

Una seconda tabella (2.2.13.2) esplicita le superfici interessate dagli incendi in funzione della copertura vegetale e dell'anno in cui si sono verificati.

Copertura/anno	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Fustaia conifere			17,00	0,85	2,00		0,90	1,60	1,00
Fustaia mista						4,00		59,00	
Ceduo degradato						27,00		204,00	86,00
Ceduo semplice	4,00		22,00	1,50	4,80		9,00		
Macchia		0,10						51,50	43,00
Altro/Coltivi	3,70	20,35	43,95	24,06	47,40	88,85	8,00		
Totale Superficie	7,70	20,45	82,95	26,41	54,20	119,85	17,90	317,10	130,00

Tabella numero ettari per anno che hanno interessata le differenti coperture

I dati riferiti al 1999-2000, sono stati archiviati diversamente, e non si è riusciti a risalire esattamente alle differenti coperture interessate, per cui sono stati attribuite in funzione della copertura attualmente riscontrata nella località in cui si è verificato l'evento.

Un'ulteriore tabella (2.2.13.3) esplicita le superfici interessate dagli incendi in funzione del comune e dell'anno in cui si sono verificati.

Comune/anno	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Castellaro		13,00		16,00	4,00	50,00			58,00
Cipressa		3,30	80,50	0,40	1,25	4,40	0,60	209,10	29,00
Costa Rainera				1,35	11,85	0,15	0,30		
Pompeiana	6,70	2,50	2,00	8,66	17,70	65,30	17,00	53,50	43,00
Riva Ligure		0,62	0,40		0,40				
Santo Stefano			0,05		1,00				
Terzorio	1,00	1,03			14,00			53,50	

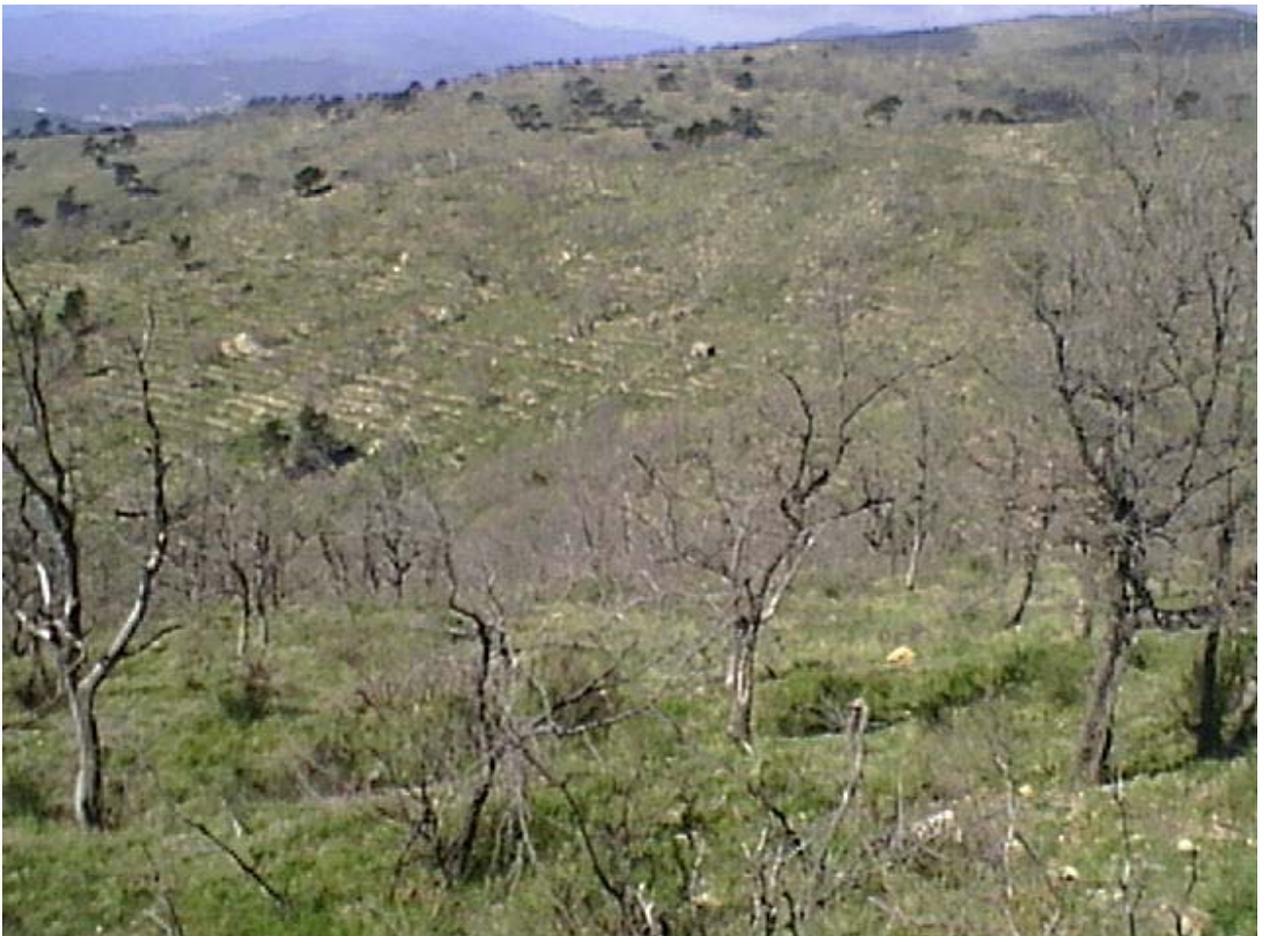
Tabella 2.2.13.2 superficie per anno nei singoli comuni

La ripartizione delle superfici nei singoli comuni, risulta puramente indicativa, in quanto per gli incendi che si sono sviluppati su più comuni è stata rilevata la superficie complessiva e risulta aleatorio imputarne parte ad un comune o ad un altro con la sola indicazione topografica. Inoltre i comuni di Castellano e Cipressa hanno superficie anche al di fuori dell'ambito di bacino, ed anche in questo caso l'imputazione risulta indicativa. Nonostante ciò si può indicare in Cipressa, il comune con la maggiore superficie percorsa dal fuoco, con circa 330 ettari, seguito da Pompeiana con 215, e Castellano con 140 ettari. La superficie colpita appartiene a privati, solo in un caso limitato, 5.000 metri quadri, è stata interessata la superficie di un ente pubblico, l'Istituto Elioterapico.

Per quanto riguarda le specie coinvolte nella maggior parte dei casi si tratta di cedui radi di roverella, per più di 300 ettari, con piante di più di 50 anni d'età che poco risentono di incendi radenti che avvengono nel periodo vegetativo, per cui l'anno successivo con la crescita degli arbusti e dei suffrutici l'evento non è più distinguibile, se non si è all'interno dell'area interessata.

Diversa è la situazione delle pinete, 25 ettari di pineta d'Aleppo generalmente pura, e 60 ettari di pineta di marittimo mista a roverella, qui i danni sono sensibili e la pineta di marittimo è gravemente compromessa, mentre per quella d'Aleppo si assiste ad una maggiore presenza di rinnovazione per cui i danni, sempre evidenti, sono mitigati dalla possibilità d'espansione. L'età dei popolamenti varia dai 20 anni, pineta giovane d'Aleppo, ai 45-50 anni.

Nella foto il querceto due anni dopo il passaggio dell'incendio



2.6 Assetto vegetazionale

Inquadramento vegetazionale:

Caratteristiche generali dell'area in esame

Inquadramento del bacino sotto il profilo fitoclimatico

Il bacino, in una prima classificazione per grandi categorie, rientra secondo PAVARI nella zona fitoclimatica del “*Lauretum*”; secondo SCHIMIDT nel “*cingolo Quercus-ilex*”; ovvero alle quote maggiori (iniziando nelle esposizioni più fresche dai 250-300 m s.l.m. fino alla quota massima 779 m s.l.m.) nella fascia “*meso-mediterranea*” o fascia “*mediterranea temperata*” del PIGNATTI; mentre alle quote inferiori nella fascia “*termo-mediterranea*”, corrispondente al “*cingolo Olea-Ceratonia*”.

A grandi linee si può indicare una fascia altimetrica superiore di boschi ampiamente devastati dal ripetuto passaggio del fuoco, e una fascia altimetrica inferiore dei coltivi e degli oliveti, dove la presenza del bosco originario, pineta di pino d’aleppo, è relegata a zone impraticabili alla coltivazione per acclività o roccia affiorante.

La fascia superiore termina a ridosso degli oliveti più in quota, ormai abbandonati, ed è suddivisibile in due settori distinti:

- Settore ovest-centro, Castellaro-Pompeiana-Terzorio, dove sono presenti boschi per lo più radi di roverella e carpino nero, alternati a grandi estensioni a macchia bassa, di cisti e ginestre, e in sommità gariga e praterie;
- Settore est, Cipressa-Costa Rainera, in cui si riscontra la presenza di zone a pineta rada, pino marittimo e pino d’aleppo, alternata a macchia bassa e gariga.

La fascia inferiore, quasi completamente antropizzata, sta subendo un regresso delle coltivazioni, soprattutto nei versanti ovest delle vallecicole, i più aridi e meno irrigabili, e alle quote superiori, 250-300 metri, dove si riscontra il maggior abbandono data la marginalità economica dei coltivi.

La fascia litoranea, presenta limitatissime estensioni, non cartografabili a pineta di pino d’aleppo, talora con associato il cipresso d’origine antropica.

Metodologia e lavoro

Per il rilievo della vegetazione si è adottata la medesima metodologia di lavoro applicata per la rilevazione dell’uso del suolo, basandosi sui “Criteri per l’elaborazione dei Piani di Bacino” raccomandazione n° 4, sono state adottate le formazioni vegetazionali previste dalla legenda.

Effettuati i sopralluoghi in campo, a tappeto su tutto il territorio del bacino, al fine di delimitare le differenti cenosi presenti e all’interno di esse di verificare l’indice di copertura, denso o rado, degrado delle formazioni naturali dovuto ad incendi pregressi, e potenzialità d’evoluzione e/o involuzione delle cenosi riscontrate, attualità d’uso delle praterie sommatiali, presenza di muri a secco all’interno del bosco.

Questa prima fase ha permesso di realizzare una cartografia speditiva di campagna, che servisse da base di partenza per la fotointerpretazione, seconda fase determinante per delineare i limiti dei poligoni. Un successivo sopralluogo, terza fase, non più a tappeto ma mirato, è servito a eliminare i dubbi emersi su limiti fra poligoni non ben distinguibili con la fotointerpretazione. Il risultato finale è stata la creazione della carta della vegetazione reale.

Da cui è emerso evidente che l’asse autostradale permette di dividere il bacino, non solo altimetricamente, in due settori, ovvero paesaggi con caratteristiche notevolmente differenziate: al di sotto una zona maggiormente antropizzata, urbanizzata, e ad agricoltura intensiva, e al di sopra una zona con pochi insediamenti, caratterizzata dalla regressione dell’attività agricola, a cui non si abbina una decisa espansione delle zone boscate per il rallentamento o l’involuzione innescata dai frequenti e talora ripetuti incendi.

2.6.1 Carta della vegetazione reale

Nel bacino, in cui il punto più elevato è rappresentato dagli 779 m.s.l.m. dell’anticima sud del M. Sette Fontane, sono compresi i popolamenti vegetali appartenenti ai seguenti orizzonti del piano basale:

- ◆ orizzonte delle alofite costiere, scarsamente rappresentato data la forte antropizzazione costiera.
- ◆ orizzonte delle sclerofille sempreverdi mediterranee (gariga, macchia, pineta di pino d’Aleppo).
- ◆ orizzonte delle latifoglie termofile (querceto a roverella, bosco misto di caducifoglie a prevalenza di orniello e carpino nero).

La ripartizione percentuale delle diverse classi vegetazionali è la seguente:

• praterie:	4,12%
• prati e pascoli:	0,23%
• arbusteti:	
• macchia mediterranea densa:	7,41%
• macchia mediterranea rada:	<u>5,02%</u>
	12,43%
• formazioni di angiosperme termofile:	
• a prevalenza di roverella densa:	5,70%
• a prevalenza di roverella rada:	<u>5,55%</u>
	11,25%
• formazioni di conifere termofile:	
• pino marittimo denso:	1,55%
• pino marittimo rado:	1,15%
• pino d’Aleppo denso:	0,25%

•	pino d’Aleppo rado:		<u>1,04%</u>
		4,35%	
•	formazioni di angiosperme mesofile:		
•	Formazioni miste (carpino nero) densa:		2,45%
•	Formazioni miste (carpino nero) rada:		<u>0,20%</u>
		2,65%	
•	aree nude o con vegetazione sporadica:		
		1,71%	
•	aree agricole:		
•	utilizzate:		
	36,18%		
•	non utilizzate:		<u>16,96%</u>
		53,14%	

La parte sommitale del territorio si presenta a prateria, copertura del 4,12%, in seguito ad antichi disboscamenti e decespugliamenti, nonché al pascolamento. Attualmente con la diminuzione del pascolo, vaste zone di prateria si stanno evolvendo in gariga, si tratta delle zone più marginali, con affioramenti rocciosi o più pendenti, dove i suffrutici già presenti non più soggetti al contenimento dovuto al calpestio, stanno espandendosi.

Sono inoltre presenti, anche se in nuclei di dimensioni ridottissime, non cartografabili, lungo i corsi d’acqua specie tipiche di vegetazione riparia quali salici.

La presenza di formazioni a robinia ed altre specie infestanti quali ailanto, rovo e vitalba, peraltro non eccessivamente diffuse, si nota maggiormente presso strade, corsi d’acqua, in prossimità dei centri abitati e all’interno di formazioni boschive e colturali abbandonate.

Il popolamento boschivo maggiormente rappresentato è il querceto di roverella (11,25%), che forma normalmente boschi aperti (5,70%), spesso radi o molto radi per il passaggio d’incendio (5,55%), è sicuramente il popolamento che permetterebbe di recuperare ampi spazi di territorio abbandonato da attività agricole, in quanto è favorito dalle caratteristiche ecologiche della specie come la spiccata xerofilia ed eliofilia, che ne permette la diffusione anche in spazi aperti, e dalle caratteristiche di spessore della corteccia che fanno rientrare la specie nel novero delle pirofite passive, quindi fra le più indicate a sopravvivere agli incendi.

Querceto rado, sullo sfondo facies più densa, in ambito invernale



Se si escludono i lembi di pineta di pino marittimo, di origine artificiale, non si ha nessuna forma di governo del querceto e delle altre latifoglie presenti, e quindi lo stesso non è ben inquadrabile, molto forzatamente la si potrebbe definire come fustaia irregolare su ceduo. Infatti sono boschi ad evoluzione naturale per disseminazione, in cui si assiste ad una ceduzione naturale della rinnovazione dovuta al ricaccio dalla ceppaia dopo gli incendi.

Pineta rada di Pino marittimo, in primo piano rinnovazione di Pino d'Aleppo e sullo sfondo facies densa



Benché potenzialmente siano boschi anche produttivi, non si assiste ad alcuna forma di sfruttamento in quanto economicamente non ancora remunerativi.

Le formazioni a querceto a e a carpino nero sono presenti nella fascia compresa fra l'oliveto e le praterie sommitali, sono boschi radi e discontinui con le querce più diffuse sui versanti e il carpino, specie mesofila, localizzato a ridosso degli impluvi. I lembi di pineta sono maggiormente presente su ambienti rupestri e si localizzano sui due speroni collinari che chiudono il bacino, prevalentemente lungo quello est da M. Pian delle Vigne fino al mare. Inoltre sono presenti sottoforma di piccoli nuclei su costoni rocciosi, difficilmente raggiungibili e marginali per le attività contadine.

Il settore mediano, che si estende a ridosso dell'asse autostradale, altimetricamente compreso fra i 300 e i 150 m s. l. m., è caratterizzato dalla coltivazione dell'olivo, sia in atto che in abbandono, molto recente, praticata principalmente su versanti terrazzati, intervallata dal tessuto urbano, parte continuo e parte strettamente intercalato ai coltivi, dei nuclei abitativi di Castellaro, Pompeiana, Terzorio, Cipressa e Costa Rainera.

Al di sotto l'agricoltura diventa intensiva, alternando colture in piena aria a colture in serra, con strutture sia permanenti, che provvisorie con continua rotazione di coltivazioni in piena aria che durante il ciclo colturale vengono condizionate con coperture ombreggianti.

Nel quadrante est, le coltivazioni scendono in prossimità del mare, arrestandosi alla Via Aurelia, nel settore ovest le coltivazioni nella fascia litoranea cedono il posto al tessuto urbano continuo degli abitati di Riva Ligure e S. Stefano al Mare, mantenendo comunque una presenza sporadica anche fra gli edifici nelle zone più periferiche.

2.7 Catasto delle Opere Idrauliche

OPERE IDRAULICHE PRINCIPALI

BACINO	SIGLA	TIPOLOGIA MANUFATTO	FILE
Rio 1	T1 - PT- 01	Si tratta del ponte su cui passa la passeggiata a mare. Attualmente si presenta notevolmente intasato. Dopo questo passaggio, il rio ha il suo sbocco a mare a cielo aperto con un salto di circa 7 metri.	Rio1.xls
	T1 -PT –02	Ponte ferroviario completamente ricoperto da arbusti..	
	T1 - TB –03	Tube diametro cm 80 sottostrada.	
Rio 2	T2 – TB – 01	Si tratta dello sbocco a mare del torrente. Il canale in cls armato, inizia a ridosso dell'Aurelia e, passando sotto il cortile dell'Istituto Elioterapico, sbocca ad una distanza dal mare di circa 7 m.	Rio2.xls
	T2 -PT –02	Ponte dell'Aurelia ad arco in pietra. Il fondo, in forte pendenza, è costituito da rocce.	
	T2 -TB –03	Tombino in cls precompresso. Interrato per la parte sottostrada, esce per un tratto per raggiungere l'Aurelia (in questa zona il tubo è spaccato).	
	T2 -TB –04	Tube in cls precompresso sotto strada.	
	T2 -TB –05	Tombinatura realizzata con tubo in cls d 60.	
Rio 3	T3 – TB – 01	Tombinatura.	Tor3.xls
Rio 4	T4 – TB – 01	Tombinatura.	Tor4.xls
Rio 5	T5 – TB – 01	Tombinatura.	Tor5.xls
	T5 – TB – 02	Tombinatura.	

Rio 6	T6 – TB – 01	Tombinatura.	Tor6.xls
	T6 – TB – 02	Tombinatura.	

BACINO	SIGLA	TIPOLOGIA MANUFATTO	FILE
--------	-------	---------------------	------

Rio Piani	RP – PT- 01	Si tratta dello sbocco a mare del torrente. Il ponte sorregge la strada attualmente utilizzata come accesso al cantiere per la costruzione del depuratore.	Piani.xls
	RP – AR- 02	Canale tra il ponte dell'Aurelia e quello della strada carrabile	
	RP – PT- 03	Ponte Aurelia ad arco in pietra.	
	RP – TB- 04	Tombinatura.	
	RP – AR- 05	Arginatura in sponda destra e sinistra, alveo in cls, salti.	
	RP – AR- 06	Il presente tratto, a cielo aperto, presenta un muro d'argine in sponda destra realizzato in concomitanza della realizzazione di un complesso residenziale. E' da sottolineare come, a circa 15 dalla strada Reg. Paolelli verso mare, il muro subisca uno sfalsamento verso il torrente di circa cm 50.	
	RP – TB- 07	Tubo in cls interrato diametro cm 60.	
	RP - AR- 08	Muri d'argine in sponda destra e sinistra, alveo artificiale, salti.	

Rio Marmi	TM – TB – 01	Si tratta dello sbocco a mare del torrente. La presente tombinatura passa sotto un giardino privato. Non si sono potute rilevare le caratteristiche dimensionali e materiche. Non è stata individuata nemmeno la pratica di autorizzazione.	Marmi.xls
	TM – PT – 02	Ponte ferroviario ad arco in pietra. Non rilevabile dimensionalmente, ha, presumibilmente le dimensioni e le caratteristiche dei ponti ferroviari di attraversamento degli altri torrenti.	

TM – TB – 03	Tombino sotto la casa Anas. Nella parte più a monte è stata realizzata recentemente una sezione delle dimensioni di circa 300x130h in cls, quella più vecchia e dimensionalmente più ristretta (120x100h) passa sotto l'edificio. Chiaramente questo notevole restringimento crea un tappo al naturale scorrimento dell'acqua.	
TM – TB – 04	la tombinatura non è visibile.	
TM – PS – 05	Passerella privata. Da questo punto in poi l'alvo si sviluppa caoticamente con muri di sponda in pietra, in cls, spesso notevolmente deteriorati.	
TM – TB – 06	Questa "fessura" si presenta in condizioni notevolmente deteriorate. Le due pareti verticali, infatti si stanno spanciando.	
TM – TB – 07	Tubo in cls diametro cm 30 in proprietà privata e sotto strada.	

BACINO	SIGLA	TIPOLOGIA MANUFATTO	FILE
--------	-------	---------------------	------

Rio Moiano	TMO - PT – 01	Ponte ferroviario ad arco in pietra.	Moiano.xls
	TMO - AR – 02	Muri di sponda del tratto dalla ferrovia all'Aurelia.	
	TMO – PT – 03	Ponte Anas	
	TMO – AR – 04	Muri d'argine. Realizzati con materiali diversi e in modo disordinato.	
	TMO - TB – 05	Tombinatura sezione circolare di cm 120x120 sottostrada provinciale.	
	TMO - TB – 06	Tombinatura sezione rettangolare di cm 120x120 sottostrada vicinale.	
	TMO - TB – 07	Tubo dn 1000 in cls precompresso sotto strada provinciale per Cipressa.	
	TMO – AR – 08	Muri di difesa spondale variabili come dimensioni e tipologia. Nell'ultimo tratto, prima di interrarsi sotto la provinciale, esiste una sorta di "bacino di dissipazione"	

	TMO - AR – 09	Sorta di canaletta realizzata con una metà di dn 800	
	TMO - TB – 10	Condotta dn 800 in attraversamento di un'area adibita a parcheggio e di un vecchio fabbricato ora diruto.	
	TMO - TB – 11	Galleria realizzata nelle opere di sostegno della piazza principale, attualmente adibita a deposito comunale. La parte più a monte non è visibile.	
	TMO - AR – 12	Bacino di dissipazione realizzato in seguito agli eventi alluvionali del settembre/ottobre 1998.	
	TMO - AR – 13	Ripristino, adeguamento e realizzazione di opere di difesa spondale in pietra e cemento . Sul fondo del rio è realizzata una mantellata in pietra e cemento per scongiurare l'erosione. Opere realizzate in seguito agli eventi alluvionali del settembre/ottobre 1998	
	TMO – AR – 14	Canale realizzato con tecniche d'ingegneria naturalistica a sezione trapezia.	

Rio Pantano	TP – PT- 01	Ponte ferroviario ad arco in pietra.	Pantano.xls
	TP – PT- 02	Ponte Anas.	
	TP – TB- 03	Tombino sotto il parcheggio privato in prossimità dell'Aurelia. Realizzato in cls.	
	TP – AR- 04	Muri di sponda di altezza e materiali differenti.	
	TP – PS- 05	Passerella privata. Da questo punto in poi l'alvo si sviluppa caoticamente con muri di sponda in pietra, in cls, spesso notevolmente deteriorati.	
	TP - AR- 06	Muri di sponda di altezza e materiali differenti.	
	TP – TB – 07	Tombinatura sotto strada vicinale. Realizzato per un tratto in cls precompresso e per un tratto in lamiera metallica.	
	TP – PS – 08	Passerella in cls.	
	TP – PT – 09	Ponte sotto Provinciale per Cipressa.	
	TP – AR – 10	Muri di sponda di altezza e tipologia differenti; spesso notevolmente deteriorati.	

BACINO	SIGLA	TIPOLOGIA MANUFATTO	FILE
Fossato Aregai	FA – PT – 01	Ponte ferroviario arco in pietra.	fosaregai.xls
	FA – PT – 02	Ponte Anas.	
	FA – AR – 03	Muri di sponda in pietra e in cls. Altezza variabile.	
	FA – TB - 04	Tombinatura interrata in prossimità di edificio residenziale.	
	FA – AR – 05	Muri di sponda in cls; gabbionate.	
	FA – TB – 06	Passaggio, realizzato con tubo in lamiera, sotto la strada di accesso a condominio privato.	
	FA – AR – 07	Gabbionate in pietra.	
	FA – PT – 08	Ponte sotto Provinciale per Cipressa.	
	FA – AR – 09	Arginature in cls armato con riempimento a tergo delle stesse per garantire la stabilità del versante; soglie in cls armato posizionate ortogonalmente alle difese spondali.	
Rio Aregai	RA – PT- 01	Ponte pedonale in prossimità del porto degli Aregai. Realizzato in pietra, si presenta in discrete condizioni di manutenzione.	Rioaregai.xls
	RA – PT- 02	Ponte ferroviario in pietra ad arco.	
	RA – PT- 03	Ponte sotto Aurelia con piedritti in pietra e arco in mattoni.	
	RA – AR – 04	Muri di sponda realizzati, nell'ala dx con gabbioni in pietra; in ala sinistra con muri in pietra.	
Rio Torre	TT – TB – 01	Tombinatura sbocco a mare.	Torre.xls
	TT - TB – 02	Tombinatura sotto centro abitato.	
	TT - AR – 03	Arginatura dal centro fino alla ferrovia.	
	TT - PT - 04	Ponte ferrovia.	
	TT - AR –05	Arginatura tra ferrovia e ponte Anas.	
	TT – PT – 06	Ponte Anas. Passerella.	
	TT - AR – 07	Arginatura tra Anas e inizio tombinatura sotto strada.	

TT - TB – 08	Tombinatura sotto strada comunale.	
TT - TB – 09	Tombino diametro cm 100 innesto su tombinatura sotto strada.	
TT - TB – 10	Tombino diametro cm 100 sotto strada comunale.	
TT - TB – 11	Tombino a monte della strada provinciale diametro cm 80.	
TT – PT – 12	Ponte in pietra di accesso a proprietà privata.	
TT - TB - 13	Tombinatura diametro cm 100 di innesto all'asta principale.	

BACINO	SIGLA	TIPOLOGIA MANUFATTO	FILE
--------	-------	---------------------	------

Rio Ciapin	TC – TB – 01	Si tratta dello sbocco a mare del torrente. E' costituito da uno scatolare di dimensioni 70x70 in cls armato interrato. Non conosciamo l'estensione in lunghezza.	Ciapin.xls
	TC – TB – 01	Ponte Aurelia ad arco in pietra.	
	TC – TB – 01	Tombinature sotto strada comunale Regione Ciapin.	

Torrente Santa Caterina			Santa Caterina.xls
	SC - PT –01	Ponte, parte conclusiva della strada litoranea.	
	SC - AR –02	Arginatura.	
	SC - PT –03	Ponte in pietra.	
	SC -AR –04	Arginatura fino a ponte ferroviario.	
	SC - PT –05	Ponte ferroviario	
	SC - PT –06	Ponte Anas.	
	SC - AR –07	Arginatura.	
	SC - PT –08	Ponte su strada comunale.	
	SC - AR –09	Arginatura.	
	SC - TB –10	Tombino.	
	SC - AR –11	Arginatura.	
	SC - TB –12	Tombinatura.	
	SC - TB –13	Tombino sotto strada vicinale.	
SC - TB –14	Tombinatura sotto provinciale.		

SC - TB –15	Arginatura Rio Moro.
SC - TB –16	Tombinatura sotto strada provinciale.
SC - TB –17	Tombinatura sotto strada.
SC - TB –18	Tombinatura sotto strada.
SC - TB –19	Tombinatura sotto strada.

BACINO	SIGLA	TIPOLOGIA MANUFATTO	FILE
--------	-------	---------------------	------

Torrente Caravello	TC - TB – 01	Tombinatura sbocco a mare. Sezione rettangolare in cls	Caravello.xls
	TC - AR – 02	Argine in pietra e cls.	
	TC - PT – 03	Ponte ferroviario ad arco in pietra.	
	TC - PT – 04	Ponte Anas.	
	TC - AR – 05	Arginatura sopra Aurelia.	
	TC - TB – 06	Svincolo sopra Aurelia.	
	TC - AR – 07	Arginatura.	
	TC - TB – 08	Tombinatura /ponte passaggio strada.	
	TC - TB – 09	Tombino passaggio strada.	
	TC - TB – 10	Tombino passaggio strada.	
	TC - TB – 11	Tombino passaggio strada.	
	TC - TB – 12	Tombino passaggio strada.	
	TC - TB – 13	Tombino passaggio strada.	
	TC - AR – 14	Arginatura sotto il centro abitato di Pompeiana.	
	TC - PT – 15	Ponte in pietra.	
	TC - TB – 16	Tombinatura sotto terrapieno autostrada.	
	TC - AR – 17	Imbocco opera 16.	
	TC - TB – 18	Tombinatura sotto provinciale.	
	TC - TB – 20	Tombinatura sotto provinciale.	

BACINO	SIGLA	TIPOLOGIA MANUFATTO	FILE
Rio PERTUSIO PINEA	TPP - AR- 01	Si tratta dello sbocco a mare del torrente. Il presente tratto, a cielo aperto, è caratterizzato dalla presenza di muri d'argine in cls e pietra e da platea in cls.	Pertusio Pinea.xls
	TPP -PT –02	Si tratta del passaggio del torrente sotto la provinciale per Riva Ligure.L'alveo, in questo tratto, costituisce, nella parte a quota maggiore, un percorso pedonale che, dalla zona a monte dell'Aurelia, permette di giungere al mare.	
	TPP -PT –03	Passaggio del torrente sotto la ferrovia.L'alveo, in questo tratto, costituisce, nella parte a quota maggiore, un percorso pedonale che, dalla zona a monte dell'Aurelia, permette di giungere al mare.	
	TPP -PT –04	Passaggio del torrente sotto la ferrovia. L'alveo, in questo tratto, costituisce, nella parte a quota maggiore, un percorso pedonale che, dalla zona a monte dell'Aurelia, permette di giungere al mare.	
	TPP -PT –05	Passaggio del torrente sotto l'Aurelia.L'alveo, in questo tratto, costituisce, nella parte a quota maggiore, un percorso pedonale che, dalla zona a monte dell'Aurelia, permette di giungere al mare.Immediatamente a monte di questo passaggio, infatti, è presente una rampa che da quota strada, conduce nel sottopasso- alveo.	
	TPP -TB –06	Sbocco della tombinatura sotto l'insediamento residenziale, nella "zona di ponti" transitabili.	
	TPP -TB –07	Tombinatura sotto insediamento residenziale.	
	TPP -TB –08	Tombinatura sotto insediamento residenziale.	
	TPP -TB –09	Tombinatura sotto insediamento residenziale.	
	TPP -TB –10	Tombinatura..	
	TPP -TB –11	Tube sottostrada cm 80.	

2.8 Valutazione delle massime portate di piena e verifiche idrauliche

Aggiornamento e sistemazione dei dati climatici e meteorologici

Lo studio degli aspetti climatici, idrologici e idrogeologici é fondamentale per la predisposizione di un piano di bacino, rivelandosi tuttavia, nel nostro caso assai complicato a causa della carenza di dati, soprattutto pluviometrici ed idrometrici, tipica appunto delle nostre zone. In realtà gli strumenti di misura distribuiti sul territorio ligure sono da ritenersi assolutamente insufficienti a causa della morfologia territoriale della nostra regione.

Il problema riguarda solo marginalmente i dati termometrici (la variabilità spazio-temporale delle temperature é minima), ma è drasticamente significativo per i dati pluviometrici considerato che le precipitazioni hanno una variabilità spazio-temporale assai maggiore delle temperature. Ciò deriva dal fatto che "le condizioni per la pioggia" si realizzano in spazi tanto più ristretti quanto più variabile é la morfologia territoriale.

Per quel che riguarda i dati idrometrici il problema non si pone neppure perché non esistono stazioni idrometriche sul territorio di nostra competenza; ai fini della determinazione di una modellistica idrodinamica sarebbe necessaria una stazione idrometrica per ogni bacino o, al minimo, una stazione all'interno dell'area in oggetto.

La condizione necessaria per redigere uno studio idrologico significativo, a partire dai dati di pioggia, consiste nel fatto che le stazioni di rilevamento siano, dal punto di vista plano-altimetrico, uniformemente distribuite sul territorio, altrimenti si rischia di avere un'analisi poco rappresentativa; altro fattore importante é che le stazioni siano numericamente sufficienti e dotate di serie storiche di dati sufficientemente ampie.

Sul territorio oggetto del nostro studio (20,4 kmq) non vi sono stazioni di rilevamento, ma in aree limitrofe le stazioni pluviometriche e termometriche presenti sono 4: quella di Taggia-Merelli (70 m. s.l.m.), quella di Ceriana (369 m. s.l.m.), quella di Imperia (15 m s.l.m.) e quella di Sanremo (9 m s.l.m.). Dall'osservazione delle quote di posizionamento delle stazioni, ricordando che il territorio in oggetto è compreso tra il mare e il monte Sette Fontane (779.0 m. s.l.m.), si riscontra immediatamente l'insufficiente distribuzione altimetrica delle stazioni.

L'analisi delle carte topografiche evidenzia anche una scadente distribuzione planimetrica delle quattro stazioni rispetto ai bacini di nostro interesse.

A monte di tutto occorre premettere un problema fondamentale, quello relativo all'affidabilità dei dati: i meccanismi che regolavano i pluviometri potevano incepparsi o funzionare male a causa della presenza di oggetti e, soprattutto, di animali che in qualche modo andavano ad interferire con il corretto funzionamento degli strumenti. Per le analisi di tipo statistico sono necessarie serie di osservazioni superiori ai 20 anni.

Affinché tali studi abbiano significato, soprattutto per l'analisi climatologica che ci si propone di fare in questo lavoro, sarebbe opportuno che tali serie abbraccino gli anni più vicini e che tale periodo fosse consecutivo e comune a tutte le stazioni.

Delle quattro stazioni sopra menzionate, a seguito delle osservazioni sopraddette, si ritiene a priori di escludere i dati registrati dalla stazione di Ceriana, poiché costituiscono una serie insufficiente, e quelli della stazione di Taggia-Merelli poiché posizionato su una bacino, quello del torrente Argentina, troppo diverso per caratteristiche morfologiche e micro-climatiche.

Sulla scorta delle precedenti considerazioni, quindi, si è optato per la determinazione del volume di pioggia affluito, valore alla base di tutte le successive analisi idrologiche, in base alle elaborazioni statistiche delle piogge registrata nei pluviometri delle stazioni di San Remo ed Imperia (che tra l'altro hanno posizione simmetrica rispetto all'ambito in esame), ragguagliando in seguito tali piogge all'intero bacino in questione.

Visti i dati in nostro possesso si è cioè considerata più attendibile l'ipotesi di calcolare il volume di pioggia partendo da dati puntuali che, seppur riferiti a quote altimetriche non rappresentative dell'intero bacino in questione, fossero ubicati in posizioni il più possibile vicini al comprensorio.

I dati

I dati utilizzati in questo lavoro, sia termometrici che pluviometrici, sono stati raccolti dagli Annali Idrografici del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici. A tal proposito c'è da sottolineare il fatto che le pubblicazioni sono aggiornate al 1984, ma è stato possibile reperire i dati fino al 1993: gli ultimi anni di registrazioni non sono ancora a disposizione degli utenti in quanto in fase di elaborazione.

I dati pluviometrici riportati sono di due tipi: le piogge totali giornaliere, mensili e quindi annue e le piogge massime registrate su 5 durate di riferimento (1h, 3h, 6h, 12h e 24h) e su durate inferiori all'ora (ad es. 10, 15 e 30 minuti).

Per quel che riguarda le temperature sugli annali vengono riportati i valori minimi e massimi giornalieri e, quindi, le medie mensili e annue.

Per le stazioni di Sanremo e Imperia si sono stati assunti tutti i dati, essendo questi numericamente sufficienti e consecutivi.

Analisi climatica

Al fine di ottenere un quadro descrittivo il più completo possibile sul clima dell'area presa in esame si è proceduto alla stesura di tavole e grafici che rappresentano il clima a scala locale. Per entrambe le stazioni considerate i dati termometrici sono sufficienti e, soprattutto, consecutivi.

Inoltre per poter confrontare le serie di dati di diverse stazioni è indispensabile che le registrazioni siano, per un periodo significativo, sincrone.

A partire dai dati termometrici e pluviometrici delle due stazioni si è scelto di tracciare due diagrammi realizzati dalla combinazione dei dati termometrici con quelli pluviometrici. Si sono così ottenuti i diagrammi ombrotermici (o termoudogrammi), cioè diagrammi temperatura-pioggia, e i climogrammi, cioè i diagrammi che individuano alcune caratteristiche del clima.

I dati da noi utilizzati sia pluviometrici che termometrici sono quelli riportati negli ANNALI IDROGRAFICI relativamente al periodo compreso tra il 1921 e il 1993.

Alcune considerazioni riguardo le variazioni climatologiche di questi ultimi 60 anni si possono fare osservando i dati medi delle temperature e quelli delle piogge.

Per meglio evidenziare i risultati si è costruito un grafico delle temperature medie annue (minime, medie e massime) e delle piogge medie annue di seguito riportati.

Indicazioni climatologiche

Nella tabella seguente si riportano i dati relativi alle piogge e alle temperature medie mensili delle due stazioni considerate necessari per la successive analisi climatiche.

Mesi / Stazioni	Sanremo		Imperia	
	T _m (°C)	P _m (mm)	T _m (°C)	P _m (mm)
Gennaio	10.46	67.35	9.32	70.25
Febbraio	10.80	69.64	9.81	70.18
Marzo	12.56	82.74	11.69	73.19
Aprile	14.84	59.14	14.32	60.91
Maggio	18.01	57.49	17.56	54.95
Giugno	21.55	36.99	21.14	34.84
Luglio	24.41	12.99	24.07	13.5
Agosto	24.41	29.59	23.97	24.72
Settembre	22.02	63.18	21.47	54.26
Ottobre	18.26	95.47	17.57	93.22

Novembre	14.21	112.87	13.16	109.79
Dicembre	11.51	87.17	10.43	84.6

Piogge e temperature medie mensili

La prima vera classificazione climatica, che rientra nelle classificazioni zonali a base termica, è stata fatta da W. KOPPEN nel 1884. Questo autore individua 5 tipi climatici fondamentali (N.B. Tmm = temperatura media mensile):

1. clima tropicale: Tmm > 20°C sempre
2. clima subtropicale: Tmm > 20°C per 4-11 mesi
10° C < Tmm < 20° C per 1-8 mesi
3. clima temperato: Tmm > 20°C per meno di 4 mesi
10° C < Tmm < 20° C per 4-11 mesi
Tmm < 10°C per meno di 4 mesi
4. clima freddo: 10° C < Tmm < 20° C per 1-4 mesi
Tmm < 10°C per 8-11 mesi
5. clima polare: Tmm < 10°C per 12 mesi

Tale classificazione, non considerando i casi con Tmm < 0°C, non discrimina i climi in alcune zone temperate. Tale difetto, però, non interessa la nostra zona dato che le temperature tipiche del comprensorio del Prino, almeno sulla fascia costiera, raramente sono scese sotto lo 0°: il problema si potrebbe presentare per la stazione di Bestagno dove si osservano occasionalmente dei valori di temperature inferiori allo 0°: i valori medi, però, sono sempre positivi, permettendo quindi l'utilizzo di questa classificazione anche in questo caso.

Dall'osservazione dei dati della tabella riportata sopra, che riportano i dati termometrici medi relativi alle due stazioni considerate, si evidenzia che il clima di Imperia rientrano nella categoria definita da W. Koppen a '**clima temperato**', mentre quello di San Remo è '**subtropicale**'.

Un'altra classificazione è stata fatta da De Martonne che distingue 6 tipologie di clima: arido estremo, arido, semiarido, subumido, umido e perumido. Tale classificazione viene fatta a partire da quello che De Martonne indica come 'indice di aridità' A dato dalla seguente formula:

$$A = \frac{\frac{P}{T+10} + \frac{12p}{t+10}}{2}$$

- dove: P = precipitazione media annua
T = temperatura media annua
p = precipitazione media del mese più arido
t = temperatura media del mese più arido

La classificazione risulta essere la seguente:

- arido estremo 0 < A < 5
- arido 5 < A < 15
- semiarido 15 < A < 20
- subumido 20 < A < 30
- unumido 30 < A < 60
- perumido A > 60

Nel nostro caso si ottiene:

San Remo A = 17.1
Imperia A = 16.6

Da ciò si ricava che, secondo la classificazione di De Martonne, il clima é del tipo **semiarido** per entrambe le stazioni.

Diagramma ombrotermico

I termoudogrammi (o diagrammi ombrotermici) rappresentano in maniera sintetica l'andamento delle temperature e delle precipitazioni, e permettono di stabilire il grado di umidità e aridità di un'area. I periodi di aridità in tali diagrammi si identificano con i mesi nei quali l'altezza della precipitazione mensile (espressa in millimetri) risulta minore del valore dato dal doppio della temperatura media in quello stesso mese (espressa in °C).

Nei termoudogrammi relativi ai dati delle stazioni di Sanremo e Imperia, realizzati mediando **tutti** i dati degli annali idrografici in nostro possesso, si può osservare l'andamento stagionale medio delle precipitazioni e delle temperature, le quali presentano valori sempre positivi .

Osservando le seguenti figure si nota che l'andamento delle curve è simile in tutti e due i casi considerati: in entrambi i casi, infatti la curva relativa alla precipitazione si trova al di sopra di quella delle temperature per circa 9 mesi all'anno; negli altri tre mesi le curve sono invertite. Secondo la teoria di Bagnouls & Gausson, autori di questo tipo di analisi, si definisce che per tre mesi (giugno, luglio e agosto) il clima é 'arido'.

Tale risultato, é opportuno sottolinearlo di nuovo, ha senso solo per le zone prossime alle stazioni di rilevamento, sebbene, data l'omogeneità dei risultati tra le due stazioni, tali considerazioni si possono estendere a tutta la fascia costiera dell'ambito in oggetto. Ciò deriva dal fatto che, come già detto nelle premesse, il territorio Ligure, e quindi quello del comprensorio in esame, é caratterizzato da una morfologia estremamente variabile.

Da ciò segue una variabilità climatica e pluviometrica piuttosto significativa: le maggiori precipitazioni che caratterizzano le zone montane, almeno nell'ambito oggetto del presente studio, garantiscono il rifornimento idrico delle falde acquifere e quindi assicurano l'apporto necessario a soddisfare anche il fabbisogno dei centri costieri (anche e soprattutto nei mesi definiti 'aridi').

Climogramma

Il climogramma relativo ai dati delle stazioni prese in esame si costruisce posizionando sull'asse delle ascisse le temperature (°C) e sull'asse delle ordinate le precipitazioni medie (mm). Ad ogni punto corrispondono i valori medi di precipitazione e di temperatura mensili (valori riportati nella tabella riportata nel paragrafo 2.2.9.1.3); la spezzata che unisce fra di loro i punti individua un'area rappresentativa del comportamento climatico locale medio. Tale diagramma é stato suddiviso in quadranti dall'intersezione delle rette corrispondenti ai valori medi di temperatura e precipitazione mensili. Lo sviluppo della poligonale precedentemente definita all'interno dei quadranti consente di definire il carattere predominante dei due elementi climatici considerati e i loro rapporti di interdipendenza. Si può osservare l'andamento medio delle temperature nei vari mesi dell'anno in rapporto alle altezze delle precipitazioni.

Nella seguente tabella si riportano i valori medi di temperatura e precipitazione mensili per le due stazioni considerate.

	Pm (mm)	Tm (°C)
SANREMO	65.00	17.00
IMPERIA	63.00	16.00

Dall'osservazione dei grafici, riportati nelle pagine seguenti, rappresentante il climogramma di ogni stazione si evidenzia quanto segue:

Stazione di Imperia

- i mesi da novembre a febbraio sono caratterizzati da un clima ‘freddo-umido
- il solo mese di aprile rientra nella classe definita a clima ‘freddo-secco’
- i mesi da maggio a settembre appartengono al periodo a clima ‘caldo-secco’
- il mese di ottobre è l’unico caratterizzato da un clima definito ‘caldo-umido’

Stazione di Sanremo

- i mesi da novembre a marzo rientrano nella categoria identificata come clima ‘freddo-umido’
- il mese di aprile é caratterizzato da un clima ‘freddo-secco’
- i mesi da maggio a settembre sono caratterizzati da un clima ‘caldo-secco’
- il mese di ottobre é l'unico con un clima definito ‘caldo-umido’

Si ritiene necessario fare alcune considerazioni: sebbene la suddivisione di questo diagramma nei quattro quadranti, relativi ai quattro tipi di clima, derivi direttamente dall'elaborazione dei dati registrati dalla stazione in oggetto e classifichi pertanto rigidamente il clima delle zone, non si può certo inquadrare in schematismi così vincolati la complessità dei fenomeni meteorologici di una zona. Ciò deriva in particolare dal fatto che, in questo tipo di approccio, come pure negli altri affrontati nei paragrafi precedenti, non si tiene conto di fattori quali l'umidità e il vento, che, soprattutto nei giorni non piovosi, influenzano fortemente la tipologia di clima; inoltre questo metodo, come quelli visti precedentemente, sono stati studiati e tarati su realtà che spesso sono diverse da quelle oggetto di questo studio.

Per sviluppare un'analisi climatica completa che tenga conto di tutte le variabili, sarebbe necessario avere a disposizione osservazioni storiche climatiche sufficientemente estese e comprendenti anche i valori relativi a umidità, vento, ecc..

Sarebbe cioè necessario costituire un osservatorio meteorologico permanente sul territorio.

Valutazione probabilistica delle precipitazioni intense

Relazione idrologica

La previsione del rischio di inondazione comporta lo svolgimento di una serie di studi modellistici basati, in primo luogo, sull'analisi degli eventi pluviometrici e, successivamente, sullo studio idrodinamico degli alvei.

Lo studio idrologico di un bacino imbrifero é dunque il momento basilare nel contesto della pianificazione territoriale idraulico e comporta l'acquisizione di una serie di dati atti a rappresentare il regime pluviometrico della zona in esame.

La caratteristica fondamentale di tali dati, siano essi dati di pioggia o di portata, è data dalla omogeneità statistica del campione esaminato; senza tale requisito non è possibile operare alcuna elaborazione.

Altri requisiti necessari per la corretta interpretazione dei risultati conseguiti sono forniti dalla attendibilità dei dati, dalla grandezza del campione esaminato (più dati disponibili implicano una minore approssimazione delle formule interpolatrici), dalla presenza o meno sul territorio di più stazioni di osservazione e dalla loro uniforme distribuzione spaziale (sia planimetrica che altimetrica).

La mancanza di uno o più dei suddetti requisiti comporta la formulazione di teorie approssimate la cui bontà può essere verificata empiricamente sulla scorta di esperienze personali, osservazioni sul territorio e comparazione con studi analoghi su zone limitrofe.

I bacini imbriferi in oggetto possono essere considerati tra loro parzialmente simili, stante la loro contiguità, le analoghe caratteristiche morfologiche (acclività, estensione, pendenza media ecc.) e la medesima esposizione alle condizioni climatiche.

Sussistono alcune differenze sostanzialmente legate al grado di urbanizzazione dei bacini che possono influenzare il regime idraulico di ogni corso d'acqua, ma di tali differenze si terrà conto mediante l'adozione di opportuni coefficienti nelle fasi successive del presente studio.

Nell'ambito del territorio in oggetto non vi sono strumenti di misura delle portate per nessuno dei corsi d'acqua esaminati; gli unici dati di misura delle portate disponibili sono quelli forniti dalla stazione

idrometrica di Merelli, ubicata nel Comune di Taggia sul torrente Argentina, a circa 5-10 Km ad ovest della zona in esame o quelli delle stazioni idrometriche sul torrente Arroscia.

Purtroppo tali misure non possono essere prese in considerazione in quanto i bacini idrici dei torrenti Argentina o Arroscia non possono essere considerati simili ai bacini del comprensorio in oggetto a causa della notevole diversità morfologica, altimetrica e di estensione dei bacini stessi, nonché della distanza di tali strumenti dall'ambito di nostro interesse che rende significativa anche la differenza climatica tra le varie zone.

Pertanto la determinazione delle massime portate di piena caratteristiche dei torrenti appartenenti al comprensorio dell'ambito n. 5 – Prino - rii minori compresi tra il torrente Argentina e il torrente San Lorenzo - può essere condotta solo tramite la valutazione e la successiva elaborazione dei dati di pioggia estrapolati dalle misurazioni effettuate dai due pluviometri considerati (utilizzando formule empiriche e/o analitiche).

Alla luce di quanto sopra si è proceduto all'analisi idrologica utilizzando come dati di partenza le osservazioni pluviometriche delle stazioni di Imperia e Sanremo.

Si fa presente che, a causa della limitatezza dei dati a disposizione ed a seguito di osservazioni di carattere generale sul comprensorio idrico, sono state formulate una serie di ipotesi che se da un lato consentono il corretto svolgimento delle successive analisi statistiche, dall'altro necessitano di una adeguata verifica che può essere condotta solo dopo l'effettuazione di misure pluviometriche e idrometriche almeno decennali.

In particolare sono state effettuate le seguenti considerazioni preliminari:

- il comprensorio idrico dell'intero territorio oggetto dello studio è caratterizzato da due distinti regimi pluviometrici determinabili dall'assunzione dei dati di pioggia delle stazioni di Imperia e Sanremo, i quali insistono su aree di competenza determinabili con il metodo dei topoieti o di Thiessen; su tali aree si sono assunti, come piogge efficaci, i valori elaborati statisticamente dalle registrazioni dei quattro pluviometri in questione ottenendo pertanto, in accordo con la teoria dei topoieti, dei solidi di pioggia ad altezza costante per l'intera area di competenza;

- le altezze di pioggia elaborate statisticamente per diverse durate (10 min, 15 min, 60 min, ecc.), dopo essere state ragguagliate all'intero bacino, sono state assunte come set di valori di un evento meteorologico fittizio avente tempo di ritorno predeterminato e tale evento è stato considerato come quello che causa l'onda di piena di progetto;

- la formula che regola la trasformazione degli afflussi in deflussi per l'evento di piena è data dal volume di pioggia affluito sul bacino nella durata pari al tempo di corrivazione del bacino stesso moltiplicata per il coefficiente di deflusso, che sarà valutato nella seconda fase del presente studio; tale valore è determinato empiricamente in base alle caratteristiche del suolo per ogni bacino imbrifero, tenendo conto anche dei fenomeni di evapotraspirazione e trascurando quelli di infiltrazione profonda delle acque.

Sulla base delle suddette considerazioni è stata quindi elaborata la seguente procedura analitica, finalizzata alla determinazione di una formula generale per il calcolo della massima portata di piena dei bacini del comprensorio in oggetto:

1. raccolta dei dati delle massime piogge registrate per diverse durate desunti dagli Annali Idrografici per le stazioni pluviometriche di Imperia e Sanremo;
2. regolarizzazione ed elaborazione dei dati mediante la legge statistica di Gumbel e determinazione delle massime altezze di pioggia per assegnati tempi di ritorno;
3. determinazione delle aree di competenza di ciascun pluviometro mediante il metodo dei topoieti o di Thiessen;
4. determinazione delle altezze di pioggia e delle corrispondenti intensità ragguagliate a ciascuno dei bacini del comprensorio in esame;
5. determinazione delle curve di possibilità climatica delle altezze di pioggia e delle intensità ragguagliate per ciascun tempo di ritorno e per ciascun bacino considerato;
6. determinazione delle formule di calcolo della portata di massima piena con il metodo del coefficiente di deflusso e mediante l'utilizzo di varie formule empiriche per il calcolo del tempo di corrivazione;
7. comparazione dei risultati ottenuti e verifica con le corrispondenti portate desunte dalla Curva di Involuppo delle massime portate di piena dei torrenti della Regione Liguria (curva del Cati).

Si ribadisce infine che tutta l'analisi sopra descritta si basa sull'attendibilità delle registrazioni effettuate nei quattro pluviometri, che rappresentano a tutt'oggi l'unico sistema di monitoraggio del territorio in esame; una verifica dei suddetti valori potrà essere effettuata solo dopo aver installato su tutto il territorio una adeguata rete di registratori pluviometrici ed idrometrici ed aver osservato gli eventi meteorici e le relative risposte dei corpi idrici per un lasso di tempo di almeno dieci-venti anni.

Introduzione all'analisi statistica

Per le stazioni pluviometriche di Imperia e Sanremo sono stati riportati in tabella i valori massimi di precipitazione per diverse durate di pioggia (10 min, 15min, 20min, 30min, 1h, 3h, 6h, 12h, 24h) come desunto dagli Annali Idrografici del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici.

Tale operazione è stata fatta considerando **tutti** i dati registrati durante gli anni di attività dei quattro pluviometri. Per ogni durata di pioggia avremo quindi un campione della variabile "*massimo valore di pioggia*": tale campione è numericamente significativo ed attendibile per le durate maggiori o uguali all'ora, ma scarso e poco attendibile, in quanto spesso ricavato da osservazioni soggettive, per le durate inferiori all'ora (che rappresentano comunque le uniche osservazioni disponibili).

I suddetti valori sono stati ricavati dai dati Ufficiali riportati negli annali dell'Istituto idrografico di Genova per le stazioni di Imperia e Sanremo.

Trattandosi di valori massimi i dati di pioggia sono stati regolarizzati con la legge del "*massimo valore*" di GUMBEL:

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-h_0)}}$$

che viene descritta più approfonditamente nel paragrafo successivo. Per completezza sono state effettuate alcune verifiche anche con altre distribuzioni (come la legge 'Log-Normale'), ma l'analisi dei risultati ottenuti con i test ha evidenziato la maggiore attendibilità del metodo di Gumbel.

Per assegnato tempo di ritorno T si ricavano poi i valori massimi di pioggia che verranno poi utilizzati per la determinazione delle altezze di pioggia ragguagliate all'intero bacino e le corrispondenti curve di possibilità climatica.

Regolarizzazione dei dati con la legge di Gumbel

Come evidenziato nel paragrafo precedente, per regolarizzare i dati in oggetto è stata utilizzata la legge di Gumbel.

Sono stati analizzati i valori di altezza di pioggia massima registrati dai pluviometri per le seguenti durate: 10', 15', 20', 30', 1 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, trascurando, nelle diverse stazioni, le durate con set di valori numericamente scarsi.

Per alcuni di essi mancano i dati in alcuni anni, o perché non sono stati registrati, o perché sono poco significativi. Quindi si sono regolarizzati i dati di ogni campione costruendo la tabella tipica della distribuzione di Gumbel.

Ordinato il campione in modo crescente e riportati i corrispondenti valori h, si ricavano le frequenze cumulate $f = \frac{h}{N+1}$ dove N è la dimensione del campione. Si introduce quindi la variabile ridotta :

$$y_s = -\ln[-\ln(f)]$$

e si valutano i parametri α e ω della distribuzione:

$$\alpha = \frac{\overline{s(y_s)}}{\overline{s(h)}} \quad \omega = \overline{h} - \frac{\overline{y_s}}{\alpha}$$

dove:

h = altezza di pioggia in mm

s = scarto quadratico medio

$\overline{h}, \overline{Y_s}$ = medie delle grandezze corrispondenti

Infine si valuta la variabile:

$$y = \alpha(h - \omega)$$

e la probabilità

$$P(y) = e^{-e^{-y}} = P(h)$$

Test statistici

Test del segno

Questo test fissa un livello di significatività α (probabilità massima di rigettare un'ipotesi vera) e valuta il n° di segni positivi e negativi della distribuzione. Si confronta quest'ultimo con K, valore critico, ovvero minimo numero di segni positivi o negativi al di sotto del quale non bisogna scendere per poter accettare l'ipotesi fatta.

Il valore di K critico è determinato in funzione di N (dimensione del campione) e di α appunto.

Nella presente elaborazione è stato assunto un livello di significatività α pari a 0,05.

Test del χ^2

Questo test consiste nel porre a confronto un valore critico x_{cr}^2 (valutato in funzione del numero dei gradi di libertà f e di una probabilità pari a $(1-\alpha)$ dove α è ancora il livello di significatività che si assume pari a 0.05 con i valori di una variabile casuale X^2 .

Quest'ultima è definita come segue:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - Np_i)^2}{Np_i}$$

Seguendo l'ipotesi di GUMBEL per cui un elemento in qualunque classe deve avere una eguale probabilità (Legge empirica di equiprobabilità), si trova una relazione:

$$Np_i \geq 5 \quad (\text{condizione di PEARSON})$$

$$p_i = \frac{1}{k} \quad (\text{Legge di equiprobabilità})$$

Dopo aver ordinato tutti gli elementi in ciascuna classe si costruisce la nuova variabile X^2 dove:

Np_i = n° di elementi che cadono effettivamente in una classe

N_i = n° di elementi che teoricamente dovrebbero cadere in ogni classe

K = n° classi considerate (nel nostro caso si assume $K = 4$).

Quando il campione tende ad infinito X^2 è distribuito come la funzione X^2 a f gradi di libertà; poichè i parametri sono stati stimati con il metodo dei momenti:

$$f = (K - s - 1)$$

s = n° di parametri che caratterizzano la distribuzione (nel caso della distribuzione di Gumbel da noi assunta $s = 2$).

Inoltre:

$$P(x_{cv}^2) = 1 - \alpha = 0.95$$

Dalle tabelle fornite dalla letteratura specializzata, poichè $f = 1$ e $P(x_{cv}^2) = 0.95$, si ottiene $x_{cv}^2 = 3.84$.

Per valutare se la distribuzione in esame supera questo test, si confronta il valore di x_{cv}^2 con quello di x^2 :

$$x^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - Np_i)^2}{Np_i}$$

ottenuto organizzando i valori di N_i , Np_i e $\frac{(N_i - Np_i)}{Np_i}$.

Se: $x_{cr}^2 > x^2$ accetto la distribuzione

$x_{cr}^2 < x^2$ rigetto l'ipotesi fatta

Questo lavoro è stato condotto per tutte le diverse durate di pioggia; i risultati finali sono riportati nelle tabelle del successivo paragrafo.

Determinazione della curva di possibilità climatica per assegnato tempo di ritorno

Determinazione delle massime altezze di pioggia

Definito "TEMPO DI RITORNO T" del massimo valore x il n° di anni T in cui, mediamente, x è superato una sola volta avremo:

$$T(1 - P(x)) = 1$$

e dunque:

$$P(x) = P(y) = 1 - \frac{1}{T}$$

nota la probabilità si ricava quindi y

$$Y = -Ln[-Ln(P)]$$

e infine l'altezza di precipitazione h.

Fissato un T (tempo di ritorno) si ottengono pertanto i valori di altezza di pioggia h per una certa durata, come riportato nelle seguenti tabelle relative alle quattro stazioni considerate.

STAZIONE DI IMPERIA					
Durata	T = 50 ANNI	T = 100 ANNI	T = 200 ANNI	T = 250 ANNI	T = 500 ANNI
15'	24,93	27,08	29,22	29,91	32,05
20'	31,37	34,67	37,96	39,02	42,30
30'	34,65	38,06	41,46	42,55	45,94
60'	52,48	58,00	63,50	65,27	70,76
3 h	91,12	101,65	112,16	115,53	126,01
6 h	103,63	114,43	125,19	128,65	139,39
12 h	124,63	137,06	149,46	153,44	165,81
24 h	152,47	167,91	183,30	188,25	203,61

STAZIONE DI SANREMO					
Durata	T = 50 ANNI	T = 100 ANNI	T = 200 ANNI	T = 250 ANNI	T = 500 ANNI
10'	25.94	28.34	30.74	31.51	33.91
15'	27.7	30.37	33.03	33.89	36.55
60'	45.49	50.11	54.71	56.18	60.77
3 h	68.33	75.16	81.98	84.17	90.96
6 h	85.66	93.7	101.71	104.28	112.27
12 h	116.93	128.01	139.05	142.6	153.61
24 h	129.1	140.49	151.83	155.47	166.79

Le altezze di pioggia ragguagliate

Per determinare le altezze di pioggia ragguagliate per ciascuno dei bacini del comprensorio, si utilizza il metodo dei tipoieti applicato ai due pluviometri di Imperia e Sanremo; nel caso specifico, data la posizione simmetrica dei due strumenti rispetto all'area di studio, si assumono uguali le aree di competenza dei singoli bacini rispetto ai due pluviometri.

Le altezze ragguagliate a ciascuno dei bacini del comprensorio sono determinate dalle medie ponderate rispetto alle aree di competenza delle altezze di pioggia puntuali calcolate per vari tempi di ritorno e per le diverse durate:

dove:

H_r = altezza di pioggia ragguagliata in mm per assegnato tempo di ritorno

H_i = altezza di pioggia puntuale del misuratore i-esimo

A_i = superficie del bacino di competenza del misuratore i-esimo in Km²

A_{tot} = superficie totale del bacino in Km².

Nel caso in oggetto, quindi, la media ponderata coincide con la media aritmetica tra i valori delle due stazioni.

Determinazione della curva di possibilità climatica

Fissato un T abbiamo ottenuto, per ogni singolo bacino, i valori dell'altezza di pioggia (h) per ogni durata di pioggia (t).

Portando il tempo in ascissa e le altezze di pioggia in ordinata si ottiene la curva di possibilità climatica

$$h = a \cdot t^n$$

che associa al tempo t la corrispondente altezza di precipitazione h. Entrambi vanno espressi in opportune unità di misura

[t] = ore

[h] = mm

a ed h sono due parametri caratteristici per ogni tempo di ritorno T.

E' tuttavia molto più comodo data la legge passare ad una rappresentazione in scala logaritmica:

$$\ln(h) = \ln a + n \ln t$$

posto: $\ln a = B$ $\ln t = x$ $\ln h = y$
 $n = A$ si ottiene infatti l'equazione di una retta:
 $y = Ax + B$

E' possibile constatare che i punti tendono a disporsi non su un'unica retta, ma su due, una per un tempo minore dell'ora e una per un tempo di pioggia maggiore di un'ora. Queste due rette essendo interpolatrici non necessariamente si incontreranno per $t = 1h$.

E' possibile valutare la retta interpolatrice mediante il metodo dei minimi quadratici che consiste nello scegliere tra le diverse linee quella che minimizza la somma dei quadrati degli scarti tra i valori osservati della variabile y e i valori della curva di regressione di uguale ascissa. Posta quindi come curva di regressione la retta si ottengono per i coefficienti A e B le seguenti espressioni:

$$A = \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2}$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N y_i \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N x_i y_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2}$$

Nel nostro caso evidentemente $y_i \equiv \ln h_i$ e $x_i \equiv \ln t_i$. Per valutare infine la bontà dell'interpolazione, si valuta il COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE che per una funzione lineare è definito come:

$$r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (A x_i + B - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$$

dove n è il n° di punti in esame. Quindi ricavati i valori di h_i si è implementato l'algoritmo di calcolo di questi 3 coefficienti con l'utilizzo di un calcolatore. I parametri A e B, rappresentanti rispettivamente coefficiente angolare e intercetta con l'asse delle h della retta sono stati ricavati per i diversi tempi di ritorno T.

Questo tipo di elaborazione è stata fatta per ogni singolo bacino e i risultati dell'analisi sono riportati nelle seguenti tabelle.

Bilancio idrologico dei bacini imbriferi

A partire dai dati raccolti ed elaborati nei paragrafi precedenti, si procede con le successive fasi dell'analisi idrologica al fine di determinare la portata di massima piena dei singoli bacini presi in esame per diversi tempi di ritorno. I passaggi da effettuare, a partire dai dati di pioggia, prima di poter procedere con le verifiche idrauliche sono quindi: la determinazione del tempo di corrivazione, per la quale sono necessarie tutte le informazioni di carattere morfologico dei corsi d'acqua, il bilancio idrologico del bacino imbrifero e la stima del coefficiente di deflusso, per determinare la potenziale capacità di assorbimento del terreno. Quest'ultimo termine si valuta a partire dai risultati riportati nel capitolo 2.2.9.2.10, con particolare attenzione alle caratteristiche di uso del suolo.

Gli afflussi al bacino idrografico, costituiti essenzialmente da pioggia, in parte si infiltrano nelle falde acquifere, in parte scorrono sul terreno e raggiungono la sezione di chiusura attraverso la rete di drenaggio, in parte ritornano all'atmosfera per effetto dell'evapotraspirazione.

Una certa quantità d'acqua rimane immagazzinata, per un tempo più o meno lungo, sulla superficie oppure nel suolo e nel sottosuolo, per lasciare infine il bacino nei modi appena visti, cioè per scorrimento superficiale, per scorrimento sotterraneo o per evaporazione.

Le forme di accumulo d'acqua in superficie sono di quattro tipi: sul terreno per detenzione superficiale (si tratta del velo d'acqua che scorre sul terreno durante e immediatamente dopo la pioggia), nella rete idrografica (nei corsi d'acqua e nei laghi), nelle depressioni superficiali (intendendo con questo termine quelle che non appartengono alla rete di drenaggio), sulla copertura vegetale per intercezione (si tratta di acqua che ritorna all'atmosfera per evaporazione, sia durante la pioggia sia dopo che questa sia cessata).

Nel primo caso i volumi immagazzinati si esauriscono in un tempo rapidissimo; nel secondo in un tempo molto variabile (anche molto lungo quando vi sono estese superfici lacustri); nel terzo caso si esauriscono in un tempo generalmente breve; nel quarto caso in un tempo molto breve (dell'ordine di grandezza delle ore).

Tale descrizione è naturalmente di carattere generale. Per quanto riguarda il territorio oggetto del presente studio, si possono fare due osservazioni circa le 'forme di accumulo d'acqua': in nessuna delle reti idrografiche in studio sono presenti dei laghi e si possono ritenere trascurabili, per non dire inesistenti, le depressioni superficiali che possono dar luogo a dei locali accumuli d'acqua a causa delle elevate pendenze che caratterizzano la gran parte del nostro territorio.

Come si vedrà meglio in seguito, una trattazione rigorosa dell'argomento richiede la definizione di un volume di controllo, col quale il bacino si identifica, e l'applicazione a questo volume dell'equazione di continuità dell'idraulica, che esprime il bilancio tra i flussi d'acqua entrante e uscente, che devono a loro volta essere precisamente definiti.

Si tratta, in definitiva, di determinare la relazione che intercorre tra afflussi e deflussi.

Nella sua formulazione più generale il bilancio idrologico di un bacino può essere descritto sinteticamente dalla seguente formula:

$$P = E+R+I$$

dove:

P= precipitazioni (afflussi)
 E = perdite per evapotraspirazione
 R = deflusso superficiale
 I = perdite per infiltrazione profonda

L'immagazzinamento d'acqua sul terreno e nella rete idrografica, pur costituendo una parte essenziale del fenomeno dello scorrimento superficiale, influisce in genere assai poco sulla quantità d'acqua totale che lascia il bacino per questa via (solo nel caso in cui l'acqua resti a lungo in laghi di grande estensione si può avere una sensibile sottrazione d'acqua per evaporazione).

L'immagazzinamento sulla vegetazione (intercezione), destinato ad alimentare l'evaporazione, corrisponde sempre completamente ad una perdita d'acqua agli effetti del deflusso superficiale.

A favore della sicurezza, esclusivamente ai fini del calcolo dei deflussi superficiali, si ipotizzano trascurabili le perdite per evapotraspirazione e per infiltrazione profonda, che però saranno stimate nei paragrafi successivi, assumendo pertanto che i deflussi corrispondano agli afflussi (coefficiente di deflusso pari a 1 - sul coefficiente di deflusso si rimanda al paragrafo specifico), ovvero riprendendo la formula sopra descritta si assume:

$$P = R$$

In definitiva si assume che la pioggia critica alla base dei successivi calcoli di verifica avvenga in condizioni di terreno completamente saturo ed in condizioni meteorologiche tali da non permettere un'evaporazione superficiale.

Valutazione del tempo di corrivazione

La valutazione del tempo di corrivazione dei bacini oggetto di questo studio è risultata piuttosto complessa a causa della tipicità più volte sottolineata dell'ambito territoriale in esame.

Le formule per il calcolo del tempo di corrivazione, fornite dalla letteratura specializzata, sono molte, determinate empiricamente da osservazioni fatte su diversi bacini, in generale di caratteristiche assai differenti dai nostri.

In primo luogo la superficie: i bacini dell' "Ambito n°5 – Prino – Rii minori compresi tra il torr. Argentina e il torr. San Lorenzo" hanno dimensioni assai ridotte, mentre in generale le formule, soprattutto quelle proposte dagli autori stranieri, sono state tarate su bacini di elevate dimensioni.

Il metodo migliore per determinare i tempi di corrivazione sarebbe quello di realizzare un modello di un bacino con caratteristiche analoghe a quelle dei corsi d'acqua del comprensorio in oggetto, tarandolo a partire dai dati rilevati sul campo. Anche in questo caso, per carenza di base, emerge la necessità di monitorare i corsi d'acqua installando strumenti atti a rilevare i dati di pioggia e di portata in alcune sezioni significative.

Si è quindi proceduto al calcolo dei tempi di corrivazione (determinati in ore) usando le seguenti formule fornite dalla letteratura:

FORMULA DI PASINI: $t_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{i}}$

FORMULA DI PEZZOLI: $t_c = 0.055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i}}$

FORMULA DI VENTURA: $t_c = 0.1272 \cdot \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{i}}$

FORMULA DI KIRPICH: $t_c = 0.066 \cdot L^{0.77} \cdot \left(\frac{1000 \cdot L}{\Delta H} \right)^{0.385}$

FORMULA DI GIANDOTTI: $t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1.54 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_{Med}}}$

dove:

S = superficie del bacino (Kmq)

L = lunghezza dell'asta principale (Km)

i = pendenza del corso d'acqua (-)

ΔH = altitudine max dell'asta principale riferita alla sezione di chiusura (m)

H_{med} = quota media del bacino (m)

Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti per i bacini che saranno oggetto delle verifiche idrauliche utilizzando le sei formule sopra descritte.

Data l'estrema variabilità dei corsi d'acqua oggetto del presente studio si ritiene che assumere un'unica formula per stabilire il tempo di corrivazione dei nove bacini non sia significativo: la letteratura fornisce, per ogni formula utilizzata, la tipologia cui è maggiormente attendibile e rispondente.

TEMPI DI CORRIVAZIONE (ore)

CORSO D'ACQUA	T1(Pas)	T2(Pez)	T3(Ven)	T4(Kir)	T5(Gian)
Rio Pinea- Pertusio	0.25	0.16	0.26	0.15	0.61
Torrente Caravello	0.92	0.70	0.88	0.47	1.24
Rio S. Caterina	0.88	0.79	0.78	0.51	1.22
Rio della Torre	0.39	0.28	0.39	0.23	0.88
Rio Aregai	0.46	0.45	0.39	0.33	0.76
Fossato Aregai	0.29	0.25	0.26	0.21	0.57
Rio dei Marmi	0.16	0.13	0.14	0.13	0.39

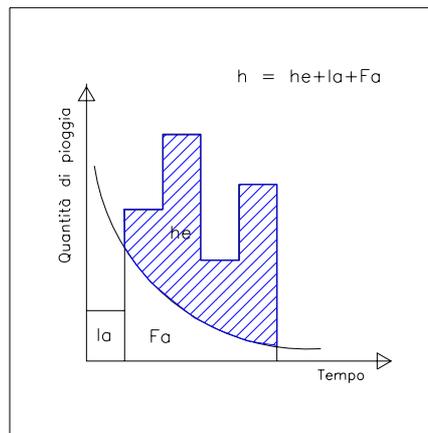
Trattandosi di bacini molto piccoli, come già detto, tutte le formule sopra menzionate risultano 'improprie' in quanto tarate su bacini di dimensioni assai maggiori. Per limitare gli eventuali errori, per ogni bacino si eliminano il valore più basso e quello più alto e si fa la media dei rimanenti; nella tabella seguente si riassumono i valori dei tempi di corrivazione assunti per i nostri calcoli:

BACINO	T_c (ore)
Rio Pinea-Pertusio	0.22
T. Caravello	0.83
Rio S. Caterina	0.82
Rio della Torre	0.35
Rio Aregai	0.30
Fossato Aregai	0.27
Rio dei Marmi	0.14

Considerazioni sul coefficiente di deflusso - Metodo del Curve Number

Questo metodo, proposto e studiato dal 'Soil Conservation Service', si pone l'obiettivo di determinare l'altezza di pioggia efficace, ovvero quella parte di pioggia che dà luogo allo scorrimento superficiale. L'altezza di pioggia efficace (h_e) è funzione di diverse caratteristiche, in particolare dipende dal tipo di suolo, dalle sue condizioni d'umidità dalla morfologia di versante e dal tipo e dalla quantità di vegetazione presente.

La quantità di pioggia efficace (h_e) è sempre minore o uguale all'altezza di pioggia precipitata (h); analogamente dopo che lo scorrimento superficiale è cominciato, l'altezza d'acqua trattenuta dal versante (F_a) è minore o uguale alla ritenzione massima S del versante. C'è poi una quantità di pioggia (I_a) che rappresenta l'assorbimento iniziale prima dello scorrimento, così il "runoff" potenziale viene ad essere $P-I_a$.



L'ipotesi del metodo SCS è che i rapporti tra le quantità effettive e quelle potenziali siano uguali, ovvero che:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{h_e}{h - I_a} \quad (1)$$

Il principio di continuità impone che:

$$h = h_e + I_a + F_a \quad (2)$$

Combinando le due espressioni si ottiene:

$$h_e = \frac{(h - I_a)^2}{h - I_a + S} \quad (3)$$

equazione che serve a calcolare l'altezza della pioggia "in eccesso", ovvero il "runoff", con il metodo SCS.

Dall'analisi di alcuni versanti sperimentali è stata sviluppata una relazione empirica:

$$I_a = 0.2 \cdot S \quad (4)$$

Quindi la (3) diventa:

$$h_e = \frac{(h - 0.2 \cdot S)^2}{h + 0.8 \cdot S} \quad (5)$$

L'effetto dell'urbanizzazione

Negli ultimi 15-20 anni gli idrologi hanno prestato particolare attenzione agli effetti indotti sullo scorrimento superficiale dall'urbanizzazione. Gli effetti dell'urbanizzazione inducono sull'idrogramma un aumento del volume totale di "runoff" e del "picco" .

In generale i cambiamenti più significativi nei contributi di corrente sono dovuti a:

1. incremento del volume d'acqua 'utile' per il runoff a causa dell' aumentata quantità di coperture impermeabili fornite dalle aree di parcheggio, strade, tetti, serre (caratteristica della nostra zona) ... che riducono la capacità di infiltrazione;

2. cambiamenti nell'efficienza idraulica associati ai canali artificiali, grondaie, cunette, canalette, e il sistema di drenaggio delle acque bianche che determinano un aumento della velocità di scorrimento delle acque e del valore di picco.

Dallo studio di diversi casi si é giunti alla conclusione che l'urbanizzazione determina un aumento di scorrimento superficiale pari al 20-30%.

Determinazione del CN per i bacini oggetto del presente studio

Per la determinazione del CN si sono seguiti due diversi procedimenti, il primo che prende spunto direttamente dalle tabelle fornite dalla letteratura, con particolare riferimento ai valori proposti dal SCS per i diversi tipi di terreno ; il secondo considera valori proposti in studi analoghi al nostro, sul territorio ligure.

Per il primo caso c'è da sottolineare il fatto che si dovranno rivedere i valori proposti dal SCS per adattarli alle tipologie di uso suolo della nostra realtà che sono, evidentemente differenti da quelle americane.

In entrambi i casi, naturalmente, non é considerata la tipologia da noi classificata come 'area agricola in serra' per la quale si é calcolato il CN come media pesata tra il valore dato alle aree agricole (30%) e 100, valore assunto per la superficie impermeabile vetrata (70% della superficie).

Data la notevole frammentarietà del territorio (e il gran numero dei bacini), nonché tutti i limiti più volte evidenziati del metodo tradizionale per la determinazione delle portate di massima piena a partire dai dati di pioggia nel caso di bacini così piccoli, si procede alla determinazione del CN medio dell'intero bacino, al solo scopo di completezza dello studio.

Nella tabella seguente si riportano, per l'ambito di studio, le aree destinate ai diversi usi del suolo, talvolta raggruppati in categorie omogenee per capacità di assorbimento.

USO DEL SUOLO	[Kmq]	[%]
Tessuto urbano continuo (1.1.1)	1,2503	6,12
Tessuto urbano discontinuo (1.1.2)	0,2268	1,11
Zone industriali, commerciali, ... (1.2)	0,5353	2,62
Aree estrattive (1.3.1)	0,002	0,01
Discariche (1.3.2)	0,0163	0,08
Aree verdi urbane (1.4.1)	0,0306	0,15
Aree sportive ricreative (1.4.2)	0,047	0,23
Seminativi in piena aria (2.1.2.1)	0,0286	0,14
Seminativi in piena aria terr. (2.1.2.1T)	2,2943	11,23
Seminativi in serra (2.1.2.2)	1,489	7,29
	3	
Vigneti, frutteti, oliveti (2.2.1, 2.2.2, 2.2.3)	0,0592	0,29
Vigneti, frutteti, oliveti terrazzati (2.2.1T, 2.2.2T, 2.2.3T)	0	0
Prati e pascoli (2.3)	0,047	0,23
Zone agricole eterogenee (2.4)	1,6793	8,22
Ex coltivi (2.5)	3,4649	16,96

Praterie (3.1)	0,8417	4,12
Zone boscate (3.2)	3,7346	18,28
Vegetazione arbustiva (3.3)	2,5394	12,43
Vegetazione rada o assente (3.4)	0,3494	1,71
Zone umide (4.1)	0	0
Corpi idrici (5)	0	0
Superficie totale bacino	20,43	100

Metodo con valori proposti dal SCS

Delle quattro tipologie di terreno proposte dal SCS, nel nostro ambito di studio se ne riconoscono principalmente due: la zona dei 'flysh di Sanremo', caratteristica di gran parte del territorio in oggetto e che rientra nei gruppi B e C, mentre la zona geologicamente definita 'pliocenica', appartiene al gruppo C. Data la limitata estensione superficiale della aree 'plioceniche', si ritiene sia rappresentativo dell'ambito il risultato che si ottiene mediando tra i valori che si hanno per il GRUPPO B e quelli caratteristici del GRUPPO C.

All'interno di queste due classificazioni, rappresentative dell'area in oggetto, vanno poi distinte le varie tipologie di copertura e di uso del suolo che caratterizzano il territorio dell'Ambito n. 5 – Prino – Bacini dei rii minori compresi tra il torr. Argentina e il torr. San Lorenzo -, ricavabili dalla legenda della corrispondente carta (carta dell'uso del suolo).

Per il calcolo del CN per i singoli bacini si sono utilizzati i dati riportati nella tabella precedente, ottenuti a partire da quelli proposti dal SCS e a cui, per confronto, sono state aggiunte le categorie mancanti nella classificazione originaria: nella suddetta tabella alcune categorie di uso suolo sono accomunate in quanto si possono ritenere uguali ai fini della stima della capacità di assorbimento dell'acqua, ovvero della valutazione del valore da attribuire al CN corrispondente.

Si sono quindi ottenuti i risultati riportati nella tabella seguente, che, come già detto, mediano quelli relativi al GRUPPO B con quelli relativi al GRUPPO C.

I METODO	Tabella dei CN	
	TIPO B	TIPO C
Tessuto urbano continuo (1.1.1)	97	98
Tessuto urbano discontinuo (1.1.2)	95	96
Zone industriali, commerciali, ... (1.2)	95	96
Aree estrattive (1.3.1)	94	97.5
Discariche (1.3.2)	94	97.5
Aree verdi urbane (1.4.1)	93	96
Aree sportive ricreative (1.4.2)	93	96
Seminativi irrigui in piena aria (2.1.2.1)	87	94
Seminativi irrigui in piena aria terr. (2.1.2.1T)	84	91
Seminativi irrigui in serra (2.1.2.2)	89	96
Vigneti, frutteti, oliveti (2.2.1, 2.2.2, 2.2.3)	87	94
Vigneti, frutteti, oliveti terrazzati (2.2.1T, 2.2.2T, 2.2.3T)	85	92
Prati e pascoli (2.3)	81	84
Zone agricole eterogenee (2.4)	83	87
Ex coltivi (2.5)	79	91
Praterie (3.1)	81	84
Zone boscate (3.2)	79	89.4
Vegetazione arbustiva (3.3)	83	92.2
Vegetazione rada o assente (3.4)	83	92.2
Zone umide (4.1)	100	100
Corpi idrici (5)	100	100

	Tipo B	Tipo C	Media B/C
	[-]	[-]	[-]
Tessuto urbano continuo (1.1.1)	121,3	122,531	121,9058
Tessuto urbano discontinuo (1.1.2)	21,54	21,7702	21,65682
Zone industriali, commerciali, ... (1.2)	50,85	51,3855	51,1179
Aree estrattive (1.3.1)	0,192	0,19919	0,195617
Discariche (1.3.2)	1,536	1,59354	1,564938
Aree verdi urbane (1.4.1)	2,85	2,94192	2,895953
Aree sportive ricreative (1.4.2)	4,37	4,51094	4,440461
Seminativi irrigui in piena aria (2.1.2.1)	2,488	2,68859	2,588481
Seminativi irrigui in piena aria terr. (2.1.2.1T)	192,7	208,78	200,7503
Seminativi irrigui in serra (2.1.2.2)	132,6	142,977	137,7646
Vigneti, frutteti, oliveti (2.2.1, 2.2.2, 2.2.3)	5,154	5,56922	5,361854
Vigneti, frutteti, oliveti terrazzati (2.2.1T, 2.2.2T, 2.2.3T)	152,5	165,025	158,7472
Prati e pascoli (2.3)	3,806	3,94708	3,876593
Zone agricole eterogenee (2.4)	139,4	146,103	142,7444
Ex coltivi (2.5)	273,7	315,308	294,5189
Praterie (3.1)	68,18	70,7041	69,44157
Zone boscate (3.2)	295	333,874	314,4537
Vegetazione arbustiva (3.3)	210,8	234,137	222,4557
Vegetazione rada o assente (3.4)	29	32,2103	30,60332
Zone umide (4.1)	0	0	0
Corpi idrici (5)	0	0	0
CN TOTALE	83,6	91,35	87,4735

Dall'osservazione dei dati ottenuti risulta che per l'ambito in esame il CN varia in un range compreso tra 84 e 92 (coefficiente di deflusso medio pari a circa **0.87**).

Metodo proposto per studi in Liguria

Analoghi calcoli sono stati effettuati in questo secondo caso, per il quale i colleghi che hanno proposto i valori del CN adottati, hanno distinto due differenti situazioni: una di 'terreno in condizioni standard', l'altra di 'terreno in condizioni umide' (come peraltro suggerito anche dal SCS).

I valori del CN proposti sono riportati nella seguente tabella.

II METODO	Tabella dei CN	
	CN (AMC II)	CN (AMC III)
Tessuto urbano continuo	92	96.8
Tessuto urbano discontinuo	89	93
Zone industriali, commerciali, ...	90	94
Aree estrattive	86	93.9
Discariche	85	93.5
Aree verdi urbane	86	93.9
Aree sportive ricreative	86	93.9
Seminativi irrigui in piena aria	80	91
Seminativi irrigui in piena aria terr.	77	88
Seminativi irrigui in serra	90	95.5
Vigneti, frutteti, oliveti	83	94
Vigneti, frutteti, oliveti terrazzati	80	91
Prati e pascoli	85	90
Zone agricole eterogenee	83	92.8

Ex coltivati	80	91
Praterie	85	90
Zone boscate	73	86.8
Vegetazione arbustiva	83	92.8
Vegetazione rada o assente	83	92.8
Zone umide	100	100
Corpi idrici	100	100

Dalla combinazione di questi dati con quelli riportati nella tabella precedente (riportante la ripartizione dell'uso del suolo) si ottengono i seguenti risultati relativi all'ambito oggetto di questo studio.

I IPOTESI: AMC II (terreno in condizioni standard)

USO DEL SUOLO

Tessuto urbano continuo (1.1.1)	115
Tessuto urbano discontinuo (1.1.2)	20,18
Zone industriali, commerciali, ... (1.2)	48,17
Aree estrattive (1.3.1)	0,176
Discariche (1.3.2)	1,389
Aree verdi urbane (1.4.1)	2,635
Aree sportive ricreative (1.4.2)	4,041
Seminativi irrigui in piena aria (2.1.2.1)	2,288
Seminativi irrigui in piena aria terr. (2.1.2.1T)	176,7
Seminativi irrigui in serra (2.1.2.2)	134
Vigneti, frutteti, oliveti (2.2.1, 2.2.2, 2.2.3)	4,918
Vigneti, frutteti, oliveti terrazzati (2.2.1T, 2.2.2T, 2.2.3T)	152,5
Prati e pascoli (2.3)	3,9
Zone agricole eterogenee (2.4)	134,3
Ex coltivati (2.5)	294,5
Praterie (3.1)	61,45
Zone boscate (3.2)	310
Vegetazione arbustiva (3.3)	210,8
Vegetazione rada o assente (3.4)	34,94
Zone umide (4.1)	0
Corpi idrici (5)	0
CN TOTALE	83,8

II IPOTESI: AMC III (terreno in condizioni umide)**USO DEL SUOLO**

Tessuto urbano continuo (1.1.1)	121
Tessuto urbano discontinuo (1.1.2)	21,09
Zone industriali, commerciali, ... (1.2)	50,32
Aree estrattive (1.3.1)	0,192
Discariche (1.3.2)	1,528
Aree verdi urbane (1.4.1)	2,878
Aree sportive ricreative (1.4.2)	4,412
Seminativi irrigui in piena aria (2.1.2.1)	2,603
Seminativi irrigui in piena aria terr. (2.1.2.1T)	201,9
Seminativi irrigui in serra (2.1.2.2)	142,2
Vigneti, frutteti, oliveti (2.2.1, 2.2.2, 2.2.3)	5,569
Vigneti, frutteti, oliveti terrazzati (2.2.1T, 2.2.2T, 2.2.3T)	163,2
Prati e pascoli (2.3)	4,229
Zone agricole eterogenee (2.4)	155,8
Ex coltivi (2.5)	315,3
Praterie (3.1)	75,75
Zone boscate (3.2)	324,2
Vegetazione arbustiva (3.3)	235,7
Vegetazione rada o assente (3.4)	32,42
Zone umide (4.1)	0
Corpi idrici (5)	0
CN TOTALE	91,1

Nel complesso, comunque, i risultati appaiono piuttosto uniformi, con un valore medio che nel caso di 'terreno in condizioni standard' è di 83.8, mentre nel caso di 'terreno in condizioni umide' è di 91.1.

Conclusioni

Il confronto tra i due metodi evidenzia un andamento generale dei valori del CN qualitativamente uguale in tutti e tre i casi.

Tali risultati riflettono, evidentemente, le caratteristiche territoriali dell'ambito in esame, ma non danno ragione delle notevoli differenze che esistono tra i vari bacini: per i bacini che si estendono anche in territorio montano il coefficiente di deflusso si discosta effettivamente in modo sensibile da 1, mentre per quelli che si estendono quasi esclusivamente in territorio urbanizzato o con colture agricole in serra il coefficiente é verosimilmente circa 1.

N.B. come già detto nei paragrafi precedenti, a favore della sicurezza, nei successivi calcoli per la determinazione delle massime portate di piena, si assumerà **sempre un coefficiente di deflusso pari a 1.**

Determinazione delle portate di massima piena

Determinate le curve di possibilità climatica delle altezze di pioggia ragguagliate ad ogni bacino per diversi tempi di ritorno, si calcola la portata defluente nella sezione terminale di sbocco a mare mediante il volume di pioggia caduto sul bacino:

$$V_{tot} = h_{ri} \times Atot$$

Nota il volume defluito si può così calcolare la portata massima per assegnato tempo di ritorno:

$$Q_{max} = \frac{hr}{T_c} \times Atot \times Cd$$

dove:

hr = altezza di pioggia ragguagliata determinata dalla curva di possibilità climatica per un dato tempo di ritorno con un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione dell'intero bacino

T_c = tempo di corrivazione del bacino

C_d = coefficiente di deflusso assunto pari a 1.

Si riportano pertanto, a puro titolo comparativo con le successive formule di calcolo fornite dal CIMA, le tabelle con le formule per il calcolo delle massime portate di piena per ogni bacino imbrifero del comprensorio.

Utilizzando le suddette formule si ottengono i seguenti valori di portata calcolati alla foce dei principali bacini imbriferi del comprensorio:

bacino \ tempi di ritorno	50 anni	200 anni	500 anni
	mc/s	mc/s	mc/s
Pinea-Pertusio	23.6	28.0	30.9
Caravello	100.5	121.2	134.8
S. Caterina	70.0	84.4	93.9
della Torre	51.7	61.7	68.2
Aregai	39.1	46.6	51.5
Fossato Aregai	20.8	24.6	27.1
dei Marmi	15.7	18.5	20.3

Tali risultati sono da ritenersi puramente indicativi, e calcolati al solo scopo di confronto, in quanto sia i dati in partenza che le formule adottate sono caratterizzati da notevoli limiti già evidenziati in precedenza nei singoli paragrafi.

2.8.1 Valutazione probabilistica delle precipitazioni intense: il metodo proposto dal CIMA di Savona

Premesse

La previsione del rischio di inondazione comporta lo svolgimento di una serie di studi modellistici basati, in primo luogo, sull'analisi degli eventi pluviometrici e, successivamente, sullo studio idrodinamico degli alvei.

Lo studio idrologico di un bacino imbrifero è dunque il momento basilare nel contesto della pianificazione territoriale idraulico e comporta l'acquisizione di una serie di dati atti a rappresentare il regime pluviometrico della zona in esame.

La caratteristica fondamentale di tali dati, siano essi dati di pioggia o di portata, è data dalla omogeneità statistica del campione esaminato; senza tale requisito non è possibile operare alcuna elaborazione.

Altri requisiti necessari per la corretta interpretazione dei risultati conseguiti sono forniti dalla attendibilità dei dati, dalla grandezza del campione esaminato (più dati disponibili implicano una minore approssimazione delle formule interpolatrici), dalla presenza o meno sul territorio di più stazioni di osservazione e dalla loro uniforme distribuzione spaziale (sia planimetrica che altimetrica).

La mancanza di uno o più dei suddetti requisiti comporta la formulazione di teorie approssimate la cui bontà può essere verificata empiricamente sulla scorta di esperienze personali, osservazioni sul territorio e comparazione con studi analoghi su zone limitrofe.

Il territorio oggetto del presente studio, che ha una superficie complessiva pari a 20.43 kmq, comprende i bacini imbriferi compresi tra il torrente Argentina a ponente e il torrente San Lorenzo a levante. L'ambito in oggetto si estende fino ai 659.9 m s.l.m. del Passo Rapaluvo; tutti i corsi d'acqua esaminati sfociano nel Mar Ligure, lungo la costa dei Comuni di Riva Ligure, S. Stefano al Mare, Cipressa, Costarainera e S. Lorenzo al Mare, tutti nella provincia di Imperia.

Nell'ambito del territorio in oggetto **NON** vi sono strumenti di misurazione né delle portate né delle precipitazioni.

Pertanto la determinazione delle massime portate di piena caratteristiche dei corsi d'acqua in oggetto e dei loro sottobacini può essere condotta solo tramite la valutazione e la successiva elaborazione dei dati di pioggia estrapolati dalle misurazioni effettuate dai pluviometri più vicini (per es. Imperia, Taggia-Merelli, Ceriana ...), utilizzando formule empiriche e/o analitiche. Poiché tali strumenti si trovano a distanze significative, soprattutto in rapporto alle modeste dimensioni del comprensorio in esame, ed inoltre su bacini morfologicamente ed idrologicamente diversi da quelli oggetto del presente piano di bacino stralcio (come per es. il torrente Argentina sul quale si trova la stazione di Taggia –Merelli), si è ritenuto più opportuno utilizzare i risultati dell'analisi idrologica condotta dal 'CIMA' di Savona per conto della Regione Liguria, condotta a partire dall'analisi statistica di **TUTTI** i dati pluviometrici e idrometrici registrati dagli strumenti presenti sul territorio regionale.

Tale studio determinate le Curve di Possibilità Pluviometrica, propone anche un metodo per la trasformazione degli afflussi in deflussi, al fine della valutazione delle massime portate di piena per assegnato tempo di ritorno.

In particolare del suddetto studio si riporta una sintesi del metodo adottato per la stima delle 'PORTATE DI PIENA IN PICCOLI BACINI', categoria nella quale rientrano tutti i bacini dell'ambito in oggetto, premettendo comunque che le verifiche idrauliche verranno condotte anche nell'ipotesi di massima portata di piena determinata a partire dalla 'Curva di inviluppo delle massime portate di piena per i bacini ligure che sfociano nel Tirreno', aggiornata dopo l'alluvione del 1970 dall'Ing. Cati.

Stima delle portate di piena in piccoli bacini

Nel seguito si descrivono i singoli elementi che concorrono alla definizione della stima della portata al colmo di piena per assegnato tempo di ritorno per le sezioni di corsi d'acqua che sottendono bacini imbriferi di ridotta dimensione areale, indicativamente compresa tra 2 e 10 Kmq, e si suggeriscono alcune cautele da adottare per bacini aventi area minore di 2 Kmq. In particolare questa sezione si compone dei seguenti elementi:

- Scelta della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica;
- Stima della precipitazione efficace;
- Stima del tempo di risposta del bacino e dell'idrogramma unitario;
- Calcolo dell'evento critico per assegnato tempo di ritorno;
- Metodologia di stima della portata per assegnato tempo di ritorno;
- Applicazione semplificata del metodo;
- applicazione del metodo in bacini aventi area minore di 2 Kmq.

Per la descrizione dettagliata delle varie parti, soprattutto delle ipotesi fatte alla base del metodo proposto dal 'CIMA', si rimanda alla pubblicazione completa, nella quale è riportato, inoltre, un esempio di applicazione (torrente Bisagno).

I risultati dello studio condotto dal 'CIMA' sono tali per cui, a partire dalla conoscenza della posizione geografica – longitudine – del bacino, della sua area drenata A, e del valore del CN (Curve Number) medio del bacino drenato alla sezione di interesse è possibile calcolare la portata con tempo di ritorno di 2.9 anni mediante la formula:

$$Q_{2.9} = 0.3 \cdot A \cdot C_F \cdot a_{2.9}^{4/3} \cdot t_b^{-0.48} \quad [\text{mc/s}]$$

e le portate per i diversi tempi di ritorno si ottengono dalla:

$$Q_T = K_T \cdot Q_{2,9} \text{ [mc/s]}$$

con K_T – fattore di frequenza delle portate – fornito dalla seguente tabella

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

Della tabella prodotta nello studio del CIMA, che riporta i coefficienti di portata C_Q in funzione del tipo di bacino e della sua posizione, si riportano di seguito solo i dati relativi alle longitudini in cui ricade l'ambito in oggetto.

Longitudine		Bacino tipo			
gradi	primi	A	B	C	D
7	52.5	6.03	5.04	3.86	3.38
7	55	6.13	5.12	3.92	3.44
7	57.5	6.23	5.21	3.98	3.50

Applicazione del metodo in bacini aventi area minore di 2 Km²

Onde evitare la tendenza – legata alla descrizione matematica delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica – a produrre precipitazioni di intensità tendente ad infinito in corrispondenza di durate tendenti a zero, lo studio ‘CIMA’ suggerisce di adottare, per bacini aventi area minore di 2 Km², un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 Km². In questo caso il valore di portata è pari a:

$$Q_T = K_T \cdot A \cdot U_{A=2} \text{ [mc/s]}$$

nella quale A è la superficie drenata espressa in Km², $U_{A=2}$ è il contributo unitario per area pari a 2 Km², espresso in m³ s⁻¹ Km⁻², e K_T il fattore di frequenza delle portate fornito, in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica, dalla tabella seguente, nella quale si riportano solo i dati relativi alle longitudini di nostro interesse.

Longitudine		Bacino tipo			
gradi	primi	A	B	C	D
7	52.5	7.52	6.28	4.81	4.22
7	55	7.65	6.38	4.89	4.29
7	57.5	7.77	6.49	4.97	4.36

A seguito della determinazione delle formule di regionalizzazione delle portate da parte del centro di Ricerca e monitoraggio ambientale di Savona (CIMA) si riportano i valori delle portate calcolate alla foce dei principali torrenti dell'ambito in oggetto.

PORTATE CIMA – FORMULE

Torrente	Superfici e S (km ²)	T= 50 anni Q50 (mc/s)	T=200 anni Q200 (mc/s)	T=500 anni Q500 (mc/s)	Note
Pinea-Pertusio	0.73	3.47x6.28xA	5.02x6.28xA	6.04x6.28xA	Bacino tipo B
Caravello	6.71	3.47x3.86xA x(0.25+0.27 x√A) ^{-0.48}	5.02x3.86xA x(0.25+0.27 x√A) ^{-0.48}	6.04x3.86xA x(0.25+0.27 x√A) ^{-0.48}	Bacino tipo C

S. Caterina	4.61	$3.47 \times 3.86 \times A \times (0.25 + 0.27 \times \sqrt{A})^{-0.48}$	$5.02 \times 3.86 \times A \times (0.25 + 0.27 \times \sqrt{A})^{-0.48}$	$6.04 \times 3.86 \times A \times (0.25 + 0.27 \times \sqrt{A})^{-0.48}$	Bacino tipo C
Della Torre	2.09	$3.47 \times 5.04 \times A \times (0.25 + 0.27 \times \sqrt{A})^{-0.48}$	$5.02 \times 5.04 \times A \times (0.25 + 0.27 \times \sqrt{A})^{-0.48}$	$6.04 \times 5.04 \times A \times (0.25 + 0.27 \times \sqrt{A})^{-0.48}$	Bacino tipo B
Aregai	1.45	$3.47 \times 6.38 \times A$	$5.02 \times 6.38 \times A$	$6.04 \times 6.38 \times A$	Bacino tipo B
Fossato Aregai	0.82	$3.47 \times 6.38 \times A$	$5.02 \times 6.38 \times A$	$6.04 \times 6.38 \times A$	Bacino tipo B
Pantano	0.61	$3.47 \times 6.38 \times A$	$5.02 \times 6.38 \times A$	$6.04 \times 6.38 \times A$	Bacino tipo B
Dei Marmi	0.38	$3.47 \times 6.38 \times A$	$5.02 \times 6.38 \times A$	$6.04 \times 6.38 \times A$	Bacino tipo B
Piani	0.52	$3.47 \times 6.49 \times A$	$5.02 \times 6.49 \times A$	$6.04 \times 6.49 \times A$	Bacino tipo B

PORTATE CIMA – VALORI

Torrente	Superficie S (kmq)	T= 50 anni Q50 (mc/s)	T=200 anni Q200 (mc/s)	T=500 anni Q500 (mc/s)	Note
Pinea-Pertusio	0.73	16	23	28	Bacino tipo B
Caravello	6.71	92	133	160	Bacino tipo C
S. Caterina	4.61	68	98	118	Bacino tipo C
Della Torre	2.09	45	65	79	Bacino tipo B
Aregai	1.45	32	46	56	Bacino tipo B
Fossato Aregai	0.82	18	26	32	Bacino tipo B
Pantano	0.61	14	20	24	Bacino tipo B
Dei Marmi	0.38	8	12	15	Bacino tipo B
Piani	0.52	12	17	20	Bacino tipo B

Pertanto, anche per maggiore uniformità con gli altri bacini provinciali, le portate da adottarsi ai fini del presente piano sono quelle derivanti dallo studio CIMA (Regionalizzazione delle portate).

2.8.2 Calcolo della portata di piena con la curva del ‘Cati’

Per completezza e a scopo di verifica dei risultati ottenuti con i due metodi proposti nei paragrafi precedenti, si procede al calcolo della massima portata di piena utilizzando la ‘Curva ufficiale d’inviluppo delle portate di piena per i torrenti liguri’ fornita dall’Istituto Idrografico di Genova (aggiornata dopo l’alluvione dell’ottobre 1970 dall’Ing. Cati). A partire da tale curva, in funzione della superficie del bacino, si determina il contributo unitario per Km² per ognuno dei rii in oggetto.

La portata massima risulta essere pari al prodotto di tale contributo unitario per la superficie stessa. I risultati sono riportati nella tabella seguente:

Torrente	Superficie S (km ²)	Contributo unitario (mc/s km ²)	Portata del ‘Cati’ (mc/s)
Pinea-Pertusio	0.73	40.0	29.2
Caravello	6.71	30.5	204.4
S. Caterina	4.61	33.1	152.7
Della Torre	2.09	39.8	83.1
Aregai	1.45	40.0	58.0
Fossato Aregai	0.82	40.0	32.8
Pantano	0.61	40.0	24.4
Dei Marmi	0.38	40.0	15.2
Piani	0.52	40.0	20.8

2.8.3 Portate di Piano

I valori delle portate utilizzate per le verifiche idrauliche sui bacini principali del presente Piano sono quelle dedotte dallo studio (CIMA), sopra citato, metodo ad oggi più affidabile per la metodologia utilizzata, in quanto prende in considerazione gli strumenti di rilevamento meteo e di deflusso dell’intera regione Liguria. Inoltre questa modellizzazione tiene conto, al contrario di quelle proposte, anche dei caratteri salienti del bacino quali uso del suolo, caratteristiche di permeabilità delle rocce, ecc. discretizzando per porzioni di territorio significative.

Per i corsi d’acqua minori nonché per gli affluenti dei torrenti principali con bacino inferiore a 2 Km², si dovrà assumere una portata massima ottenuta utilizzando un contributo unitario pari a 40 m³/s per ogni chilometro quadrato di superficie del bacino sotteso.

2.9.CARTA DEI CORSI D'ACQUA PUBBLICI

La base cartografica utilizzata per la redazione della carta dei corsi d'acqua pubblici è la Carta tecnica regionale nella scala 1:10.000 cartacea e in formato raster.

Sono state tracciate tutte le aste fluviali dalla foce alle origini, compresi affluenti e subaffluenti e tutta la rete idrologica minore .

Le aste fluviali di primo ordine che non hanno origine da sorgente e lunghezza inferiore ai 500 m. vengono escluse.

Per le aste fluviali di primo ordine che non hanno origine da sorgente e hanno lunghezza superiore ai 500 m. vengono esclusi i primi cinquecento metri.

Per le aste fluviali di primo ordine che sboccano direttamente a mare e lunghezza superiore ai 500 m. vengono esclusi i primi cinquecento metri.