



# Anas SpA

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## AUTOSTRADA A19 "PALERMO – CATANIA" RICOSTRUZIONE DELLA CARREGGIATA DIR. CATANIA DEL VIADOTTO IMERA I TRA LE PILE N.16 E N. 22

### PROGETTO PRELIMINARE

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

**PROGETTISTA:**

Dott. Ing. **FULVIO MARIA SOCCODATO**  
Ordine Ing. di Roma n. 18861

**IL GEOLOGO:**

Geol. **SERENA MAJETTA**  
Ordine Geol. del Lazio n. 928

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Geom. **FABIO QUONDAM**

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

Ing. **Ettore de la Grennelais**

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS**

Arch. <b>Alberto Aronica</b>	- Coordinamento
Ing. <b>Domenico Cimino</b>	- Coordinamento
Geol. <b>Giovanni Montana</b>	- Geologia
Ing. <b>Ginevra Beretta</b>	- Ambiente e cantierizzazione
Arch. <b>Barbara Banchini</b>	- Ambiente e cantierizzazione
Ing. <b>Gabriele Giovannini</b>	- Cartografia
Geom. <b>Carmelo Zema</b>	- Espropri
Geom. <b>Stefano De Masi</b>	- Computi, Stime e Capitolati
Geom. <b>Marco Spinucci</b>	- Sicurezza
Geol. <b>Giuseppe Cardillo</b>	- Cave e Discariche
Ing. <b>Attilio Petrillo</b>	- Idraulica
Ing. <b>Gianfranco Fusani</b>	- Strade
Ing. <b>Francesco Primieri</b>	- Strade
Ing. <b>Enrico Mittiga</b>	- Geotecnica
Geom. <b>Alessandro Cortese</b>	- Geotecnica
Geol. <b>Francesca Sciubba</b>	- Geologia
Ing. <b>Massimo Tarquini Guetti</b>	- Strutture
Arch. <b>Gianluca Bonoli</b>	- Strutture
Dott. <b>Alberto Barreca</b>	- Espropri (Supporto DRPA)
Geom. <b>Carmelo Sorce</b>	- Cartografia (Supporto DRPA)

**RESPONSABILI DI UNITA' INGEGNERIA:**

Ing. <b>Fulvio Maria SOCCODATO</b>	- Ingegneria del Territorio
Ing. <b>Alessandro MICHELI</b>	- Ingegneria Geotecnica e Impianti
Ing. <b>Achille DEVITOFRANCESCHI</b>	- Ingegneria Opere Civili
Geom. <b>Fabio QUONDAM</b>	- Ingegneria Computi, Stime e Capitolati

### IDROLOGIA E IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA

PROGETTO		LIV. PROG.		N. PROG.		NOME FILE	REVISIONE	SCALA:	
D	P	P	A	16	P	1501	T00ID00IDRRE01	A	-
A	Emissione per approvazione					Nov. 2015	Ing. Mita	Ing. Petrillo	Ing. Soccodato
						DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>3</b>
2.1	LOCALIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO .....	3
2.2	PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	5
2.2.1	<i>Analisi idrologica.....</i>	7
2.2.2	<i>Analisi idraulica.....</i>	12
2.2.3	<i>La perimetrazione delle aree a pericolosità di inondazione e valutazione del rischio idraulico.....</i>	14
2.2.4	<i>Le criticità e gli interventi previsti .....</i>	14
2.3	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	15
2.3.1	<i>Introduzione.....</i>	15
2.3.2	<i>Prescrizioni normative del Ministero delle Infrastrutture .....</i>	15
2.3.3	<i>Indirizzi della Regione Sicilia .....</i>	16
2.4	CARATTERISTICHE DEL BACINO DEL FIUME IMERA .....	18
2.4.1	<i>Dati generali e morfologia .....</i>	18
2.4.2	<i>Idrografia .....</i>	19
2.4.3	<i>Climatologia .....</i>	21
2.4.4	<i>Uso del suolo.....</i>	22
2.4.5	<i>Inquadramento geologico.....</i>	22
2.4.6	<i>Geomorfologia .....</i>	23
2.4.7	<i>Idrogeologia .....</i>	27
<b>3</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA DEL FIUME IMERA SETTENTRIONALE.....</b>	<b>29</b>
3.1	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE BACINO .....	29
3.2	STIMA DELLE PORTATE AL COLMO .....	30
3.2.1	<i>Studio della piovosità.....</i>	31
3.2.2	<i>Calcolo della pioggia netta .....</i>	33
3.2.3	<i>Determinazione degli idrogrammi e delle portate al colmo di piena.....</i>	35

## 1 PREMESSA

La presente relazione riferisce lo studio idrologico finalizzato alla verifiche preliminari di compatibilità delle opere in alveo connesse con la ricostruzione della parte della carreggiata in direzione Catania (da pila n.16 a pila n. 22) del viadotto Imera I dell'Autostrada A19 Palermo-Catania, interessata dal movimento franoso del 10.04.2015.

Oggetto dello studio è, in particolare, la caratterizzazione idrologica ed idraulica del fiume in corrispondenza del tratto in esame, e la stima delle portate al colmo di piena che verranno assunte come base del dimensionamento e delle verifiche di compatibilità idraulica delle opere da realizzare, nel rispetto dei vincoli e delle norme vigenti, oggetto della Relazione Idraulica.

Vengono affrontati inoltre i seguenti punti:

- Inquadramento dello stato di attuazione della Pianificazione di Assetto Idrogeologico nell'area di intervento.
- Caratterizzazione dell'area e individuazione delle principali problematiche dal punto di vista idrologico ed idraulico.
- Caratterizzazione idrologica e morfometrica del bacino del fiume Imera, chiuso in corrispondenza della zona d'intervento ed evoluzione morfologica dell'alveo;
- Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica aventi pertinenza sulla zona in esame, necessarie per la stima, note le caratteristiche dei bacini idrografici scolanti, delle portate massime da utilizzare nello studio idraulico;
- Delineazione dello studio idrologico finalizzato alla determinazione delle portate massime attese con diversi tempi di ritorno in corrispondenza del tratto in esame.

Lo studio idrologico, come detto, è propedeutico alle analisi idrauliche necessarie per il corretto dimensionamento e verifica delle opere in progetto. Tali temi sono trattati nella Relazione Idraulica.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

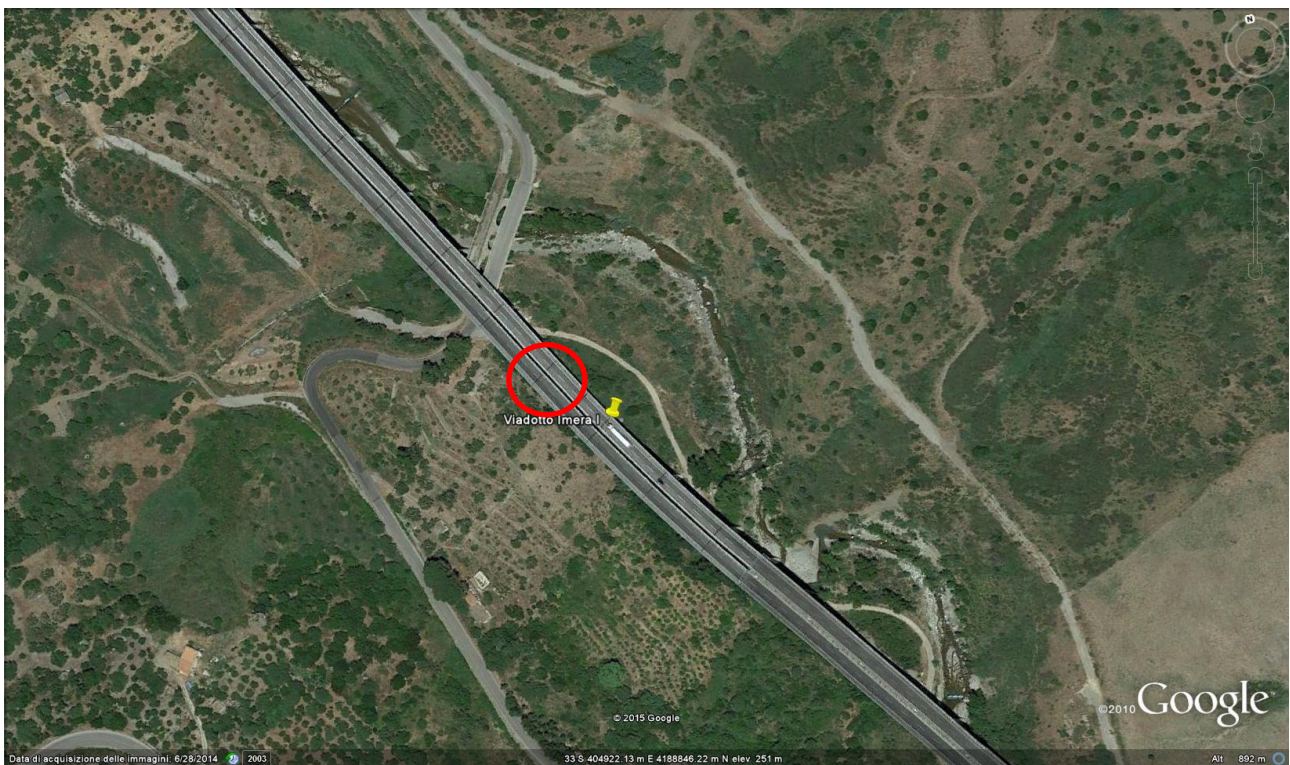
### 2.1 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

L'area d'intervento è localizzata circa 800 m a sud dello svincolo di Scillato in prossimità dell'attraversamento del Fiume Imera da parte della Strada Provinciale SP 24, in Comune di Scillato, dove in seguito all'evento franoso del 10 aprile 2015, come detto in premessa, si è avuto il dissesto di alcune campate dei viadotti.



Figura 1 – Stralcio della rete stradale principale con evidenziata l'ubicazione del Ponte sul F. Imera sulla SS 115.

Nel tratto in esame infatti l'autostrada si sviluppa lungo il letto del Fiume Imera, in sinistra idrografica, con due viadotti affiancati (uno per ciascuna carreggiata), con pile circolari cave di diametro 2.5 m.



**Figura 2 – Ubicazione del dissesto della A 19 in corrispondenza del Viadotto Imera I.**

Il crollo ha riguardato il pilone degli ultimi due archi a causa del cedimento della fondazione dovuto all'erosione del fondo alveo del Fiume Imera.



**Figura 3 – Foto aerea del viadotto in corrispondenza del cedimento (vista da sud).**



**Figura 4 – Dissesto delle pile del viadotto.**

## **2.2 PIANIFICAZIONE DI ASSETTO IDROGEOLOGICO**

Il corso d'acqua in oggetto ricade nell'ambito territoriale delle competenze della Regione Sicilia Servizio IV Difesa del suolo e assetto del territorio, facente funzioni dell'Autorità di Bacino Regionale della Sicilia.

Il P.A.I. della Sicilia si configura come piano di settore il cui asse portante e obiettivo strutturale è l'individuazione delle aree a rischio idrogeologico (sia geomorfologico che idraulico) e la connessa disciplina normativa, prescrittiva e programmatica, al fine di garantire un adeguato livello di sicurezza del territorio e degli elementi presenti sul territorio e soprattutto delle popolazioni, in relazione ai fenomeni franosi ed a quelli idraulici.

Con il Piano per l'Assetto Idrogeologico viene avviata, nella Regione Sicilia, la pianificazione di bacino, intesa come lo strumento fondamentale della politica di assetto territoriale delineata dalla legge 183/89, della quale ne costituisce il primo stralcio tematico e funzionale.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- La funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- La funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque, fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- La funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, e che determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Le finalità che la Regione intende perseguire con il P.A.I., congiuntamente ai piani di bacino, sono configurabili essenzialmente nell'individuazione delle aree a differente rischio idrogeologico molto elevato (R4), elevato (R3), medio (R2) e moderato (R1); alla adeguata perimetrazione e definizione delle prescrizioni; alla determinazione di aree di "attenzione" rispetto alla pericolosità idrogeologica con lo scopo di prevenire la formazione e comunque l'espandersi di condizioni di rischio; all'indicazione degli idonei strumenti normativi per il raggiungimento di ottimali livelli di coerenza tra il P.A.I. e gli altri strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, tenendo presente che il P.A.I. è un piano di settore gerarchicamente sovraordinato che ha un elevato coefficiente in dinamicità connesso sia ai processi evolutivi del territorio che agli interventi antropici sia in senso positivo (es. interventi di consolidamento di aree a rischio, di recupero ambientale di aree degradate, ecc.) che negativo (es. interventi strutturali e infrastrutturali in aree inidonee dal punto di vista della sicurezza idrogeologica).

Nei singoli P.A.I. della Sicilia, che è stata suddivisa in 102 bacini idrografici e aree intermedie a cui si aggiungono i 5 territori "omogenei" delle isole minori, sono altresì indicati gli interventi per l'eliminazione o la mitigazione delle condizioni di rischio, secondo adeguati livelli di priorità che tengono conto sia del rischio che della pericolosità.

Il territorio del bacino del F. Imera in particolare è regolato dal Piano Stralcio del Bacino Idrografico del Fiume IMERA Settentrionale - nel seguito PAI Imera S. - redatto nel 2004, in cui è analizzata l'idrografia, l'uso del suolo, la climatologia, la geologia e la geomorfologia. Sono state perimetrate le aree a rischio geomorfologico, le aree

potenzialmente inondabili e a rischio idraulico che comunque non riguardano l'area d'interesse del presente progetto.

### 2.2.1 Analisi idrologica

Lo studio idrologico del PAI Imera è stato effettuato con l'ausilio di tecniche proprie dei Sistemi Informativi Territoriali (G.I.S.) e di un modello di pubblico dominio, l'HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) dell' Hydrologic Engineering Center. Lo studio è stato effettuato per i valori del tempo di ritorno di 50, 100 e 300 anni in accordo con quanto indicato nel D.L. 180/98 e nella Circolare n. 1/2003 dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente del 07.03.2003. La metodologia utilizzata è descritta in dettaglio nella Relazione Generale del P.A.I. di cui si riportano di seguito alcuni stralci.

Le fasi dello studio sono state le seguenti:

- 1 Studio della piovosità, al fine di condurre il calcolo dei parametri statistici necessari per la costruzione delle CPP (curve di probabilità pluviometrica);
- 2 Studio della capacità di assorbimento del terreno, tramite costruzione di uno strato informativo sul CN (Curve Number) riguardante il bacino, per la determinazione delle perdite idrologiche e successiva costruzione dello ietogramma di progetto;
- 3 Determinazione del trasferimento della pioggia netta alla sezione di chiusura del bacino mediante tracciamento delle aree isocorive e convoluzione tra ietogramma di progetto e aree isocorive.

Per la costruzione delle CPP, si è fatto riferimento alle stazioni pluviografiche ricadenti nel territorio regionale siciliano ed aventi almeno dieci anni di funzionamento anche non consecutivo.

Per ciascuna di queste stazioni si è proceduto alla raccolta delle altezze di pioggia massime annuali per assegnate durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore dalla parte I degli Annali del Servizio Idrografico della Regione Siciliana relativi al periodo 1929-1998. Per ciascuna stazione e per ogni durata si è provveduto al calcolo della media e dello scarto quadratico medio. Inoltre, sempre per ogni stazione, si è calcolato il valore dei coefficienti  $a$  ed  $n$  della relazione:

$$\mu_t = at^n$$

dove  $\mu_t$  è la media della precipitazione osservata per una durata di  $t$  ore. Infine si è anche calcolato il coefficiente di variazione rappresentativo della stazione (CVS), nell'ipotesi di invarianza di scala delle distribuzioni di probabilità delle altezze di pioggia relative alle diverse durate utilizzando la seguente formula:

$$CVS = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_{tot}} \frac{1}{N_{tot} - 1} (1 - w_i)^2}$$



dove  $N_{\text{tot}}$  è pari al prodotto della numerosità campionaria per il numero di durate osservate (di solito pari a 5) e  $w_i$  è l'altezza di pioggia adimensionalizzata rispetto alla media della durata corrispondente.

L'ipotesi di invarianza di scala per le precipitazioni estreme esprime il concetto che le distribuzioni di probabilità delle altezze di pioggia di due diverse durate coincidono a meno di un fattore di scala pari al rapporto tra le due durate elevato ad  $n$ . Studi condotti da Supino (1964) e da Rosso e Burlando (1990, 1995) hanno dimostrato, sulla base della verifica condotta su una lunga serie di eventi storici, che i nubifragi sono caratterizzati da questa proprietà, che risulta sostanzialmente ancora verificata qualora si prendano in esame i casi critici, vale a dire i massimi relativi delle osservazioni sperimentali di pioggia ottenuti da eventi anche diversi.

Per la determinazione delle CPP si è utilizzata la legge di distribuzione di probabilità del massimo valore EV1, meglio nota come legge di Gumbel. Nell'ipotesi che le precipitazioni seguano la legge di invarianza di scala temporale, le CPP, espresse attraverso la legge di Gumbel, si possono scrivere nella seguente forma:

$$h_{t,T} = K_T a t^n$$

in cui  $h_{t,T}$  è l'altezza di pioggia di durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$ , mentre  $K_T$  è il coefficiente di scala, detto coefficiente di crescita, che dipende dal tempo di ritorno  $T$  e dal coefficiente di variazione della stazione CVS attraverso la seguente relazione:

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

I valori di  $a$ ,  $n$  e CV sopra riportati sono stati interpolati tramite *kriging* (Matheron, 1971) su tutto il territorio regionale creando delle carte dei valori di  $a$ ,  $n$  e CV riportate nelle Tavole 4, 5 e 6 allegate al PAI. L'algoritmo utilizzato per l'interpolazione, il kriging, meglio conosciuto come metodo dell'interpolazione ottimale, si basa sul fatto che la grandezza regionale da interpolare è troppo irregolare perché sia modellata da funzioni matematiche regolari ma può essere descritta da una superficie stocastica. L'interpolazione prevede una prima fase nella quale si indagano gli aspetti stocastici delle variabili regionalizzate ed una fase successiva di modellazione vera e propria. Il successo del kriging consiste nella validità di importanti assunzioni che si fanno sulla natura statistica della variazione, assunzioni che sono contenute nella teoria delle variabili regionalizzate. Questa assume che la variazione spaziale di una qualsiasi grandezza può essere espressa come somma di tre componenti:

1. una componente strutturale, associata ad un valor medio costante o ad un trend ben definito;
2. una componente random, spazialmente correlata;
3. una componente di errore residuo o rumore casuale (random noise).

Dalle carte così ottenute, tramite l'utilizzo del software ArcView, è possibile risalire al valore medio areale di tali coefficienti senza fare ricorso al classico metodo dei topoi.

Si è deciso inoltre di non effettuare il ragguaglio spazio-temporale necessario per tener conto del fatto che il centro di scroscio si verifichi proprio in corrispondenza dell'ubicazione dello strumento di misura. In letteratura si trovano infatti studi (Paoletti, 1988) che avanzano dei dubbi sulla correttezza di tale operazione nel caso di determinazione di portate di progetto, in quanto già l'ipotesi di pioggia uniforme su tutto il bacino porta ad una sottostima della massima portata risultante.

La ricostruzione degli ietogrammi sintetici lordi a partire dalle CPP è stata effettuata utilizzando il modulo Meteorological Models del modello HEC-HMS. Questo modulo permette di definire la pioggia di progetto e tenere conto, eventualmente, del fenomeno dell'evapotraspirazione. Tra i metodi proposti vi è la possibilità di considerare delle serie storiche di pioggia, registrate nelle stazioni pluviografiche ricadenti nell'area di studio, ovvero ricostruire ietogrammi sintetici a partire dai dati di altezze di pioggia di massima intensità e fissata durata registrati.

Ai fini di quest'applicazione, il modello meteorologico scelto è il Frequency Storm che permette di ricostruire ietogrammi sintetici di progetto di tipo "Chicago" per fissato tempo di ritorno e fissata durata critica. Tale durata critica viene posta pari al tempo di corrivazione del bacino in esame.

La determinazione di questo parametro viene eseguita calcolando il rapporto tra il percorso idraulicamente più lungo, determinato con le tecniche GIS più avanti esposte e una velocità di trasferimento media posta pari a 1-1,5 m/s.

#### **2.2.1.1 Modello di formazione del deflusso di piena**

I modelli di formazione del deflusso superficiale permettono di depurare lo ietogramma delle piogge lorde  $i(t)$  dagli effetti dell'intercettazione da parte della copertura vegetale, della detenzione superficiale nei piccoli invasi naturali, dell'infiltrazione del terreno e dell'effetto di saturazione dello stesso, per valutare l'intensità di pioggia netta  $p(t)$  che contribuisce al deflusso di piena.

Per quanto riguarda la scelta del modello di formazione del deflusso di piena, questa è ricaduta sul modulo Subbasin loss methods di HEC-HMS. Tale modulo offre la possibilità di scegliere tra i più comuni modelli di pioggia netta.

Si è scelto inoltre un modello empirico a base fisica che si presta ad un utilizzo con dati spazialmente distribuiti, ovvero il metodo Curve Number (CN-SCS) del Soil Conservation Center (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972). Tale metodo assume che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale  $P$ , sia proporzionale a quello precipitato  $I$ , depurato dall'assorbimento iniziale  $I_a$ , in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato  $F$ , e un volume specifico  $S$ , che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno.

$$P=(I - I_a) F/S$$

Sostituendo ad F l'espressione ottenuta dall'equazione di continuità:

$$F = I - I_a - P$$

Si ottiene la relazione che fornisce il deflusso superficiale P:

Il parametro S dipende fundamentalmente dalla combinazione di due fattori: la natura geopedologica del terreno e l'uso/copertura del suolo. L'effetto combinato di questi due fattori viene rappresentato globalmente dal parametro adimensionale CN ( $0 < CN < 100$ ), legato a S dalla relazione:

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

La stima del parametro CN è stata effettuata tramite acquisizione, all'interno di un GIS, degli strati informativi riguardanti la geologia, la pedologia, e l'uso/copertura del suolo (Tavola 2 - PAI). Unendo le informazioni provenienti dalla geologia e dalla pedologia si è classificato il bacino in quattro tipi idrologici di suoli, caratterizzati da permeabilità sempre minori:

- A - Sabbie profonde, terriccio marnoso profondo, aggregati limosi e sabbiosi;
- B - Sabbie argillose, terriccio marnoso sottile;
- C - Argille sabbiose, suoli poveri di contenuti organici, ricchi di componenti argillose;
- D - Suoli con tendenza al rigonfiamento, argille plastiche, suoli salini.

Il valore di CN si ottiene per incrocio fra le caratteristiche idrologiche del suolo secondo i tipi A – B – C – D e le caratteristiche di uso prevalente del suolo. Si ottiene così una carta dei valori di CN (Tavola 7 - PAI), dalla quale si può ricavare, sempre con tecniche proprie dei Sistemi Informativi Geografici, il valore medio di CN per ciascun bacino.

L'altro parametro da stimare è  $I_a$  che rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto, a priori, al bilancio idrico. Dati sperimentali (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972) indicano che questo parametro è sempre proporzionale a S, per cui si è stabilito di porlo pari a  $cS$  con  $c$  pari a 0,2.

### 2.2.1.2 Idrogrammi di piena

Il calcolo degli idrogrammi di piena è stato effettuato con il metodo della corrivazione per le diverse sezioni di chiusura dei sottobacini di cui è composto il bacino idrografico principale. Disponendo di nuovi e potenti strumenti come i GIS, non si è fatto ricorso alla classica ipotesi del Viparelli che fa coincidere le linee isocorve con le isoipse, ma si è provveduto al tracciamento delle isocorve, utilizzando il DEM (Digital Elevation Model) prodotto dall'Assessorato Regionale BB.CC.AA. e P.I. Tale DEM, caratterizzato da una maglia quadra di dimensione 100 m, consente la derivazione automatica dei percorsi di drenaggio e la conseguente individuazione automatica del reticolo idrografico e delle

lunghezze delle linee di drenaggio. Se a queste ultime si associa una velocità di scorrimento superficiale (supposta per semplicità costante) è possibile ottenere una carta che evidenzia le aree isocorrive. Da tale carta è possibile ricavare la curva area-tempi  $A(t)$  dei sottobacini in esame. Tale curva riporta in ascisse il valore del tempo di concentrazione e in ordinata il valore dell'area che contribuisce al deflusso superficiale al tempo  $t$ ; naturalmente per  $t=t_c$  (tempo di corrivazione) la superficie contribuyente è data dall'intero bacino.

A questo punto l'idrogramma uscente attraverso la sezione di chiusura del generico sottobacino è dato dall'integrale di convoluzione tra l'intensità di pioggia netta  $p(t)$  e la funzione idrogramma unitario istantaneo (IUH), secondo la seguente espressione:

$$u(t) = \frac{1}{A} \frac{dA(t)}{dt}$$

L'idrogramma alla sezione di chiusura di ciascun bacino è dato da:

$$Q(t) = \int_0^t p(\tau) u(t - \tau) d\tau = p(t) \cdot u(t)$$

Tale espressione, formulata in termini discreti, assume la seguente forma:

$$Q_k = \frac{1}{A} \sum_{m=1}^k p_m \Delta A_{k-m+1}$$

dove:

$$\Delta A_n = A_n - A_{n-1}$$

Il calcolo dell'idrogramma di piena in ogni sezione di interesse è stato effettuato utilizzando il modulo User-Specified Unit Hydrograph del modello HEC-HMS.

I diversi sottobacini e, quindi, le diverse sezioni di chiusura, sono collegati tra loro da elementi che rappresentano dei canali lineari. Per semplicità si è ipotizzata una semplice traslazione delle onde di piena dalle sezioni di monte sino alla sezione a valle. Un tratto di alveo nel quale si verifica esclusivamente il fenomeno della traslazione dell'onda di piena si può schematizzare per mezzo di un canale lineare, che ha quindi l'effetto di ritardare la portata uscente rispetto a quella entrante di un intervallo di tempo detto lag (ritardo). A seguito di questa considerazione 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. In questo caso l'unico dato di input è costituito dal tempo di ritardo (lag), variabile in funzione delle caratteristiche del corso d'acqua (lunghezza, pendenza, scabrezza) e della corrente. Per semplicità è stato calcolato come rapporto tra la lunghezza dell'asta fluviale da modellare e la velocità di propagazione della corrente, fissata pari a 1-1,5 m/s.

Gli eventuali invasi naturali (ad es. lago) o artificiali (ad es. diga) presenti all'interno del bacino idrografico possono essere modellati tramite l'elemento Reservoir di HEC-HMS. In base al tipo di dati disponibili è possibile ricostruire le portate uscenti dall'invaso in funzione del solo legame funzionale tra il volume accumulato (o tirante a monte dello sbarramento o superficie dello specchio liquido) e la portata uscente, ovvero tenere conto delle caratteristiche costruttive e idrauliche delle opere di scarico di superficie e di fondo.

### **2.2.2 Analisi idraulica**

Nell'ambito delle attività relative all'elaborazione del Piano Stralcio di Bacino, la Regione, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Applicazioni Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo, ha implementato gli studi e le ricerche per la valutazione e la definizione delle aree a diversa pericolosità di inondazione e per la valutazione del rischio idraulico, dei quali si riportano alcuni stralci desunti dalla Relazione Generale del PAI.

Lo studio della propagazione delle onde di piena, ricavate per i diversi tempi di ritorno fissati, è essenzialmente finalizzato alla determinazione della capacità di convogliamento dell'alveo e dei relativi manufatti di attraversamento. I modelli idraulici di propagazione giocano un ruolo fondamentale in questo tipo di analisi fornendo la possibilità di determinare l'andamento dei livelli idrici associati a differenti condizioni di moto.

L'analisi del rischio idraulico è stata condotta in dettaglio sui tratti vallivi delle aste fluviali principali, interessati dalla presenza di centri abitati, per i quali si dispone di rilievi morfologici trasversali dell'alveo. Si è ritenuta di scarsa utilità proseguire l'indagine verso monte, in quanto gli eventi di piena sono, talvolta, qui contenuti dai versanti prospicienti e non vi sono, solitamente, consistenti elementi a rischio nelle zone golenali, salvo limitate opere puntuali.

Gli idrogrammi di piena per gli assegnati tempi di ritorno, ricavati come visto precedentemente, sono stati utilizzati come dati di ingresso dei modelli idraulici impiegati per lo studio della propagazione della piena nei corsi d'acqua.

I modelli idraulici di propagazione utilizzati sono differenti a seconda della qualità della cartografia disponibile e dei rilievi eseguiti lungo le sezioni trasversali.

Nel caso in cui la cartografia disponibile è tale da non consentire un'affidabile ricostruzione delle sezioni trasversali e della valle fluviale circostante, il modello idraulico di propagazione utilizzato è l'HEC-RAS (River Analysis System) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers. L'applicazione di tale software permette di ottenere l'andamento dei profili di rigurgito, in condizione di moto stazionario, potendo quindi individuare l'entità e l'estensione delle zone di allagamento, sia all'interno dell'alveo che nelle zone contigue, valutando l'influenza di eventuali ponti o di vari ostacoli sul normale deflusso della corrente.

Le ipotesi alla base del modello sono quelle di condizioni di moto permanente unidimensionale, corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture, quali i ponti), pendenze longitudinali del fondo dell'alveo non eccessive. La soluzione dell'equazione di conservazione dell'energia, ottenuta per iterazione, fornisce l'altezza d'acqua in una assegnata sezione trasversale.

Per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto monodimensionale è stato utilizzato il software HEC-RAS, il quale permette il calcolo delle altezze idriche nell'ipotesi che la portata rimanga costante nel tempo in tutte le sezioni del fiume. Per la descrizione del codice di calcolo utilizzato da HEC RAS si rimanda alla Relazione Idraulica.

Per l'implementazione del modello sono state utilizzate le sezioni degli alvei reperite presso i vari Enti competenti e quelle appositamente rilevate in occasione del PAI. Si è inoltre tenuto conto della presenza dei principali manufatti di attraversamento delle aste fluviali in studio; questi, infatti, costituiscono elementi di perturbazione delle condizioni di deflusso delle correnti di piena di una certa entità in relazione alle sezioni disponibili e alla presenza di pile in alveo. E' stato, pertanto, necessario valutare la capacità di convogliamento di ciascuno di questi manufatti di attraversamento.

Tuttavia nel tratto d'interesse per il presente progetto non è stato implementato il modello idraulico, ma solo in alcuni tratti in corrispondenza della foce e del tratto terminale del torrente Garbinogara, oltre ad un tratto circa 10 km ad ovest del centro abitato di Scillato comunque distante dalla zona d'interesse del progetto.

Come condizioni idrauliche al contorno, sono stati utilizzati i valori di picco degli idrogrammi corrispondenti sempre ai tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni, ricavati nell'ambito dello studio idrologico come specificato nel paragrafo precedente. Note le condizioni idrauliche al contorno e le caratteristiche morfologiche dei tratti in termini di sezioni trasversali d'alveo e di sezioni in corrispondenza dei manufatti significativi, per ciascuna delle stesse la procedura individua i valori massimi raggiunti per i livelli, le velocità e le portate. Il confronto tra tali livelli e le quote dei rilievi trasversali evidenzia il contenimento dei deflussi nelle zone d'alveo e golenali oppure la loro fuoriuscita e la possibilità di interessamento di zone abitate.

L'ampiezza della corrente idrica, desumibile dalle sezioni trasversali, viene posizionata in corrispondenza delle tracce planimetriche delle sezioni stesse. Il raccordo tra i punti successivi individuati viene condotto facendo riferimento alle curve di livello e ai punti quotati presenti sulle C.T.R. alla scala 1:10.000. Qualora i livelli non siano contenuti nelle zone spondali o nelle arginature, la delimitazione delle zone inondabili è stata condotta in base all'andamento plano-altimetrico dell'area in esame, desumibile dalla C.T.R. stessa.

Poiché nel caso in esame non si è potuto utilizzare a riferimento un modello idraulico del tratto fluviale già studiato nell'ambito degli studi del PAI è stato necessario ricorrere ad una implementazione ex novo a partire da rilievi di sezioni eseguiti appositamente.

### **2.2.3 La perimetrazione delle aree a pericolosità di inondazione e valutazione del rischio idraulico**

La stima della pericolosità costituisce il presupposto essenziale per la valutazione del rischio sul territorio.

Poiché nel tratto in esame non sono state individuate nel PAI aree a pericolosità e rischio idraulico si è proceduto a delimitare le aree di esondazione per i tempi di ritorno definiti dal PAI, sulla base dei risultati della modellazione idraulica e del modello del terreno.

### **2.2.4 Le criticità e gli interventi previsti**

Per quanto attiene le criticità e gli interventi nel tratto di interesse del F. Imera, trattandosi di aree scarsamente antropizzate il PAI non prevede specifici interventi; è indicato un solo intervento nella zona di foce, nel territorio comunale di Campofelice di Roccella, mentre per la mitigazione del rischio idraulico nei restanti tronchi esaminati, sono indicati solo interventi di manutenzione del fondo e delle sponde dell'alveo.

## 2.3 RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.3.1 Introduzione

L'analisi delle interazioni che si verificano fra la corrente idrica, l'alveo del corso d'acqua in cui questa defluisce e le strutture in alveo degli attraversamenti fluviali è stata oggetto negli ultimi anni di una rinnovata attenzione da parte di progettisti e ricercatori.

La presenza di un attraversamento, infatti, quand'anche si prescindia dai problemi derivanti da un suo eventuale collasso o danneggiamento, può indurre conseguenze rilevanti sulla morfologia dell'alveo fluviale, sulle caratteristiche idrauliche della corrente e sullo stesso regime delle portate di piena. Ad esempio, si possono verificare migrazioni laterali d'alveo indotte dalla presenza in alveo delle infrastrutture del ponte, in particolare dei rilevati di accesso, riduzione della capacità di deflusso e conseguente rialzo dei livelli del pelo libero di monte, e formazione di invasi a monte del manufatto di attraversamento che possono essere amplificati dalla parziale ostruzione delle luci del ponte ad opera di detriti lapidei e vegetali trasportati dalla corrente. La formazione di tali invasi temporanei può avere conseguenze particolarmente rilevanti, poiché da un lato può provocare un sensibile rialzamento dei livelli a monte e conseguente sormonto dell'impalcato, dall'altro l'insorgenza di sollecitazioni anomale sia sulle pile dei ponti che, soprattutto, sull'impalcato. Ciò può portare al collasso del ponte, fenomeno che si sviluppa usualmente in tempi piuttosto brevi; si verifica così lo svaso rapido del volume idrico accumulato a monte, che si traduce in un incremento anche notevole della valore di portata del colmo di piena transitante a valle rispetto alla situazione di alveo indisturbato.

Nei paragrafi seguenti, dopo una sintesi dei principali riferimenti normativi relativi alla progettazione ed alla verifica della sicurezza degli attraversamenti fluviali, sono brevemente descritti gli approcci metodologici, i parametri idraulici e le formule applicative utilizzate per la valutazione quantitativa dei fenomeni di rigurgito della corrente a monte degli attraversamenti e dei fenomeni erosivi alla base delle strutture in alveo.

### 2.3.2 Prescrizioni normative del Ministero delle Infrastrutture

In Italia i riferimenti normativi ai quali si deve attenere il progettista degli attraversamenti fluviali sono contenuti nel Decreto Ministeriale del 2 agosto 1980 e in quello del 4 maggio 1990, ai quali ha fatto seguito la Circolare n. 34233 emanata in data 25 febbraio 1991 dal Ministero dei Lavori Pubblici, recante "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali".

Più recentemente il DM 14/01/08 più noto come "Norme Tecniche per le Costruzioni" e successivamente la Circolare esplicativa n. 617 del 2-2-2009 ha integrato in alcune parti, riguardanti prevalentemente le azioni da prevedere per i calcoli statici, le norme dei precedenti decreti.



Le norme prescrivono di assumere normalmente quale portata di progetto quella corrispondente a un tempo di ritorno non inferiore a duecento anni per la quale i calcoli idraulici dovranno verificare la sussistenza di un franco minimo tra il livello di massima piena e l'impalcato del ponte (di  $1,5 \div 2$  m).

Viene inoltre suggerito di stimare la frequenza probabile dell'evento di piena che dà luogo all'annullamento del franco ed in ogni caso si stabilisce che, per i corsi d'acqua arginati, la quota di sottotrave del ponte deve essere non inferiore a quella della sommità arginale.

Nello studio idraulico dell'opera, devono essere oggetto d'indagine i seguenti problemi: classificazione del corso d'acqua ai fini dell'esercizio della navigazione interna; valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme ed alle dimensioni delle pile, delle spalle, delle fondazioni nonché dei rilevati; valutazione degli effetti dovuti all'eventuale presenza di correnti veloci; esame delle conseguenze della presenza di eventuali corpi natanti, flottanti e trasportati dalle acque, ove ricorra detta possibilità, nonché delle conseguenze di eventuali ostruzioni delle luci, specie se queste possono creare invasi anche temporanei a monte, sia in fase costruttiva, sia durante l'esercizio delle opere. In situazioni particolarmente complesse si suggerisce di sviluppare le indagini anche con l'ausilio di modelli fisici in scala ridotta.

Nel complesso, le norme emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici fissano il quadro di riferimento per lo sviluppo della relazione sugli aspetti idrologici, idrografici ed idraulici prescritta a corredo della progettazione dell'attraversamento fluviale, delineando anche i criteri generali che devono guidare l'articolazione di tale relazione.

Riferimenti più puntuali possono essere desunti dalle indicazioni date dalle diverse Autorità, Agenzie o Enti competenti sul territorio in tema di difesa del suolo nell'ambito dei propri strumenti di pianificazione o gestione del territorio. In particolare, il recente sviluppo sul territorio Nazionale della Pianificazione di Assetto Idrogeologico, redatta dalle Autorità di Bacino ai sensi della Legge 183/89 e del D.L. 180/98, ha prodotto una molteplicità di norme, direttive o linee guida circa i criteri di valutazione della compatibilità idraulica degli attraversamenti stradali e ferroviari; tutte comunque tra loro piuttosto uniformi.

### **2.3.3 Indirizzi della Regione Sicilia**

Gli indirizzi per la progettazione delle opere di attraversamento idraulico emanati dalla Regione Sicilia sono contenuti solo in linea generale tra gli indirizzi generali del Piano per l'Assetto Idrogeologico ed in particolare nelle sue Norme di Attuazione.

Nel merito degli indirizzi progettuali da seguirsi per la progettazione delle opere di attraversamento non si rilevano indicazioni particolari.

Gli indirizzi di carattere tecnico ed i requisiti minimi degli studi idraulici contenuti nell'Appendice B alle Norme prevedono, infine che:

*Contenuti tecnici degli studi di compatibilità idraulica*

Per la realizzazione delle opere consentite nelle aree a pericolosità "molto elevata" (P4) ed "elevata" (P3), di cui all'art. 11, comma 4 lettera h) e comma 5 delle norme di attuazione, deve essere predisposto uno studio di compatibilità idraulica che sia commisurato all'entità e dimensione dell'intervento stesso ed alle effettive problematiche dell'area di intervento e di un congruo intorno.

Tale studio dovrà:

- verificare i dissesti idraulici che interessano l'area;
- definire e descrivere le interferenze tra le aree a pericolosità d'inondazione e le destinazioni, le trasformazioni d'uso e le opere previste o presenti;
- confrontare le previsioni urbanistiche e le opere con il grado di pericolosità dell'area.

Lo studio idraulico deve contenere il censimento ed il rilievo delle opere e del profilo dell'alveo, sul quale basare le verifiche idrauliche per le diverse portate. A tal proposito, la valutazione delle portate verrà eseguita considerando i tempi di ritorno che hanno determinato il livello di pericolosità individuato nel P.A.I.

Sulla base di tali dati e delle conoscenze topografiche delle aree limitrofe del corso d'acqua, si determinano i livelli idrici attesi in corrispondenza delle portate di piena da esaminare. In considerazione della complessità del fenomeno da studiare e del grado di approfondimento necessario, possono essere utilizzati schemi di moto permanente monodimensionale, moto vario monodimensionale o quasi-bidimensionale, moto vario bidimensionale, ciascuno dei quali tiene conto di rappresentazioni delle condizioni di moto di complessità crescente. Di norma, ed in particolare nel caso della verifica di opere, può essere impiegato lo schema di corrente monodimensionale in condizioni di moto permanente, salvo i casi in cui sia necessario determinare valori locali della velocità della corrente o modificazioni della capacità di laminazione. Nella relazione tecnica deve comunque essere sinteticamente descritto il modello matematico utilizzato. In ogni caso, lo studio va condotto per tratti idraulicamente significativi del corso d'acqua, delimitati cioè da sezioni in cui sia possibile assegnare il valore del livello idrico della corrente

## 2.4 CARATTERISTICHE DEL BACINO DEL FIUME IMERA

### 2.4.1 Dati generali e morfologia

Il bacino idrografico del Fiume Imera Settentrionale o Fiume Grande, si sviluppa nel versante settentrionale della Sicilia per una superficie complessiva di circa 342 Km<sup>2</sup>. Confina ad Est con il bacino idrografico del fiume Pollina e con i bacini di alcuni corsi d'acqua minori (V.ne Roccella); ad Ovest con quello del Fiume Torto ed a Sud con i bacini idrografici del fiume Imera Meridionale e del Platani.

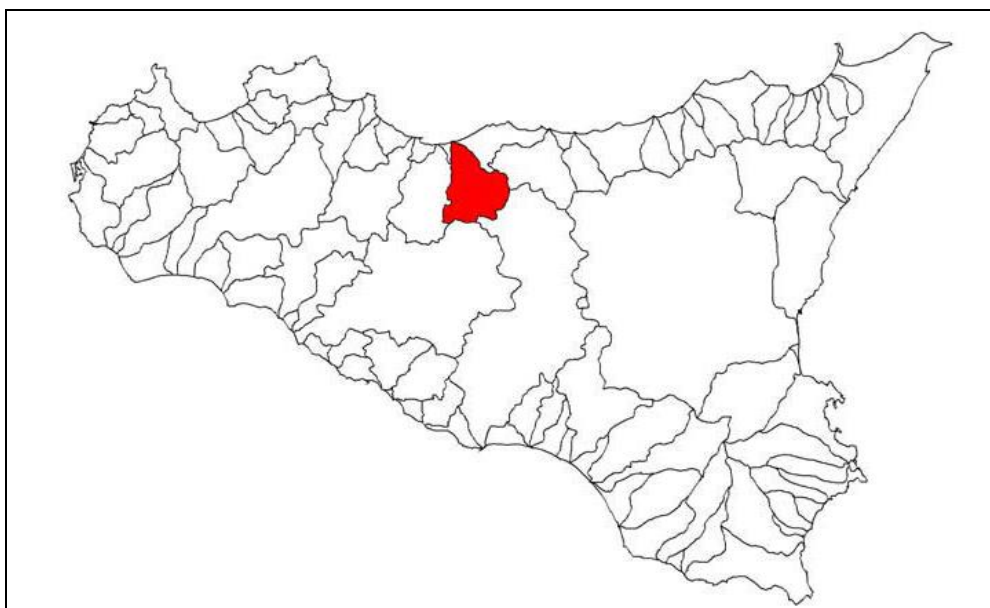


Figura 5 – Localizzazione del Bacino Imera Settentrionale

I rilievi di Monte Quacella (m. 1.866) Monte Mufara (m. 1.865) e Monte Castellaro (m. 1.654), appartenenti al gruppo montuoso delle Madonie Occidentali, rappresentano le cime più alte dello spartiacque orientale del bacino.

L'allineamento delle creste di Cozzo Viscardo (m. 1.030), Cozzo Vallefondi (m. 1.030), Cozzo Campise (m. 737), Monte Roccelito (m. 1.145), Rocca del Corvo (m. 793) identifica la linea dello spartiacque occidentale.

Dal punto di vista amministrativo, il bacino insiste sui territori di nove comuni della provincia di Palermo (Caltavuturo, Campofelice di Roccella, Cerda, Collesano, Scillato, Sclafani Bagni, Termini Imerese e Valledolmo), comprendendo i centri abitati di Caltavuturo Polizzi Generosa, Scillato e Sclafani Bagni.

Nel bacino del Fiume Imera Settentrionale sono presenti le seguenti infrastrutture di trasporto:

- Autostrada A20 PA-ME e linea ferroviaria PA-ME: lo attraversano per un breve tratto, in prossimità della foce, perpendicolarmente al corso idrico principale.
- Autostrada A19 PA-CT: percorre quasi interamente il fondovalle dell'Imera Settentrionale e del torrente Fichera.

- Strada Statale n. 643 e n.120 (dell'Etna e delle Madonie).
- Strade Provinciali nn. 8, 9bis, 24, 53, 58 e 119.

Il bacino interessa parte del settore occidentale del Parco delle Madonie, all'interno dei territori comunali di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Scillato e Sclafani Bagni.

L'asta principale del Fiume Imera Settentrionale e la sua naturale prosecuzione verso monte, Torrente Fichera, suddividono, dal punto di vista morfologico, il bacino in due aree differenti.

In destra orografica prevalgono le forme più aspre ed accidentate a causa della presenza di affioramenti arenaceo-conglomeratici, calcareo-marnosi e calcareo-dolomitici che costituiscono, in gran parte, il gruppo montuoso delle Madonie Occidentali. Qui il paesaggio presenta rotture di pendenza marcate e forti variazioni altimetriche che dai 200 m del letto dell'Imera si spingono a circa 1900 m nelle vette più alte.

Nella zona occidentale il quadro morfologico presenta caratteristiche diverse; in particolar modo nell'area in corrispondenza del sottobacino del T. Castellucci-Salito prevalgono affioramenti plastici, che danno luogo a forme dolci e poco acclivi. Più a valle spiccano, in posizione isolata, i rilievi carbonatici di Rocca di Sciara (m 1080) e di Sclafani Bagni (m 755).

Superata la confluenza tra il T. Salito e il F. Imera Settentrionale, l'aspetto morfologico si inverte: in destra idrografica si hanno versanti via via più dolci ed un reticolo idrografico complesso, mentre in sinistra si osservano maggiori pendenze nei versanti, un reticolo più semplice con numerosi torrenti ad andamento perpendicolare all'asta principale e sviluppo di sottobacini allungati in senso est-ovest. Nello stesso tratto, il fondovalle si allarga ed attraversa ampie aree alluvionali, testimonianze di periodi climatici molto differenti da quello attuale.

## 2.4.2 Idrografia

L'asta principale

Il fiume Imera Settentrionale o Fiume Grande, lungo circa Km 35, ha origine, con il nome di Torrente Fichera, dalla dorsale costituita dai rilievi di Cozzo Lavanche (m 848), Monte San Giorgio (m 897) e Cozzo Fra Giacomo (m 781). Ha un andamento S-N nel tratto iniziale, nella porzione intermedia è orientato all'incirca SE-NW, mentre scorre in direzione SSENW nella parte terminale.

La costruzione del profilo longitudinale, riportato in Fig. seguente, permette di suddividere il corso idrico in tre segmenti in base all'andamento delle pendenze medie.

Nel primo, corrispondenti alla zona di monte (T. Fichera) e fino alla confluenza con il T. S. Nicola, le pendenze medie sono molto elevate; per la ripidità dell'alveo il corso d'acqua erode energicamente in profondità e lateralmente, dando origine ad un reticolo idrografico di tipo "dendritico" fitto e ramificato, con impluvi incassati. Litologicamente, l'area attraversata è costituita prevalentemente dalle Argille Varicolori, terreni facilmente

erodibili, soggetti a frane superficiali e soliflusso, e da ampie aree calanchive nei versanti più acclivi (C.da Lavanche).

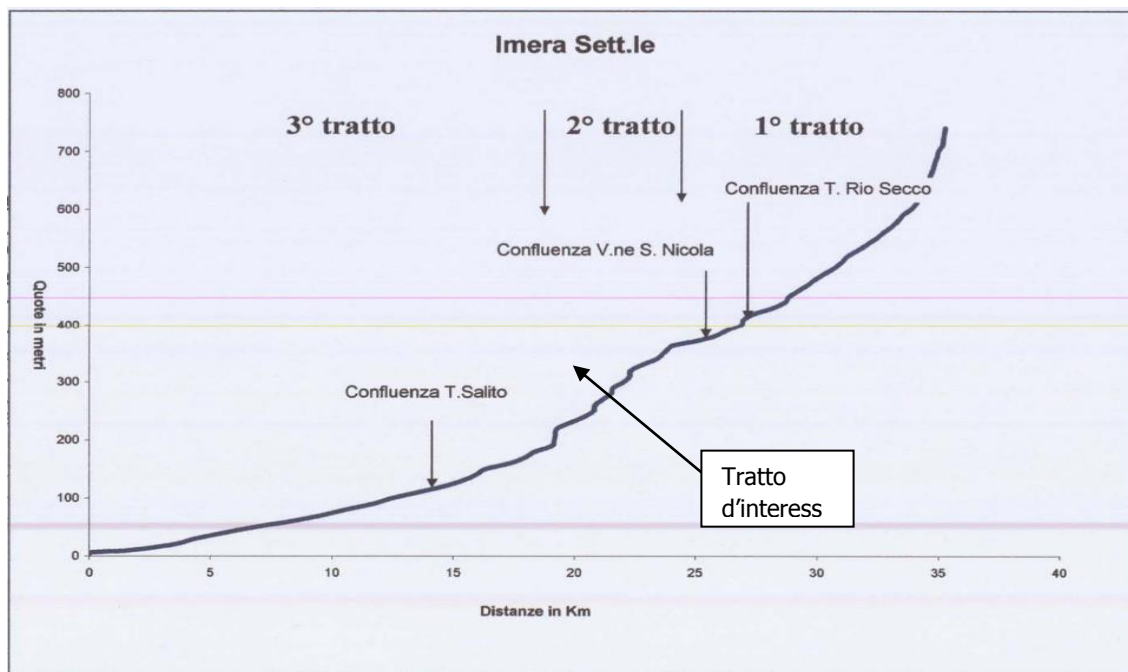


Figura 6 – Altimetria del fiume Imera

Successivamente, dalla confluenza con il T. San Nicola, l'asta incontra, trasversalmente al suo corso, la struttura geologica di M. Cervi che rappresenta un evidente ostacolo e "soglia" morfostrutturale per il tratto precedente.

Il secondo segmento termina in corrispondenza del brusco salto di pendenza posto intorno a quota 2000 metri s.l.m. circa. Qui il corso d'acqua scorre incassato tra i banconi arenaceoconglomeratici della Fm. Terravecchia affioranti a Costa Guggino e M. Riparato.

Superato il tratto in forte pendenza relativa, la valle si allarga (terzo segmento), diminuisce la pendenza media, predominano i fenomeni di accumulo ed il fiume scorre su un materasso alluvionale di discreto spessore. Ai bordi della piana alluvionale sono osservabili terrazzi alluvionali e conoidi ben sviluppate, presenti allo sbocco dei V.ni Mondaletto e Garbinogara.

In questo tratto dell'asta che giunge fino alla foce, il fiume è stato rettificato artificialmente e cementificato negli'ultimi 900 metri del suo corso.

### Gli affluenti

Degli affluenti che interessano il sottobacino in esame i principali sono:

1) Il V.ne Zacca nasce dalle pendici di Cozzo Re, Monte Pizzuto, si sviluppa su versanti di natura argillosa caratterizzati da forte dissesto idrogeologico e scorrendo a Sud dell'abitato di Polizzi Generosa, in direzione E-O, confluisce nel T. Fichera ad una quota di poco superiore a m 430.

2) - 3) Il Rio Secco ed il San Nicola sono corsi d'acqua a carattere torrentizio, che drenano i versanti di natura carbonatico-silico-marnosa delle dorsali madonite e nei tratti inferiori interessano terreni argillosi; l'assetto del reticolo idrografico dei suddetti torrenti, impostato talora su discontinuità tettoniche, è generalmente di tipo subparallelo e localmente di tipo subdendritico ed angolare, in funzione dei terreni attraversati.

Il Rio Secco è orientato E-W e riceve le acque del V.ne S.Croce e del Fosso Cuca. Drena le acque dei versanti occidentali di Monte Cavallo, Timpa di Monte Cavallo e della dorsale di Monte Rotola Vecchia – Rocca di Polizzi Generosa.

Il V.ne San Nicola nasce dalle pendici di Monte Mufara, nel territorio comunale di Polizzi Generosa. Responsabile principale degli apporti solidi di taglia grossolana, interessa affioramenti carbonatici soggetti a severi processi erosivi che, nell'anfiteatro della Quacella, trovano la sua massima espressione. L'asta fluviale si presenta tortuosa, caratterizzata da una valle stretta e profonda ed il suo profilo longitudinale (Fig. 2) denota forti pendenze, con frequenti salti morfologici.

Ad una quota di circa 250 metri si ha la confluenza del F. Imera -T. Fichera con il Rio Secco e poco oltre con il V.ne San Nicola.

### 2.4.3 Climatologia

Per una caratterizzazione generale del clima nel territorio del bacino idrografico dell'Imera Settentrionale sono state raccolte alcune informazioni fornite dal Servizio Idrografico della Regione Siciliana. In particolare sono stati considerati i dati delle stazioni termo-pluviometriche ricadenti all'interno del bacino o in zone circostanti. Di queste solo due in effetti rilevano sia la temperatura che la pioggia (Cefalù e Petralia Sottana), mentre le altre sono stazioni pluviometriche.

Elenco delle stazioni:

	Quota s.l.m. in m	Anni di Osservazione
Cefalù	30	38
Bivio Cerda	120	20
Cerda	274	41
Scillato	376	43
Collesano	460	42
Caltavuturo	635	39
Valledolmo	790	39
Petralia	930	43

Piovosità media mensile in mm., per il periodo 1956 - 2000

PROGETTO PRELIMINARE

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Cefalù	88,3	70,3	65,2	52,6	25,4	10,7	8,7	20,9	54,9	83,6	88,7	85,2	654,5
Bivio cerda	76,6	59,8	53,6	54,5	27,5	9,3	5,1	22,5	54,9	67,3	79,5	79,8	590,4
Cerda	81,4	64,8	73,4	52,7	27,3	9,2	8	21	45,3	82,1	81,4	92,7	693,3
Scillato	101,3	82,5	84,8	61,7	27,9	11,9	7,5	15,8	43,1	76,8	89,4	104,7	707,4
Collesano	117,9	98	93,5	70,6	34,6	11,7	10,4	24,5	44,4	86,8	97,2	112	801,6
Caltavuturo	91,3	77	80,9	65,5	31,9	11,4	6,4	13,2	35,1	64,7	87,6	94,3	659,5
Valledolmo	86,1	73,4	65,8	52,9	24,5	9,4	3,1	12,5	38,2	62,4	80,4	88,6	597,4
Petralia													
Sottana	118,4	96,1	84	64,2	34,9	16,2	7,6	15	39	81,2	100,3	130,4	787,3

Dai dati raccolti è possibile evidenziare come il settore nord-orientale (vedi stazione di Collesano) sia relativamente più umido e piovoso, ma le variazioni riscontrate rientrano nell'andamento climatico medio della Sicilia nord-occidentale caratterizzato da un periodo piovoso da Ottobre ad Aprile e minimi stagionali nei mesi estivi di Giugno, Luglio e Agosto.

#### 2.4.4 Uso del suolo

Per quanto attiene l'uso del suolo presente nel bacino dell'Imera settentrionale è stata utilizzata la carta realizzata dall'Assessorato Territorio ed Ambiente.

Quasi un terzo del territorio ha caratteristiche di bassa trasformazione antropica, specialmente in corrispondenza delle zone montuose e di alta collina (Bosco degradato, Incolto roccioso, Bosco a latifoglie, Macchia).

Il seminativo semplice e gli oliveti sono le colture a più larga diffusione che caratterizzano il paesaggio agricolo; poco rappresentati sono i mosaici colturali (1%), i vigneti (0.1%) e gli agrumeti (0.03 %).

#### 2.4.5 Inquadramento geologico

##### Assetto geologico-strutturale

Il bacino dell'Imera Settentrionale si sviluppa in un tratto della catena appenninicosiciliana, costituita da diverse unità tettoniche in falda, vergenti verso Sud, impostatesi durante le fasi orogenetiche del Miocene inferiore (Grasso et Alii, 1978; Catalano e Montanari, 1979; Abate et Alii, 1982a; Abate et Alii, 1982b; Abate et Alii, 1988) e successivamente coinvolte da una seconda fase tettonica nel Pliocene medio (Abate et Alii, 1993) con differenti assi compressivi.

Le unità stratigrafico-strutturali, individuate dai vari autori, derivano dalla deformazione di domini paleogeografici mesozoico-terziari, rappresentati in quest'area dai domini Panormide, Sicilide ed Imerese. Senza entrare nel merito dei differenti modelli interpretativi sui rapporti giacitureali tra le varie unità stratigrafico-strutturali, si sottolineano, di seguito, gli aspetti geostrutturali che maggiormente influenzano le dinamiche geomorfologiche.

Nella zona centrale ed orientale del bacino, la geometria delle strutture appare alquanto complessa ed è caratterizzata dall'anticlinale dell'Unità di Monte Cervi in giacitura

sudvergente e dal forte sollevamento delle Unità, riferibili al Dominio Panormide, verificatosi nell'ultima fase tettonica del Pliocene.

Sia l'assetto geostrutturale dell'area che le dinamiche geomorfologiche del bacino sono ulteriormente complicati dai rapporti, ancora insufficientemente definiti, tra i Domini Imerese e Sicilide.

Zone critiche sono rappresentate dai bruschi contatti tettonici tra unità a comportamento "rigido" (calcari, calcari-dolomitici, arenarie e siltiti) e sequenze argillitico-marnose.

Nelle porzioni meridionali ed occidentali del bacino idrografico del Fiume Imera Settentrionale, l'assetto strutturale risulta meno complesso, con affioramenti prevalentemente riconducibili alle sequenze del complesso post-orogeno del terziario-medio-superiore (Fm. Terravecchia), passanti verso l'alto alle evaporiti del Messiniano.

Nel settore settentrionale del bacino idrografico risalta la struttura di Monte Rasolocollo che rappresenta un "alto" della Fm. Lercara di età permo-triassica; da sottolineare i contatti tra il Dominio Sicilide e quello Numidico che qui sono particolarmente complessi e determinano "piaghe del territorio" di spiccata instabilità geomorfologica.

#### Descrizione delle principali Unità Stratigrafiche

In base ai rapporti giacitureali sono state individuate le seguenti Unità stratigrafiche:

Unità di Monte dei Cervi - Costituita da terreni carbonatici e silico-carbonatici di età compresa tra il Trias medio-superiore ed il Miocene, appartenenti al Dominio Imerese. Rientrano in tale unità i Monti attorno agli abitati di Collesano, di Caltavuturo, di Sclafani ed in generale il complesso di Monte dei Cervi, in cui affiorano i terreni pertinenti alle formazioni Lercara, Mufara, Scillato, Fanusi, Crisanti e Caltavuturo.

Unità Cozzo Dipilo - Monte Mufara - Costituita da terreni carbonatici, raramente marnosi, compresi tra il Trias superiore ed il Miocene pertinenti al Dominio Panormide. Affiora nella porzione più alta dei sottobacini del Rio San Nicola e Rio Secco.

Unità del Bacino Numidico - Talora in discordanza sui terreni del Dominio Imerese (Giunta, 1985) è costituita da successioni oligo-mioceniche in facies pelitiche, arenacee e pelitico-arenacee (Fm. del Flysch Numidico) ed affiora in vaste aree dell'Imera.

Unità Sicilidi - Sovrastano tettonicamente i terreni miocenici delle unità precedenti e sono costituiti prevalentemente da argille (Fm. delle Argille varicolori) e calcari marnosi e marne (Fm. Polizzi); nel bacino affiorano nell'area tra Buonfornello e Scillato e nell'area meridionale.

Unità Postorogene - Costituite da depositi clastico-terrigeni (Fm. Terravecchia), ed evaporitici e da calcilutiti e marne bianche (Trubi) del Tortoniano – Pliocene Inferiore, discordanti sulle unità sottostanti, sono stati interessati dalla tettonica pliocenica e deformati in scaglie accavallate verso Sud. Affiorano in varie aree del bacino idrografico.

## **2.4.6 Geomorfologia**

### Aspetti generali



Il bacino idrografico dell'Imera Settentrionale risulta caratterizzato da molteplici processi erosivi e da diffusi fenomeni gravitativi con maggiore incidenza in corrispondenza dei versanti argillosi di media e alta collina. Il territorio presenta, infatti, una complessa articolazione geostrutturale a cui corrisponde un susseguirsi di variazioni litologiche e conseguente disomogeneità morfologica.

Da evidenziare la presenza di tre unità geologiche con comportamento relativamente "rigido" in rapporto ai processi geodinamici superficiali. Queste sono da monte verso valle: la dorsale mesocenozoica di Monte Cervi – Rocca di Sciara – Rocca di Sclafani Bagni, le sequenze conglomeratiche e sabbiose di Monte Riparato e l'unità di Monte Rasoloccolo. Queste unità, per la resistenza all'erosione, rappresentano altrettante "soglie" di base regolatrici dell'assetto geomorfologico delle rispettive aree idrograficamente a monte.

Oltre a questa caratteristica configurazione del territorio sotteso dal bacino idrografico del Fiume Imera Settentrionale, è possibile identificare, nei punti elencati successivamente, alcuni dei principali fattori che influenzano la stabilità dei versanti:

- forte contrasto climatico tra il semestre piovoso e quello asciutto con frequenti variazioni annuali;
- la maggior parte dei sottobacini ha un elevato rapporto tra dislivello totale e lunghezza dell'asta principale, in media superiore al 5%;
- la formazione geologica con superficie di affioramento maggiore è quella delle "argille varicolori" che rappresenta il litotipo con più alto coefficiente di franosità;
- presenza di ampie aree cerealicole (circa il 40% dell'intero bacino) che espongono terreni arati e quindi senza vegetazione, al ruscellamento autunnale ed invernale;
- condizioni di degrado territoriale e di incendi dolosi, con relativo trend negativo delle superfici occupate da associazioni naturali sia arbustive che arboree.

#### Identificazione degli ambiti geomorfologici principali

I fattori elencati nel precedente paragrafo, fortemente negativi per gli equilibri geomorfologici, interagiscono differentemente in funzione delle caratteristiche fisicomeccaniche degli affioramenti litologici, andando a determinare delle vere e proprie associazioni di processi geodinamici superficiali che vanno a caratterizzare areali ben definibili.

Tali areali ed i corrispondenti stili geomorfologici, possono essere identificati, in prima approssimazione, dal raggruppamento di affioramenti afferenti alla medesima unità geologica intesa in senso lato.

In particolare, la Fig. 6 illustra la differenziazione che può essere schematizzata all'interno del bacino idrografico del Fiume Imera Settentrionale.

In base a questa analisi, sono state identificate n. 7 zone omogenee. Di seguito vengono descritte solo quelle ricadenti nel sub-bacino d'interesse, ovvero le Unità A, C ed E. In particolare l'area di progetto (cerchiata in rosso) ricade nell'Unità A.

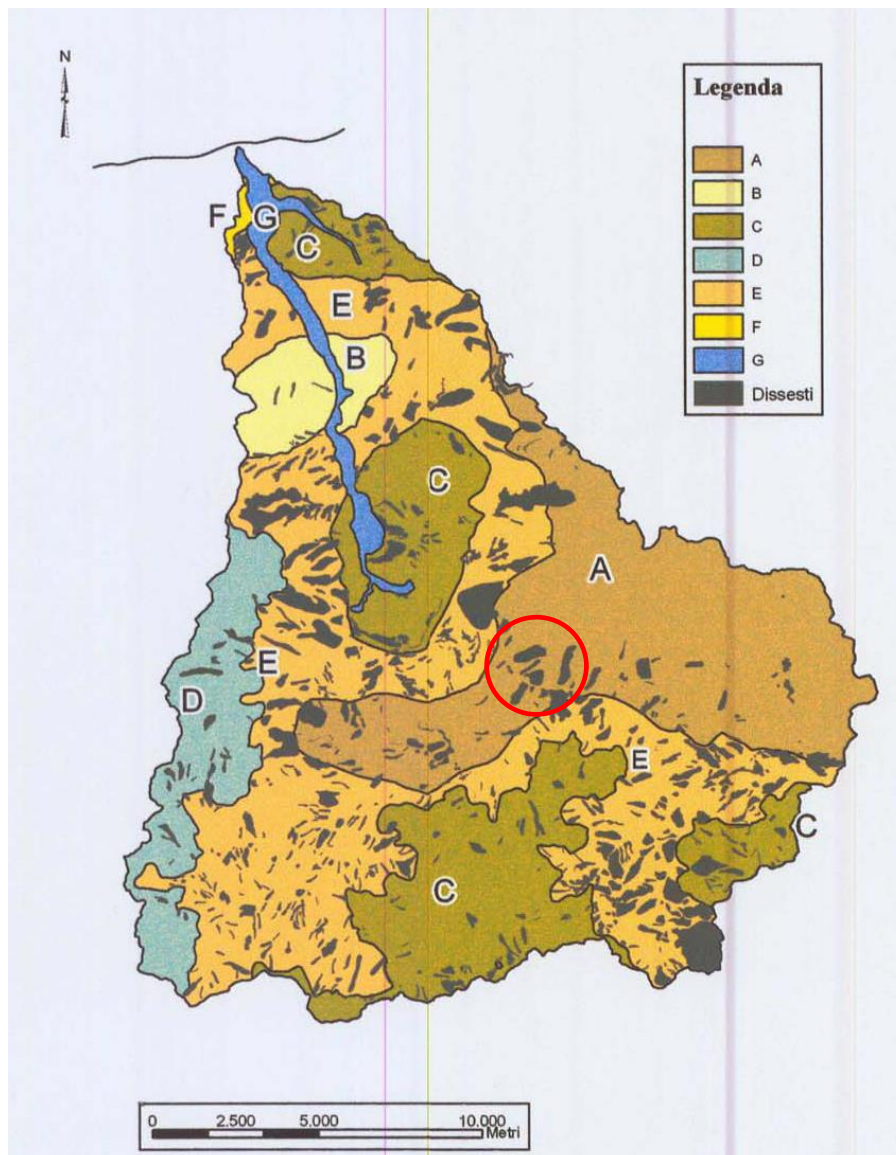


Figura 7 – Bacino Imera Settentrionale -Unità geomorfologiche

### Unità A

Comprende gli affioramenti del settore occidentale dei Monti delle Madonie che occupano l'area orientale del bacino idrografico e si propagano verso il centro con le Rocche di Sciara e di Sclafani Bagni.

In questa unità si raggiungono i maggiori dislivelli morfologici (Vallone San Nicola) in presenza di rocce carbonatiche, con un paesaggio aspro e inciso e frequenti pareti rocciose.

Quest'ultime sono spesso la testimonianza delle dislocazioni prodotte dalla complessa tettonica che ha investito in più fasi le Madonie.

La suddivisione in più "scaglie tettoniche" variamente sovrapposte, determina condizioni di instabilità gravitativa dei fronti di scollamento tra le singole scaglie soprattutto per la giustapposizione di rocce a differente risposta all'erosione (in genere calcari fratturati sovrastanti pendii argillosi). I forti processi erosivi, particolarmente severi durante le ultime fasi glaciali del quaternario, hanno marcato profondamente queste lineazioni tettoniche; in

conseguenza di ciò si sono prodotti grandi movimenti gravitativi con eventi franosi anche superiori a parecchi milioni di metri cubi.

Tali eventi, attualmente non ripetibili per le mutate condizioni climatiche, hanno determinato l'accumulo di materiali rimaneggiati, particolarmente suscettibili a parziali riattivazioni soprattutto nella zona del fronte della paleofrana. In particolare, scavi, sovraccarichi o più in generale usi e modifiche antropiche delle morfologie e vegetazioni originarie senza opportune misure di compatibilità, causano il reinnesto delle fenomenologie di riassetto della massa alloctona.

Risulta determinante il ruolo della circolazione idrica sotterranea che "lubrifica" i piani di discontinuità tra gli ammassi precedentemente mobilizzati, peggiorando le condizioni di stabilità dei fronti prospicienti aree in intensa erosione.

Condizioni simili interessano la maggior parte delle porzioni inferiori dei versanti del complesso montuoso di Monte dei Cervi, il versante occidentale della Rocca di Sciarra e di quella di Sclafani Bagni, coinvolgendo direttamente gli abitati di Scillato, Caltavuturo e la periferia di Sclafani Bagni.

### Unità C

Nel bacino questa unità risulta frammentata in più settori, generalmente in posizione media ed alta lungo i versanti, tranne che per la zona di Monte Riparato ubicata lungo il fondovalle.

Comprende gli affioramenti della formazione "Terravecchia" costituiti da argille sabbiose, sabbie, arenarie e conglomerati in tipiche sequenze di flysch post-orogeno.

Il paesaggio è caratterizzato dall'alternanza di alti morfologici sabbioso-arenacei e conglomeratici con depressioni argillose dalle forme più dolci.

Lo stile geomorfologico si inserisce in questo contrasto litologico agendo in maniera disgregatrice nei contrafforti delle sabbie, arenarie e conglomerati, mentre sulle argille si evidenzia un continuo processo che somma l'azione di alterazione superficiale e degrado delle qualità meccaniche dei primi metri di profondità, alla progressiva instabilità di queste masse lungo versanti interessati dai processi erosivi della rete idrografica che, ciclicamente, si riattivano in corrispondenza di annate particolarmente piovose.

Un ruolo importante, per l'innescare di fenomenologie di dissesto geomorfologico, è svolto dalla diffusa imbibizione dei terreni argillosi posti a valle di modeste manifestazioni sorgentizie.

Il diffuso e costante apporto idrico favorisce l'alterazione superficiale delle argille e lo scadimento delle qualità meccaniche fino a determinare condizioni di instabilità evidenziate da: colate di fango, anche con velocità relativamente alte, diffusi processi di solifluzione e rari scorrimenti rotazionali e/o traslativi.

### Unità E

Come evidenzia la Fig. 6, questa unità costituisce la "pasta di fondo" del tessuto territoriale e in generale la sua debolezza maggiore. Si tratta infatti degli affioramenti delle Argille Varicolori o di sequenze argillose strettamente connesse a questa formazione che sono conosciute in letteratura come le più propense alle fenomenologie franose superficiali

di tutta la Sicilia. Ciò è dovuto soprattutto alle caratteristiche mineralogiche delle argille ed all'elevato stato di tettonizzazione che peggiora ulteriormente le caratteristiche meccaniche.

I dati bibliografici sulle prove geotecniche di laboratorio, sia a carattere scientifico che progettuale, indicano un angolo di attrito di queste argille molto basso, variabile da un minimo di 15-17 gradi in condizioni alterate, a massimi non superiori ai 25 gradi per le porzioni più compatte. Si comprende, quindi, come i versanti collinari debbano trovarsi in condizioni più che ottimali per evitare l'instaurarsi di fenomenologie gravitative.

Molto alta è, inoltre, la suscettibilità a forme di erosione severa o accelerata quali i calanchi e la vulnerabilità alla perdita di suolo utile alla vegetazione. Purtroppo si deve sottolineare come l'uso agricolo prevalente (coltivazioni estensive cerealicole), che determina lunghi periodi di assenza di copertura vegetale, nei periodi piovosi, favorisca di fatto l'inizio dei processi di erosione diffusa per rivoli e la conseguente perdita di suolo.

All'interno dell'unità si evidenziano due areali maggiormente soggetti ai fenomeni franosi, uno posto a sud-est con le contrade Lavanche e Nuciarella ed uno posto in posizione centrale, attorno all'unità C, nelle contrade Ottosalme, San Pietro, Cardellino e V.ne Sfasciapignatte dei territori comunali di Cerda, Collesano, Sclafani Bagni, Caltavuturo e Scillato.

#### **2.4.7 Idrogeologia**

Nel territorio del bacino idrografico del Fiume Imera settentrionale sono presenti numerosi acquiferi anche di notevole rilevanza nel panorama delle risorse idriche della Sicilia.

Ci si riferisce principalmente alla struttura idrogeologica di Monte Cervi e della Quacella (permeabili per fratturazione, fessurazione e carsismo), le cui sorgenti principali forniscono una parte rilevante della dotazione idrica delle città di Palermo e Caltanissetta, attraverso gli acquedotti di Scillato e Madonie Ovest.

Corpi acquiferi minori interessano la parte occidentale e meridionale del bacino, soprattutto in corrispondenza di affioramenti sabbiosi e conglomeratici della formazione Terravecchia e dei livelli quarzarenitici del Flysch Numidico. In questo caso, si riscontra un'immediata relazione tra le condizioni idrogeologiche e l'instaurarsi di condizioni che favoriscono il dissesto geomorfologico nelle aree subito a valle delle modeste e diffuse manifestazioni sorgentizie con fenomeni di soliflusso generalizzato e colamenti con spessori non rilevanti (1-3 metri).

Alla base del versante settentrionale della Rocca di Sclafani Bagni è presente un gruppo sorgentizio di acque termali (35-40 gradi), connesso con circuiti idrici profondi risalenti lungo un sistema di faglie dirette che delimita a nord la stessa Rocca.

Le condizioni idrogeologiche sono tra le cause principali di alcune situazioni di instabilità profonda nei versanti di sbocco delle falde idriche. Ciò è particolarmente determinante per la zona dell'abitato di Scillato dove un corpo eterogeneo e rimaneggiato, con spessore tra i 10 e oltre 30 metri, posto a valle della struttura di Monte Cervi, è interessato da un

complesso acquifero multifalde alimentato dalle acque sotterranee non drenate dalla sorgente di trabocco del gruppo dell'acquedotto di Scillato.

Si ha quindi una saturazione della coltre superficiale ma anche di particolare livelli sotterranei, permeabili per porosità, che determinano piani di scorrimento preferenziali.

Questi diventano attivi in relazione a brusche variazioni degli apporti idrici sotterranei.

Anche se di minore entità, lo stesso fenomeno si riscontra nel versante meridionale della Rocca di Sciara, dove insiste l'abitato di Caltavuturo.

Stessa importanza del ruolo sull'assetto idrogeologico complessivo delle falde idriche, ma con una minore complessità, si osserva per le zone circostanti gli affioramenti della formazione Polizzi, dove il contrasto di permeabilità tra le marne calcaree e le Argille Varicolori determina una diffusa saturazione degli strati argillosi alla base dei corpi idrici. Ciò favorisce l'innescarsi di processi di espansione laterale, di difficile delimitazione, delle porzioni esterne degli affioramenti della formazione Polizzi (vedi quartiere San Pietro, abitato di Polizzi Generosa).

### 3 ANALISI IDROLOGICA DEL FIUME IMERA SETTENTRIONALE

#### 3.1 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE BACINO

Il bacino imbrifero del fiume Imera Settentrionale presenta una forma approssimativamente triangolare, allungata secondo la direzione SSE-NNW, con una quota massima di 1866 metri s.l.m. presso Monte Quacella delle Madonie Occidentali ed una quota minima di 0 metri s.l.m. alla foce situata nella costa settentrionale siciliana.

Per quanto riguarda il sottobacino d'interesse, chiuso all'incirca presso lo svincolo di Scillato, esso ha un'estensione di circa 110 kmq, mentre l'asta principale si estende per 14,3 km circa.

Le pendenze nel tratto d'interesse si aggirano intorno al 0,2 %

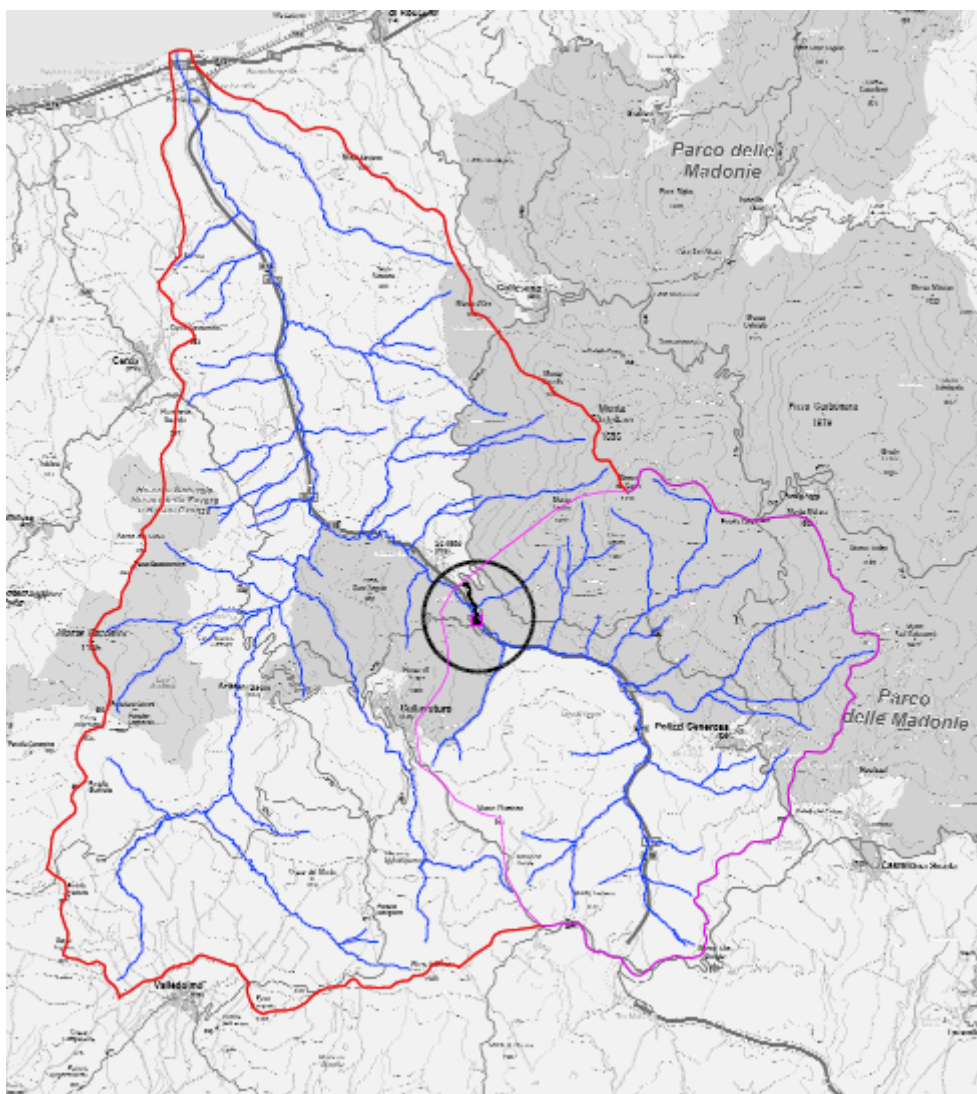


Figura 8 – Bacino idrografico del Fiume Imera e sottobacino chiuso in corrispondenza Viadotto Imera I.

Tale sottobacino, con riferimento alla suddivisione in sottobacini definita nella Relazione del PAI Imera per il calcolo delle portate di piena, coincide approssimativamente con il sottobacino n. 5, come mostrato nella figura 8 al paragrafo seguente:

### 3.2 STIMA DELLE PORTATE AL COLMO

La zona interessata dal bacino imbrifero è caratterizzata, come già accennato, da un regime pluviometrico di tipo mediterraneo, con addensamento delle piogge nel semestre invernale - primaverile (da ottobre a marzo). Le precipitazioni talvolta sono di notevole intensità (media annua di circa 500-600 mm) e possono determinare piene elevate anche se di durata relativamente breve.

Lo studio idrologico è stato effettuato avvalendosi di tecniche proprie dei Sistemi Informativi Territoriali (G.I.S.) e di un modello di pubblico dominio, l'HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*) dell'Hydrologic Engineering Center. Lo studio è stato effettuato per i valori del tempo di ritorno di 50, 100 e 300 anni in accordo con quanto indicato nel D.L. 180/98 e nella Circolare n. 1/2003 dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente del 07.03.2003.

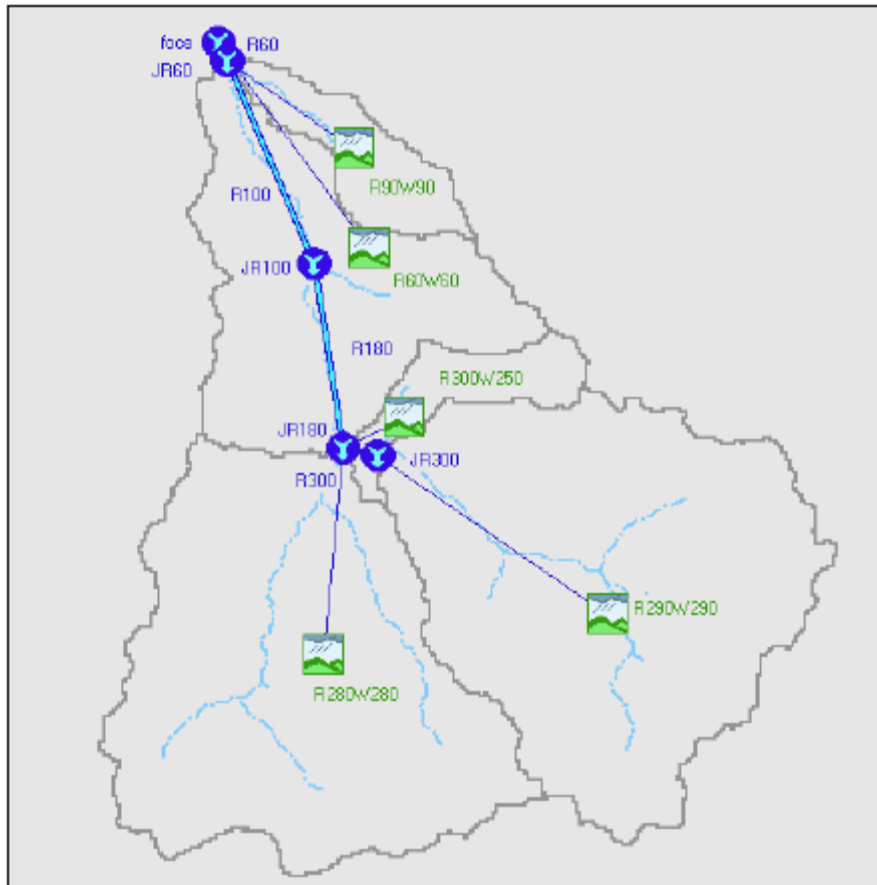
Il bacino idrografico del F. Imera, di estensione pari a circa 438,52 km<sup>2</sup>, è stato suddiviso in 7 sottobacini; per ogni sezione di chiusura dei sottobacini, sono state calcolate le massime portate al colmo di piena per gli assegnati tempi di ritorno.

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 fase, definita di *pre-processing*, ha consentito di individuare automaticamente, partendo da un modello digitale delle quote del terreno (DEM - Digital Elevation Model) il reticolo idrografico, i displuvi e, quindi, i limiti di bacino e dei sottobacini, ciascuno dei quali corredato dai principali parametri morfologici;
- la seconda fase, 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 Figura 9 è riportato lo schema idrologico, prodotto dal modello HEC-GeoHMS, utilizzato per il calcolo delle portate al colmo di piena.



**Figura 9 – Schema idrologico del bacino dell'Imera Settentrionale utilizzato per il calcolo della massima portata al colmo di piena per fissati tempi di ritorno.**

Lo studio è stato effettuato in tre fasi:

### 3.2.1 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 per l'intero bacino in esame. Questa fase ha richiesto la determinazione dei parametri meteorologici, "a", "n" e "CV" per il bacino in studio. A partire dalle carte dei valori "a", "n" e "CV" a scala regionale, sono stati ottenuti i valori medi a scala di bacino (Tabella 5) utilizzando il software Arc-View.

Nelle Figg. 10÷12 sono riportate le carte dei valori "a", "n" e "CV" in corrispondenza del bacino in esame; in Tab. 1 sono riportate le curve di probabilità pluviometrica (CPP) ricavate con la individuazione dei parametri prima calcolati e 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. Lo ietogramma utilizzato è del tipo



"Chicago". In particolare si è ipotizzato un ietogramma centrato ed una durata critica pari a 6 ore.

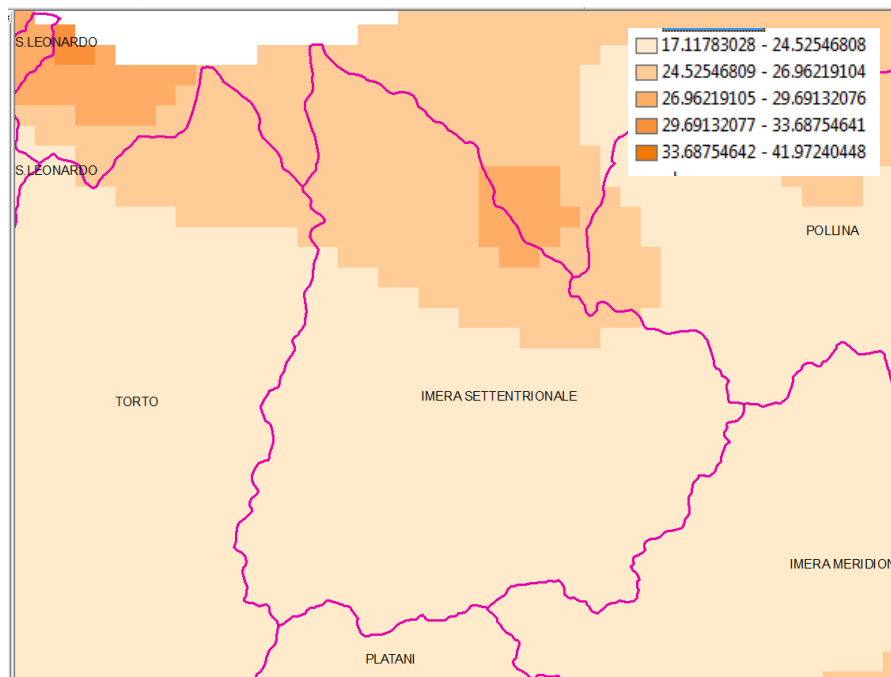


Figura 9 – DTM relativo alla distribuzione del parametro "a" nel bacino idrografico del Fiume Imera S..

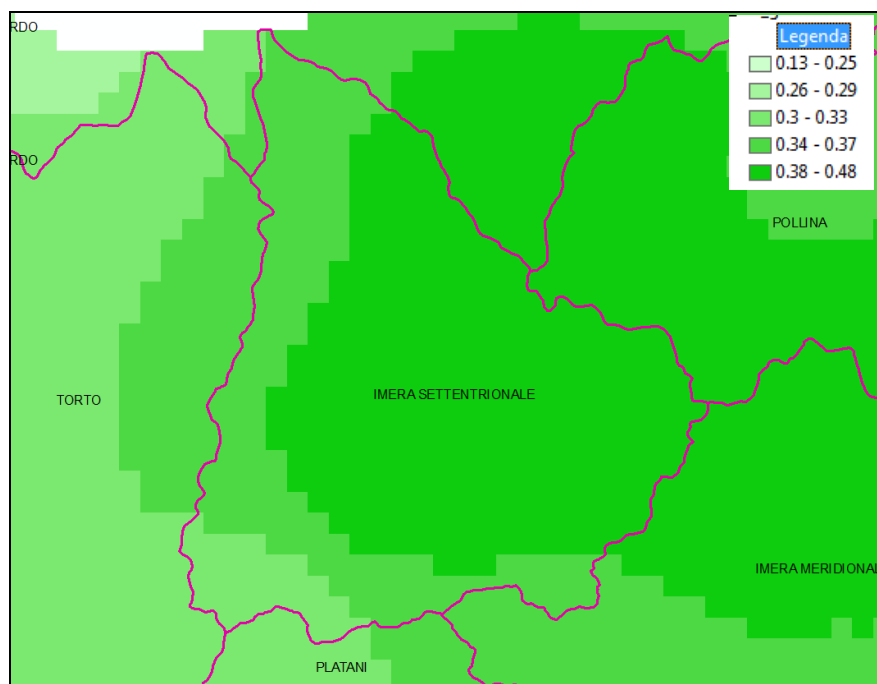


Figura 11 – DTM relativo alla distribuzione del parametro "n" nel bacino del Fiume Imera S..

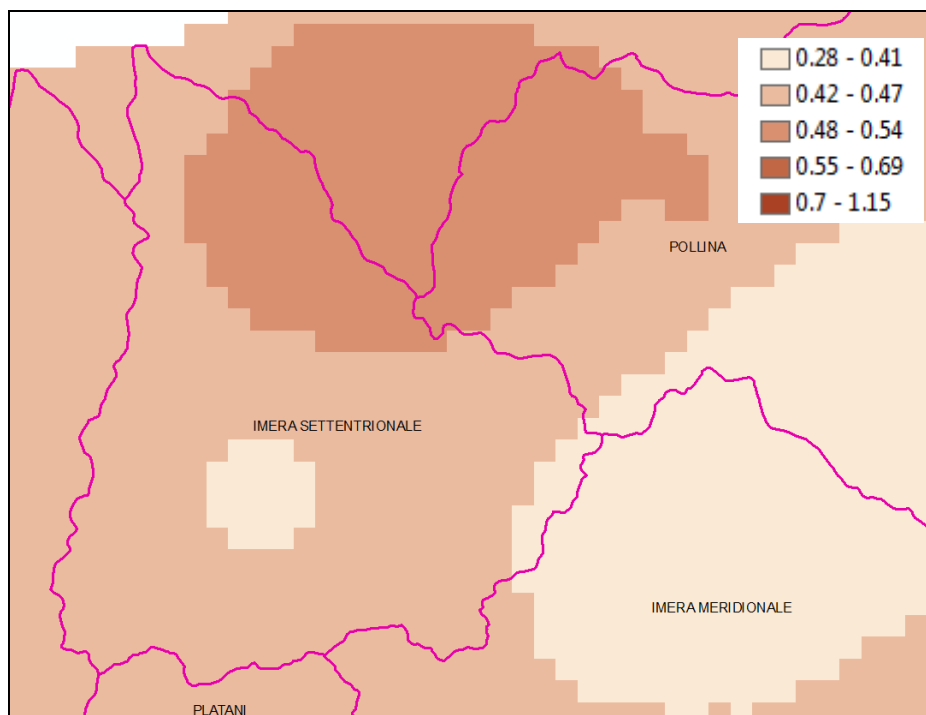


Figura 10 – DTM relativo alla distribuzione del parametro “CV” nel bacino del Fiume Imera S..

Sottobacino n.	Codice HMS	Superf. (km <sup>2</sup> )	CN	a	n	CV
1	R60W60	67,8	79,5	25,3	0,36	0,47
2	R90W90	16,0	79,4	25,9	0,36	0,48
3	R300W250	13,6	79,6	25,3	0,38	0,48
4	R280W280	119,3	76,9	21,7	0,36	0,43
5	R290W290	127,3	76,9	23,3	0,38	0,43

Tabella 1 – Valori medi areali dei parametri “a”, “n” e “CV” relativi ai sottobacini del F. Imera S. .

### 3.2.2 Calcolo della pioggia netta

Per la determinazione della pioggia netta o deflusso superficiale è stato utilizzato il metodo SCS-Curve Number. 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 Figura13 è riportata la distribuzione areale del valore CN per il bacino in studio tratta dal DTM (Digital Terrain Model) fornito dal D.I.I.A.A.

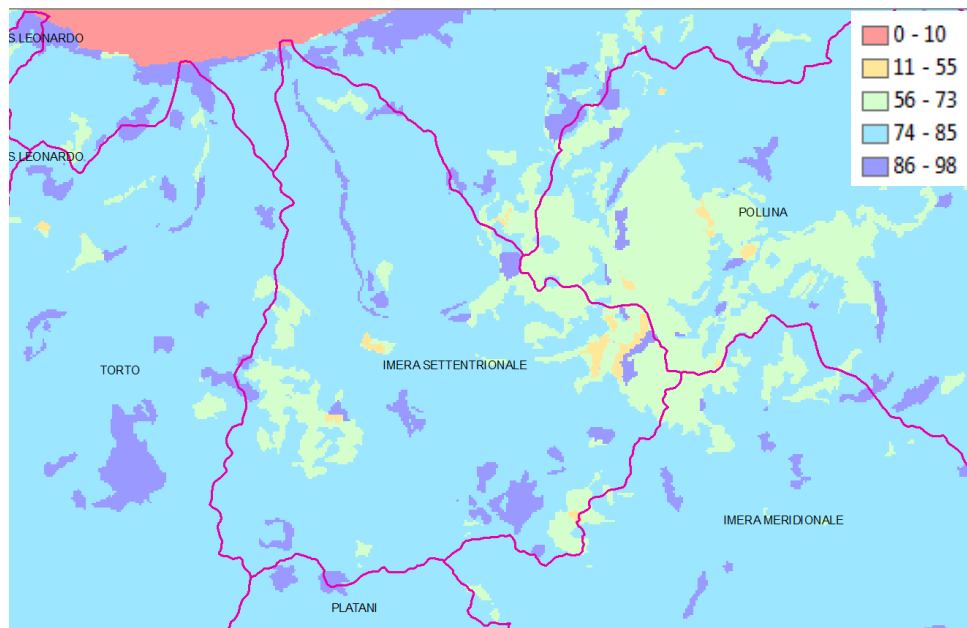


Figura 13 – DTM (Digital Terrain Model) relativo alla distribuzione del parametro “CN” nel bacino idrografico del Fiume Imera.

I valori medi di CN, relativi ai sottobacini considerati, sono riportati in Tabella 3.

Sottobacino n.	Codice HMS	Superf. (km <sup>2</sup> )	CN
1	R60W60	67,8	79,5
2	R90W90	16,0	79,4
3	R300W250	13,6	79,6
4	R280W280	119,3	76,9
5	R290W290	127,3	76,9

Tabella 2 – Valori medi del parametro CN per ogni sottobacino dell' Imera S..

### 3.2.3 Determinazione degli idrogrammi e delle portate al colmo di piena

Il calcolo degli idrogrammi di piena è stato effettuato con il metodo della corrivazione per le diverse sezioni di chiusura dei sottobacini in cui è stato suddiviso il bacino idrografico principale. A partire dal DEM del bacino, prodotto dall'Assessorato Regionale BB.CC.AA., caratterizzato da una maglia quadrata di dimensioni 100 x 100 m, sono stati ricavati automaticamente i percorsi di drenaggio, è stato individuato il reticolo idrografico e la lunghezza delle linee di drenaggio. A quest'ultima è stata associata una velocità di scorrimento superficiale costante e pari ad 1,5 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. 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. 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.

In Tabella 3 sono indicati, per ogni sezione di chiusura dei sottobacini considerati, i valori delle massime portate al colmo di piena, mentre in Tabella 4 i valori in corrispondenza delle confluenze degli stessi sottobacini con l'asta fluviale principale.

Sottobacino n.	Codice HMS	Superf. (km <sup>2</sup> )	CN	a	n	CV	Q <sub>t=50</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>t=100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>t=300</sub> (m <sup>3</sup> /s)
1	R60W60	67,8	79,5	25,3	0,36	0,47	262	311	390
2	R90W90	16,0	79,4	25,9	0,36	0,48	66	79	99
3	R300W250	13,6	79,6	25,3	0,38	0,48	56	66	83
4	R280W280	119,3	76,9	21,7	0,36	0,43	378	453	576
5	R290W290	127,3	76,9	23,3	0,38	0,43	340	407	517

Tabella 3 – Valori delle portate al colmo di piena (Qt), per fissati Tr, relativi ai sottobacini del F. Imera S..

PROGETTO PRELIMINARE

Sezione di Calcolo n.	Codice HMS	Superficie Drenata (km <sup>2</sup> )	Q <sub>T=50</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>T=100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>T=300</sub> (m <sup>3</sup> /s)
1	JR300	127	340	407	517
2	JR180	260	681	824	1058
3	JR60	276	588	708	905
4	Foce	344	591	718	929

Tabella 4 – Valori delle portate al colmo di piena (Qt), per fissati tempi di ritorno, in corrispondenza di alcune sezioni del Fiume Imera S. considerate nello schema di calcolo HMS.

Come già più sopra evidenziato, poiché il bacino chiuso in corrispondenza del Viadotto Imera I coincide approssimativamente con il sottobacino n. 5 (in realtà è poco più di un 10% inferiore – 110 kmq contro 127 kmq) per le verifiche idrauliche verranno prese in considerazione cautelativamente le portate al colmo del sottobacino n. 5, ovvero quelle evidenziate in giallo per la sezione di calcolo n. 1.