

REPUBBLICA ITALIANA

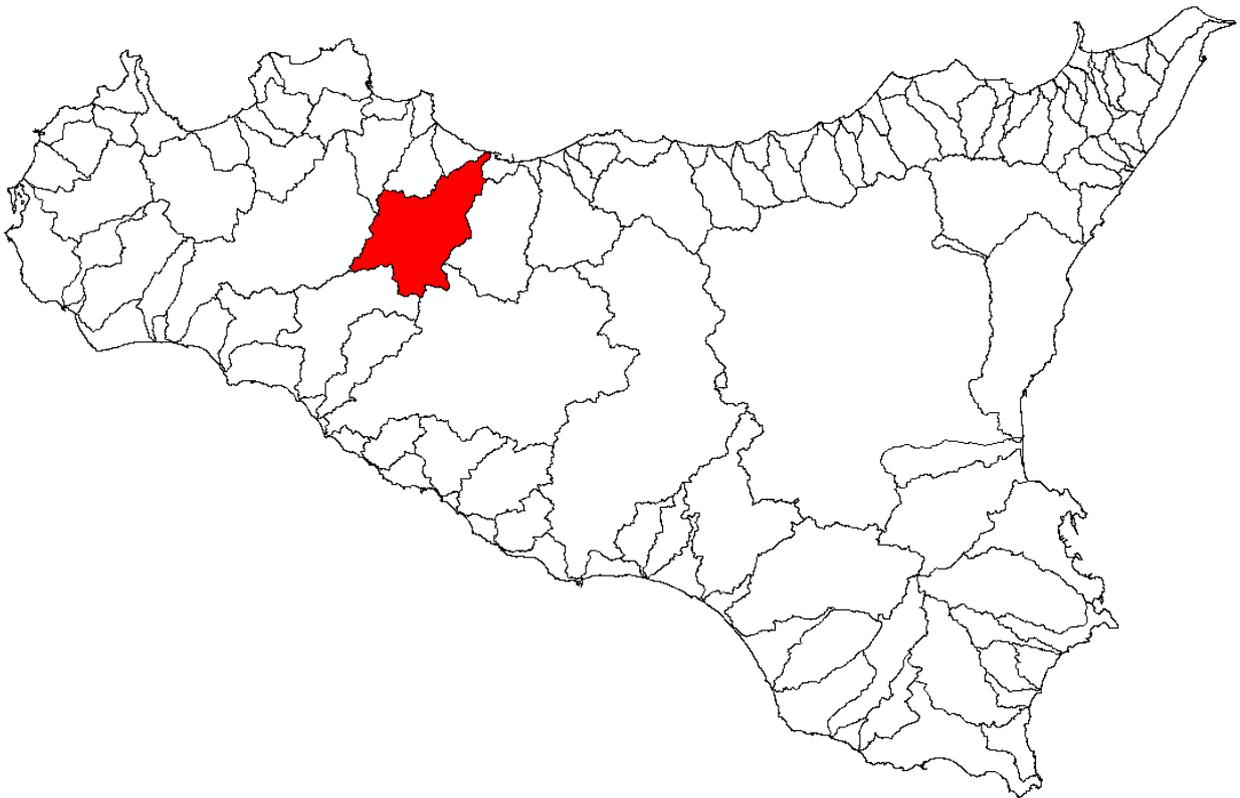


Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente
DIPARTIMENTO DELL' AMBIENTE
Servizio 3 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni

Piano di gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)

All. A.9 - Bacino Idrografico del Fiume San Leonardo



Monografia di Bacino

Novembre 2015

PREMESSA.....	4
1 AMBIENTE FISICO	5
1.1 Inquadramento geografico e amministrativo.....	5
1.2 Morfologia.....	7
1.3 Idrografia.....	8
1.4 Uso del suolo.....	13
1.5 Cenni di climatologia	14
1.5.1 Stazioni.....	14
1.5.2 Regime termico	14
1.5.3 Regime pluviometrico.....	15
2 CRITICITÀ ESISTENTI.....	17
2.1 Catasto eventi DB Eventi Sicilia.....	17
2.2 Siti d'attenzione e pericolosità idrauliche non studiate.....	19
3 ANALISI RISCHIO IDRAULICO.....	22
3.1 Analisi Territoriale	22
3.2 Studio Idrologico.....	23
3.3 Studio Idraulico	32
3.3.1 Rilievi e Cartografia.....	32
3.3.2 Caratteristiche Fisiche ed Idrauliche del fiume S. Leonardo	32
3.3.3 Opere Principali Presenti nel Corso d'Acqua	33
3.3.4 Verifiche Idrauliche	34
3.4 Perimetrazione delle aree potenzialmente inondabili.....	37
3.5 Analisi degli elementi esposti al rischio idraulico.....	37
3.5.1 Elementi coinvolti per Tr=50 anni	38
3.5.2 Elementi coinvolti per Tr=100 anni	39
3.5.3 Elementi coinvolti per Tr=300 anni	40
4 ANALISI ECONOMICA DEL DANNO ATTESO.....	41
4.1 Metodologia di valutazione del danno economico atteso	41

4.2	Valutazione del danno atteso medio annuo.....	44
5	LE MISURE DI PIANO	46

PREMESSA

La presente relazione illustra gli esiti dell'attività conoscitiva e di pianificazione delle misure di gestione del rischio alluvioni nel bacino idrografico del F. San Leonardo.

La definizione delle misure è stata effettuata con riferimento agli obiettivi e priorità individuate nella Relazione Generale, da intendersi completamente richiamata, e sulla base dell'analisi degli elementi esposti nelle aree di pericolosità individuate nelle mappe di pericolosità adottate in attuazione della direttiva della Commissione Europea 2007/60 e del D.Lgs 49/2010.

Le mappe adottate con Deliberazione della Giunta Regionale n. 349 del 14 ottobre 2013 sono state pubblicate sul sito internet http://www.artasicilia.eu/old_site/web/bacini_idrografici appositamente attivato sono consultabili tutti i documenti tra cui la presente relazione e la Relazione Generale.

Il presente Piano si compone quindi della presente relazione, della Relazione Generale, delle mappe di pericolosità e di rischio prima richiamate, della monografia “Opere principali nel corso d'acqua e risultati delle verifiche idrauliche” e dell’ “Elenco delle aree da studiare per l'aggiornamento delle mappe”.

La pianificazione è stata svolta sulla base del quadro conoscitivo sviluppato e definito secondo le indicazioni stabilite dalla Direttiva 2007/60 e ribadite all'art. 7 comma 4 del D.L.gs 49/2010, tenendo conto dei rischi nelle aree di pericolosità in relazione alle categorie di elementi esposti indicati dall'art. 5 del D.L.gs 49/2010.

Il quadro conoscitivo è stato altresì elaborato a partire dalle informazioni e studi definiti nell'ambito del Piano per l'Assetto idrogeologico e dagli esiti degli studi idrologici e idraulici condotti nell'ambito del PAI vigente per quelle aree per le quali gli stessi studi sono stati ritenuti coerenti con le metodologie previste dalla Direttiva 2007/60 e dal D.Lgs 49/2010.

INQUADRAMENTO GENERALE

1 AMBIENTE FISICO

1.1 Inquadramento geografico e amministrativo

Il Fiume San Leonardo è il corso d'acqua principale della costa settentrionale della Sicilia. Il suo bacino idrografico si estende per circa 506 Km² di cui circa quattrocento sono stati dichiarati montani con R.D n° 3301 del 2/11/1933.

Il bacino si sviluppa tra la catena costiera (Monti di Trabia, Monte S. Calogero) e le propaggini settentrionali dei Monti Sicani (M. Cardellia, M. Barracù, Monti di Prizzi); esso confina ad est con il bacino del F. Torto, a SE con quello del F. Platani, a sud con quello del F. Sosio, a SO con quello del Belice sinistro e ad ovest con quello del F. Milicia. In particolare, la linea spartiacque che delimita il bacino si sviluppa ad oriente lungo le vette di M. Pileri (m. 378), Cozzo Guardiola (m. 700), M. Rotondo (m. 845), Portella dei Miseri (m. 600), Serra Sambuchi (m. 624), Pizzo di Sughero (m. 620) e Cozzo Castagna del Barone (m. 714). Sempre ad oriente, la displuviale prosegue ancora lungo le vette di Il Pizzo (m. 793), Cozzo la Vanedda (m. 631), la Montagnola (m. 833) e Cozzo Todaro (m. 875).

A sud, procedendo da est verso ovest, lo spartiacque si sviluppa lungo le vette di P.la S. Francesco, Cozzo Volturo (m. 1.103), P.la dell'Olmo (m. 1.013), M. Sparagio (m. 1.118), Serra Pietre Cadute, Cozzo dei Monaci (m. 871), P.la di Sarullo (m. 699), Rocche S. Felice (m. 806), Costa Raia (m. 964) e Pizzo Cangialoso (m. 1.457).

Ad occidente la linea spartiacque segue il crinale generato dalla successione delle vette di M. Barracù (m. 1.420), M. Cardellia (m. 1.266), Cozzo Spolentino (m. 1.000), Cozzo Donna Giacomina (m. 1.613), Cozzo Ramusa (m. 959), Rocca Busambra (m. 1.614) e Cozzo Bileo (m. 1.007). La displuviale prosegue lungo le cime di Pizzo Lungocucco (m. 718), Cozzo di Ferro (m. 620), Pizzo Avvoltoio (m. 747), Serra Capezzana (m. 768), Portella di Ventimiglia (m. 672), Pizzo di Cascio (m. 1.054), Pizzo Garofano (m. 1.204), Cozzo Cenere (m. 438), Cozzo Bugio (m. 421) ed, infine, M. Rosamarina (m. 540).

La forma del bacino idrografico è sub-circolare, con una pronunziata appendice settentrionale che si estende in direzione NNE-SSW dalla foce verso la zona montana. Il bacino raggiunge la sua massima ampiezza, pari a circa Km 22, a meridione; nella parte settentrionale, invece, la larghezza si riduce sensibilmente, fino a poco più di 1 Km, a circa Km 3,5 dalla foce, in corrispondenza della gola del Rosamarina, dove il corso del fiume è stato sbarrato dalla omonima diga. Quest'ultima è stata realizzata nel corso degli anni '80 dall'E.S.A. (Ente Sviluppo Agricolo) ed il volume dell'invaso creatosi è di circa 100 milioni di m³.

Il bacino idrografico del fiume San Leonardo ricade interamente nel territorio della provincia di Palermo ed è compreso nei fogli n° 608 Caccamo, n° 609 Termini Imerese e n° 620 Lercara Friddi della Carta d'Italia in scala 1:50.000 dell'I.G.M.

All'interno del bacino ricadono i territori comunali dei seguenti comuni: Baucina, Caccamo, Campofelice di Fitalia, Castronovo di Sicilia, Cefalà Diana, Ciminna, Corleone, Godrano, Lercara Friddi, Marineo, Mezzojuso, Palazzo Adriano, Prizzi, Roccapalumba, Termini Imerese, Ventimiglia di Sicilia, Vicari e Villafrati. In particolare, dei diciotto comuni suddetti, quelli il cui centro abitato ricade all'interno del bacino sono: Caccamo, Campofelice di Fitalia, Ciminna, Godrano, Mezzojuso, la frazione di "Filaga" del comune di Prizzi, la frazione "Regalgioffoli" del comune di Roccapalumba, Termini Imerese, Ventimiglia di Sicilia e Vicari.

Nel bacino è possibile riconoscere l'azione antropica, oltre che nei centri abitati e nei territori agricoli, in numerose infrastrutture di trasporto. Tra queste le più importanti sono la sede ferroviaria Palermo-Messina, la sede stradale della S.S. 113 Palermo-Messina; quella dell'autostrada A19 Palermo-Catania, che attraversa la parte settentrionale del bacino a prevalente andamento E-O; infine, le sedi stradali della arteria a scorrimento veloce Palermo- Agrigento (S.S. 121) e delle S.S. 285, S.S. 118 e S.S. 188.

All'interno del bacino sono presenti delle aree naturali protette: la Riserva Naturale Orientata del Bosco Ficuzza che occupa parte dei territori comunali di Godrano e Corleone e la Riserva Naturale Orientata delle Serre di Ciminna che ricade nel territorio comunale di Ciminna.

Nella seguente Tab 1.1 sono sintetizzati i dati relativi ai comuni ricadenti nel bacino del fiume San Leonardo.

Tab. 1.1 Territori comunali ricadenti nel bacino del fiume S. Leonardo

COMUNE	RESIDENTI (dati ISTAT 2011)	AREE			Centro abitato presente
		Area totale (Km ²)	Area nel bacino(Km ²)	Area nel bacino/Area totale(%)	
Baucina	2014	24,35	0,38	1,56	No
Caccamo	8295	187,75	73,46	39,13	Sì
Campofelice di Fitalia	548	35,20	35,20	100,00	Sì
Castronovo di Sicilia	3175	199,94	33,49	16,75	No
Cefalà Diana	1007	9,02	0,58	6,43	No
Ciminna	3845	56,38	56,29	99,84	Sì
Corleone	11286	229,24	52,49	22,90	No
Godrano	1153	38,88	37,57	96,63	Sì
Lercara Friddi	6935	37,28	4,37	11,72	No
Marineo	6779	33,31	0,41	1,23	No
Mezzojuso	3020	49,40	49,11	99,41	Sì
Palazzo Adriano	2227	129,08	6,13	4,75	No
Prizzi	5055	95,02	60,81	64,00	No
Roccapalumb a	2634	31,40	6,70	21,34	No
Termini Imerese	27217	77,58	6,59	8,49	Parz.
Ventimiglia di Sicilia	2080	26,70	9,04	33,86	Sì
Vicari	2948	85,71	72,84	84,98	Sì
Villafrati	3377	25,61	0,55	2,15	No
Totale	93595	1371,85	506,01		

1.2 Morfologia

L'attuale condizione geomorfologica del bacino del S. Leonardo è la conseguenza di processi tettonici (tettonica compressiva miocenica e tettonica distensiva plio-quadernaria) cui ha fatto seguito l'azione geomorfologica degli agenti esogeni che hanno modellato la superficie topografica generando le attuali morfostrutture.

Lo stile tettonico a falde e scaglie impilate ha determinato profonde discontinuità morfologiche che hanno condizionato l'altitudine e l'andamento delle scarpate e dei rilievi montuosi e collinari.

Inoltre, la natura piuttosto accidentata del territorio con frequenti e rapide variazioni di quota è imputabile anche al contrapporsi di colline argillose, dai pendii dolci e poco acclivi, e di rilievi lapidei dai pendii acclivi e scoscesi.

A causa di tale natura morfologicamente accidentata il bacino è quasi privo di pianure, fatta eccezione per la cosiddetta "Pianotta di Vicari"; viceversa, numerosi sono i rilievi che raggiungono modeste altitudini. Tra di essi ricordiamo: ad ovest Rocca Busambra (m. 1.614), a sud ovest M. Cardellia (m. 1.266) e M. Barracù (m. 1.420), a sud M. Carcaci (m. 1.196), ad est La Montagnola (m. 833) e all'interno del bacino Pizzo Colobria (m. 949), Pizzo Condreo (m. 1.004) e Pizzo di Casa (m. 1.211).

La morfologia tipica delle zone dove affiorano i terreni lapidei è materializzata da rilievi notevoli, versanti molto acclivi associati ad ampie fasce detritiche e valli strette e profonde; i processi geomorfologici principali sono caratterizzati da disgregazione fisica ed erosione delle masse litoidi, con conseguenti frane di crollo e ribaltamento. Nelle zone collinari e pedemontane, dove prevalgono i litotipi plastici, i versanti sono meno acclivi e mostrano morfosculture generate principalmente da processi franosi e di erosione accelerata.

In tale contesto, uno dei principali processi morfodinamici è quello legato allo scorrimento delle acque libere e all'erosione e al trasporto solido delle acque incanalate. A causa della morfologia accidentata del bacino i segmenti fluviali di ordine minore, corrispondenti ai tratti iniziali dei singoli corsi d'acqua, hanno un elevato gradiente di pendio e un reticolato idrografico di tipo sub-dendritico, mentre i segmenti di ordine maggiore che scorrono nei fondovalle hanno spesso percorso meandriforme, denunciando, quindi, bassi gradienti di pendio.

Tuttavia, anche in quest'ultimo caso i versanti dei corsi d'acqua possono presentarsi piuttosto acclivi poiché i tratti delle aste fluviali di valle scorrono talvolta su impluvi intensamente incisi.

Nel dettaglio può asserirsi che la pendenza dell'asta principale del corso d'acqua risulta essere elevata nel tratto di monte (circa 800 m. s.l.m.), relativamente sostenuta nel tratto intermedio, prossimo alla biforcazione, (ovvero fino a quota 300 m. s.l.m.) e sostanzialmente bassa nel tratto prossimo alla foce (valori < 10%).

Nel complesso il bacino del San Leonardo si è evoluto fino ad uno stadio di erosione fluviale "mediamente senile" con un reticolo idrografico discretamente gerarchizzato.

La presenza di un reticolato idrografico sviluppato contribuisce fortemente alla genesi di processi di dissesto idrogeologico, molto diffusi in tutto il bacino: frane, ruscellamento, calanchi. Il

ruscellamento superficiale delle acque piovane è causa della denudazione dei versanti e della formazione di rivoli e solchi, specie laddove affiorano litologie a prevalente frazione argillosa.

L'erosione, invece, determina la disgregazione e la degradazione dei suoli agrari e delle porzioni affioranti delle formazioni geologiche; tali fenomeni sono particolarmente rilevanti nel territorio di Termini Imerese, in c.da San Leonardo, nella zona a sud di Caccamo, in c.da Margana e in corrispondenza del Vallone Guddemi.

Lungo il tratto di asta fluviale compreso fra i comuni di Caccamo e Ciminna, i processi di erosione e denudamento sono piuttosto spinti e si manifestano con la generazione di forme calanchive sui versanti argillosi acclivi.

Il bacino in analisi non è caratterizzato da percentuali elevate di terreni con accentuata pendenza; circa il 60% dei terreni ricadenti nel bacino è infatti espressione di pendenze che non superano il 35%; la porzione dei terreni che invece presenta pendenze minime (< 5%) e massime (> 70%) è stimabile in una percentuale del 10%.

I processi franosi nel bacino sono molto diffusi; essi hanno condizionato e condizionano consistentemente l'evoluzione morfologica dei versanti. Alcune zone, infatti, sono caratterizzate da movimenti franosi di notevoli dimensioni che periodicamente si rimobilitano; tali movimenti sono molto complessi in dipendenza dell'estrema eterogeneità geologica della zona.

In generale, la maggior parte delle fenomenologie franose ricade su terreni con frazione argillosa prevalente, mentre nei complessi carbonatici i dissesti sono meno diffusi.

1.3 Idrografia

Il Fiume S. Leonardo presenta un andamento planimetrico dell'alveo che si snoda, procedendo dalle sorgenti alla foce, lungo un percorso di quasi Km 58; esso, a circa 33 chilometri dalla foce, assume la configurazione ad "Y" in seguito alla diramazione in due bracci denominati F. Trinità e F. della Margana.

Il Fiume S. Leonardo nasce alle pendici di Pizzo Cangialoso (m. 1.456), ricadente nel territorio comunale di Corleone, e nel suo tratto iniziale, ad andamento NE-SO, prende il nome di "Vallone Margi".

Successivamente, il corso d'acqua attraversa i territori comunali appartenenti al Dipartimento di Prizzi e, nuovamente, al comune di Corleone e, a circa Km 8,3 dalla sorgente e alla quota di m. 480, assume il nome di "F. della Mendola".

Quest'ultimo segna con il suo percorso il confine tra i territori comunali di Campofelice di Fitalia e Prizzi e, dopo la confluenza con il Vallone Giardo, a quota m. 360 e a circa Km 18 dalla sorgente, prende il nome di "F. Centosalme". Esso si snoda con andamento all'incirca ENE-OSO fino a quando, a quota m. 330 circa e alla distanza dalla sorgente di circa 21 km, cambia il suo nome in "F. Trinità".

Il F. Trinità presenta un andamento planimetrico ad orientazione NE-SO e con il proprio corso segna il confine tra i territori comunali appartenenti a Campofelice di Fitalia e Vicari. A quota m. 290 e a circa Km 24,5 dalla sorgente il fiume riceve in destra idraulica le acque del F. della

Margana e dopo tale confluenza viene denominato “F. di Vicari”, nonostante ricada nel territorio comunale di Campofelice di Fitalia, per la vicinanza dell’omonima cittadina situata a pochi chilometri di distanza dal suddetto corso d’acqua.

Il F. di Vicari si snoda con andamento ENE-OSO e assume definitivamente il nome di “F. San Leonardo” dopo la confluenza con il Torrente S. Domenica, a quota m. 270 circa e alla distanza dalla sorgente di circa Km 27.

Il F. San Leonardo si snoda, con andamento NNE-SSO, per circa Km 30.

Durante il suo percorso attraversa il territorio comunale di Vicari; segna, per buona parte, il confine comunale tra quest’ultimo e Ciminna; attraversa i territori comunali di Caccamo e di Termini Imerese e, infine, sfocia nel Mar Tirreno con un estuario a NO e a breve distanza dalla cittadina di Termini.

Il profilo di fondo del fiume San Leonardo mostra pendenza media molto bassa, pari a 2,33%. Tuttavia, un’analisi più dettagliata ha permesso di rilevare l’esistenza di tratti a pendenza anomala, dovuti a cambiamenti litologici e/o discontinuità tettoniche, in base ai quali il profilo di fondo è suddivisibile in tre tratti principali.

Il primo tratto è compreso tra la sorgente (quota m. 1350) e quota m. 520 circa, dove si localizza il contatto tettonico tra le Unità Numidiche e l’U.S.S. M. Barracù-Colomba. Questo primo tratto ha pendenza poco elevata, pari al 12,73% e coincide all’incirca con il “Vallone Margi”, nome che assume il percorso iniziale del fiume San Leonardo. Questo primo tratto, inoltre, presenta spesso brusche variazioni di pendenza localizzate in corrispondenza di piani di faglia; quelle più evidenti sono alle quote di m. 650 e m. 900.

Il secondo tratto del profilo longitudinale è il più lungo e si identifica con il percorso intermedio del fiume San Leonardo, compreso tra il piano di faglia di quota m. 520 e la soglia tettonica localizzata a quota m. 120. Questo secondo tratto ha pendenza media bassissima, pari a 0,89% e si presenta, nel complesso, piuttosto regolare. Attraverso un’analisi più dettagliata, però, è possibile individuare anche lungo questa parte del profilo numerosi gradini morfologici. Essi sono dovuti a piani di faglia che talvolta segnano cambiamenti litologici e lungo i quali sono impostati quasi tutti gli affluenti minori del fiume San Leonardo. In particolare, a quota m. 320 è presente il contatto tettonico tra le Unità Numidiche e le Unità Postorogene. Procedendo verso valle, a quota m. 260, è presente un piano di faglia all’interno del suddetto complesso postorogeno, alla confluenza del Torrente Santa Domenica nel fiume San Leonardo. A quota m. 190, invece, è presente il contatto tettonico tra il Flysch Numidico ed il Complesso tortoniano, contatto lungo il quale si localizza il Vallone Criti. A quota m. 176, in corrispondenza del Vallone Celso, si trova un piano di faglia nelle Unità Sicilidi. A quota m. 164, il fiume San Leonardo riceve le acque del Vallone Fava, impostato su una faglia all’interno del Complesso postorogeno. Anche il Vallone Ciacca, che confluisce nell’asta principale a quota m. 140 circa, è impostato su un piano di discontinuità tettonica, così come il Vallone Canalotto, che confluisce nel fiume San Leonardo a quota m. 130, ed è localizzato lungo una faglia che pone a contatto le Unità Numidiche e quelle Sicilidi.

Infine, il terzo ed ultimo tratto del profilo longitudinale è localizzato, come già detto, a valle della soglia di origine tettonica di quota m. 120 circa. In corrispondenza di questa soglia è stata realizzata

la diga Rosamarina. Quest'ultimo tratto ha pendenza media pari a 1,91% e si presenta piuttosto regolare, con un'accentuata concavità verso l'alto.

Gli affluenti principali del Fiume S. Leonardo sono, a partire dalle sorgenti: il V.ne Guddemi, il V.ne Giardo, il Fiume della Margana, il T.te Azziriolo ed il V.ne Macaluso.

Vallone Guddemi: occupa il settore occidentale del bacino del F. San Leonardo. Nasce alle pendici del versante meridionale di Rocca Busambra (m. 1614), in territorio comunale di Godrano e dopo un percorso di circa Km 7,4 con orientazione NO-SE, confluisce in sinistra idraulica del F. della Mendola, nome che assume il F. S. Leonardo nel suo tratto iniziale. Tale confluenza avviene alla quota di circa m. 410, in territorio comunale di Corleone.

Il reticolo idrografico è di tipo subdendritico poiché l'assetto del drenaggio, che risente della diversità litologica dei due versanti, costituiti da terreni argillosi l'uno e carbonatici l'altro, appare in quest'ultimo caso impostato su linee di faglia.

La quota massima del sottobacino si raggiunge in corrispondenza di Rocca Busambra mentre la minima alla confluenza del corso d'acqua con il F. della Mendola.

Il profilo longitudinale del Vallone Guddemi si mostra, nel complesso, piuttosto regolare, con valori di pendenza media poco elevati, pari a 6,86%. Tuttavia, nel dettaglio alcuni tratti mostrano brusche variazioni di pendenza dovuti a piani di faglia. Tali piani di discontinuità, infatti, originano soglie di natura tettonica che, sottoposte ad erosione più accentuata da parte delle acque incanalate, determinano variazioni locali nell'andamento del profilo longitudinale, dando origine, talvolta, a tratti con la convessità verso l'alto. Tra questi piani di faglia quello più evidente è quello che mette in contatto tettonico le Unità Numidiche e l'U.S.S. M. Barracù-Colomba, a quota m. 450 circa.

Vallone Giardo: occupa il settore meridionale del bacino del F. San Leonardo. Il torrente nasce alle pendici del versante settentrionale di Serra dei Salici (m. 967), in territorio comunale di Prizzi e nel suo tratto iniziale prende il nome di "Vallone Frattina". Lungo il suo percorso, che si svolge per circa Km 8 e con orientamento NNE-SSO, il corso d'acqua attraversa terreni prevalentemente argillosi e marnosi di età oligo-miocenica. A quota m. 364, a NO di Cozzo S. Nicola, confluisce nel Fiume della Mendola, in destra idraulica dell'asta principale, a quota m. 364; il F. della Mendola dopo tale confluenza prende il nome di F. Centosalme.

Il bacino ha forma allungata e presenta un reticolo idrografico omogeneo, a struttura dendritica.

La quota massima si raggiunge in corrispondenza di Cozzo Gargioli (m. 989) mentre la minima alla confluenza del torrente con il F. della Mendola.

Il profilo longitudinale del Vallone Giardo mostra pendenza media bassa, pari a 6,86%. Esso è suddivisibile in due tratti principali, aventi entrambi concavità verso l'alto. Tale distinzione è possibile grazie ad un gradino morfologico, presente alla quota di m. 650 circa, cioè poco dopo che il Vallone Frattina assume il nome di Vallone Giardo. La soglia si localizza in corrispondenza di una faglia che mette in contatto le Unità Numidiche e l'U.S.S. M. Barracù- Colomba. Il primo tratto del profilo di fondo, compreso tra la sorgente (quota m. 930) ed il suddetto gradino morfologico, mostra pendenza media pari a 12,02%. Il secondo tratto mostra, invece, pendenze inferiori, pari a

5,25%, che diminuiscono velocemente procedendo dal gradino morfologico verso il punto di confluenza del corso d'acqua nel Fiume della Mendola.

Fiume della Margana: occupa il settore meridionale del bacino del F. San Leonardo. Il F. della Margana nasce alle pendici di Monte Sparangio (m. 1.114), in prossimità dell'ex casello della S.S. n. 188, in territorio comunale di Castronovo di Sicilia e nel suo tratto iniziale, che corre dapprima verso NO e poi verso NE, prende il nome di "Vallone S. Antonio". Successivamente, attraversando il territorio comunale di Vicari, prende il nome di "Fiume della Margana", ad orientazione all'incirca NE-SO; a quota m. 360 circa riceve le acque del Vallone Riena che confluisce in esso alla sua destra idraulica e, infine, a quota m. 290 circa, confluisce nell'asta principale. Quest'ultima, a seguito di tale confluenza, che avviene nel territorio comunale di Campofelice di Fitalia, cambia il proprio nome da "Fiume Trinità" a "Fiume di Vicari".

Il reticolo idrografico di questo sottobacino è di tipo dendritico e la vetta più alta, Monte Carcaci, raggiunge quota m. 1.200.

Il profilo longitudinale del Fiume della Margana mostra una pendenza media piuttosto bassa, pari al 3,24%. In dettaglio, però, il profilo è suddivisibile in due tratti principali; essi coincidono all'incirca con il tratto a monte, in cui il corso d'acqua è denominato "Vallone S. Antonio" ed il tratto a valle, in cui quest'ultimo assume il nome di "Fiume della Margana". Il tratto a monte, che si sviluppa dalla sorgente (quota m. 890) a quota m. 500 circa, è quello che mostra pendenza più elevata, pari al 4,58%. Inoltre, questo primo tratto del profilo di fondo si presenta piuttosto irregolare e, nel complesso, mostra la convessità verso l'alto. Questo andamento anomalo del profilo di equilibrio è dovuto alla presenza di alcuni piani di faglia che suddividono il tratto a monte del profilo di equilibrio in tre distinti segmenti. Due faglie, rispettivamente a quote m. 770 circa e m. 830, dislocano i banconi calcarei dell'Unità M. Rose e individuano un primo segmento, il più a monte, con pendenza di circa 3,3%. A quota m. 650 circa un altro piano di faglia pone in contatto l'U.S.S. M. Rose e l'U.S.S. Roccapalumba, evidenziando così un segmento intermedio, con pendenza pari a 5,26% ed uno più a valle, con pendenza maggiore, pari a 6,42%.

Il secondo tratto del profilo longitudinale, quello più a valle, si presenta piuttosto regolare ed ha valori di pendenza media pari a 2,01%.

Torrente Azziriolo: occupa il settore centro-occidentale del bacino del F. San Leonardo. Il torrente nasce alle pendici di Cozzo Tondo (m. 1.090), in territorio comunale di Godrano, con la denominazione di "Vallone del Fanuso" che poi cambia in "Vallone d'Agnese"; nel suo percorso intermedio prende il nome di "Vallone Frattina" e infine dal Torrente Azziriolo; quest'ultimo dopo aver segnato il confine tra i comuni di Mezzojuso, Ciminna e Vicari, confluisce nel Fiume S. Leonardo, in sinistra idraulica, sotto i Balzi della Chiusa, ad una quota di m. 250 circa.

Il Torrente Azziriolo ha una lunghezza complessiva di circa Km 23,4 e, ad eccezione del tratto iniziale avente orientazione all'incirca N-S, il suo percorso ha orientazione all'incirca NO-SE. Esso stesso ha diversi affluenti, tra cui ricordiamo il Vallone Nocilla e il Vallone Orlando. Il primo riversa le sue acque nel T. Azziriolo alla sua destra idraulica, alle pendici di Cozzo Corsa, a quota m. 380 circa; il secondo, invece, confluisce nel T. Azziriolo alla sua sinistra idraulica, alle pendici di Cozzo Zappalanne, a quota m. 340 circa.

Il bacino del T. Azziriolo ha forma sub-ellittica; il reticolo idrografico è di tipo subdendritico.

La quota più alta del bacino si raggiunge in corrispondenza di Rocca Busambra (m. 1614).

Il profilo longitudinale del Torrente Azziriolo ha pendenza media pari a 2,89%. Nel dettaglio, esso mostra due tratti nettamente distinti tra loro. Il tratto più a monte, che va dalla sorgente (quota m. 1020) a quota m. 470, ha pendenza pari a 10,42%, mentre il secondo tratto, quello più a valle, ha pendenza molto bassa, pari a 1,05%. Il primo tratto comprende, procedendo da monte a valle, il Vallone del Fanuso (p=11,93%), il Vallone d'Agnese (p=10,75%) ed il tratto iniziale (p=10,78%) del Vallone Frattina. Questo primo tratto, inoltre, è piuttosto articolato per la presenza di piani di faglia che dislocano l'Unità del Flysch Numidico alle quote di m. 610 e m. 470 circa. Il secondo tratto del profilo di fondo, invece, comprende il tratto finale (p=2,92%) del Vallone Frattina e tutto il percorso terminale del corso d'acqua, lungo il quale esso assume il nome definitivo di "Torrente Azziriolo" (p=7,93%). Questo secondo tratto mostra andamento piuttosto regolare, nonostante siano presenti due gradini morfologici, rispettivamente alle quote di m. 430 e m. 350. Il primo gradino è localizzato in corrispondenza di una faglia intraformazionale nell'Unità Numidica mentre il secondo è dovuto al contatto litologico tra l'Unità suddetta ed il complesso postorogeno del Tortoniano- Pliocene inferiore.

Vallone Macaluso: occupa il settore orientale del bacino del F. San Leonardo.

Il corso d'acqua che scorre nel Vallone Macaluso ha origine sul versante nord del rilievo montuoso "il Piliere" (m. 727), in territorio comunale di Roccapalumba e confluisce, dopo un percorso di quasi Km 7 con orientazione NO-SE, nel Fiume S. Leonardo nei pressi di "Case Dina" (m. 254). Tra i suoi affluenti i più importanti sono il Vallone Caccatossico ed il Vallone Regalgioffoli.

Il bacino del V.ne Macaluso ha forma sub-triangolare; il reticolo idrografico ha struttura dendritica. La quota più alta del bacino si raggiunge in corrispondenza de "La Montagnola" (m. 833).

Il profilo longitudinale del Vallone Macaluso mostra pendenza media molto bassa, pari a 5,13%. Il profilo è simile a quello del Fiume della Margana; anche in questo caso, infatti, il profilo si presenta, nel complesso, piuttosto regolare ma nel dettaglio esso è suddivisibile in due tratti a pendenza differente. Il primo tratto, quello che si sviluppa dalla sorgente (quota m. 560) a quota m. 390 circa, ha pendenza poco elevata, pari a 12,14%, mentre il secondo, che va dalla quota suddetta fino alla confluenza del corso d'acqua nel fiume San Leonardo (quota m. 220), mostra pendenza decisamente inferiore, pari a 3,15%. Il tratto a monte, inoltre, presenta un andamento meno regolare rispetto al secondo, a causa di gradini morfologici localizzati alle quote di m. 470 e m. 510 circa. Essi sono dovuti alla presenza di piani di faglia, di cui quelli a quota inferiore sono intraformazionali, sviluppatisi all'interno dell'Unità Numidica, mentre l'ultimo mette in contatto tettonico la suddetta Unità e l'Unità di Roccapalumba.

Affluenti minori del Fiume San Leonardo: Tra gli affluenti minori del F. San Leonardo i più importanti sono il Torrente S. Domenica e il Vallone Fagiano.

- **Torrente S. Domenica:** occupa il settore centro-meridionale del bacino del F. San Leonardo. Esso nasce alle pendici del versante NO di Pizzo Cattiveo (m. 849) in territorio comunale di Vicari, con il nome di Vallone Carrecamattana; dopo un percorso di circa Km 8,8 con orientazione NNO-SSE,

confluisce, a quota m. 260, in prossimità di Masseria S. Domenica, con il Fiume di Vicari. Quest'ultimo, a seguito di tale confluenza, assume il nome definitivo di "Fiume San Leonardo".

- **Vallone Fagiano**: occupa il settore settentrionale del bacino del F. San Leonardo e nasce alle pendici di Cozzo Rocca Cavallo (m. 695), in territorio comunale di Ciminna; dopo un percorso di circa Km 7,9 con orientamento E-O, confluisce con il Fiume S. Leonardo alle pendici del versante sudoccidentale di Cozzo Celso, a quota m. 170 circa. Inoltre, tra gli affluenti minori del F. S. Leonardo citiamo ancora, procedendo da monte verso valle:

- Vallone Faruzzi: confluisce in sinistra idraulica a quota m. 210 circa;
- Vallone Criti: confluisce in destra idraulica a quota m. 190 circa;
- Vallone Contessa: confluisce in sinistra idraulica a quota m. 180 circa;
- Vallone Celso: confluisce in destra idraulica a quota m. 176 circa;
- Vallone Fava: confluisce in destra idraulica a quota m. 164 circa;
- Vallone Piscina: confluisce in destra idraulica a quota m. 144 circa;
- Vallone Ciacca: confluisce in sinistra idraulica a quota m. 140 circa;
- Vallone Canalotto: confluisce in destra idraulica a quota m. 130 circa;
- Vallone della Pergola: confluisce in sinistra idraulica a quota m. 126 circa.

1.4 Uso del suolo

La carta dell'uso del suolo utilizzata per ricavare le informazioni descritte nella successiva Tab. 1.2 provengono dal tematismo Corine Land Cover (CLC) del 2006. In tale tabella sono rappresentate le tipologie dell'uso del suolo e la loro distribuzione percentuale all'interno del Bacino del fiume San Leonardo.

Le *zone urbanizzate* si riscontrano essenzialmente in corrispondenza dei centri abitati e rappresentano una percentuale decisamente bassa del territorio in esame (0,98%).

I *territori agricoli*, invece, ricoprono la maggior parte dell'area del bacino. Essi comprendono i territori destinati a *seminativo* (55,06%) e *oliveto* (11,26%) mentre le aree destinate a *vigneto* (0,24%) e *frutti minori* (0,20%) sono poco diffuse.

Poco diffuse sono anche le superfici boscate; sono presenti *boschi di latifoglie* (2,92%), *boschi di conifere* (1,56%) e *boschi misti di conifere e latifoglie* (0,26%).

Tab. 1.2 Tipologia uso del suolo dell'area

Tipologia di uso del suolo	%
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1.1. Zone residenziali a tessuto continuo	0,50
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0,48
1.3.1. Aree estrattive	0,15

Tipologia di uso del suolo	%
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue	55,06
2.2.1. Vigneti	0,24
2.2.2. Frutteti e frutti minori	0,20
2.2.3. Oliveti	11,66
2.4.1. Colture temporanee associate a colture permanenti	1,78
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi	2,12
2.4.3. Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	5,93
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	
3.1.1. Boschi di latifoglie	2,92
3.1.2. Boschi di conifere	1,56
3.1.3. Boschi misti di conifere e latifoglie	0,26
3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie	8,35
3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla	6,72
3.2.4. Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	1,63
5. CORPI IDRICI	
5.1.2. Bacini d'acqua	0,44

1.5 Cenni di climatologia

L'inquadramento climatico del settore della Sicilia nel quale ricade il territorio in esame è stato effettuato considerando gli elementi climatici, temperatura e piovosità, registrati presso le stazioni termopluviometriche e pluviometriche situate all'interno del territorio o limitrofe ad esso.

1.5.1 Stazioni

In Tab. 1.3 sono riportate le stazioni termopluviometriche e pluviometriche cui si è fatto riferimento per l'analisi delle condizioni termopluviometriche.

Tab. 1.3 - Elenco delle stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche interne o limitrofe al territorio in esame

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				LATITUDINE	LONGITUDINE
Caccamo		Pluviometro	521	4199326	382823
Campofelice di Fitalia		Pluviometro	730	4186627	366500
Ciminna		Termo-pluviometro	500	4195780	372512
Mezzojuso		Pluviometro	500	4192199	365124
Monumentale (Termini Imerese)		Pluviometro	6	4204833	385830
Vicari		Pluviometro	650	4186511	373836

1.5.2 Regime termico

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento soltanto ai dati registrati dalla stazione di Ciminna, essendo quest'ultima l'unica tra quelle ricadenti all'interno del bacino del Fiume San Leonardo ad essere dotata di termopluviografo.

Prendendo in considerazione i dati rilevati negli ultimi vent'anni e confrontando i valori relativi alle escursioni termiche annuali o a quelle mensili il territorio in esame mostra un andamento termico piuttosto regolare.

Inoltre, riferendosi alle medie stagionali si ottengono valori nella norma se si calcola l'escursione tra la temperatura media diurna e quella notturna mentre forti differenze si ricavano dal confronto, per un dato mese, fra la temperatura diurna massima e quella minima notturna.

L'analisi dei dati mostra che nei mesi più caldi (Luglio e Agosto) si raggiungono temperature massime di circa 40°C; invece, nel mese più freddo (Gennaio) la temperatura media è pari a 9°C e i valori minimi raggiungono pochi gradi sopra lo zero centigrado, scendendo raramente al disotto e soltanto alle quote più elevate.

La temperatura media annua dell'intero territorio in esame è pari a 15°C.

1.5.3 Regime pluviometrico

L'analisi del regime pluviometrico è stata effettuata attraverso gli annali idrologici pubblicati dalla Regione Siciliana (Ufficio Idrografico); in particolare, si sono presi in considerazione i dati inerenti al periodo 1976-1994 e registrati dalle stazioni di rilevamento ricadenti all'interno del bacino del San Leonardo elencate nel paragrafo 1.5.1.

Dalle analisi effettuate si evince che nel periodo suddetto il valore di piovosità media annua è pari a circa 600 mm.

Inoltre, nello stesso periodo gli anni più piovosi sono stati il 1976 e il 1982, quando si sono registrati, rispettivamente, 1163 mm e 924 mm di pioggia; l'anno meno piovoso, invece, è stato il 1984, con 314 mm.

Il mese più piovoso relativo al periodo considerato è stato quello di Gennaio del 1981 che ha fatto registrare ben 244 mm di pioggia nell'arco di soli 15 giorni.

In generale, nell'arco di ogni singolo anno i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale Ottobre-Febbraio mentre le precipitazioni diventano decisamente di scarsa entità nel periodo compreso tra Maggio e Settembre.

In definitiva, i caratteri pluviometrici riportati delineano un clima di tipo temperato mediterraneo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale-invernale e quasi assenti in quello estivo.

Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee e, essendo le piogge concentrate in pochi mesi (essenzialmente nel periodo Ottobre- Febbraio), assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione.

L'evaporazione è sempre modesta nei mesi freddi e nelle zone di affioramento dei termini litoidi di natura calcareo-dolomitica lo è anche nei mesi caldi, a causa dell'elevata permeabilità di tali litotipi (per fessurazione e/o per porosità nella coltre d'alterazione) che favorisce notevolmente l'infiltrazione delle acque ruscellanti.

Inoltre, il ruscellamento superficiale risulta moderato anche a causa della morfologia dell'area in esame la quale mostra rilievi a pendenza generalmente bassa o moderata; esso, pertanto, diviene preponderante soltanto nelle zone in cui affiorano i terreni impermeabili e qualora si verificano forti rovesci della durata di poche ore.

Si evince, dunque, che la ricarica degli acquiferi dell'area in esame avviene sostanzialmente nel periodo piovoso suddetto (Ottobre-Febbraio) e che, pur non mancando saltuari eventi piovosi negli altri mesi dell'anno, durante l'estate, caratterizzata generalmente da lunghi periodi di siccità ed elevate temperature, si verificano condizioni di deficit di umidità negli strati più superficiali del terreno per la mancanza di risalita di acqua per capillarità.

2 CRITICITÀ ESISTENTI

All'interno del bacino in esame sono presenti situazioni di criticità idraulica il cui grado di approfondimento delle informazioni a disposizione, allo stato attuale, non ne ha permesso la rappresentazione nelle mappe della pericolosità e rischio idraulico redatte secondo le indicazioni dell'art.6 del D.lgs. 49/2010.

Le suddette aree, oggetto di futuri studi e approfondimenti, sono in parte catalogate nel Censimento dissesti *DB Eventi Sicilia* predisposto dal Servizio 3 /DRA mentre la rimanente parte è costituita dai "siti d'attenzione" e dalle aree classificate a *pericolosità idraulica non derivanti da studi idraulici* censite nel PAI vigente.

Per tali aree il Piano prevede di procedere con gli studi di aggiornamento e approfondimento per completare le valutazioni necessarie e/o per produrre i livelli informativi stabiliti dalla normativa. Inoltre al fine di integrare i PAI vigenti relativamente ai corsi d'acqua e ambiti territoriali o nuove aree soggette a fenomeni di allagamento così come definiti all'art. 2 del Decreto Legislativo 49/2010 si provvederà, ove non fossero al momento disponibili studi che ne consentano di definire il livello di pericolosità, ad attivare in concerto con gli Enti istituzionalmente preposti tutte le misure di precauzione necessarie a garantire un adeguato livello di sicurezza. Al pari delle altre aree per le quali non è definito un livello di pericolosità verrà definito un programma di studi di approfondimento necessario per la individuazione della pericolosità e rischio in conformità a quanto previsto dalla Direttiva.

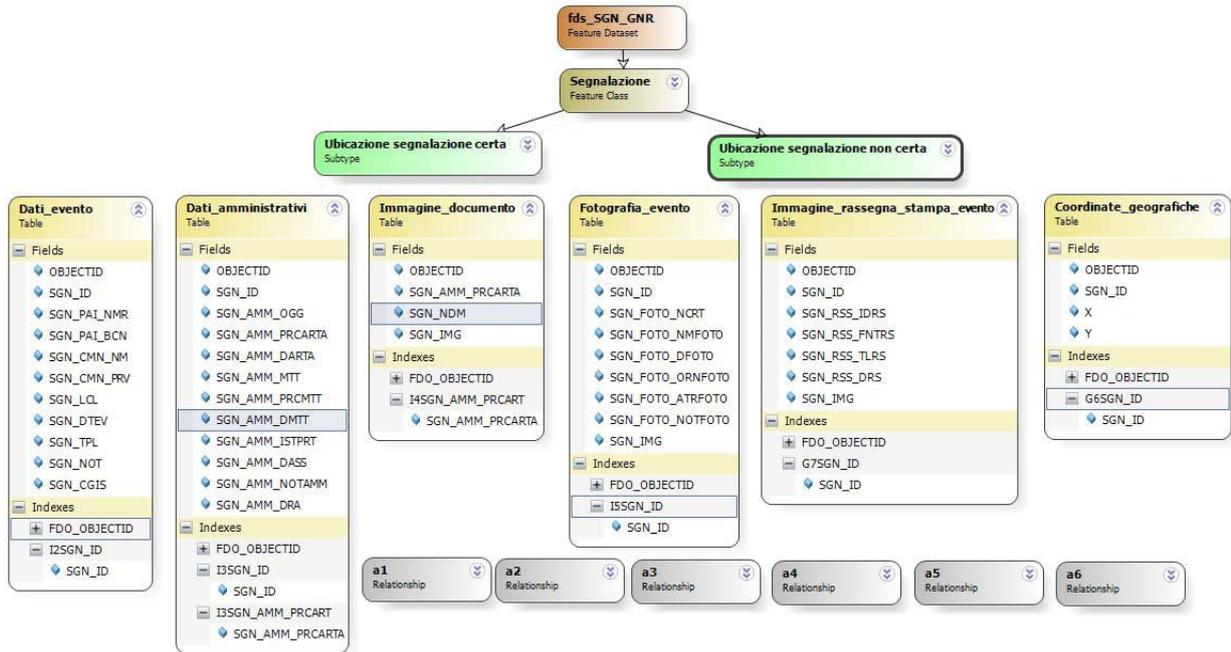
2.1 Catasto eventi DB Eventi Sicilia

Il Catasto degli eventi è la fonte da cui sono rintracciabili le informazioni sulla collocazione spaziale e temporale degli eventi di piena nonché delle conseguenze avverse ad esse associate.

Il catasto degli eventi è stato implementato nell'ambito della realizzazione del Database "DB Eventi Sicilia.gdb". Esso consiste nel censimento dei luoghi storicamente colpiti da eventi idraulici (esondazioni ed alluvionamenti). L'archivio raccoglie informazioni storiche relative agli eventi a partire dall'anno 2007 avvenute in Sicilia. L'archivio contiene allo stato attuale oltre 433 informazioni inerenti ad eventi idraulici. Le informazioni si riferiscono a dati provenienti da fonti di Rassegna Stampa, Comuni Siciliani e dati della Protezione Civile Regionale. I dati inseriti possono essere analizzati ed interrogati con i temi e gli elementi di base direttamente importati nel GIS, anche tramite query pre-impostate, generando così nuove informazioni in funzione di specifiche problematiche ed esigenze. Nel seguito è descritta la struttura del geodatabase e le informazioni contenute.

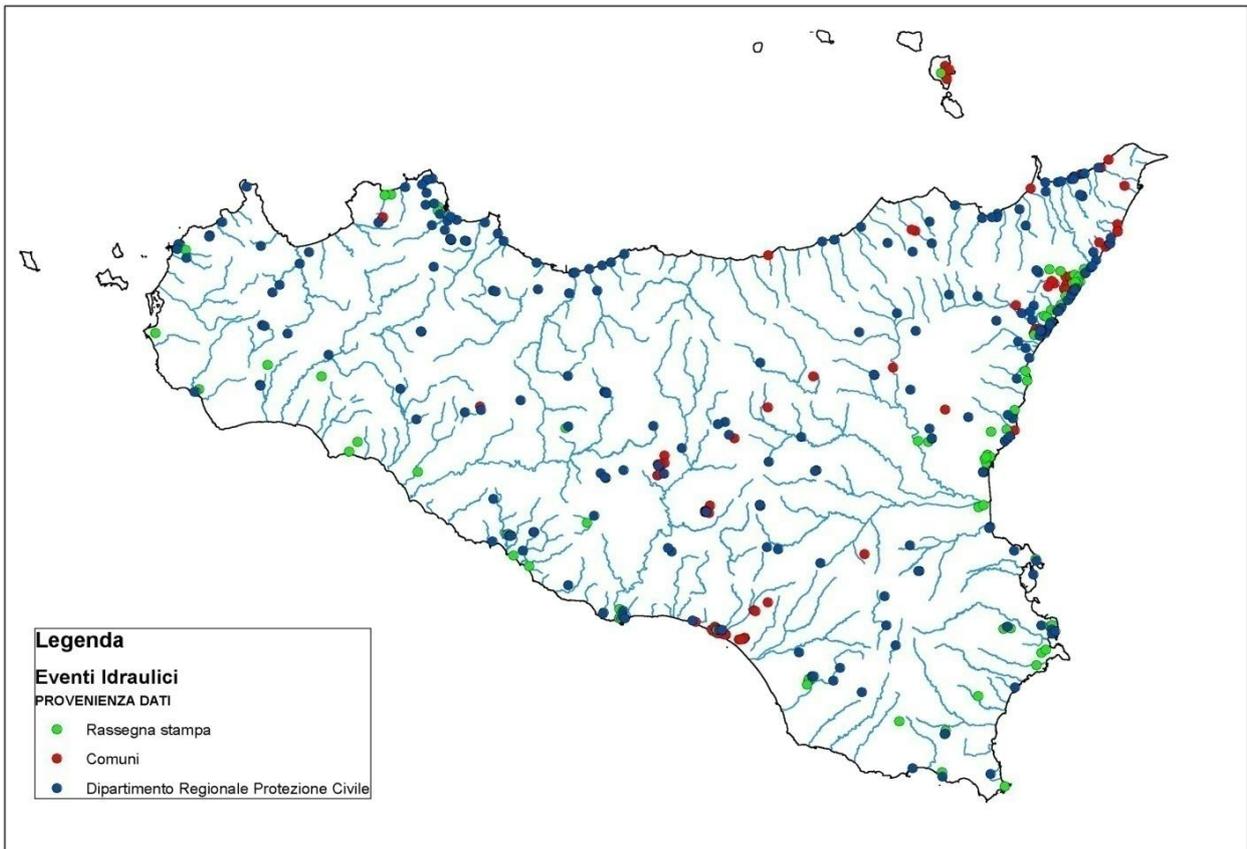
Il Catasto verrà costantemente aggiornato L'attuale organizzazione del catasto è ora in fase di aggiornamento per garantire l'utilizzo da parte di più soggetti competenti in relazione anche alle finalità di protezione civile.

Fig. 2.1- Struttura DB Eventi Sicilia e informazioni contenute



Nella Fig. 2.2 è invece riportata la distribuzione territoriale degli eventi idraulici inseriti nel geodatabase:

Fig. 2.2 - Distribuzione territoriale degli eventi idraulici



Nella Tab. 2.1 sono elencati i dissesti presenti nel censimento DB Eventi Sicilia e ricadenti nel bacino del fiume S. Leonardo.

Tab. 2.1 Dissesti DB Sicilia ricadenti nel bacino del fiume S. Leonardo

Cod. Identificativo Segnalazione	Comune	Località	Data evento	Descrizione
PC-EI-033-6CA-001	Caccamo	Territorio comunale	25.09.2009	Nubifragio – Evacuata un'abitazione, allagamenti, crollo di muri di sostegno, danni a parecchie autovetture, ad edifici privati e pubblici

2.2 Siti d'attenzione e pericolosità idrauliche non studiate

I *siti d'attenzione* sono aree cartografate e censite nel PAI nelle quali occorre approfondire il livello delle conoscenze geomorfologiche e idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio su cui comunque gli eventuali interventi dovranno essere preceduti da opportune indagini.

Le criticità idrauliche presenti nel bacino idrografico in esame sono anche rappresentate da tutte quelle aree e classificate nei PAI vigenti con un grado di pericolosità e censite a seguito di eventi alluvionali accaduti o ricavate da studi le cui metodologie di esecuzione e i risultati ottenuti non sono stati ritenuti conformi ai contenuti richiesti dalla Direttiva Alluvioni

Nella Tab. 2.2 sono elencate le aree classificate a pericolosità / rischio idraulico non rispondenti dall'art.6 del D.Lgs. 49/2010.

Tab. 2.2 Aree a pericolosità / rischio idraulico non conformi a art. 6 D.Lgs

Codice Bacino	Denominaz. Bacino / area territoriale	Località	Comune	Pericolosità / Rischio	Riferimento C.T.R.
033	f. San Leonardo	Da c.da Fella Monica (torrente Azziriolo) a c.da Scorciovacca (Vallone Frattina)	Mezzojuso	R3	608100; 608110; 608150
033	f. San Leonardo	Vallone Sciortarria	Vicari	R3	608150

Nella

Tab. 2.3 sono elencate le aree inserite nell' *“Elenco delle aree da studiare per l'aggiornamento delle mappe”* tratte dalle Risposte alla Circolare ARTA sulla Direttiva Alluvioni da parte dei Comuni.

Tab. 2.3 – Altre aree inserite nell'elenco delle aree da studiare per l'aggiornamento delle mappe

Codice Bacino	Denominaz. Bacino / area territoriale	Località	Comune	Riferimento C.T.R.	Note
033	f. San Leonardo	Centro urbano attraversato da n. torrenti in parte coperti.	Mezzojuso	608100	Circolare ARTA sulla Direttiva Alluvioni
033	f. San Leonardo	Varie aree del centro urbano	Caccamo	608080; 609050	Circolare ARTA sulla Direttiva Alluvioni

3 ANALISI RISCHIO IDRAULICO

3.1 Analisi Territoriale

Nel presente documento è stata utilizzato lo studio effettuato in sede di PAI in cui l'analisi territoriale è stata condotta utilizzando la cartografia di base CTR scala 1:10.000 e un ausilio aereofotogrammetrico rappresentato dalle ortofoto IT2000.

L'individuazione degli elementi a rischio, effettuata sia sulla CTR che sull'ortofoto e la loro correlazione con il reticolo fluviale, ha permesso di individuare per i manufatti di attraversamento e per le opere antropiche in prossimità dell'alveo la situazione di potenziale rischio.

Inoltre, lo studio geomorfologico ha consentito di prendere in considerazione tutti gli elementi che possono ulteriormente definire le aree potenzialmente inondabili (andamento piano altimetrico dell'alveo, presenza di depositi alluvionali conseguenti a fenomeni di trasporto solido, evidenze relative a precedenti tracce di esondazione, ecc.).

Si riportano di seguito le considerazioni che sono state tratte dall'analisi territoriale per la zona che si è ritenuto esaminare prioritariamente a causa della presenza di opere antropiche: l'area che dalla diga Rosamarina raggiunge la foce del fiume S. Leonardo.

Il sopraccitato tratto fluviale è costituito da due tronchi dalle caratteristiche morfologiche nettamente diverse.

Il primo tratto di monte, esteso 3.20 Km, va dalla diga all'attraversamento dell'Autostrada A19 ed è caratterizzato da una elevata pendenza media (circa 3%), da un andamento del talweg quasi rettilineo e da una valle stretta ed incisa mancante di rilevanti varici e zone di espansione che potrebbero indurre una significativa laminazione dell'onda di piena transitante. Le sezioni trasversali hanno forma a V o trapezia, con larghezza di fondo limitata e con sponde aventi scarpa anche superiori all' 1/1. Pendici scoscese ed un'aspra morfologia rendono poco accessibile l'intero tratto lungo le sponde dell'asta fluviale.

Data l'inaccessibilità dei luoghi sono assenti in questo tronco insediamenti urbani o rurali o case isolate. Le infrastrutture viarie sono costituite essenzialmente dalla strada di servizio alle opere di disconnessione e regolazione della diga Rosamarina e da viottoli non carrabili. Subito a valle dell'attraversamento dell'autostrada A19 si apre di colpo la valle alluvionale del S. Leonardo che costituisce sino alla foce il secondo tratto del corso d'acqua. Questo tratto, differenziandosi nettamente dal precedente, è caratterizzato da un andamento fluviale sinuoso tendente al meandriforme con pendenza media dell'asta di circa 0,5% e sezioni sub rettangolari più ampie.

L'area valliva, estesa circa 130 ha, è interessata da diffusi insediamenti, rurali e civili, da alcuni impianti (Centrale di trasformazione Enel, Impianto di depurazione del macello comunale), da un ponte di particolare rilevanza storico- architettonica (ponte Monumentale S. Leonardo) e da importanti infrastrutture viarie quali la SS 113 e la linea ferroviaria PA – ME che, con il suo rilevato, ubicato a breve distanza dalla costa, chiude l'estremità della valle.

Inoltre, l'intera area, destinata in buona parte a coltivazioni orticole in pieno campo e protette, è interessata da una fitta rete di stradelle di penetrazione.

A testimonianza di passati eventi alluvionali che hanno interessato l'area, gran parte dell'asta fluviale, è stata oggetto di interventi idraulici sistematori, realizzati prevalentemente lungo il tratto intermedio e vallivo.

Dall'analisi critica delle aree storicamente inondate, con quelle potenzialmente inondabili, individuate da precedenti studi, e dall'analisi territoriale, si sono individuate le aree in cui sarebbe necessario eseguire specifiche verifiche idrauliche. Esse sono:

- area a valle della diga Rosamarina nel comune di Termini Imerese;
- area riportata nell'Agg. 2002 nel comune di Mezzojuso;
- area riportata nel PS 2000 nel comune di Vicari.

In questa fase, si è provveduto ad analizzare prioritariamente l'area a valle della diga Rosamarina fino alla foce. Tale scelta è stata dettata principalmente dal fatto che in questa zona sono stati individuati numerosi elementi a rischio.

3.2 Studio Idrologico

Il bacino idrografico del fiume San Leonardo, di estensione pari a circa 507 km², è stato suddiviso in 5 sottobacini; per ogni sezione di chiusura dei sottobacini sono state calcolate le massime portate al colmo di piena per assegnati tempi di ritorno, utilizzando i modelli matematici HEC-GeoHMS prima, e HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System) dopo, entrambi sviluppati dal U.S. Army Corps of Engineers, interfacciati con il software Arcview GIS, ed applicando la metodologia dettagliatamente descritta nella apposita relazione redatta dal Dipartimento di Idraulica e Applicazioni Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo (DIAA). I tempi di ritorno considerati sono di 50, 100 e 300 anni, in accordo con quanto indicato nel D.L. 180/98.

Di seguito si riportano sinteticamente la procedura adottata ed i risultati dello studio idrologico condotto.

Lo studio è stato sviluppato in due fasi successive: la prima, definita di pre-processing, ha consentito di individuare automaticamente, partendo da un modello digitale delle quote del territorio, denominato DEM (Digital Elevation Model), il reticolo idrografico, le dislivelli e, quindi, i limiti di bacino e dei sottobacini, ciascuno dei quali corredato dai principali parametri morfologici; la seconda, di modellazione idrologica, ha permesso di simulare mediante il modello HEC-HMS, utilizzando come dati di input quelli ottenuti nella fase precedente, i processi di Afflusso-Deflusso, ottenendo, infine, i valori delle massime portate al colmo di piena per i fissati tempi di ritorno in corrispondenza delle sezioni sia di chiusura dei sottobacini considerati, sia di confluenza dei sottobacini stessi con l'asta fluviale principale.

In Fig. 3.1 è riportato il DEM relativo al bacino idrografico in studio compreso i limiti ed il reticolo idrografico. Le dimensioni delle celle del DEM utilizzato sono di 100x100 m.

In Fig. 3.2 è riportato lo schema idrologico, prodotto dal modello HEC-GeoHMS, utilizzato per il calcolo delle portate al colmo di piena.

Per la determinazione della "pioggia netta" o "deflusso superficiale" è stato utilizzato il metodo noto come "SCS-Curve Number". La precipitazione netta si ottiene sottraendo alla precipitazione totale, P, le perdite iniziali, I_a, dovute all'immagazzinamento superficiale, all'intercettazione operata dalla copertura vegetale presente ed all'infiltrazione prima della formazione del deflusso. La precipitazione netta, P_n, si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale, V, e l'invaso del suolo, W, secondo la seguente espressione:

$$P_n = V + W$$

Le perdite iniziali sono correlate all'invaso massimo del suolo, S, attraverso la seguente relazione:

$$I_a = 0.2 S$$

e tenendo conto che P_n = P - I_a, il deflusso superficiale può essere espresso mediante la seguente espressione:

$$V = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

la valutazione del deflusso superficiale presuppone sia la conoscenza della precipitazione totale, P, sia la stima del massimo invaso del suolo, S, che, in teoria, può assumere valori compresi tra 0 ed

infinito, in corrispondenza, rispettivamente, di superficie perfettamente impermeabile e di superficie perfettamente permeabile, condizione, quest'ultima, che non dà luogo alla formazione di alcun deflusso superficiale. La valutazione di S è condotta mediante la seguente relazione:

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

in cui S_0 è un fattore di scala pari a 254 mm e CN è un parametro, compreso tra 0 e 100, che indica l'attitudine del bacino esaminato a produrre deflusso ed è stimato in relazione alle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale presenti nel bacino. I valori medi areali di CN, relativi ad ogni sottobacino nel quale è stato suddiviso il bacino principale, sono stati ottenuti utilizzando la distribuzione regionale determinata da Maltese (2003), attraverso la metodologia meglio descritta nella relazione metodologica predetta.

In Fig. 3.7 è riportata la distribuzione areale del valore CN nel bacino in studio tratta dal DTM (Digital Terrain Model) fornito dal DIAA.

I valori medi di CN, relativi ai sottobacini considerati, sono riportati in Tab. 3.2. Le sezioni di riferimento in esame sono denominate con il codice HMS e sono indicate in Fig. 3.2. Mediante tecniche di elaborazione GIS, sono state determinate le curve isocorrive; il massimo valore della curva isocorriva di ciascun sottobacino ne rappresenta il corrispondente tempo di corrivazione. Quest'ultimi valori sono riportati in Tabella 3.2.

Per la determinazione delle massime portate al colmo di piena sono stati ricostruiti, per ciascun sottobacino, gli ietogrammi sintetici di progetto per fissato tempo di ritorno, applicando il modello meteorologico denominato "Frequency Storm", meglio descritto nella relazione metodologica. Le altezze di pioggia, h , di data durata, t , e fissato tempo di ritorno, T , sono rappresentate attraverso la seguente relazione esponenziale in forma monomia:

$$h = K_T a t^n$$

in cui a ed n sono due parametri caratteristici delle stazioni pluviometriche, mentre K_T è un parametro di scala, denominato coefficiente di crescita, dipendente sia dal tempo di ritorno, T , sia dal coefficiente di variazione della stazione pluviometrica, CV , attraverso la seguente relazione:

$$K_T = 1 - CV \left(0.450 + 0.779 \ln \left(\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right) \right)$$

in Tab. 3.1 sono riportati, per ogni sottobacino, i valori medi dei parametri a , n e CV , i quali sono stati ottenuti, mediante tecniche GIS, dai relativi DTM forniti dal DIAA (vedi Figure 3.3-3.5). I valori dei predetti parametri relativi all'intero bacino sono stati determinati come media pesata dei valori dei sottobacini, in funzione della loro estensione areale (vedi Tabella 3.4). In Figura 3.11 sono rappresentate le curve di possibilità pluviometriche per i tre tempi di ritorno considerati.

In Fig. 3.1 è riportato il DEM relativo al bacino idrografico del fiume S. Leonardo, compresi i limiti ed il reticolo idrografico. Nella Fig. 3.2, è riportato lo schema idrologico, prodotto dal modello HEC-GeoHMS, utilizzato per il calcolo delle portate al colmo di piena.

Per il bacino in esame le dimensioni delle celle del DEM utilizzato sono di 100x100 m.

Fig. 3.1 - DEM (Digital Elevation Model) relativo al bacino del fiume S. Leonardo

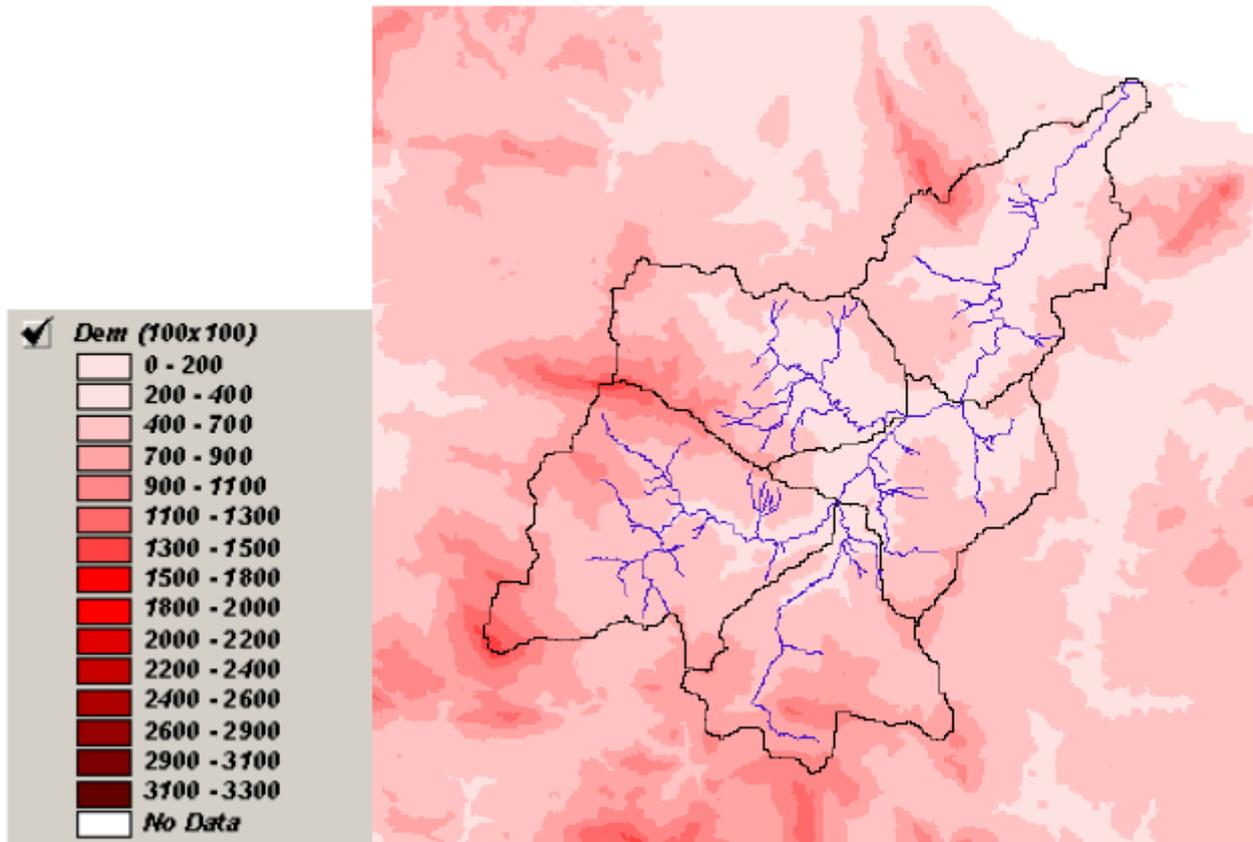
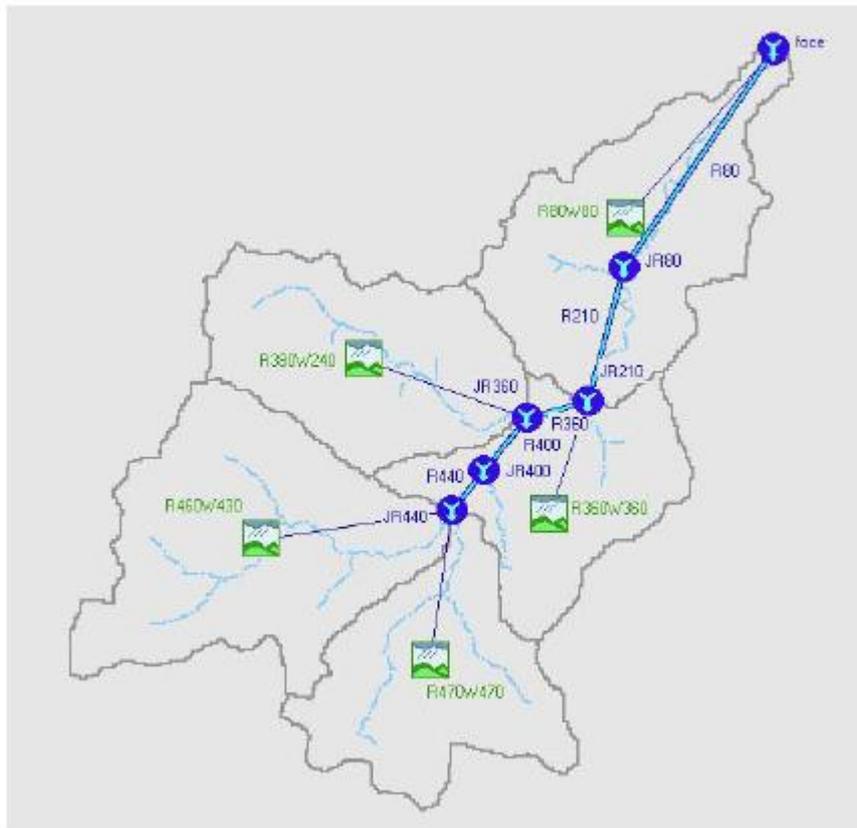


Fig. 3.2 - Schema idrologico del bacino del fiume S. Leonardo



Lo studio effettuato è stato articolato in tre fasi:

1. Studio della piovosità.

E' stato condotto uno studio delle piogge al fine di calcolare i parametri statistici necessari per la costruzione delle curve di probabilità pluviometrica (v. Relazione Generale PAI) per il bacino idrografico in esame. Questa fase ha condotto alla determinazione dei parametri meteorologici, "a", "n" e "CV" relativamente alla superficie sottesa dalla sezione di chiusura in corrispondenza della foce. A partire dalle carte "iso-a", "iso-n" e "iso-CV" (Tavole 4, 5 e 6 della Relazione Generale) a scala regionale, sono stati ottenuti i valori medi a scala di bacino (Tab. 3.1) utilizzando il software Arc-View.

Nelle Fig. 3.3, Fig. 3.4, Fig. 3.5 sono riportate le carte "iso-a", "iso-n" e "iso-CV" in corrispondenza del bacino in esame; nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.**, è riportata la curva di probabilità pluviometrica (CPP) ricavate in seguito ai parametri prima calcolati, per i tre tempi di ritorno considerati.

La ricostruzione degli ietogrammi sintetici lordi a partire dalle CPP per i tre tempi di ritorno considerati è stata effettuata a partire dalle serie storiche di pioggia registrate nelle stazioni pluviografiche ricadenti nell'area di studio. In particolare si è ipotizzato uno ietogramma centrato ed una durata critica pari a 6 ore.

Fig. 3.3 - DTM relativo alla distribuzione del parametro "a" nel bacino idrografico del fiume San Leonardo.

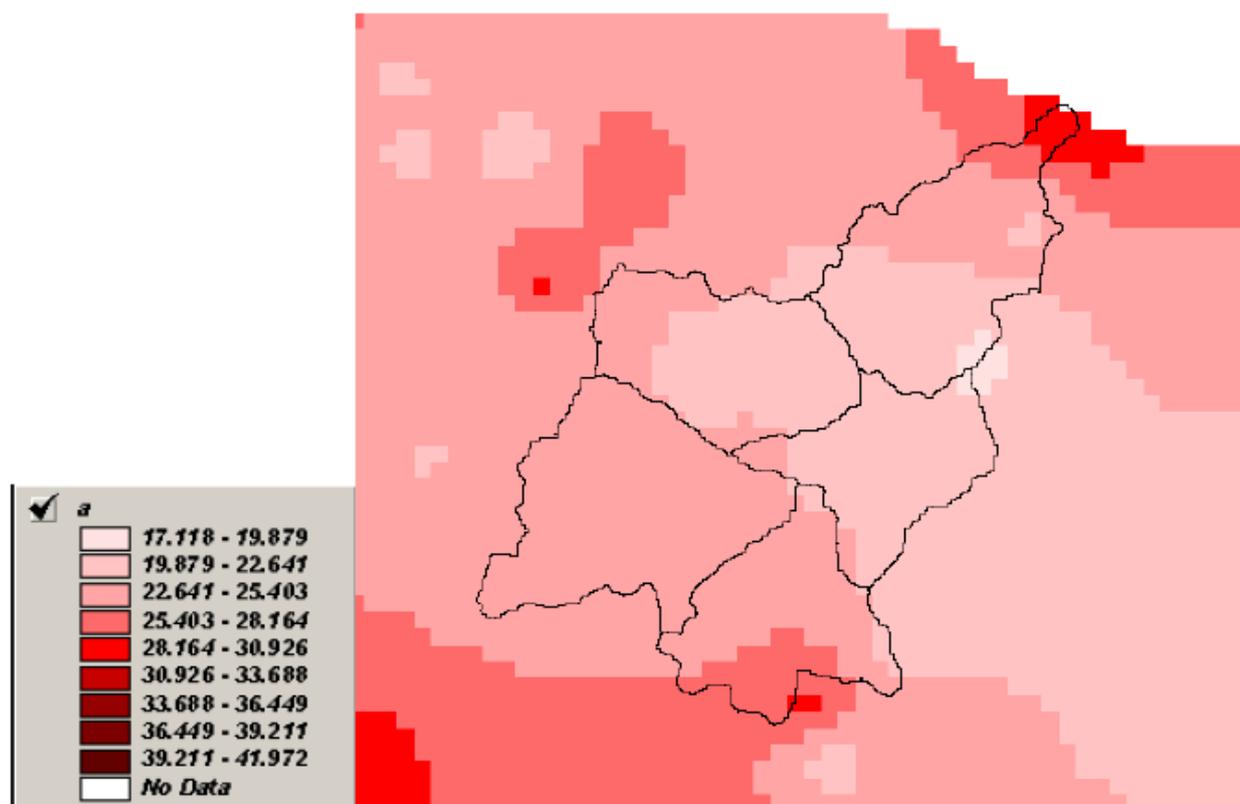


Fig. 3.4 - DTM relativo alla distribuzione del parametro "n" nel bacino idrografico del fiume San Leonardo.

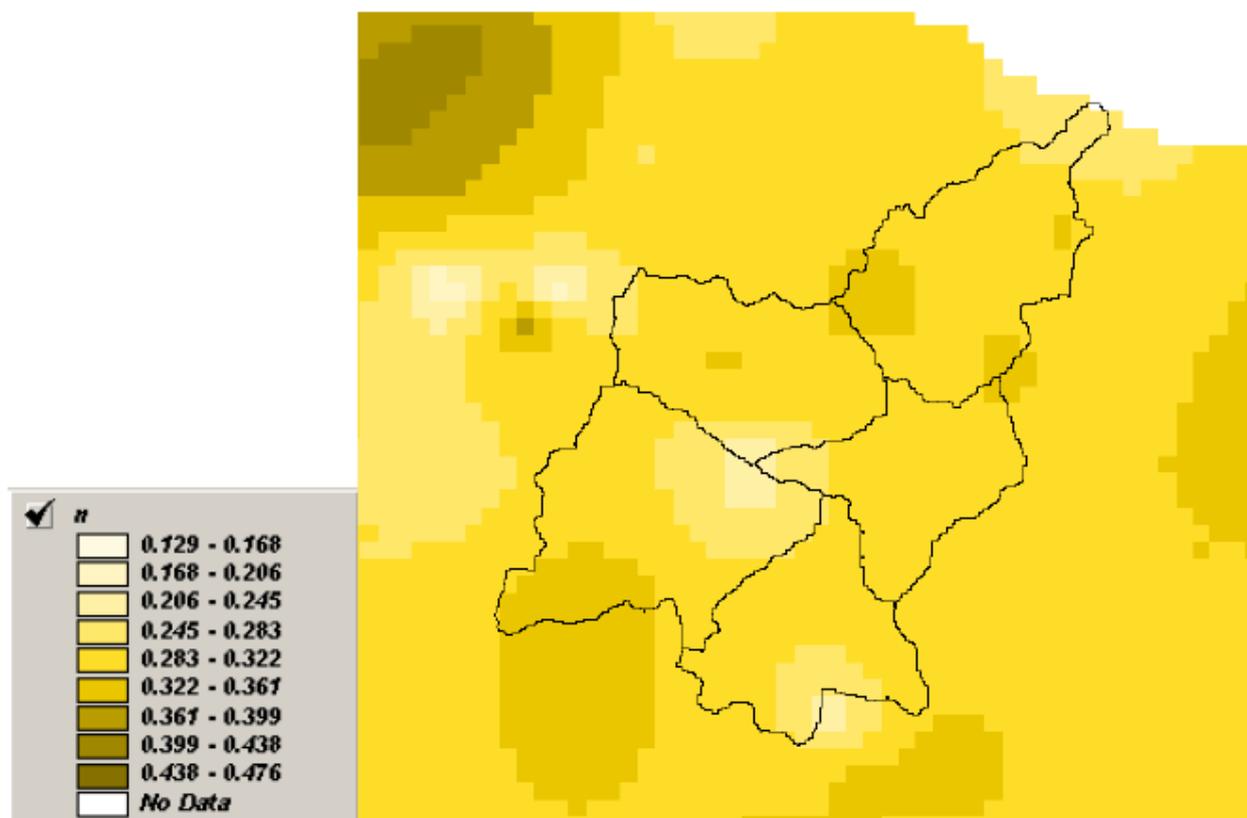
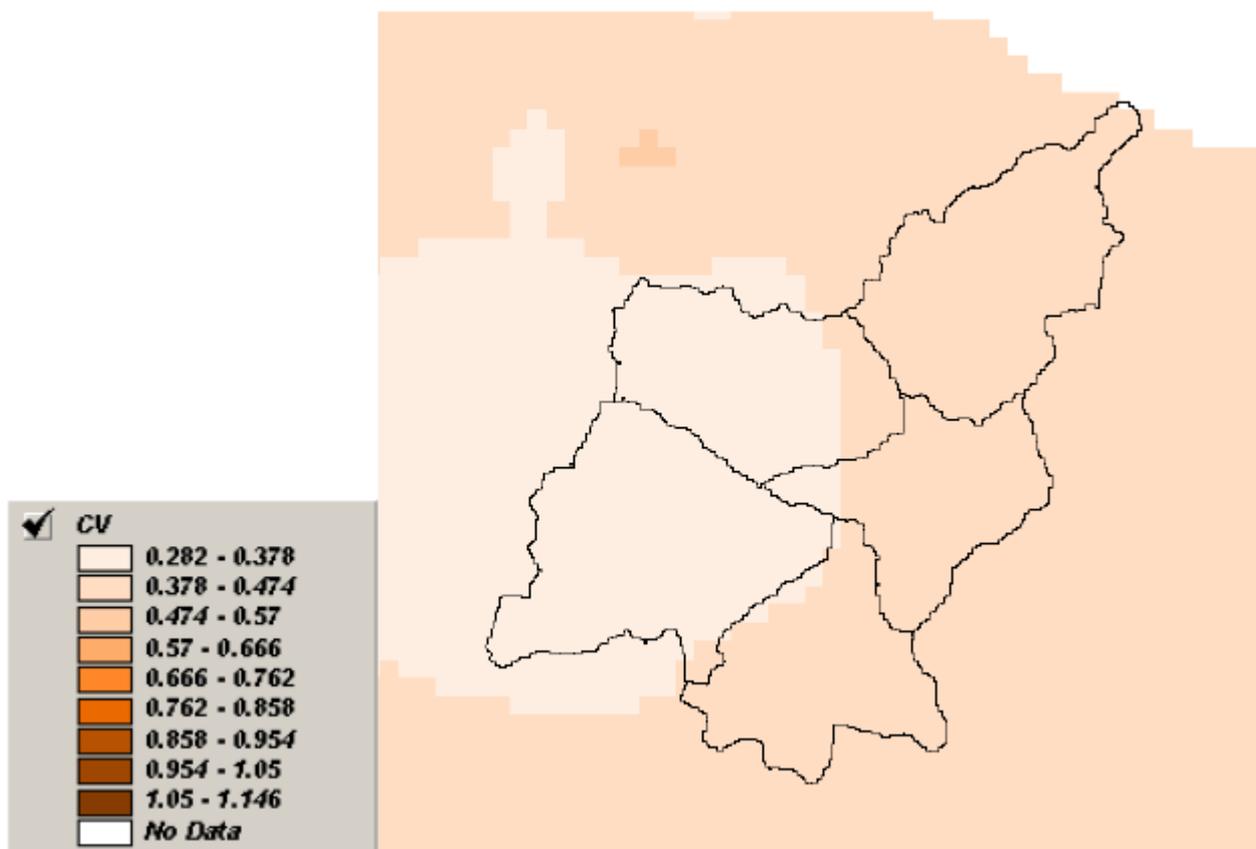


Fig. 3.5 - DTM relativo alla distribuzione del parametro “CV” nel bacino idrografico del fiume San Leonardo.



Tab. 3.1 - Valori medi areali dei parametri “a”, “n” e “CV” relativa al bacino idrografico del fiume San Leonardo

Bacino Idrografico del fiume San Leonardo				
Bacino idrografico	Superficie totale (km ²)	a	n	CV
fiume San Leonardo	507,0	23,1	0,30	0,38

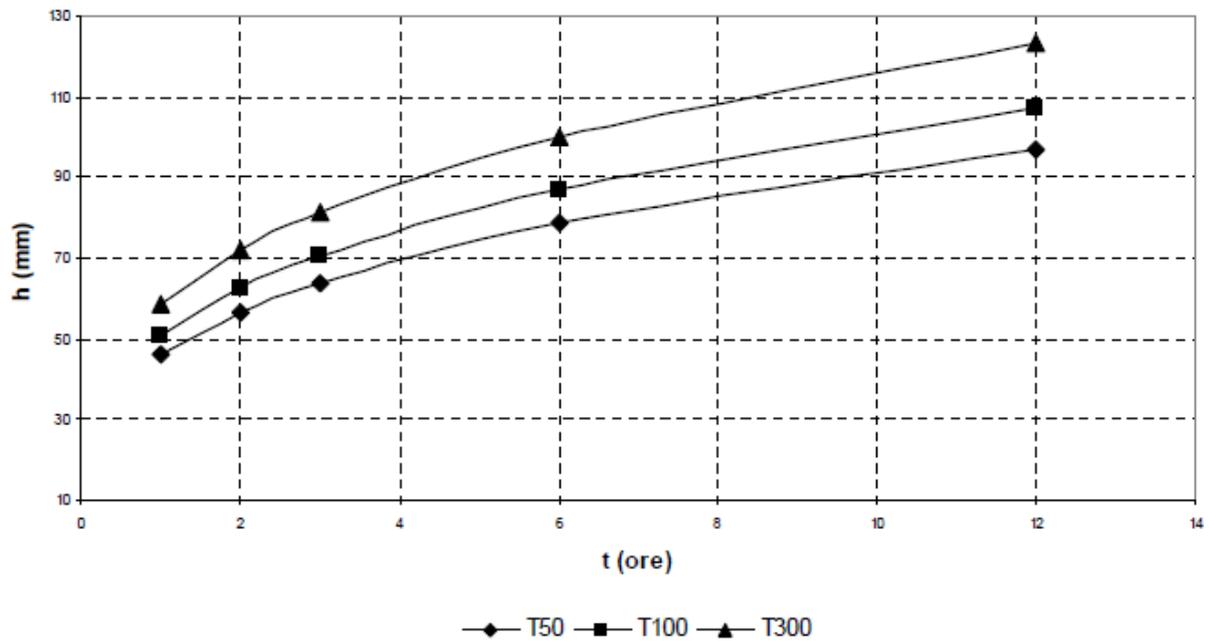


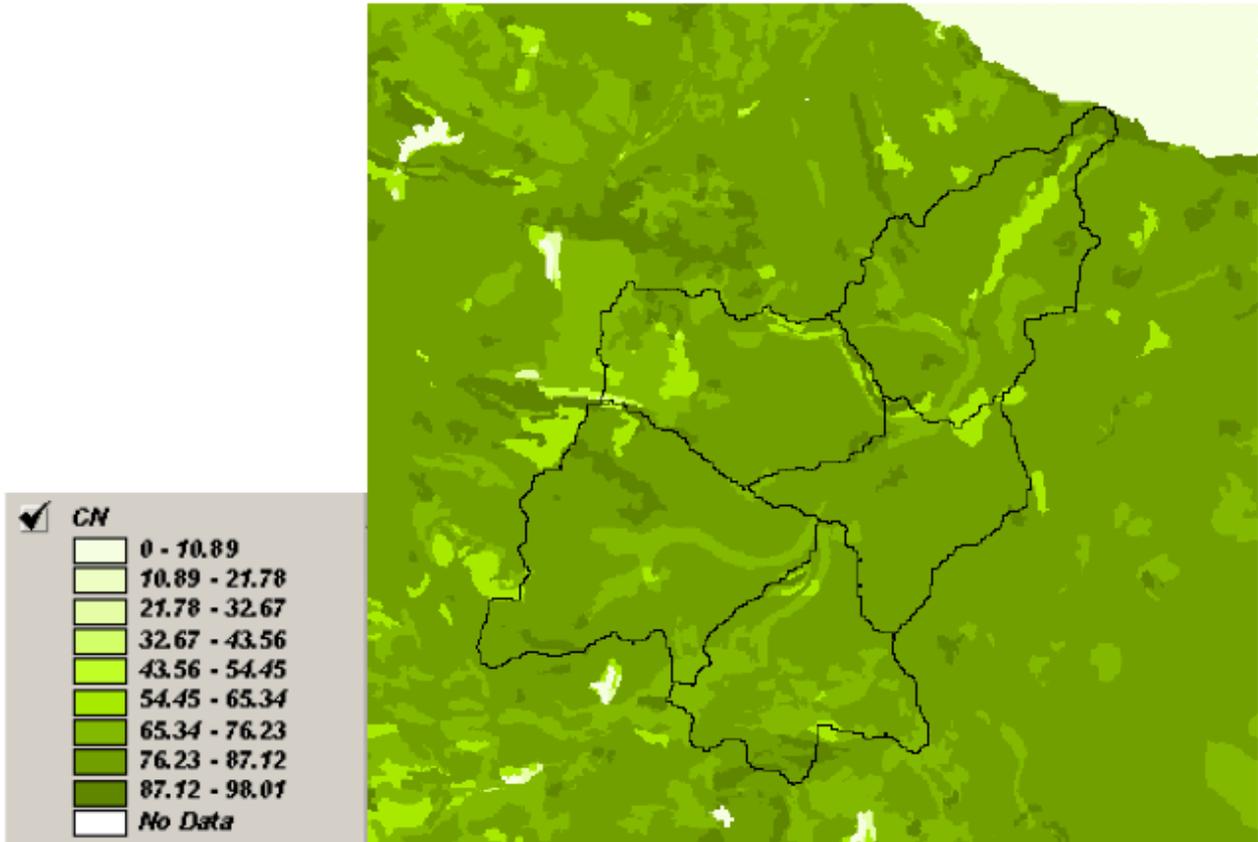
Fig. 3.6 - Curve di probabilità pluviometrica per il bacino del fiume San Leonardo per fissati tempi di ritorno

2. Calcolo della pioggia netta.

Per la determinazione della pioggia netta o deflusso superficiale è stato utilizzato il metodo SCS-Curve Number descritto in dettaglio nella Relazione Generale. I valori medi areali di CN, relativi ad ogni sottobacino nel quale è stato suddiviso il bacino principale, sono stati ottenuti utilizzando la distribuzione regionale, determinata da Maltese (2003).

In Fig. 3.7 è riportata la distribuzione areale del valore CN per i tre bacini in studio.

Fig. 3.7 - DTM (Digital Terrain Model) relativo alla distribuzione del parametro "CN" nel bacino idrografico del fiume San Leonardo



I valori medi di CN, relativi ai sottobacini considerati, sono riportati nella Tab. 3.2

Tab. 3.2

Tab. 3.2 - Valori medi del parametro CN per ogni sottobacino del bacino idrografico del fiume San Leonardo

Sottobacino N°	Area (km ²)	Codice Sottobacino HMS	CN
1	131,8	R460W430	81
2	86,6	R470W470	79
3	97,2	R380W240	79
4	77,3	R360W360	80
5	114,2	R80W80	79

3. Determinazione del trasferimento della pioggia netta alla sezione di chiusura.

Il calcolo degli idrogrammi di piena è stato effettuato con il metodo della corrivazione per le diverse sezioni di chiusura per i quali è richiesto il calcolo della portata di piena.

A partire dal DEM del bacino, caratterizzato da una maglia quadrata di dimensioni 100 metri, sono stati ricavati automaticamente i percorsi di drenaggio, è stato individuato il reticolo idrografico e calcolata la lunghezza delle linee di drenaggio. A quest'ultima è stata associata una velocità di scorrimento superficiale costante e pari a 1,0 m/s. Ottenuta così la carta delle isocorrive è stato possibile ricavare la curva aree-tempi e quindi i tempi di corrivazione dei sottobacini in esame (Tab. 3.3).

Tab. 3.3 - Valori del tempo di corrivazione di del bacino idrografico del fiume San Leonardo

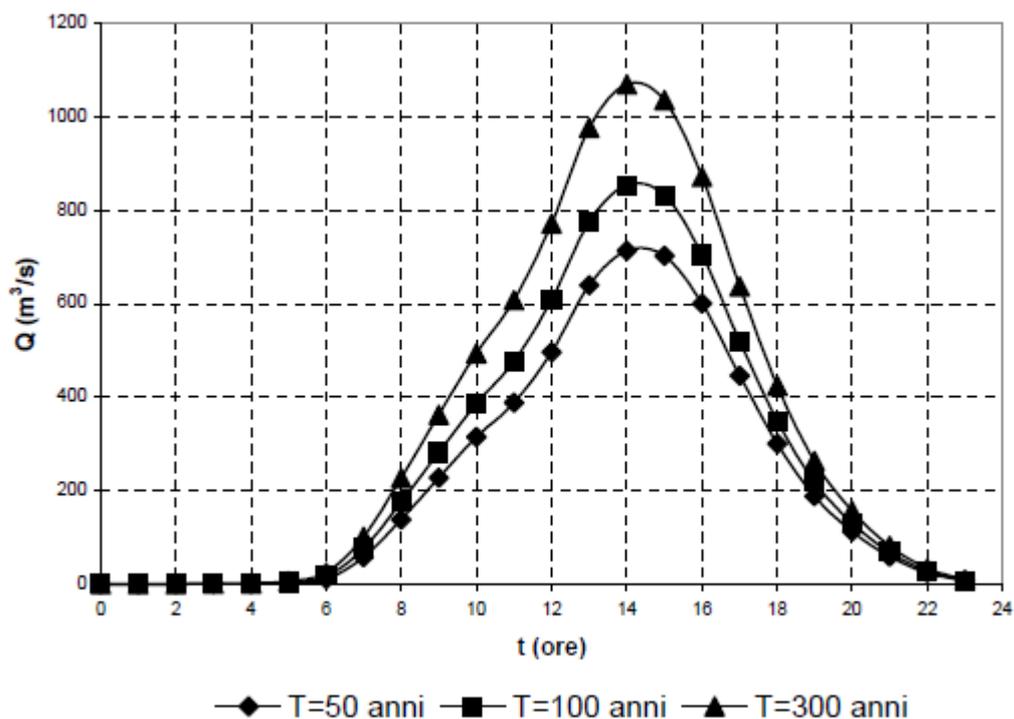
Sottobacino N°	Area (km ²)	Codice Sottobacino HMS	t _c (ore)
1	131,8	R460W430	5,0
2	86,6	R470W470	4,0
3	97,2	R380W240	3,0
4	77,3	R360W360	5,0
5	114,2	R80W80	4,0

Il calcolo dell'idrogramma uscente attraverso la sezione di chiusura del generico sottobacino è stato effettuato utilizzando il modulo User Specified Unit Hydrograph del modello HEC-HMS (v. Relazione Generale).

Il calcolo dell'onda di piena risultante nella sezione di chiusura del bacino principale è stato effettuato utilizzando il modulo Routing Method Lag di HEC-HMS ipotizzando i sottobacini collegati tramite canali lineari ed una semplice traslazione dell'onda di piena. Il tempo di ritardo di ciascun canale è stato calcolato in funzione delle caratteristiche del corso d'acqua (lunghezza, pendenza, scabrezza) e della velocità della corrente supposta pari ad 1,5 m/s.

Di seguito, nella Fig. 3.8, sono riportati gli idrogrammi di piena in corrispondenza della sezione di chiusura della foce (*cod. HMS: Foce*) del fiume S. Leonardo per i tre tempi di ritorno considerati.

Fig. 3.8 - Idrogrammi di piena alla foce del fiume S. Leonardo per tempi di ritorno pari a 50, 100, 300 anni.



Tab. 3.4 - Valori delle portate al colmo di piena (Q_t), per tempi di ritorno pari a 50, 100, 300 anni, in corrispondenza delle sezioni di calcolo considerate nello schema di calcolo HMS.

Sezione di Calcolo N°	Codice sezione HMS	Superficie Drenata (km ²)	$Q_{t=50}$ (m ³ /s)	$Q_{t=100}$ (m ³ /s)	$Q_{t=300}$ (m ³ /s)
1	JR440	218,4	524,0	622,4	782,3
2	JR360	315,6	650,3	769,4	962,7
3	JR210	392,9	684,1	811,7	1019,4
4	Foce	507,1	713,4	845,7	1061,1

Si osserva che nel presente studio non è stata considerata la presenza dell'invaso Rosamarina e, quindi, l'effetto della sua capacità di laminazione delle piene, eseguendo delle verifiche idrauliche considerando tutta la portata convogliata dall'intero bacino morfologico originario. La valutazione della massima portata scaricata dall'invaso Rosamarina dovrebbe considerare sia quella in uscita dallo scarico di superficie sia quella dello scarico di fondo, ipotizzandone il loro funzionamento contemporaneo. Tuttavia, poiché tali portate fanno riferimento ad un valore del tempo di ritorno superiore al valore massimo considerato in questo studio (300 anni) e, inoltre, sono certamente valutate sulla base di dati idrologici registrati in un intervallo temporale diverso da quello utilizzato nel presente studio, si è preferito svincolarsi dai suddetti valori ai fini delle verifiche idrauliche.

Tale scelta, seppur non rispecchi del tutto la realtà idraulica del bacino, determina dei valori di portata nell'alveo che risultano più elevati rispetto a quelli effettivi conseguenti ad un effetto di laminazione dell'invaso, sovrastimando in tal modo i risultati delle simulazioni idrauliche a vantaggio della sicurezza.

3.3 Studio Idraulico

La modellazione idraulica del corso d'acqua è stata condotta utilizzando il codice di calcolo monodimensionale HEC-RAS. In particolare, attraverso un'operazione preliminare di preprocessing sono stati importati i dati di input all'interno del modello HEC-RAS. Tali dati sono stati integrati con tutte le indicazioni, di seguito descritte, che derivano dall'analisi cartografica, territoriale e dai sopralluoghi di campagna (rilevo di alcune sezioni trasversali non disponibili dallo studio E.S.A., verifica dello stato di fatto del fondo alveo, raccolta di una documentazione fotografica, ecc.) predisposti in questa fase.

3.3.1 Rilievi e Cartografia

L'analisi è stata condotta utilizzando la Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000), la cartografia ed i rilievi messi a disposizione dall'E.S.A..

3.3.2 Caratteristiche Fisiche ed Idrauliche del fiume S. Leonardo

Il ramo fluviale del S. Leonardo, dalla diga alla foce, è costituito da due tratti morfologicamente diversi, già descritti nella sottosezione 3.2.2 relativa all'analisi territoriale.

Nel tratto a monte dell'autostrada A19 l'alveo è caratterizzato da una elevata pendenza media ed è costituito da depositi alluvionali e da materiale proveniente dalla disgregazione e dal crollo di volumi lapidei di natura carbonatica dai versanti. La pezzatura, ovunque grossolana, raggiunge le dimensioni maggiori a monte con blocchi di diametro massimo pari a 3÷5 m e medio pari a 0,5 m. Le dimensioni dei blocchi diminuiscono verso valle (diametro medio pari a 0,30 m); tuttavia sono sempre presenti, anche se con frequenza minore, blocchi di grande diametro. L'alveo del tratto a valle dell'autostrada A19, è caratterizzato da passati interventi di sistemazione idraulica costituiti da difese di sponda realizzate in gabbioni o con muri in c.a. ed arginature.

Relativamente alle caratteristiche di resistenza idraulica, è noto che esse si differenziano a seconda che la sede di deflusso sia l'alveo o le aree golenali o di allagamento. Nel primo caso le caratteristiche dipendono principalmente dalle dimensioni del materiale di fondo, dalla presenza e qualità della vegetazione fluviale e dalla morfologia plano-altimetrica delle sezioni e del tracciato fluviale. Per le aree limitrofe golenali o di allagamento giocano un ruolo determinante la natura del suolo, la tipologia di coltivazione, la frammentazione poderale, la densità delle infrastrutture e delle costruzioni (macro rugosità) e le irregolarità naturali della superficie.

L'osservazione diretta delle suddette caratteristiche sull'area in esame ha indirizzato ad una scelta di opportuni valori del coefficiente di Manning compresi tra 0,03 e 0,06 $m^{-1/3}$ s, tratti dalla tabella relativa ai valori dell'indice di scabrezza per i corsi d'acqua naturali proposta da Chow (1959).

3.3.3 Opere Principali Presenti nel Corso d'Acqua

3.3.3.1 Attraversamenti

L'individuazione e caratterizzazione geometrica degli attraversamenti fluviali risulta necessaria per valutare, attraverso il software HEC-RAS, se la portata massima, calcolata per fissato tempo di ritorno, defluisce senza sormontare l'attraversamento stesso.

Le opere di attraversamento principali presenti nell'area oggetto di studio (tratto fluviale del S. Leonardo che dalla diga raggiunge la foce) sono elencate in Tabella 3.5, e di seguito descritte:

- ponte metallico a tre campate della linea ferroviaria Palermo-Messina. Esso rappresenta l'infrastruttura principale che interessa la valle con uno sviluppo di circa 800 m ed un'altezza variabile da 3,50 a 4,50 m chiude l'estremità della valle in corrispondenza della foce.
- ponte metallico ad unica campata della SS. 113;
- ponte S. Leonardo, che costituisce un elegante esempio di ponte monumentale ad arco in stile barocco, realizzato con muratura a sacco e cornici in tufo, provvisto di due alte rampe laterali di accesso;
- passerella in c.a., provvisoria, di luce limitata;
- pila del viadotto "Sicilia" della A19 disassata rispetto l'asse dell'alveo, con quota di imposta superiore di 4,20 m rispetto la quota di fondo alveo.

Tab. 3.5 – Elenco delle opere principali di attraversamento presenti nel tratto fluviale preso in esame

Attraversamento n.	Distanza progressiva dalla diga [m]	Denominazione
1	5921	Ponte metallico linea FF.SS. Pa – Me
2	5447	Ponte metallico S.S. n. 113
3	5364	Ponte monumentale in pietrame
4	3395	Passerella provvisoria in c.a.
5	3130	Ponte autostrada A19 (ponte Sicilia)

Per ognuno di essi è stata necessaria una caratterizzazione geometrica al fine di valutare, attraverso il software HEC-RAS, se la portata massima defluisce senza sormontarlo. I rilievi, eseguiti in situ, sono riportati nelle schede identificative”, assieme ad una corografia generale di tutti gli attraversamenti, contenute nell’Allegato: monografia “Opere principali nel corso d’acqua e risultati delle verifiche idrauliche.

3.3.3.2 Opere di sistemazione idraulica

Le opere di sistemazione idraulica, che interessano direttamente il fiume, sono rappresentate da interventi discontinui di sistemazione costituiti da soglie, difese di sponda in muratura, in cemento armato ed argini. Il tratto tra i ponti della SS.113 e della linea FF .SS. è sistemato organicamente con una difesa di sponda in gabbioni la cui sommità supera la quota dei terreni circostanti costituendo un argine alto circa 1 m.

3.3.4 Verifiche Idrauliche

E’ stata condotta la verifica idraulica del tronco fluviale del San Leonardo compreso tra la diga Rosamarina e la foce, per una lunghezza complessiva di circa 6 km.

I valori delle portate al colmo di piena utilizzati sono quelli corrispondenti al codice HMS “Foce” riportato in Tabella 3.4.

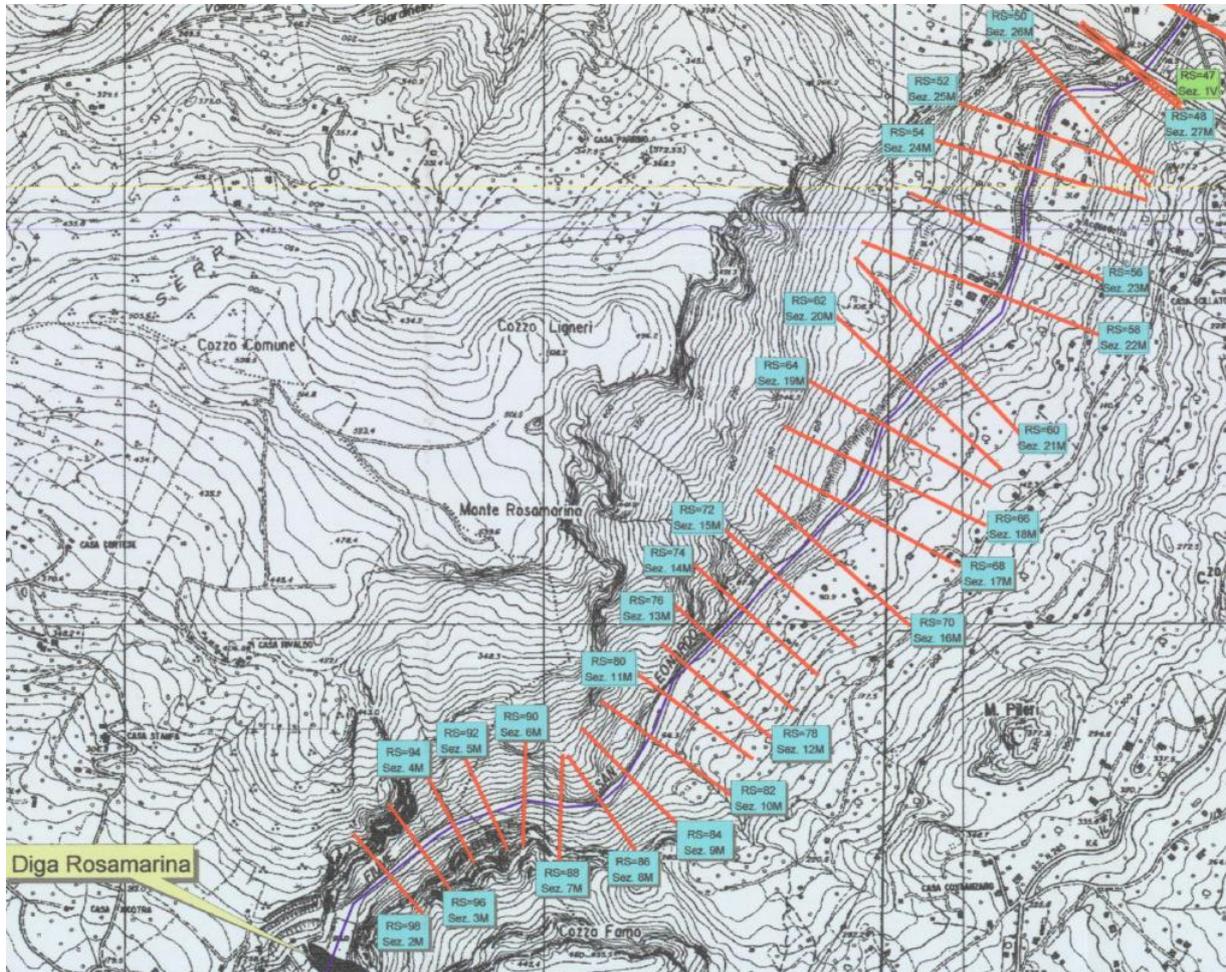
Come detto precedentemente, per la simulazione idraulica è stato applicato il modello monodimensionale HEC-RAS nell’ipotesi di regime di moto permanente. Sono state condotte tre simulazioni, una per ogni portata al colmo di piena per fissato tempo di ritorno (50, 100 e 300 anni).

Per la simulazione idraulica sono state considerate 53 sezioni, di cui 31 a monte del ponte dell’Autostrada A19 (tratto montano) e 22 a valle del ponte stesso (tratto vallivo); l’ubicazione delle sezioni è indicata nelle seguenti figure Fig. 3.9 e Fig. 3.10

Fig. 3.9 – Ubicazione cartografica delle sezioni di calcolo utilizzate per la verifica idraulica (stralcio 1 di 2).



Fig. 3.10 – Ubicazione cartografica delle sezioni di calcolo utilizzate per la verifica idraulica (stralcio 2 di 2).



I risultati delle verifiche idrauliche sono riportati, in forma tabellare ed in forma grafica, in Appendice E. Le tabelle riportano, per fissato tempo di ritorno e per ciascuna sezione di calcolo, la portata, la quota del fondo alveo, la quota del pelo libero, il tirante idrico riferito al fondo alveo, la pendenza dell'alveo, la velocità media di deflusso e la sezione idrica. Le sezioni trasversali e longitudinali riportano i tiranti idrici ed i coefficienti di Manning utilizzati. Nel tratto montano del tronco fluviale, compreso tra la sezione RS 97 e la sezione RS 48, i tiranti idrici per gli eventi con tempo di ritorno di 50, 100 e 300 anni, variano, rispettivamente, da 2,5 a 8,3 m, da 2,8 a 9,1 m e da 3,3 a 10,3 m. Nel tratto vallivo, compreso tra la sezione RS 47 e RS 10, i tiranti idrici variano da 2,1 a 8,1 m per $T=50$ anni, da 2,3 a 8,4 m per $T=100$ anni e da 2,7 a 9,2 m per $T=300$ anni.

Occorre osservare che l'utilizzo del modello HEC-RAS in regime di moto permanente non permette di rappresentare il fenomeno della laminazione della piena e, pertanto, la sua applicazione andrebbe limitata a quei casi in cui non intervengono, o si possono trascurare, gli effetti non stazionari della propagazione della piena. Nella fattispecie, per le configurazione particolare del terreno limitrofo al tratto vallivo del corso d'acqua, caratterizzato da basse pendenze, tale modello risulta poco adeguato per la descrizione dell'esonazione della piena su tali aree. Sarebbe necessario, dunque,

applicare un modello non stazionario che riproduca, nello spazio e nel tempo, la dinamica di propagazione e la laminazioni degli idrogrammi di piena, tenendo conto degli effettivi scambi di massa tra l'alveo e le aree inondate. Tale problema risulta essere ancora più critico in considerazione del fatto che la valutazione del rischio idraulico dovrebbe essere legata al calcolo del tirante idrico determinato sulle aree inondabili. Tuttavia, l'adozione di un modello di calcolo bidimensionale richiede la conoscenza ad una scala dettagliata delle quote del terreno nelle aree esondabili. Poiché tali informazioni non sono al momento disponibili, si è preferito adottare una metodologia speditiva meglio descritta successivamente per l'individuazione delle aree inondabili.

3.4 Perimetrazione delle aree potenzialmente inondabili

La pericolosità "P", identificata con l'area inondata, è stata valutata seguendo la "metodologia semplificata" proposta dal D.I.I.A.A. della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Palermo, in funzione del solo tempo di ritorno e, precisamente, in modo inversamente proporzionale ad esso (vedi Tab. 3.6).

Tab. 3.6 - Definizione delle pericolosità idraulica P secondo la metodologia semplificata

T (anni)	P
50	P3 (alta)
100	P2 (moderata)
300	P1 (bassa)

Per l'individuazione delle aree inondate si è fatto riferimento alle quote del pelo libero, ottenute dai calcoli del modello HEC-RAS, cercando ove possibile di intersecare tali piani ideali con le curve di livello riportate nella cartografia di riferimento.

Nel tratto montano, caratterizzato da un alveo decisamente incassato, per tutte le condizioni studiate (T=50, 100 e 300 anni) non sono state registrate situazioni di esondazione. Al contrario, nel tratto vallivo, a più modesta pendenza, sono state individuate delle aree inondabili di estensione crescente all'aumentare del tempo di ritorno dell'evento di piena considerato. La perimetrazione delle aree inondabili è stata condotta determinando la linea di intersezione tra il pelo libero del corso d'acqua ed il terreno; nei casi in cui, non è stato possibile ottenere tale intersezione, si è proceduto alla determinazione della possibile area inondabile basandosi su considerazioni relative al valore del tirante idrico rispetto all'andamento morfologico del terreno, deducibile dalla cartografia di base.

La carta della pericolosità (scala 1:10.000) è riportata in allegato al presente studio.

3.5 Analisi degli elementi esposti al rischio idraulico

Di seguito si forniscono le informazioni su gli elementi a rischio interessati dalle aree di pericolosità in funzione del tempo di ritorno Tr.

Al riguardo appare opportuno esporre di seguito il metodo utilizzato per la valutazione della popolazione esposta nei centri abitati e nuclei abitati

La determinazione, per ciascuna area a pericolosità idraulica, del numero di abitanti potenzialmente interessati è stata effettuata sulla base dei dati di censimento ISTAT anno 2011, supponendo che all'interno di ciascuna sezione di censimento la popolazione residente sia uniformemente distribuita.

In tale ipotesi il numero di abitanti interessato per ciascuna zona, indicato con ABT , è stato calcolato sovrapponendo il poligono dell'area allagabile con il tematismo dei dati di censimento disaggregati fino all'unità di sezione di censimento mediante la seguente formula:

$$ABT_{ID} = \sum_{i=1}^n A_{intersect} * \frac{ABT_{sez_i}}{A_{sez_i}}$$

dove si è indicato con

ABT_{ID} il numero di abitanti potenzialmente interessati ricadenti nell'area di allagamento con codice identificativo ID oppure in assenza di codice identificato tramite la denominazione del tratto corso d'acqua;

ABT_{sez_i} e A_{sez_i} rispettivamente il numero di abitanti ricadenti nella sezione censuaria i-esima e l'area della sezione stessa;

$A_{intersect}$ l'area ottenuta dalla intersezione della sezione i-esima con l'area di allagamento.

La sommatoria deve essere estesa a tutte le sezioni di censimento che si sovrappongono all'area di allagamento

Pertanto il valore di popolazione così determinato ha la sola finalità di caratterizzare il livello di potenziale esposizione dell'area e non va inteso come effettiva presenza di abitanti.

3.5.1 Elementi coinvolti per Tr=50 anni

Le informazioni sopra descritte sono sinteticamente riportate nella tabella dalla **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tab. 3.7 - Tabella riassuntiva elementi interessati da esondazione per Tr= 50 anni Codice 033-E02

TIPOLOGIA ELEMENTO A RISCHIO	DENOMINAZIONE	NUMERO ABITANTI
CENTRO ABITATO		214
STRADA STATALE	S.S. n. 113	

3.5.1.1 Tipologie uso suolo interessate da areale pericolosità Tr = 50 anni

Ulteriore elaborazione della pericolosità in funzione degli elementi presenti è stata effettuata con riferimento alla classificazione dell'uso del suolo definita dal cartografia dell'uso del suolo Corine Land Cover. Nelle tabelle

Tab. 3.8, Tab. 3.9 e Tab. 3.10 sono riportati i valori delle estensioni superficiali, espresse in ettari, delle diverse tipologie di uso del suolo interessata dagli areali di pericolosità dei dissesti: 033-E01; 033-E02 e 033-E03 aventi tempo di ritorno pari a 50 anni.

Tab. 3.8 - Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per Tr = 50 anni Codice 033-E01

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA [ha]
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.2.2. Frutteti e frutti minori	4,61

Tab. 3.7 - Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per Tr = 50 anni Codice 033-E02

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA [ha]
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0,95
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.2.2. Frutteti e frutti minori	31,74
2.2.3. Oliveti	1,04
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi	1,98

Tab. 3.80 - Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per Tr = 50 anni Codice 033-E03

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA [ha]
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.2.3. Oliveti	9,34
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	
3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla	2,25

3.5.2 Elementi coinvolti per Tr=100 anni

Le informazioni sopra descritte sono sinteticamente riportate nella successiva tabella Tab. 3.1

Tab. 3.11 - Tabella riassuntiva elementi interessati da esondazione per Tr= 100 anni Codice 033-E01

TIPOLOGIA ELEMENTO A RISCHIO	DENOMINAZIONE	NUMERO ABITANTI
CENTRO ABITATO		413
STRADA STATALE	S.S. n. 113	
FERROVIA	Palermo - Messina	

3.5.2.1 Tipologie uso suolo interessate da areale pericolosità Tr =100 anni

Ulteriore elaborazione della pericolosità in funzione degli elementi presenti è stata effettuata con riferimento alla classificazione dell'uso del suolo definita dal cartografia dell'uso del suolo Corine Land Cover. Nella Tab. 3.9 sono riportati i valori delle estensioni superficiali, espresse in ettari, delle diverse tipologie di uso del suolo interessata dall'areale di pericolosità del dissesto 033-E01 avente tempo di ritorno pari a 100 anni.

Tab. 3.92 - Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per Tr = 100 anni Codice 033-E01

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA [ha]
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	1,07
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.2.2. Frutteti e frutti minori	56,64
2.2.3. Oliveti	1,08
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi	2,07

3.5.3 Elementi coinvolti per $Tr=300$ anni

Le informazioni sopra descritte sono sinteticamente riportate nella Tab. 3.10

Tab. 3.10 - Tabella riassuntiva elementi interessati da esondazione per $Tr= 300$ anni Codice 033-E01

TIPOLOGIA ELEMENTO A RISCHIO	DENOMINAZIONE	NUMERO ABITANTI
CENTRO ABITATO		554
STRADA STATALE	S.S. n. 113	
FERROVIA	Palermo - Messina	

3.5.3.1 Tipologie uso suolo interessate da areale pericolosità $Tr = 300$ anni

Ulteriore elaborazione della pericolosità in funzione degli elementi presenti è stata effettuata con riferimento alla classificazione dell'uso del suolo definita dal cartografia dell'uso del suolo Corine Land Cover. Nella Tab. 3.4 sono riportati i valori delle estensioni superficiali, espresse in ettari, delle diverse tipologie di uso del suolo interessata dall'areale di pericolosità del dissesto 033-E01 avente tempo di ritorno pari a 300 anni.

Tab. 3.14 - Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per $Tr = 300$ anni Codice 033-E01

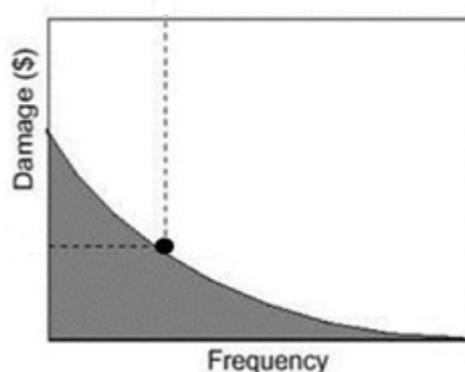
TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA [ha]
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	2,49
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.2.2. Frutteti e frutti minori	78,14
2.2.3. Oliveti	2,91
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi	2,07

4 ANALISI ECONOMICA DEL DANNO ATTESO

I danni possono essere suddivisi in “**diretti**” e “**indiretti**”; tale distinzione è dovuta al fatto che i beni possono essere a contatto o meno con l’evento naturale che nella fattispecie dell’evento alluvionale è l’acqua. Tali danni possono essere ulteriormente suddivisi in danni “**tangibili**” e “**intangibili**” in funzione della possibilità o meno di poter assegnare un valore monetario a tali danni. Alcuni esempi di danni tangibili sono la perdita economica subita, a causa di un evento alluvionale, su edifici, infrastrutture oppure la perdita del raccolto di una superficie coltivata, mentre per quanto riguarda alcuni esempi di danno intangibile si possono citare la perdita di un’area archeologica, di beni artistici di inestimabile valore oppure il danno ad un ecosistema.

Il danno atteso¹ medio annuo (Expected Annual Damage, EAD), pari all’area sottesa dalla curva “*danno – frequenza di superamento*”, può interpretarsi come il valore costante di una rateizzazione annua del danno, che si prevede possa verificarsi in futuro, e permette di valutare il beneficio netto conseguente ad un determinato progetto di mitigazione del danno. Per ottenere la curva “*danno-frequenza di superamento*”, la cui costruzione è empirica, si procede combinando le seguenti relazioni:

- “danno - livelli idrici” (oppure “danno-portata”) che deriva dalla soluzione idraulica del problema di inondazione, noti vulnerabilità e valore economico dei beni: rappresenta il danno economico causato dai vari livelli di piena (oppure portate) in una determinata area;
- “altezza-frequenza di superamento” (oppure “portata-frequenza di superamento”): scaturisce dalle usuali analisi di frequenza degli eventi di piena.



Tale valore del danno atteso medio annuo (EAD) consente, nell’analisi costi-benefici, la valutazione del beneficio netto relativo ad un intervento progettuale. Infatti tale beneficio è dato dalla differenza tra il valore EAD relativo allo stato di fatto (opzione di non intervento) con il valore EAD relativo alla soluzione progettuale prescelta.

Per ulteriori approfondimenti si rinvia all’Allegato 4 “*I costi e i benefici (Valutazione del danno atteso e analisi economiche)*” della Relazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.

4.1 Metodologia di valutazione del danno economico atteso

La valutazione economica del danno potenziale diretto causato da un evento alluvionale può essere fatta avvalendosi di due metodologie: **metodo con le curve “tiranti-danno”** e **metodo “speditivo”**.

¹ Secondo la teoria della probabilità, il valore atteso di una variabile casuale discreta (che assuma cioè solo un numero finito o una infinità numerabile di valori) è dato dalla somma dei possibili valori di tale variabile, ciascuno moltiplicato per la probabilità di verificarsi. Corrisponde, quindi, alla media ponderata dei possibili risultati.

Per applicare il metodo con le curve “tiranti-danno” è necessario conoscere le curve del danno in funzione del tirante idrico per le più importanti classi del suolo del CORINE Land Cover. Pertanto il danno potenziale è calcolato, per ognuno dei tre tempi di ritorno considerati, elaborando i dati dei tiranti idrici relativi alle aree inondate con le classi di uso del suolo del CORINE Land Cover applicando le suddette curve “tiranti-danno”.

Il metodo “speditivo” consiste invece nel calcolare il danno potenziale diretto causato da un evento alluvionale per alcune delle più importanti classi di uso del suolo del CORINE Land Cover moltiplicando, per ognuna di esse, il danno unitario relativo a ciascuna classe per la superficie dell’area interessata dall’inondazione. Tale metodo si applica nel caso in cui non siano disponibili le suddette curve “tiranti-danno”.

In considerazione del fatto che per il contesto italiano non sono disponibili curve “tiranti-danno”, per la valutazione del danno atteso per le aree inondate, di cui alle mappe di pericolosità ai sensi dell’art. 6 del D. lgs. 23.02.2010 n. 49 adottate con delibera della Giunta Regionale n. 349 del 14.10.2013, si è scelto di applicare il metodo “speditivo” individuando le seguenti quattro classi di uso del suolo del CORINE Land Cover per ognuna delle quali è stato assegnato un valore unitario di danno²:

<i>1.1.1. Zone residenziali a tessuto continuo</i>	€ 618 / m ² ;
<i>1.1.2 Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado;</i>	€ 309 / m ² ;
<i>1.2.1 Aree industriali commerciali e dei servizi pubblici e privati</i>	€ 475,5 / m ² ;
<i>2. Superfici agricole utilizzate</i>	€ 0,63 / m ² .

Per ulteriori approfondimenti si rinvia al *Cap. 4 “ I costi e i benefici (Valutazione del danno atteso e analisi economiche)”* della Relazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.

Le successive tabelle riassumono i valori del danno, espressi in €, in corrispondenza di ogni tempo di ritorno (50, 100 e 300 anni) e per ogni area di esondazione relativi al bacino idrografico del f. San Leonardo.

Tab. 4.1 - Danno calcolato per Tr=50 anni relativo agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del f. San Leonardo (033)

Codice esondazione	Denominazione corso d’acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m²)	Danno unitario (€ / m²)	Danno (€)
033-E01	fiume San Leonardo	Frutteti e frutti minori	46.139	0,63	29.068
033-E02		Frutteti e frutti minori	317.388	0,63	199.954
033-E02		Sistemi culturali e	19.769	0,63	12.455

² Tali valori sono stati tratti da uno studio sul bacino del fiume Po, in seguito all’alluvione del 2000, che prende spunto dai risultati della stessa ricerca del 2007 condotta a livello europeo dai consulenti della HKV per conto della JRC

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m ²)	Danno unitario (€ / m ²)	Danno (€)
		particellari permanenti			
033-E02		Tessuto urbano discontinuo	9.501	309,00	2.935.710
033-E02		Uliveti	10.418	0,63	6.563
033-E03		Uliveti	93.409	0,63	58.847
				Totale	3.242.597

Tab. 4.2 - Danno calcolato per Tr=100 anni relativo agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del f. San Leonardo (033)

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m ²)	Danno unitario (€ / m ²)	Danno (€)
033-E01	fiume San Leonardo	Sistemi colturali e particellari permanenti	20.667	0,63	13.020
033-E01		Frutteti e frutti minori	566.364	0,63	356.809
033-E01		Tessuto urbano discontinuo	10.733	309,00	3.316.607
033-E01		Uliveti	10.819	0,63	6.816
				Totale	3.693.252

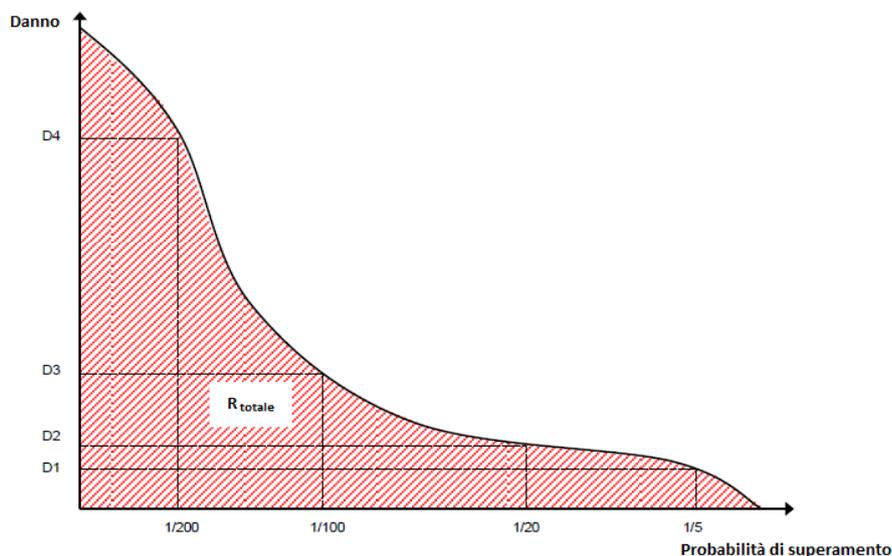
Tab. 4.3 - Danno calcolato per Tr=300 anni relativo alle aree di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del f. San Leonardo (033)

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m ²)	Danno unitario (€ / m ²)	Danno (€)
033-E01	fiume San Leonardo	Sistemi colturali e particellari permanenti	20.667	0,63	13.020
033-E01		Frutteti e frutti minori	781.354	0,63	492.253
033-E01		Tessuto urbano discontinuo	24.909	309,00	7.696.912
033-E01		Uliveti	29.076	0,63	18.318
				Totale	8.220.503

4.2 Valutazione del danno atteso medio annuo

Come definito nel par. 4.1 il danno atteso medio annuo è pari all'area sottesa dalla curva "Danno – probabilità di superamento" ed equivale al rischio totale come mostrato nella successiva fig. 4.1

Fig. 4.1- Curva "Danno - probabilità di superamento"



Spesso non è facile stabilire l'esatto andamento di tale curva perché si conoscono soltanto pochi punti di essa. In tali casi l'approssimazione fatta per valutare il suddetto "danno atteso medio annuo" (rischio) è fatta applicando la seguente formula³:

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^k D[i] * \Delta P_i \quad \text{dove} \quad \bar{D} \quad \text{è il danno atteso medio annuo}$$

con

$$D[i] = \frac{D(P_{i-1}) + D(P_i)}{2} \quad D[i] \quad \text{è il danno medio relativo a due punti, "i-1" e "i" della curva}$$

e

$$\Delta P = |P_i - P_{i-1}| \quad \Delta P \quad \text{è la probabilità dell'intervallo tra i suddetti punti}$$

Ricordando che la probabilità di superamento è pari all'inverso del tempo di ritorno si ha:

$$P_{50} = 1 / 50 = 0,02$$

³ FLOODsite, (2007): GIS-based Multicriteria Analysis as Decision Support in Flood Risk Management

$$P_{100}=1 / 100 = 0,01$$

$$P_{300}=1 / 300 = 0,0033$$

Nel nostro caso la “i” può assumere i valori 50, 100 e 300 (tempi di ritorno in anni), inoltre sono noti i relativi valori del danno; in cui per esempio $D(P_{50})$ è il valore del danno per una probabilità di superamento di 0,02

quindi

$$\bar{D} = [D(P_{100}) + D(P_{300})]*(0,01-0,0033) / 2 + [D(P_{50}) + D(P_{100})]*(0,02-0,01) / 2$$

Nella seguente tabella sono riportati i valori del “danno atteso medio annuo” valutato per ogni areale di esondazione ricadente nel bacino idrografico del f. S. Leonardo (033).

Tab. 4.4 - Danno atteso medio annuo relativo agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del . S. Leonardo (033).

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	D(P₅₀) (€)	D(P₁₀₀) (€)	D(P₃₀₀) (€)	Danno atteso medio annuo (€)
033-E01; 031-E02; 031-E03	F. Imera Sett.le	3.242.597	3.693.252	8.220.503	74.590

5 LE MISURE DI PIANO

La definizione delle misure di piano è stata effettuata sulla scorta dell'analisi effettuata e degli obiettivi di piano stabiliti e dei criteri e priorità fissati riportati nella relazione generale cui si rinvia.

Appare utile in questa sede evidenziare che l'efficacia delle misure pianificate va valutata considerando in modo coordinato e in sinergia con gli interventi e misure definite negli altri strumenti di pianificazione.

A tal proposito vanno considerati gli interventi previsti dal Piano forestale e dal piano per l'assetto idrogeologico, in relazione agli effetti che possono avere sulle misure di prevenzione e protezione.

Per quanto riguarda in particolare il Piano Forestale Regionale dal momento che in esso sono previsti interventi di rimboschimento e di sistemazione idraulico forestale non si è ritenuto necessario prevedere ulteriori interventi della stessa tipologia ma piuttosto si è tenuto conto di tali previsioni nel Piano di gestione considerando i loro effetti per la definizione delle ulteriori misure interventi di protezione con particolare riferimento a quelli strutturali.

Per quanto riguarda il PAI già in esso erano stati previsti alcune misure d'intervento di tipo non strutturale che in questa sede sono ribadite prevedendo il loro aggiornamento e riorganizzazione.

Ulteriore coordinamento è quello operato con le misure del Piano di gestione del Distretto idrografico di cui alla Direttiva 2000/60 relativamente ai criteri di gestione naturalistica stabiliti dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni confermando e riprendendo quelle già individuate nel Piano di gestione del Distretto (PdG) ex direttiva 2000/60.

Le misure individuate sono riportate nelle tabelle seguenti.

L'attuazione delle misure verrà effettuata secondo priorità utilizzando gli strumenti di attuazione individuati e descritti nella relazione generale e di seguito riportati:

- La programmazione Negoziata;
- La pianificazione urbanistica integrata e sostenibile;
- I programmi di manutenzione;
- I programmi di conoscenza;
- La regolamentazione;
- Attivazione delle misure di preparazione e di potenziamento della protezione civile;

Tab. 5.1 Misure di prevenzione

Funzione	Misure	Azioni	Tipologia
Prevenzione	Limitazioni all'uso	Misure per evitare la localizzazione di nuovi o ulteriori elementi vulnerabili in aree soggette a inondazioni	Non strutturali
		Politiche di pianificazione dell'uso del suolo o regolamentazione	Non strutturali
		Fasce di pertinenza fluviale	Non strutturali
	Riduzione della vulnerabilità	Misure per adattare gli elementi vulnerabili e per ridurre le conseguenze negative in caso di alluvione (resilienza flood proofing)	Non strutturali
	Attività di sorveglianza	Ricognizione periodica	Non strutturali
		Polizia idraulica	Non strutturali
		Manutenzione del territorio	Non strutturali
	Programmi di conoscenza	Miglioramento dei modelli di valutazione della pericolosità e del rischio	Non strutturali
		Estensione degli studi a tutte le aree d'attenzione	Non strutturali
	Norme tecniche	Indirizzi e prescrizioni per la progettazione d'interventi interferenti con le aree d'esondazione	Non strutturali
		Indirizzi e prescrizioni per la progettazione d'interventi di opere di difesa e di mitigazione del rischio;	Non strutturali
		Indirizzi e prescrizioni per la redazione di studi di compatibilità idraulica	Non strutturali
		Indirizzi e prescrizioni per gli interventi di manutenzione e gestione dei sedimenti	Non strutturali

Tabella 5.2 Misure di protezione

Funzione	Misure	Azioni	Tipologia
Protezione	Regolazione delle portate	Piani di laminazione	Non strutturali

Tabella 5.3 - Misure di preparazione e di protezione civile

Funzione	Misure	Azioni	Tipologia
3 Preparazione e protezione civile	3.1 Previsione e allertamento	3.1.1 Centro funzionale (monitoraggio sorveglianza allertamento)	Non strutturali
		3.1.2 Sistemi di allerta	Non strutturali
		3.1.3 Presidio territoriale	Non strutturali
	3.2 Piani di emergenza	3.1.4 Piani di protezione civile	Non strutturali
	3.3 Sensibilizzazione		Non strutturali
	3.4 Formazione		Non strutturali