

REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana

ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART.1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.267/98 E SS.MM.II.)

Bacino Idrografico del Fiume Lenzi-Baiata (TP)



Relazione

Maggio 2004

PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME LENZI - BAIATA (TP)

REGIONE SICILIANA



IL PRESIDENTE
On. Salvatore Cuffaro

ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE
Assessore Ing. Mario Parlavecchio

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE
Dirigente Generale Dott. Ignazio Marinese

SERVIZIO ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO
Dirigente Responsabile Dott. Giovanni Arnone

UNITA' OPERATIVA PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO
Dirigente Dott. Tiziana Lucchesi

Coordinamento:

Dott. G. Arnone - Dirigente Responsabile del Servizio 4 - "Assetto del territorio e difesa del suolo" (Dott. Giuseppe Castiglia, fino al 31 Ottobre 2003)
Dott. T. Lucchesi - Dirigente - U.O. S4.1 "Piano per l'assetto idrogeologico"
Ing. G. Pirrello - Referente P.A.I. - Genio Civile di Trapani

Consulenza:

Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Applicazioni Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo - Direttore Prof. Ing. M. Santoro
Coordinatore Prof. G. La Loggia
Collaboratori: Ing G.Aronica - Ing A. Candela - Ing N. Carruba - Ing G. Ciraolo - Ing C. Nasello - Ing V. Noto

Redazione:

Geomorfologia:

Dott. Geol. A. Madonna
Dott. Geol. P. Pratini

Programmazione interventi:

Ing. G. Massaro
Ing. D. Arnò
Dott. P. Pratini
Dott. Geol. A. Madonna

Idraulica:

Ing. D. Arnò
Ing. S. Castaldo

Progetto grafico:

Dott. Geol. E. Arini
Arch. L. Galvano
Arch. F. Guccione
Geom. G. Gullotta
Geom. S. Madonna

INDICE

SCHEMA TECNICA DI IDENTIFICAZIONE	3
1. AMBIENTE FISICO	4
1.1. <i>Inquadramento geografico</i>	4
1.2. <i>Morfologia</i>	4
1.3. <i>Idrografia</i>	5
1.4. <i>Uso del suolo</i>	6
1.5. <i>Climatologia</i>	8
1.5.1 <i>Le stazioni</i>	8
1.5.2 <i>Il regime termico</i>	8
1.5.3 <i>Il regime pluviometrico</i>	9
1.6. <i>Inquadramento geologico</i>	10
1.6.1. <i>Assetto geologico-strutturale</i>	11
1.6.2. <i>Caratteristiche litologiche</i>	12
1.7. <i>Geomorfologia</i>	15
1.7.1. <i>Assetto geomorfologico dei versanti</i>	15
1.7.2. <i>Dinamica dei versanti</i>	16
1.7.3. <i>Modellamento fluvio-denudazionale</i>	16
1.7.4. <i>Modellamento ad opera della gravità</i>	17
1.8. <i>Idrogeologia</i>	19
2. ANALISI DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO.....	24
2.1. <i>Metodologia operativa</i>	24
2.2. <i>Stato delle conoscenze</i>	24
2.3. <i>Stato di dissesto del Bacino del Fiume Lenzi-Baiata</i>	26
2.3.1 <i>Aspetti generali</i>	26
2.3.2 <i>Dissesti nel Comune di Erice</i>	28
2.3.3 <i>Dissesti nel Comune di Valderice</i>	30
2.3.4 <i>Dissesti nel Comune di Paceco</i>	33
2.4. <i>Valutazioni sulla pericolosità e delimitazione delle aree a rischio</i>	34

2.5. Piano di interventi per la mitigazione del rischio geomorfologico	29
2.6. Stato della progettazione proposto dagli Enti Locali	40
3. ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO.....	41
3.1. Premessa	41
3.2. Il bacino idraulico del Fiume Lenzi	43
3.3. Il bacino idraulico sotteso dall'invaso Paceco sul Baiata.....	43
3.4. L'invaso di Paceco.....	44
3.5. Metodologia di studio adottata	51
3.5.1. Elaborazione dei dati idrologici	52
3.5.2. Calcolo della portata di piena	54
3.5.3. Verifica delle sezioni del F. Lenzi-Baiata.....	71
3.5.4. Valutazioni sulla pericolosità e delimitazione delle aree a rischio	75
3.5.5. Interventi per la mitigazione del rischio idraulico e fabbisogno finanziario	77
3.6. Valutazione del rischio di esondazione per collasso dell'invaso di Paceco.....	79
3.7. Interventi idraulici eseguiti sul torrente Baiata.....	80
3.8. Recenti lavori di manutenzione eseguiti sul torrente Baiata	81
3.9. Lavori di manutenzione previsti sui torrenti Lenzi e Baiata.....	82
3.10. Lavori di allacciamento del fiume Lenzi all'invaso di Paceco sul Baiata	84
4. CONCLUSIONI	87
BIBLIOGRAFIA	89
APPENDICE	91
Dati idrologici delle stazioni pluviografiche di pertinenza del bacino.....	91
Rilievo delle principali sezioni trasversali del F. Lenzi-Baiata nel tratto terminale, posizionamento cartografico e documentazione fotografica	97
ELENCO ALLEGATI	111

SCHEMA TECNICA DI IDENTIFICAZIONE

BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME LENZI-BAIATA

- Bacino idrografico principale = **Fiume Lenzi**
- Provincia = **Trapani**
- Versante = **settentrionale**
- Recapito del corso d'acqua = **Mare Tirreno**
- Lunghezza asta principale = **F. Lenzi km 18**
- Serbatoi ricadenti nel bacino = **Paceco**
- Altitudine massima = **761.50 m s.l.m. (Monte Erice)**
- Superficie totale del bacino idrografico = **129,212 km²**
- Territori comunali ricadenti nel bacino = **Busetto Palizzolo, Erice, Paceco, Valderice, Trapani**
- Centri abitati ricadenti nel bacino = **Erice, Paceco, Valderice, Trapani**

1. AMBIENTE FISICO

1.1. Inquadramento geografico

Il bacino del Fiume Lenzi-Baiata è ubicato all'estremità occidentale dell'Isola e si sviluppa interamente nel territorio della Provincia di Trapani con una estensione di circa 130 km². Esso comprende i territori comunali di Trapani, Erice, Valderice, Paceco e Buseto Palizzolo (Fig.1).

Il territorio compreso nel bacino idrografico ricade all'interno dei Fogli I.G.M. in scala 1:50.000 nn. 592, 593, 605 e 606, mentre le Sezioni della C.T.R. in scala 1:10.000 interessate sono le seguenti: 592150, 592160, 593130, 605030, 605040, 605080, 606010.

I centri abitati ricadenti all'interno del bacino sono quello di Paceco e, in parte, quelli di Trapani, Erice e Valderice, oltre a numerose frazioni e borgate (Dattilo, Napola-Mockarta, Xitta etc.). Nella Tabella 1 sono elencati i comuni e riportate le superfici ed i residenti ad essi riferibili.

Tabella 1

PROVINCIA	COMUNE	Residenti (Dati ISTAT 2001)	SUPERFICIE (km ²)			Centro abitato ricadente nel bacino
			Totale	Interna al bacino	Percentuale %	
TRAPANI	Buseto Palizzolo	3.197	72,69	6,302	8,670	Assente
	Erice	29.338	47,28	19,563	41,377	Parziale
	Paceco	10.949	58,41	34,652	59,325	Intero
	Trapani	68.346	271,92	40,058	14,732	Parziale
	Valderice	11.374	52,96	28,637	54,073	Parziale
TOTALE	5	124.088	503.26	129.212	25,674	

1.2. Morfologia

L'area compresa entro il bacino idrografico presenta una morfologia complessiva caratterizzata da deboli pendenze e forme dolci e arrotondate che, raramente, superano i 300 m slm. Le quote più elevate si hanno ai margini settentrionale ed orientale del bacino, dove

si sviluppano le pendici rocciose di Monte Erice (761,5 m slm), Monte Luziano (476,9 m slm) e Monte Giamboi (297 m slm). In tale settore del bacino si hanno pendenze più elevate e morfologie più articolate, da molto ripide e scoscese, con tratti subverticali, ad acclivi o mediamente acclivi con morfologie regolari. In tutto il settore centro-settentrionale e meridionale si hanno, invece, deboli pendenze con forme dolci e arrotondate mediamente comprese tra le quote 50 e 150 m slm. Dalle blande pendici, che in generale caratterizzano il bacino, si ergono, a zone, alture collinari isolate che talora superano di poco i 200 m slm, quali: Timpone Alto Iola (243 m slm), M. Serro (216 m slm), Timpone Castellazzo (120 m slm).

Le aree di pianura sono da ricollegare alle ampie piane alluvionali dei Fiumi Lenzi e Baiata. Esse sono localizzate nel settore centrale del bacino, tra le frazioni di Crocci e Balatella, dove si sviluppa l'ampia piana alluvionale del F. Lenzi, nel settore meridionale ad Est di Paceco, dove si sviluppa la più modesta piana alluvionale del F. Baiata e all'estremità occidentale del bacino, nel settore compreso tra gli abitati di Trapani e Paceco e le saline costiere, dove si ha un'ampia piana alluvionale attraversata dai tratti canalizzati dei Fiumi Lenzi e Baiata, i quali, poco a monte delle saline, confluiscono nel Canale di Baiata.

1.3. Idrografia

Il bacino imbrifero presenta la forma di un quadrilatero irregolare allungato in senso E-W e si estende complessivamente su una superficie di circa 130 Km². La rete idrografica è caratterizzata da due corsi d'acqua principali, il F. Lenzi a Nord ed il F. Baiata più a Sud, che confluiscono ad Ovest dell'abitato di Paceco, dando luogo ad un unico corpo idrico interamente canalizzato, il Canale di Baiata. Quest'ultimo sfocia a mare in corrispondenza dell'area delle Saline di Trapani, pochi chilometri a Sud dell'area portuale. Lo spartiacque fra F. Lenzi e F. Baiata si sviluppa lungo le alture di Monte Serro, Rocche Emilio, Baglio Vecchio e Baglio Peralta.

Il Fiume Lenzi trae origine dai versanti collinari presenti a Sud-Est di Valderice e a Sud-Sud-Ovest di Buseto Palizzolo, tra i quali emerge il rilievo del Monte Luziano e, con uno sviluppo complessivo di circa 18 Km e andamento abbastanza regolare, scorre con

direzione prevalente Est-Ovest. L'affluente principale è il Torrente Lenzi, suo tributario di destra, che drena l'area settentrionale del bacino imbrifero, confluendo nell'asta principale nel tratto mediano del bacino, poco ad Ovest della borgata di Napola-Mockarta. Dopo l'immissione del Torrente Lenzi, il Fiume Lenzi prosegue, sempre verso Ovest, in direzione della linea di costa. Il tratto terminale del fiume, a partire dall'abitato di Xitta e fino alla foce, è canalizzato artificialmente (Canale di Xitta).

L'altra asta fluviale principale, il Fiume Baiata, si origina dalle pendici collinari poste ai margini meridionali del bacino idrografico e, nel suo basso corso, è anch'esso canalizzato. Esso convoglia le acque provenienti dalla zona meridionale del bacino e riversa le sue acque nel tratto prefociale canalizzato del Canale di Baiata, pochi chilometri ad Ovest del paese di Paceco. Lungo il suo corso è stato realizzato un invaso, denominato Paceco, che raccoglie parte dei deflussi del bacino del Baiata e parte del bacino indiretto del Lenzi. L'invaso artificiale, oltre a consentire l'accumulo di risorse idriche per usi irrigui, ha la funzione di laminare le piene a salvaguardia della città di Trapani e del suo retroterra.

Ai corsi d'acqua citati si aggiunge una rete idrografica minore data da torrenti e fossi che si articolano con un pattern di tipo dendritico. I corsi d'acqua citati presentano tutti un regime idrologico marcatamente torrentizio, con deflussi naturali, nei periodi asciutti, molto modesti o esigui per i principali e, addirittura nulli, per gli altri.

La zona prefociale del bacino del Lenzi-Baiata è caratterizzata dalla presenza di ampie zone adibite a saline, poste a quote che di rado superano i 10 m s.l.m. Tale area, denominata Margi di Xitta, si estende per circa 680 ha e comprende gli stagni di Paceco e la zona Calderaro. L'area dei Margi di Xitta nei primi anni del 1900 fu parzialmente bonificata mediante la costruzione di canali di scolo e l'inalveamento del Lenzi e del Baiata che, quindi, nel loro tratto terminale si presentano canalizzati artificialmente, già a partire dalla zona dei centri abitati di Paceco e Xitta.

1.4. Uso del suolo

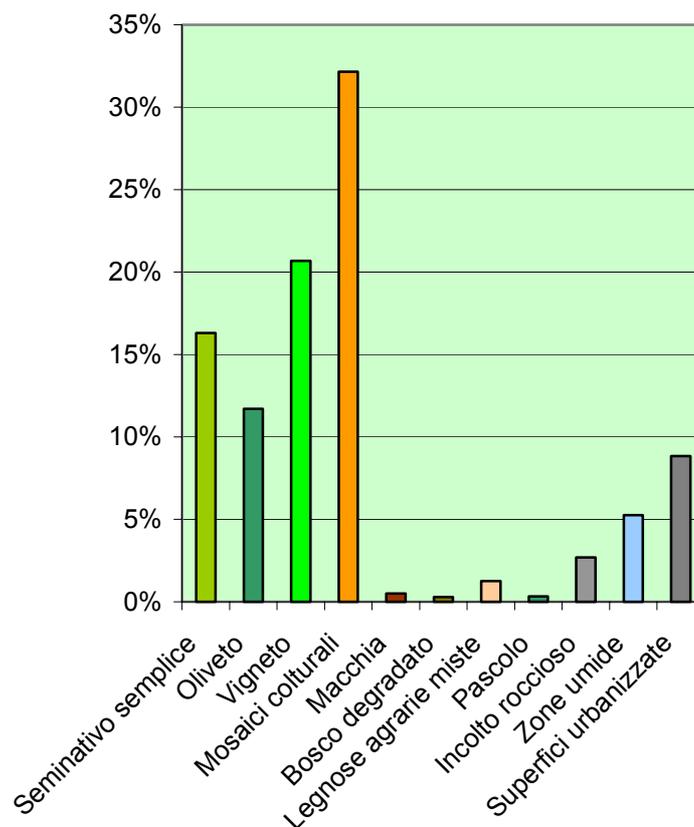
Per quanto concerne le caratteristiche di utilizzazione del suolo dell'area in studio si è effettuata una analisi di larga massima sulla base dei dati a disposizione presso la Regione Siciliana. Come evidenziato nella carta in scala 1:50.000 riportata in Fig. 2, ad eccezione di

alcune aree quali quelle urbanizzate, quelle umide delle saline di Trapani ed alcuni affioramenti rocciosi incolti, peraltro di modesta estensione, la gran parte del territorio viene sfruttata per coltivazioni di vario genere.

Prevalgono le aree adibite a colture miste (mosaici colturali) che comprendono circa il 50% delle aree coltivate; seguono, in termini di diffusione areale, le zone adibite a vigneto e quelle ad oliveto. Le restanti aree del territorio sono destinate a seminativo semplice e, localmente, a colture legnose agrarie miste. Sono pressoché assenti i pascoli, mentre la copertura boschiva è limitata ad una piccola porzione dei versanti meridionali del Monte Erice, dove si riscontrano aree interessate da bosco “degradato”.

Nel seguente grafico sono riportate le superfici territoriali attribuibili ai diversi usi con riferimento all’intero bacino.

Uso del suolo nel bacino idrografico del F. Lenzi-Baiata



1.5 Climatologia

1.5.1 Le stazioni

Al fine di individuare le caratteristiche climatiche che contraddistinguono il settore della Sicilia occidentale nel quale ricade il bacino idrografico del fiume Lenzi-Baiata sono stati considerati gli elementi climatici *temperatura e piovosità*.

In particolare, il regime termico e pluviometrico dell'area sono stati ricavati analizzando i dati registrati presso le stazioni termopluviometriche e pluviometriche situate all'interno del bacino in esame, o nelle aree immediatamente circostanti, di seguito elencate.

STAZIONE	LOCALITA'	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Lat.	Long.
Trapani	Trapani	Termo- pluviometro	2	4.210.737	280.621
S. Andrea B.	S. Andrea B.	Pluviometro	48	4.214.228	286.480
Specchia	Specchia	Pluviometro	140	4.210.378	292.236
Lentina	Lentina	Pluviometro	125	4.212.153	295.209
Fastaia	Fastaia	Pluviometro	218	4.200.875	302.256

1.5.2 Il regime termico

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

Prendendo in considerazione i dati rilevati nel periodo trentennale compreso tra il 1965 ed il 1994 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) la temperatura media è pari a 27.2 °C e si raggiungono temperature massime di circa 38.4 °C; invece, nel mese più freddo (Gennaio) la temperatura media è pari a 11.9 °C e i valori minimi si attestano intorno a pochi gradi centigradi sopra lo zero.

La temperatura media annua dell'intero territorio in esame è pari a 18 °C.

1.5.3 Il regime pluviometrico

L'analisi del regime pluviometrico è stata effettuata attraverso gli annali idrologici pubblicati dalla Regione Siciliana; in particolare, si sono presi in considerazione i dati inerenti al periodo 1965-1994 e registrati dalle stazioni di rilevamento ricadenti all'interno del bacino del Lenzi Baiata 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 450 mm.

Inoltre, nello stesso periodo considerato, l'anno più piovoso è risultato il 1976 nel quale si sono registrati 948.40 mm di pioggia; l'anno meno piovoso, invece, è stato il 1970, con appena 200.80 mm.

Il mese più piovoso relativo al periodo considerato è stato quello di Febbraio del 1976 che ha fatto registrare ben 137.8 mm di pioggia.

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 ed 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); inoltre, 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 risalienza di acqua per capillarità.

1.6. Inquadramento geologico

Ai fini della comprensione delle cause predisponenti le diverse forme di dissesto dei versanti, si ritiene utile fornire un quadro schematico delle attuali conoscenze geologiche del territorio oggetto di studio. La sua evoluzione strutturale è marcata dalle principali fasi tettoniche che hanno determinato la costruzione della struttura montuosa a nord (Catena Appenninico-Maghrebide), che presenta morfologie giovanili e lontane da un equilibrio geomorfologico; questo fatto, unitamente alla presenza di formazioni rocciose tettonizzate e ampie plaghe di terreni argillosi affioranti, favorisce lo sviluppo di uno stato di dissesto diffuso sui versanti nella parte settentrionale del bacino. Alla naturale predisposizione ai dissesti si sommano interventi antropici non perfettamente compatibili con l'assetto

geomorfologico dei luoghi che contribuiscono ad aumentare la frequenza degli eventi e l'entità dei danni.

1.6.1. Assetto geologico-strutturale

L'area interessata dal bacino idrografico del Fiume Lenzi-Baiata si inquadra nel contesto geologico dei Monti di Trapani. Questi ultimi rappresentano le estreme porzioni nord-occidentali della Catena Appenninico-Maghrebide che caratterizza da Est ad Ovest la fascia settentrionale della Sicilia, dai Monti di Trapani fino ai Monti Nebrodi.

La Catena è composta da un insieme di unità stratigrafico-strutturali carbonatiche e terrigeno-carbonatiche derivanti dalla deformazione di domini paleogeografici diversi, caratterizzate da omogeneità di facies e di comportamento strutturale e sovrapposte tettonicamente con vergenza meridionale. La deformazione dei domini paleogeografici e la messa in posto delle unità strutturali è avvenuta a partire dal Miocene inf. a seguito di una tettonica compressivo-traslativa ed è durata fino a buona parte del Pliocene. Essa ha avuto inizio con la messa in posto delle unità più interne ed ha progressivamente interessato i domini paleogeografici più esterni e più profondi nell'edificio tettonico che hanno subito un trasporto minore.

Nel Tortoniano-Messiniano inf., in seguito al sollevamento progressivo della Catena, è iniziata la deposizione del Complesso Postorogeno, con le molasse della Fm. Terravecchia, seguita dalla crisi di salinità, che ha dato luogo alla deposizione della serie evaporitica messiniana e dalla deposizione terrigena argilloso-sabbioso-calcarenitica plio-pleistocenica.

Nell'area del bacino idrografico del Lenzi-Baiata affiorano terreni che abbracciano un intervallo temporale compreso tra il Trias sup. e l'Attuale. Si riscontrano depositi di Catena prevalentemente calcareo-dolomitici e calcareo-marnosi riferibili all'Unità di Monte Erice, depositi prevalentemente argillosi e argilloso-arenacei riferibili al complesso postorogeno e depositi quaternari di natura prevalentemente sabbioso-calcarenitica. Su tali terreni si rinvengono, infine, depositi di copertura di natura detritica a ridosso dei principali rilievi e di natura alluvionale nelle aree di fondovalle.

Dal punto di vista tettonico i litotipi dell'Unità di Monte Erice sono stati coinvolti nelle fasi tetto-genetiche che hanno dato luogo alla formazione dell'edificio strutturale dei Monti di Trapani.

La struttura di Monte Erice rappresenta il motivo strutturale dominante che caratterizza il territorio in studio. Essa è costituita da terreni prevalentemente carbonatici, di età mesozoico-terziaria, derivanti della deformazione del margine settentrionale del Bacino Trapanese. La successione litologica, che nel complesso forma una struttura anticlinale, ha uno spessore complessivo di circa 900 metri. Secondo alcuni autori l'Unità del Monte Erice costituisce una scaglia tettonica sovrascorsa sull'Unità Rocca Giglio, anch'essa costituita da terreni carbonatici sottostanti al complesso plastico tortoniano. Il contatto tettonico è incerto in quanto obliterato da una estesa coltre detritica e comunque si trova a valle delle pendici meridionali e sud-orientali del Monte Erice.

Alla tettonica orogena che ha dato luogo all'impilamento delle varie unità stratigrafico-strutturali ha fatto seguito, a partire dal Pliocene superiore, una fase tettonica recente, caratterizzata da un regime distensivo, con faglie dirette o normali a diverso rigetto, che è tuttora in atto e che ha contribuito a generare l'attuale configurazione morfologica del paesaggio. Tali faglie dirette, caratterizzate da due famiglie prevalenti, di cui una più antica, orientata E-W, ed una più recente, che interrompe e trasla la precedente, con direzione prevalente N-S, hanno variamente dislocato gli ammassi rocciosi.

A partire dal Pleistocene, infine, le oscillazioni del livello marino hanno dato luogo alla piana costiera con i depositi calcarenitici quaternari, mentre nei rilievi i processi erosivi e di asportazione dei prodotti di degradazione dei versanti hanno dato luogo alla formazione dei depositi detritici alla base delle pendici rocciose ed alla definizione del reticolo fluviale.

1.6.2. Caratteristiche litologiche

Sulla base dei dati disponibili in letteratura geologica, la serie litologica dei terreni affioranti nell'area del bacino, dal basso verso l'alto, risulta così costituita (Fig. 3):

Dolomie e calcari dolomitici (Trias sup.-Lias)

Si tratta di dolomie e calcari microcristallini, doloareniti e doloruditi, calcari dolomitici, calcari loferitici, calcareniti ad Entrochi, calcilutiti ad Ammoniti, calcari selciferi e breccie di colore variabile dal grigio-biancastro al nocciola, in banchi di spessore variabile, a zone massivi; tali terreni, di ambiente deposizionale di scarpata, rappresentano il termine più antico presente in affioramento all'interno del bacino e costituiscono i versanti rocciosi meridionali dei rilievi sui quali sorgono gli abitati di Erice e Valderice e la struttura di Rocca Giglio, poco a sud di Valderice.

Calcari marnosi tipo "Scaglia" (Cretaceo sup- Eocene)

Sono costituiti di calcilutiti e marne calcaree di colore grigio-biancastro e giallastro, talora rossastro, sottilmente stratificate, con intercalazioni di livelli e banchi di calcareniti e calciruditi, di ambiente deposizionale pelagico. Si presentano spesso con strati piegati e contorti, variamente e fittamente fratturati. I terreni della "Scaglia" affiorano alla sommità del Monte Erice ed alla periferia orientale di Trapani, in corrispondenza di Pizzo Argenteria; costituiscono, altresì, alcune delle alture presenti nella porzione centro-meridionale (M. Serro, Timpone Vosca, Timpone Sapone) e nella estrema zona nord-orientale (M. Giamboi e Poggio Menta) del bacino.

Quarzareniti, calciruditi e calcareniti talora glauconitiche (Burdigaliano-Lanhegiano)

Si tratta di quarzareniti brune in banchi e strati con sottili intercalazioni argillose ed argilloso-marnose o di brecciole, calcareniti e calciruditi, talora glauconitiche di colore tabacco e grigio-verdastro. Tali depositi costituiscono i rilievi di Timpone Alto Iola, Timpone Regalbesi e qualche altro modesto rilievo collinare, presenti nel settore centro orientale dell'area in studio.

Sequenze prevalentemente argillose con intercalazioni arenacee o calcarenitiche (Oligocene sup.-Miocene)

Si tratta di sequenze terrigene costituite in prevalenza di argille ed argilliti brune, argille marnose e argille sabbiose, con frequenti intercalazioni arenacee, conglomeratiche e calcarenitiche; sono terreni riferibili alle varie litofacies della Formazione Terravecchia e del Flysch Numidico presenti diffusamente nei versanti centro-orientali del bacino. Nell'area in esame prevalgono le litofacies prevalentemente pelitiche mentre, più sporadici, sono gli affioramenti arenaceo-conglomeratici e quarzarenitici. Proprio in

funzione delle litologie argillose prevalentemente affioranti, tali depositi danno luogo a versanti a morfologia dolce ed arrotondata.

Argille caotiche con inclusi lapidei eterogenei (Oligocene-Miocene inf.)

Si tratta di un complesso di natura prevalentemente argillosa inglobante lembi di unità precedenti; è caratterizzato da depositi argillosi ad assetto caotico, con inclusi lapidei di natura eterogenea, affioranti nella porzione di territorio posta alla base dei versanti carbonatici sui quali sorge il paese di Valderice.

Complesso calcarenitico-sabbioso quaternario (Pleistocene)

Comprende i depositi quaternari che caratterizzano le piane costiere di Trapani e Paceco, costituiti di calcareniti organogene passanti a sabbie conchigliari di colore bianco-giallastro e giallo rossastro. Si tratta di un complesso originatosi ad opera del mare quaternario e che presenta spessori variabili da pochi metri nelle zone più interne ad oltre 20 m in prossimità della linea di costa. I depositi calcarenitico-sabbiosi sono presenti in affioramento in corrispondenza delle spianate morfologiche dove si sviluppano i centri abitati di Trapani e Paceco, le quali si estendono per qualche chilometro verso l'interno.

Depositi lacustri (Olocene)

Comprendono i depositi di origine lacustre e palustre presenti nelle aree depresse a sud della città di Trapani, dove trovano sede le saline. Sono costituiti di terre nere, argille e argille sabbiose grigiastre che si estendono per un'area piuttosto ampia, oggi in gran parte bonificata.

Depositi alluvionali attuali e recenti terrazzati (Recente ed Attuale)

Costituiti di sabbie e ghiaie con livelli sabbiosi e limoso-sabbiosi, interessano le aree di fondovalle e le aree prefociali dei fiumi Lenzi e Baiata e dei loro principali affluenti.

Detrito di falda (Recente ed Attuale)

Si tratta di accumuli detritici presenti alla base dei rilievi carbonatici, principalmente alle falde dei rilievi che costituiscono la struttura dove sorge Erice; sono costituiti di frammenti e blocchi lapidei a spigoli vivi di natura prevalentemente carbonatica misti a terre rosse, sabbie e sabbie limose; tali depositi presentano una granulometria alquanto variabile ed un grado di cementazione anch'esso molto variabile, tale da conferire al deposito caratteristiche comprese da quelle di roccia sciolta a quelle di un deposito consistente e ben cementato.

1.7. Geomorfologia

1.7.1. Assetto geomorfologico dei versanti

Il territorio compreso nel bacino idrografico del Lenzi-Baiata è contraddistinto dalla presenza di formazioni che, presentando caratteristiche litotecniche ed evoluzione tettonica diverse, hanno determinato la varietà di forme presenti nel paesaggio. Si passa, pertanto, dai caratteri tipici di un'area subpianeggiante e basso-collinare, in corrispondenza degli affioramenti argillosi e arenacei, ad una morfologia più aspra e articolata di tipo montano, con versanti ripidi e scoscesi in corrispondenza degli affioramenti calcareo-dolomitici e calcareo-marnosi.

Più in particolare, l'area in studio è caratterizzata da un'ampia fascia costiera subpianeggiante che, procedendo verso l'entroterra, lascia il posto a tutta una serie di modesti rilievi collinari a morfologia più o meno arrotondata, interrotti soltanto, nella estrema porzione settentrionale del bacino, dal gruppo montuoso del Monte Erice-S. Giuliano, dove sorge il centro abitato di Erice e, lungo il quale, si trova lo spartiacque settentrionale del bacino. Tale rilievo, costituito da terreni di natura carbonatica, rappresenta l'unico elemento morfologico-strutturale differenziato, in evidenza rispetto alle circostanti forme dolci e arrotondate.

Il gruppo montuoso della porzione settentrionale del bacino, in cui prevalgono affioramenti di rocce lapidee, presenta valori di pendenza dei versanti piuttosto elevati, localmente con pareti sub-verticali o pendii ripidi e scoscesi, soggetti a degradazione fisica per processi termoclastici ed a fenomeni di crollo; di conseguenza in quest'area è presente una fascia detritica di ampiezza variabile posta alla base delle pendici rocciose stesse.

Le restanti aree del territorio in studio sono caratterizzate da morfologie meno acclivi e maggiormente arrotondate, con quote quasi ovunque inferiori ai 200-250 m s.l.m., che degradano dolcemente in direzione della linea di costa. Esse sono interessate da affioramenti di terreni di natura prevalentemente argillosa o argilloso-marnosa, localmente con intercalazioni sabbiose o arenacee. Tali depositi, essendo facilmente erodibili e dunque modellabili ad opera degli agenti esogeni, conferiscono al paesaggio una morfologia più

blanda con versanti da poco a mediamente acclivi e solcati da una serie di impluvi e valloni ramificati, più o meno incisi.

1.7.2. Dinamica dei versanti

Ai fini di rappresentare l'azione della dinamica dei versanti, intesa come *“complesso di tutti quei fenomeni fisici e naturali che, interagendo tra loro, esplicano un ruolo fondamentale nella continua opera di trasformazione del paesaggio”*, possono prendersi in considerazione i due principali tipi di modellamento alla cui azione è imputabile il paesaggio attuale: quello fluvio-denudazionale, dovuto alle acque superficiali, e quello dovuto all'azione della gravità.

1.7.3. Modellamento fluvio-denudazionale

Per modellamento fluvio-denudazionale si intende quello dovuto all'azione delle acque superficiali selvagge ed incanalate. Nel sistema morfoclimatico attuale l'acqua rappresenta l'agente dominante nel modellamento del rilievo, sia per quanto riguarda i processi legati all'azione del ruscellamento ad opera delle acque selvagge che per i processi di erosione e sedimentazione ad opera delle acque incanalate. Esso si differenzia a seconda dei tipi litologici su cui ha agito o agisce, in funzione del loro differente grado di alterabilità fisica e chimica e del loro differente grado di erodibilità.

Il modellamento fluvio-denudazionale sulle rocce calcareo-dolomitiche e calcareo-marnose dà luogo a valli con profili trasversali a V più o meno svasate ed incise, quali quelle presenti lungo le pendici di M. Erice, con versanti acclivi, a tratti ripidi e scoscesi e con pareti sub-verticali. Gli spartiacque sono rappresentati da dorsali ben definite che culminano talora con delle vere e proprie creste. Altri elementi caratteristici dovuti a questo tipo di modellamento sono le rotture di pendenza causate, per lo più, dall'erosione selettiva e all'assetto giaciturale e strutturale dell'ammasso roccioso. I fronti rocciosi si presentano intensamente fratturati ed interessati da fenomeni di crollo e ribaltamento.

I processi erosivi fluvio-denudazionali sui terreni prevalentemente pelitici o argilloso-sabbiosi danno luogo, al contrario, a valli aperte con sezioni trasversali a V ampie e poco incise e con versanti declivi. Le displuviali sono rappresentate da dorsali arrotondate con

pendii a morfologia poco o mediamente acclive. Lungo i versanti il modellamento fluvio-denudazionale si esplica con fenomenologie di erosione diffusa più o meno intensa. Le caratteristiche di elevata erodibilità dei terreni prevalentemente argillosi o argilloso-sabbiosi, spesso alterati e degradati, unitamente ad altri fattori, quali l'acclività e l'azione degli agenti esogeni, contribuiscono allo stato di erosione diffusa in alcune zone del territorio, esponendo i terreni ad una azione di degradazione fisica e denudamento superficiale, laddove è scarsa la vegetazione. Spesso i fenomeni erosivi evolvono a forme di dissesto superficiale diffuso o a movimenti franosi veri e propri. Alle forme di erosione diffusa si aggiungono anche fenomeni di erosione lineare nei corsi d'acqua, dove si ha prevalente erosione di fondo, in relazione all'elevato potere erosivo da parte delle acque sui terreni argillosi, alla loro velocità di scorrimento ed alla ripidità degli alvei. Ne deriva, pertanto, un continuo processo di approfondimento dei solchi vallivi che comporta, talora, fenomeni di ripercussione lungo i versanti, con distacchi di lembi argillosi superficiali per erosione di sponda e scalzamento al piede.

Nelle zone in cui sono presenti depositi arenaceo sabbiosi o arenaceo-argillosi, i processi erosivi fluvio-denudazionali danno luogo a colline arrotondate alla sommità o spianate in dipendenza della giacitura degli strati, delimitate da versanti mediamente acclivi con locali rotture di pendenza, quale effetto morfologico dovuto all'affiorare delle testate di strati e di banchi arenacei messi in risalto dall'erosione selettiva. Le incisioni sono in genere marcate con un profilo a conca o a V svasata, spesso asimmetrica.

Alle zone soggette a processi erosivi fanno riscontro le relative zone di accumulo:

- falde e conoidi detritiche, accumulatesi in tempi più o meno recenti, di estensione significativa e spessore dell'ordine di diversi metri, quali quelle riscontrate ai piedi delle pendici rocciose di M. Erice;
- zone di fondovalle dove si accumulano i depositi alluvionali ubicati, con estensione e spessori considerevoli, nel fondovalle dei principali corsi d'acqua.

1.7.4. Modellamento ad opera della gravità

Il modellamento ad opera della gravità si manifesta lungo quei versanti dove volumi di terreni lapidei o sciolti, in precarie condizioni di equilibrio - per cause intrinseche delle

formazioni litologiche stesse (stratificazione, assetto strutturale, giacitura, caratteristiche fisico-meccaniche, etc.) o esterne (pendenza dei versanti, piovosità, azioni sismiche, etc) sotto la spinta diretta della gravità, si mettono in movimento lungo il versante, dando luogo a veri e propri fenomeni franosi o di dissesto.

Nel bacino idrografico studiato i fenomeni di dissesto sono concentrati prevalentemente nel settore settentrionale, dove la presenza di più alti gradienti di pendio e l'affioramento di ammassi rocciosi carbonatici, fortemente giuntati e tettonizzati, a contatto con terreni argillosi, facilita l'innescò di fenomeni franosi. Sono noti da tempo fenomeni di dissesto caratterizzati sia da crolli e ribaltamenti dai fronti rocciosi, sia dalla mobilizzazione di coltri detritico-argillose a seguito di intensi periodi piovosi.

Le pendici meridionali di Monte Erice e le pendici ad E e SE di Valderice sono quelle segnalate da tempo per fenomeni di dissesto e nelle quali, allo stato attuale, si concentrano fenomeni attivi o quiescenti. Fenomeni di crollo e ribaltamento di massi rocciosi si verificano dai fronti rocciosi subverticali che verso sud delimitano in parte il rilievo su cui è edificato l'antico abitato di Erice. Alcuni di questi fenomeni si sono verificati recentemente arrecando danni ai manufatti posti a valle; per essi sono in corso di realizzazione interventi di consolidamento da parte del Genio Civile di Trapani.

Lungo i pendii detritico-argillosi posti a valle delle pendici rocciose si osservano dissesti diffusi rappresentati da deformazioni superficiali lente che, allo stato attuale, non mostrano segni di attività. Solo in un caso è visibile un fenomeno di scorrimento in territorio di Valderice (loc. Martognella-Marotta) che nella sua complessità mostra uno stato di inattività, con parziali riattivazioni nella zona di monte, dove si sono verificati danni alla viabilità comunale (Via delle Tremole).

La sintetica descrizione dell'assetto geologico e tettonico del bacino idrografico e dei fenomeni di dissesto in esso presenti mostra come le cause predisponenti, che rendono il territorio più o meno sensibile all'innescò di fenomeni franosi, siano arealmente concentrate nel settore settentrionale nei territori di Erice e Valderice. Tra tali cause si possono individuare la presenza di formazioni lapidee fratturate e tettonizzate, di formazioni argillose a valle e di coperture superficiali detritiche sciolte. Queste ultime sono costituite di elementi lapidei frammisti ad una matrice argilloso-limosa più o meno abbondante. Su tali terreni un contributo importante da tenere in considerazione nell'innescò dei fenomeni è dato dalle piogge; è noto che le piogge intense e prolungate

provocano l'innalzamento della falda, un aumento delle pressioni neutre ed una conseguente diminuzione della resistenza al taglio.

All'alimentazione della falda idrica nei terreni detritici contribuiscono:

- le aliquote idriche di infiltrazione provenienti dai deflussi superficiali, che dalle pendici di M. Erice si riversano disordinatamente sul versante a valle;
- le aliquote idriche restituite sul versante da alcune sorgenti poste al contatto tra terreni carbonatici di M. Erice e terreni argillosi a valle, che fungono da soglia di permeabilità;
- le aliquote idriche trasferite alla coltre detritico-argillosa superficiale per travaso sotterraneo tra la falda nei terreni carbonatici di M. Erice e la coltre detritico-argillosa posta alla base.

A queste cause si sommano quelle legate alle attività antropiche quali sbancamenti per costruzione di manufatti, assenza di regimazioni idrauliche superficiali, costruzione di infrastrutture prive di idonee opere di salvaguardia delle condizioni di stabilità.

1.8 Idrogeologia

Il grado di permeabilità ed il regime idrogeologico dei terreni presenti nell'area in esame sono stati determinati prendendo in considerazione sia la loro natura geolitologica, sia il loro assetto stratigrafico e tettonico-strutturale.

Pur tenendo conto dell'estrema variabilità che la permeabilità può presentare anche all'interno di una stessa unità litologica, si è cercato di definire tale parametro per le formazioni affioranti nel bacino, allo scopo di valutare l'entità dell'infiltrazione idrica ed ottenere un quadro del regime di circolazione idrica sotterranea. A tal fine si sono identificati vari complessi idrogeologici, ognuno costituito da depositi anche di età ed origine differenti, ma con analoghe caratteristiche idrogeologiche e di permeabilità.

I litotipi affioranti nell'area in studio mostrano permeabilità da molto bassa o nulla (complessi prevalentemente argilloso-marnosi) a medio-elevata per porosità e fratturazione e, in misura minore, per carsismo (complessi alluvionali, complessi lapidei calcarenitici, arenacei o calcareo-dolomitici).

I depositi alluvionali presentano una permeabilità per porosità da media ad elevata in funzione della distribuzione granulometrica dei sedimenti e sono sede di falde idriche, in

genere superficiali e di consistenza non elevata, a causa degli spessori piuttosto modesti di tali depositi.

I litotipi quarzarenitici e calcarei hanno una permeabilità medio-alta, essendo sempre interessati da un certo grado di fratturazione e/o carsismo più o meno elevato; pertanto, in essi si instaura circolazione idrica, la cui entità dipende anche dall'estensione areale e dalla potenza dei depositi.

I litotipi a composizione prevalentemente argilloso-marnosa, invece, sono caratterizzati da un grado di permeabilità basso o quasi nullo, tali da potersi considerare praticamente impermeabili, e quindi da escludere al loro interno la presenza di circolazione idrica sotterranea di interesse. Nelle coltri di copertura o di alterazione di natura detritica o detritico-eluviale, è possibile rinvenire delle falde superficiali a carattere stagionale a seguito della infiltrazione di acque meteoriche, comunque di modesta rilevanza, e dipendenti dalle caratteristiche granulometriche.

La prevalenza di terreni di natura pelitica determina una circolazione idrica piuttosto limitata, essendo gli unici litotipi permeabili distribuiti soltanto nell'estremo settore occidentale del bacino.

Di seguito vengono descritti i vari complessi individuati, secondo le caratteristiche di permeabilità possedute dai litotipi affioranti nell'area in studio.

Rocce permeabili per porosità

Tale tipo di permeabilità caratterizza i depositi clastici incoerenti quali le coltri detritiche, presenti alla base dei principali rilievi, i depositi alluvionali attuali e recenti terrazzati, presenti nelle aree di fondovalle dei corsi d'acqua principali, i terreni del complesso calcarenitico-sabbioso quaternario, affioranti in corrispondenza delle spianate costiere, nonché i termini più prettamente sabbiosi delle sequenze terrigene (Fm Terravecchia).

Rocce permeabili per fessurazione e carsismo

Tale tipo di permeabilità è legato alla rete di fessurazione che caratterizza le litologie lapidee, conseguente alle vicissitudini tettoniche subite da tali depositi.

Nelle litologie calcaree e calcareo-dolomitiche, alla permeabilità per fessurazione si aggiunge quella dovuta ai fenomeni carsici: infatti, le acque arricchite in CO₂, svolgendo

un'azione solvente sulle rocce di composizione carbonatica, allargano le fessure, dando luogo a fenomeni carsici più o meno spinti che aumentano la permeabilità, creando delle vie preferenziali di scorrimento in corrispondenza delle fratture principali.

Presentano tale tipo di permeabilità i depositi calcarei e calcareo-dolomitici del Trias-Lias, le quarzareniti del Flysch Numidico ed, in misura minore, i calcari marnosi della Scaglia e i terreni calcarenitici quaternari.

In tali rocce l'infiltrazione e lo scorrimento delle acque avviene prevalentemente in senso verticale e secondo lamine orizzontali sul tetto dei terreni impermeabili sottostanti.

Rocce a permeabilità limitata per fessurazione

Tale tipo di permeabilità è dovuta ad intensa fessurazione in rocce composte da livelli più o meno permeabili alternati a livelli impermeabili variamente distribuiti in senso verticale ed orizzontale.

Presentano questo tipo di permeabilità, essenzialmente, i livelli calcareo-marnosi della Scaglia e le componenti arenacee della Fm Terravecchia.

Rocce impermeabili

Vengono considerate impermeabili tutte le rocce che presentano una frazione argillosa prevalente, nonché quelle rocce che si presentano in banchi integri e/o con strati calcilutitici alternati o intercalati a livelli marnosi.

Tale tipologia è attribuibile alla componente marnosa integra della Scaglia e a tutti i depositi riferibili alle litofacies argillose del Flysch Numidico e della Fm. Terravecchia ed inoltre alle formazioni calcaree compatte non fratturate.

Considerando il tipo di permeabilità, di seguito si riporta una distinzione dei vari litotipi in base al grado di permeabilità presentato, al fine di individuare i caratteri della circolazione idrica sotterranea. In particolare si sono distinti quattro gradi di permeabilità, di seguito descritti.

Terreni molto permeabili

A questa categoria sono ascrivibili le litologie caratterizzate da permeabilità per fessurazione e carsismo; la permeabilità, primaria per porosità, è di esigua importanza,

trattandosi di rocce litoidi compatte ed è comunque legata all'eventuale presenza di livelli calcarenitici e calciruditici presenti all'interno delle formazioni calcaree.

Nei terreni molto permeabili la circolazione idrica avviene principalmente attraverso le fratture e i vuoti creati dai processi di dissoluzione; le formazioni dotate di questo grado di permeabilità rivestono notevole importanza in quanto sedi di consistenti falde idriche.

A questa categoria sono ascrivibili tutte le facies a prevalente componente calcareo-dolomitica.

Terreni mediamente permeabili

Sono litologie caratterizzate essenzialmente da permeabilità primaria medio-alta e da una modesta permeabilità per fessurazione; quest'ultima si presenta quando il terreno ha consistenza litoide ed è stato sottoposto a stress tettonici.

Nei terreni mediamente permeabili la circolazione idrica è affidata principalmente alla porosità degli strati e, in misura minore, all'eventuale rete di fessurazione; i terreni sopraccitati costituiscono spesso degli acquiferi di potenzialità e soggiacenza variabile; sono molto frequenti falde acquifere sospese, superficiali o a livelli sovrapposti.

Nei terreni mediamente permeabili si identificano tutti i complessi detritici e alluvionali di natura sabbioso-ghiaiosa, le Calcareniti di Corleone, la facies sabbioso-conglomeratica della Fm. Terravecchia, le calcareniti quaternarie e tutte le componenti arenacee di spessore consistente intercalate nelle varie formazioni.

Terreni poco permeabili

Trattasi di terreni caratterizzati da permeabilità per fessurazione e/o per porosità molto bassa; essi sono generalmente rappresentati da formazioni eterogenee costituite da alternanze più o meno irregolari di livelli più permeabili (calcari, quarzareniti) e livelli poco permeabili o impermeabili (marnoso-argillosi).

In questa categoria la circolazione idrica si esplica essenzialmente in corrispondenza dei livelli permeabili sebbene attraverso la rete di fessurazione possa instaurarsi una comunicazione fra i vari livelli acquiferi sovrapposti. Tali falde acquifere sono caratterizzate da potenzialità e soggiacenze molto variabili, legate alle condizioni litologico-stratigrafiche e granulometriche della sequenza stratigrafica.

Terreni impermeabili

Essi sono rappresentati dalle litologie nelle quali la circolazione idrica è praticamente trascurabile e che, per tali caratteristiche, fungono da substrato impermeabile alle falde acquifere.

In questa categoria si identificano tutte le facies costituite da una frazione argillosa prevalente; in particolare, nel bacino in esame, esse sono rappresentate sia dalle facies argillose del Flysch Numidico e della Fm Terravecchia che da tutte le formazioni con frazione marnosa prevalente.

Da quanto sopra esposto si evince che nel bacino in studio la circolazione idrica sotterranea risulta piuttosto limitata, a causa dell'assetto geologico-stratigrafico, caratterizzato da una prevalenza di terreni argillosi e argilloso sabbiosi o marnosi, da poco permeabili a praticamente impermeabili.

I depositi più permeabili affiorano in limitati settori, nella parte occidentale del bacino e sono in ogni caso caratterizzati da spessori piuttosto limitati, tali da non permettere l'accumulo di falde idriche particolarmente rilevanti: si hanno infatti falde idriche a carattere piuttosto superficiale e parzialmente sfruttate per usi irrigui o idropotabili, soltanto in corrispondenza degli affioramenti calcarenitici o dei depositi alluvionali. A conferma della modesta entità della circolazione idrica sotterranea si osserva infine la totale assenza di manifestazioni sorgentizie rilevanti; si osservano infatti solo emergenze idriche limitate in corrispondenza del contatto tra i terreni calcareo-dolomitici o dei terreni di copertura detritica con i terreni argillosi impermeabili o in aree di contatto tra le intercalazioni arenacee o calcaree presenti all'interno delle masse argillose. In entrambi i casi tali emergenze alimentano abbeveratoi o si perdono lungo i versanti e, solo raramente, risultano captate per lo sfruttamento potabile o irriguo.

2. ANALISI DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO

2.1. Metodologia operativa

Per l'individuazione delle aree a rischio geomorfologico si è effettuata, preliminarmente, la raccolta di tutte le informazioni disponibili nelle varie fonti consultate. E' stata quindi condotta, in via prioritaria, l'analisi sui centri urbani, sulle frazioni abitate e sulle principali vie di accesso; successivamente le analisi sono state estese alle infrastrutture principali (autostrade, strade, ferrovie) e per ultimo ai versanti collinari compresi entro il bacino idrografico. Per i dissesti più significativi ricadenti nel territorio di Erice e Valderice è stata condotta una verifica con sopralluoghi e fotointerpretazione.

Una volta acquisiti i dati, è stato definito l'inventario delle aree in frana e per ciascun fenomeno è stata individuata la tipologia e lo stato di attività. L'inventario dei dissesti è stato elaborato attraverso la compilazione delle schede di censimento e la rappresentazione cartografica a scala 1:10000. Si è passati successivamente alla definizione dei livelli di pericolosità e di rischio mediante la procedura standardizzata messa a punto dall'ARTA e riportata nelle "linee guida" allegate alla Circolare n.1/03.

2.2. Stato delle conoscenze

La base dati relativa ai dissesti sui versanti, cui si è fatto riferimento per le attività condotte nell'ambito del PAI, è stata molto disomogenea sia per quanto riguarda le informazioni desumibili dalle carte geologiche di base, sia per quelle relative ai specifici dissesti.

Le fonti utilizzate per la definizione del quadro conoscitivo riguardo ai fenomeni franosi presenti nel bacino in studio sono molteplici; si sono presi in esame tutti i dati bibliografici riguardanti pubblicazioni scientifiche, nonché tutti gli studi di carattere geologico e geomorfologico disponibili presso gli Assessorati Regionali, gli Uffici dei GG.CC., i vari Enti Locali. In particolare, per il bacino idrografico del F. Lenzi Baiata, i dati acquisiti provengono dalle seguenti fonti:

- Segnalazioni da parte degli Enti Locali agli Organi Regionali e Nazionali (Protezione Civile, Ass.to Reg.le Terr. e Amb., Genio Civile) di fenomeni avvenuti;
- Studi geologici a supporto dei Piani Regolatori Generali dei Comuni di Erice, Valderice, Paceco, Buseto Palizzolo;
- Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico – Regione Siciliana – Assessorato Regionale Territorio e Ambiente – Dipartimento Territorio – D. A. n. 498/41 del 04/07/2000;
- Aggiornamento del Piano Straordinario – Regione Siciliana – Assessorato Regionale Territorio e Ambiente – Dipartimento Territorio – D. A. n. 543/02;
- Atlante dei Centri Abitati Instabili Vol. I Provincia di Trapani redatto dal G.N.D.C.I. Linea 2 – Pipitone Giuseppe – Pubbl. n. 2509;
- Schede di censimento frane del Progetto SCAI promosso dal G.N.D.C.I. (1986);
- Schede di censimento frane del Progetto IFFI promosso dal S.G.N. (2001-2003);
- Dati messi a disposizione dal Genio Civile di Trapani relativi a interventi di salvaguardia in corso di realizzazione;
- Dati messi a disposizione dal Comune di Valderice circa programmi di intervento progettati;
- Dati bibliografici di natura scientifica o tecnica provenienti da studi e pubblicazioni di vari Autori;

Per quanto riguarda gli aspetti geologici nell'ambito del bacino idrografico, inoltre, si sono utilizzati:

- Carta geologica dell'estremità nord-occidentale della Sicilia – G. Giunta & V. Liguori, 1972;
- Carta geologica e Carta geomorfologica e idrogeologica a scala 1:25.000 redatta nell'ambito del “Progetto Conoscenza, Salvaguardia e Valorizzazione del Patrimonio Naturale e dell'Ambiente delle Coste della Sicilia, Tratto di costa Canale di Birgi-Castellamare del Golfo” redatto dall'Università di Palermo per conto dell'Ass. Reg.le Terr. e Amb., 1983;
- Carta Geologica dell'area tra Marsala e Paceco redatta dall'Università di Palermo – Dip. Geologia e Geodesia, 1996;
- Carta litologica a scala 1:100.000 redatta nell'ambito dello Schema di Piano dei Materiali di Cava e Materiali Lapidari di Pregio a cura dell'E.M.S.

Ai dati acquisiti dalle fonti sopraccitate sono da aggiungere, infine, gli ulteriori dati acquisiti mediante fotointerpretazione, rilievi e verifiche in situ.

2.3. Stato di dissesto del Bacino del Fiume Lenzi-Baiata

2.3.1 Aspetti generali

Sulla base della estensione e distribuzione dei dissesti è stato calcolato un indice di franosità (Tab 2) definito come valore percentuale della superficie del bacino interessato da dissesti rispetto alla superficie totale del bacino stesso.

Tab. 2

BACINO IDROGRAFICO	SUPERFICIE (km ²)	SUPERFICIE IN FRANA (km ²)	INDICE DI FRANOSITA'
LENZI - BAIATA	129,212	3,746	2,90%

In totale i movimenti franosi censiti sono attualmente 17 (Tab. 3) così distinti:

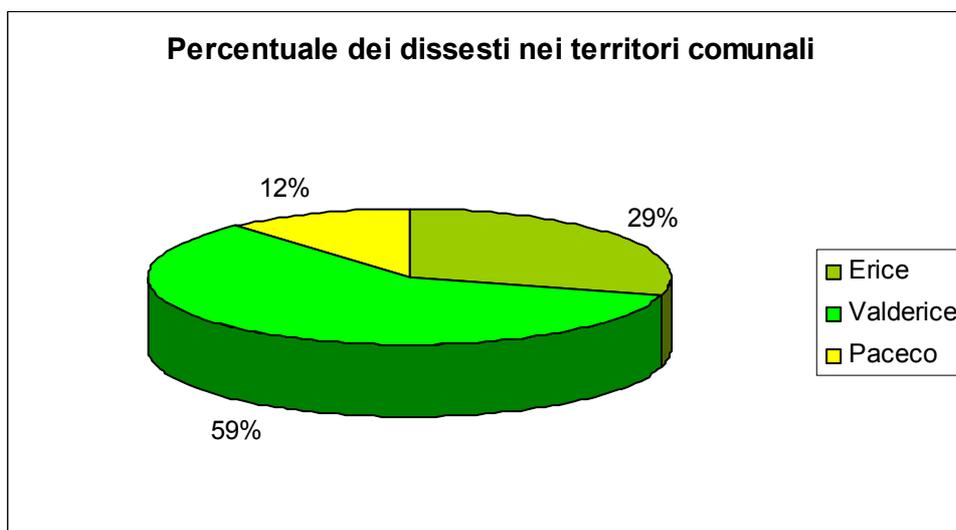
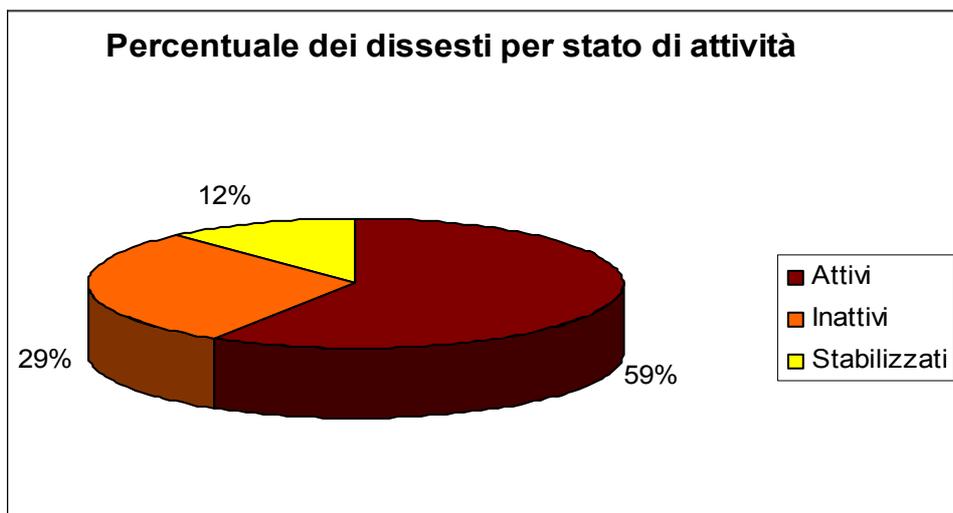
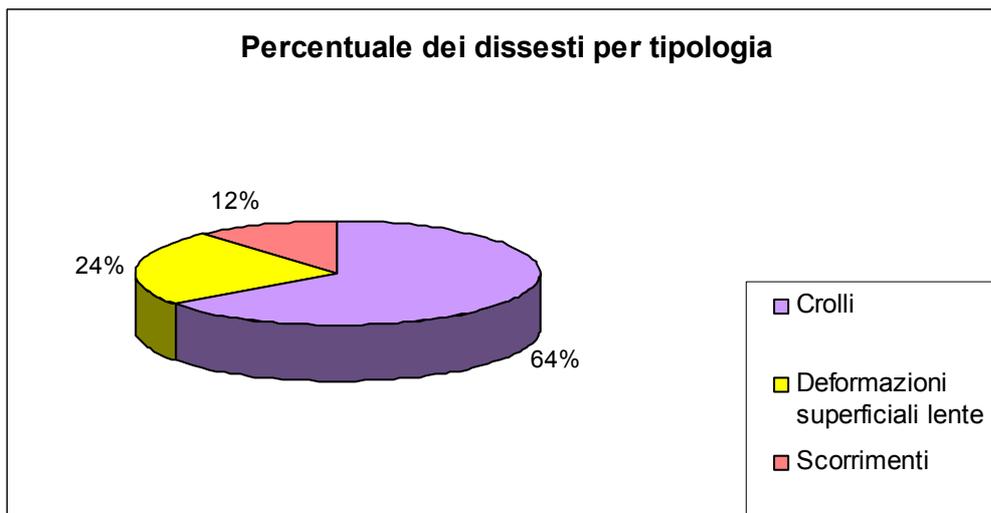
in base alla tipologia

- 11 fenomeni di crollo (9 attivi di cui uno stabilizzato parzialmente con interventi tuttora in corso, 2 stabilizzati artificialmente);
- 2 fenomeni di scorrimento (1 inattivo ed 1 attivo consistente in una parziale riattivazione del primo);
- 4 fenomeni di deformazione superficiale lenta (tutti inattivi);

in base allo stato di attività

- 10 fenomeni attivi (1 scorrimento e 9 crolli di cui uno in parte stabilizzato artificialmente);
- 5 fenomeni inattivi (1 scorrimento e 4 deformazioni superficiali lente);
- 2 fenomeni stabilizzati artificialmente;

Nei grafici che seguono si riporta la distribuzione in percentuale dei dissesti suddivisi per tipologia, stato di attività, confini amministrativi.



La predisposizione della cartografia relativa all'inventario dei dissesti a scala 1:10.000, costituisce la base conoscitiva delle condizioni di dissesto nell'ambito del bacino idrografico. Di seguito si riportano delle note sintetiche in cui vengono brevemente descritti i principali dissesti per comune.

2.3.2 Dissesti nel Comune di Erice

Dissesti censiti:

049-9ER-001 Pendici di San Giovannello Sottano a S e SW di Pizzo Argenteria

049-9ER-002 Pendici delle Rocce del Calderaro a SW dell'abitato di Erice

049-9ER-003 Pendici a S dell'abitato di Erice

049-9ER-004 Pendici a S e SW dell'abitato di Erice in C.da Difali

049-9ER-005 Pendici a SE dell'abitato di Erice

I dissesti sopraelencati sono diffusi lungo le pendici a S dell'abitato ed interessano i fronti rocciosi carbonatici con fenomenologie di crollo e/o ribaltamento e, più a valle, le pendici argilloso-detritiche con fenomenologie tipo deformazioni superficiali lente.

049-9ER-001 Pendici di San Giovannello Sottano a S e SW di Pizzo Argenteria.

Si tratta di fenomeni di crollo che si verificano dalle pendici di Pizzo Argenteria ubicate a SW dell'abitato. Fenomeni di crollo si sono verificati nel maggio 2001; gli ultimi eventi risalgono al 19/11/2001 a seguito delle intense precipitazioni della notte del 18/11/2001. In tale occasione si sono distaccati dei massi che hanno raggiunto la Via Argenteria posta a valle del costone roccioso ed una serie di abitazioni. L'ammasso roccioso che costituisce il costone da cui si sono distaccati i massi è rappresentato da calcilutiti marnose (note con il termine di Scaglia) ben stratificate e piegate, con giacitura variabile, da subverticale a franapoggio. Lungo tutto il fronte roccioso di Pizzo Argenteria sono piuttosto diffuse le situazioni di instabilità e sono visibili massi in pericolo di distacco. A seguito dei fenomeni verificatisi nel novembre 2001, con una perizia di somma urgenza redatta dal Genio Civile di Trapani, è stato realizzato un intervento, che, ad oggi, è in via di ultimazione; tale intervento comprende:

Tab. 3 - Tabella riassuntiva dei dissesti

Comune di Erice								
CODICE	LOCALITA'	LITOLOGIA	TIPOLOGIA	ESTENSIONE O VOLUME	STATO DI ATTIVITA'	DANNI	INTERVENTI REALIZZATI	SITUAZIONE DI CRITICITA'
049-9ER-001	Pendici di San Giovannello Sottano a S e SW di Pizzo Argenteria	Calcoliti marmose stratificate e piegate con giacitura variabile	Crollo	< 1 mc	Stabilizzato artificialmente Attivo	Ad alcune abitazioni poste a valle	In corso di ultimazione barriere paramassi, rafforzamento corticale, pannelli di funi, imbracature E' in corso la progettazione della prosecuzione dell'intervento per una porzione di fronte roccioso contigua a quella già oggetto di intervento	Per la porzione di fronte roccioso oggetto di intervento, la pericolosità da fenomeni di crollo è bassa, mentre permane molto elevata nelle aree poste a valle delle porzioni ancora non consolidate
049-9ER-002	Rocce del Calderaro a SW dell'abitato di Erice	Calcari in banchi e strati	Crollo	> 1 mc	Attivo		Interventi localizzati di sottomurazione e reti zincate romboidali a doppia torsione	Diversi elementi lapidei di grosse dimensioni sono in posizione aggettante ed appaiono in precarie condizioni di equilibrio. Il distacco potenziale di eventuali massi mette in pericolo la sottostante S.P. n°3 Ericina
049-9ER-003	Pendici a S dell'abitato di Erice							
049-9ER-004	Pendici a S e SW dell'abitato di Erice in C.da Difali							
049-9ER-005	Pendici a SE dell'abitato di Erice							
Comune di Valderice								
CODICE	LOCALITA'	LITOLOGIA	TIPOLOGIA	ESTENSIONE O VOLUME	STATO DI ATTIVITA'	DANNI	INTERVENTI REALIZZATI	SITUAZIONE DI CRITICITA'
049-9VA-001	Pendici a S dell'abitato di Erice in C.da Pegno	Coltre detritico argillosa	Deformazione superficiale lenta	>10 ⁶ mq	Inattivo			Il fenomeno è favorito da un disordinato deflusso delle acque e potrebbe evolvere col tempo a forme di dissesto più spinte
049-9VA-002	Pendio a SW dell'abitato di Valderice in zona Allevamento Avicolo			10 ⁵ -10 ⁶				
049-9VA-003	Pendio a S dell'abitato di Valderice in loc. Case Adragna							
049-9VA-004	Versante a S dell'abitato di Valderice in C.da Martognella							

CODICE	LOCALITA'	LITOLOGIA	TIPOLOGIA	ESTENSIONE O VOLUME	STATO DI ATTIVITA'	DANNI	INTERVENTI REALIZZATI	SITUAZIONE DI CRITICITA'
049-9VA-005	Pendici a SE dell'abitato di Erice e ad WSW dell'abitato di Valderice	Calcarei in banchi e strati	Crollo	>1 mc	Attivo			Diversi elementi lapidei di grosse dimensioni appaiono in precarie condizioni di equilibrio
049-9VA-006	Pendici a S dell'abitato di Valderice in loc. Rocca Giglio							
049-9VA-007	Pendici ai margini NW dell'abitato di Valderice in loc. S. Barnaba							
049-9VA-008	Pendio a SW dell'abitato di Valderice in c.da Martognella-Marotta	Coltre detritico argillosa	Scorrimento	10 ⁵ -10 ⁶	Inattivo	Deformazione del manto stradale della SS187	Palificata lungo la SS187 realizzata oltre 10 anni fa	Il fenomeno è favorito da un disordinato deflusso delle acque superficiali e potrebbe riattivarsi a seguito di intensi eventi meteorici
049-9VA-009	Pendio a SW dell'abitato di Valderice - via delle Tremole			10 ⁴ -10 ⁵	Attivo	Fratture lungo la via delle Tremole nella mezzeria di valle e nella scarpata del rilevato con ribaltamento di m 1-1,5 del muro di sostegno a valle		Il fenomeno si evolve con caratteri regressivi estendendosi a monte della strada; allo stato attuale la strada non è transitabile, il fenomeno potrebbe coinvolgere la tubazione del gas
049-9VA-010	Centro abitato di Valderice in loc. S. Marco	Calcilutiti	Crollo	< 1 mc	Stabilizzato artificialmente	Danni ad alcuni immobili del vicolo Salvatore Lombardo	Chiodature ed iniezioni di malte cementizie, reti a doppia torsione ancorate alla parete rocciosa	Gli interventi realizzati hanno mitigato notevolmente il rischio

Comune di Paceco

CODICE	LOCALITA'	LITOLOGIA	TIPOLOGIA	ESTENSIONE O VOLUME	STATO DI ATTIVITA'	DANNI	INTERVENTI REALIZZATI	SITUAZIONE DI CRITICITA'
049-9PA-001	Pendici a N dell'abitato di Paceco in loc. Capponeri	Alternanze arenaceo-sabbiose	Crollo	< 1 mc	Attiva			Il fenomeno mette in pericolo diverse abitazioni poste alla sommità del costone roccioso
049-9PA-002	Pendici a NE dell'abitato di Paceco in loc. Concordia	Calcareni poggianti su argille	Crollo	< 1 mc	Stabilizzato artificialmente		Disgaggio di blocchi, interventi per l'eliminazione dello scalzamento delle argille alla base della parete calcarenitica	Gli interventi realizzati hanno mitigato notevolmente il rischio eliminando la causa dello scalzamento al piede della parete calcarenitica

- messa in opera di barriere paramassi ad elevato assorbimento di energia;
- rafforzamento corticale nella parte alta del costone roccioso;
- pannelli di fune in alcune limitate porzioni del fronte roccioso;
- demolizione con espansivi chimici per alcuni massi di grandi dimensioni instabili;
- imbracature con funi di acciaio relativamente ad alcuni massi di maggiore volumetria in condizioni di equilibrio molto precarie.

Allo stato attuale è in corso di progettazione la prosecuzione dell'intervento per una porzione di fronte roccioso contigua a quella in corso di consolidamento.

(Fonte dei dati: Segnalazioni del fenomeno agli Enti Regionali preposti da parte del Comune di Erice, PRG di Erice, censimento dissesti Piani di emergenza – Protezione Civile, Genio Civile di Trapani).

049-9ER-002 Pendici delle Rocce del Calderaro a SW dell'abitato di Erice

049-9ER-003 Pendici a Sud dell'abitato di Erice

Si tratta di fenomeni di crollo verificatisi in passato dai fronti rocciosi sottostanti le Rocce del Calderaro a SW dell'abitato e dai fronti rocciosi a S dell'abitato. L'ammasso roccioso che costituisce i costoni in oggetto è rappresentato da calcari ad Ammoniti ben stratificati con intercalazioni di livelli marnosi passanti a calcareniti, calcisiltiti e calcilutiti organogene. Esso è soggetto ad una continua azione di disgregazione meccanica da parte degli agenti esogeni, la cui intensità è messa in relazione all'assetto geostrutturale. L'ammasso roccioso è attraversato da una serie di discontinuità (giunti di strato e giunti tettonici) variamente orientate che isolano dal contesto roccioso retrostante volumi lapidei lungo i fronti rocciosi disarticolati ed in precarie condizioni di equilibrio. I blocchi o massi rocciosi distaccabili mettono in pericolo la sottostante S.P. n. 3 Ericina. Inoltre, lungo i fronti rocciosi sono visibili diverse nicchie di distacco, distribuite in maniera diffusa, che testimoniano fenomeni verificatisi in passato; diversi elementi lapidei si trovano in posizione aggettante perchè scalzati alla base dalla erosione selettiva che agisce maggiormente sui livelli marnosi intercalati tra intervalli più francamente lapidei. In passato, lungo i fronti rocciosi in oggetto, sono stati eseguiti interventi localizzati di sottomurazione e messa in opera di reti zincate romboidali a doppia torsione.

(Fonte dei Dati: Atlante dei centri abitati instabili della Regione Sicilia – GNDCI Pubbl. n. 2509).

049-9ER-004 Pendici a S e SW dell'abitato di Erice in C.da Difali

049-9ER-005 Pendici a SE dell'abitato di Erice

Si tratta di fronti rocciosi con caratteristiche analoghe a quelle descritte per i fronti precedenti. Non si ha notizia di eventi precisi verificatisi di recente ma il pericolo di distacco di volumi lapidei è elevato.

(Fonte dei Dati: Studio geologico a supporto del PRG, fotointerpretazione, rilievi in sito)

2.3.3 Dissesti nel Comune di Valderice

Dissesti censiti:

049-9VA-001 Pendio a S dell'abitato di Erice e a SW dell'abitato di Valderice in C.da Pegno

049-9VA-002 Pendio a SW dell'abitato di Valderice zona Allevamento Avicolo

049-9VA-003 Pendio a S dell'abitato di Valderice in loc. Casa Adragna

049-9VA-004 Pendio a S dell'abitato di Valderice in C.da Martognella

049-9VA-005 Pendici a SE dell'abitato di Erice e a WSW dell'abitato di Valderice

049-9VA-006 Pendici a S dell'abitato in loc. Rocca Giglio

049-9VA-007 Pendici ai margini NW dell'abitato in loc. S. Barnaba

049-9VA-008 Pendio a SW dell'abitato di Valderice in C.da Martognella-Marotta

049-9VA-009 Pendio a SW dell'abitato di Valderice in Via delle Tremole

049-9VA-010 Cento abitato di Valderice in loc. San Marco

I dissesti sopraelencati sono diffusi lungo il versante a S dell'abitato. Si tratta in prevalenza di fenomeni di deformazione superficiale lenta che coinvolgono, per porzioni più o meno ampie, i pendii argilloso-detritici, mentre fenomeni di crollo localizzati si verificano da affioramenti di fronti rocciosi carbonatici di limitata estensione, presenti nell'area del centro abitato o in zone circostanti, ed in un solo caso si è riscontrato un fenomeno di scorrimento.

049-9VA-001 Pendio a Sud dell'abitato di Erice e a SW dell'abitato di Valderice in C.da Pegno.

049-9VA-002 Pendio a SW dell'abitato di Valderice in zona Allevamento Avicolo

049-9VA-003 Pendio a S dell'abitato di Valderice in loc. Casa Adragna

049-9VA-004 Pendio a S dell'abitato di Valderice in C.da Martognella

Si tratta di ampie porzioni del versante interessate da deformazioni superficiali lente (soliflussioni generalizzate). Non sono visibili in sito precisi movimenti franosi cartografabili, ma la morfologia ondulata dei luoghi con locali montonature e contropendenze evidenzia lenti movimenti superficiali diffusi.

(Fonte dei Dati: fotointerpretazione e rilievi in sito).

049-9VA-005 Pendici a SE dell'abitato di Erice e a WSW dell'abitato di Valderice

049-9VA-006 Pendici a S dell'abitato di Valderice in loc. Rocca Giglio

049-9VA-007 Pendici ai margini NW dell'abitato di Erice in loc. S. Barnaba

Si tratta di fronti rocciosi calcareo-dolomitici soggetti a disgregazione meccanica da parte degli agenti esogeni. L'ammasso roccioso risulta attraversato da famiglie di discontinuità variamente orientate che isolano volumi rocciosi lungo i fronti disarticolati dal contesto roccioso retrostante ed in precarie condizioni di equilibrio. Non si ha notizia di eventi precisi verificatisi di recente, ma il pericolo di distacco di volumi lapidei è elevato.

(Fonte dei Dati: Atlante dei centri abitati instabili della Regione Sicilia GNDCI Pubbl. n. 2509, Studio geologico a supporto del P.R.G., fotointerpretazione, rilievi in sito).

049-9VA-008 Pendio a SW dell'abitato di Valderice in C.da Martognella-Marotta

Il dissesto interessa terreni argillosi con coperture detritiche. Esso è classificabile come uno scorrimento (Aggiornamento del Piano Straordinario 2002) a lenta cinematica ed appare, allo stato attuale, inattivo. Le dimensioni sono all'incirca m 710 in larghezza e m 1030 in lunghezza nel senso della massima pendenza. Lo spessore dei terreni coinvolti nel fenomeno non dovrebbe essere superiore ai 10 m. Allo stato attuale non sono osservabili segni di movimenti attivi o recenti, ma la morfologia ondulata dei luoghi con montonature e contropendenze e le lievi deformazioni del manto stradale della SS 187 sono testimonianza di lenti e modesti movimenti avvenuti in un recente passato. Le cause principali del dissesto, in grado di favorire l'innescio del fenomeno, sono da attribuire alle

precipitazioni meteoriche. Un tratto della SS 187 oltre 10 anni fa è stato interessato da un intervento di consolidamento mediante palificate.

(Fonte dei Dati: Segnalazioni da parte del Comune di Valderice agli Enti competenti regionali, Aggiornamento del Piano Straordinario da parte del Comune di Valderice, Censimento dei dissesti Piani di emergenza – Protezione Civile, fotointerpretazione, rilievi in sito).

049-9VA-009 Pendio a SW dell'abitato di Valderice in Via delle Tremole

Si tratta di una parziale riattivazione del dissesto precedente. I terreni interessati sono costituiti da un substrato di argille marnose che presentano in superficie una fascia di alterazione spessa 3-4 m ed una sottile copertura detritica. Il dissesto è classificabile come scorrimento (da Aggiornamento del Piano Straordinario) a cinematica lenta. Esso interessa la Via delle Tremole, a circa 600 m dall'innesto alla SS 187, coinvolgendo un tratto stradale di circa 25 m. La strada è realizzata in parte a mezza costa, su un pendio mediamente acclive, in parte è in rilevato e delimitata sul lato valle da una scarpata ripida. Il dissesto ha danneggiato la strada nella mezzzeria di valle e nella scarpata del rilevato. Si è manifestato inizialmente con delle fratture lungo la pavimentazione stradale e si è evoluto con il ribassamento della strada di circa m 1-1.5 nella mezzzeria di valle e con il ribaltamento del muro di sostegno a valle. Successivamente si è evoluto in maniera retrogressiva estendendosi anche a monte della strada; le porzioni argilloso-detritiche mobilizzatesi a monte hanno invaso la strada interrompendone la transitabilità. L'evoluzione del fenomeno potrebbe coinvolgere la tubazione del gas. Il fenomeno si è riattivato in seguito alle intense piogge del Novembre-Dicembre 1996; a periodi di stasi ha alternato fasi stagionali di ripresa ed ampliamento del movimento negli inverni successivi. Allo stato attuale anche le zone adiacenti mostrano lievi deformazioni, indice di un movimento ancora in atto seppure con movimenti lenti e superficiali. Le cause sono da addebitare principalmente all'incremento delle pressioni neutre nelle porzioni argilloso-detritiche superficiali, oltre che alla assenza di opere di drenaggio ed opere di sostegno efficienti al piede del rilevato stradale.

(Fonte dei Dati: Segnalazioni da parte del Comune di Valderice agli Enti competenti regionali, Aggiornamento del Piano Straordinario da parte del Comune di Valderice,

censimento dei dissesti Piani di emergenza – Protezione Civile, fotointerpretazione, rilievi in sito).

049-9VA-010 Cento abitato di Valderice in loc. San Marco

Si tratta di un fenomeno di crollo da un fronte roccioso di natura calcilutitica. In passato si sono verificati crolli di blocchi di dimensioni pari a qualche mc che hanno investito il Vicolo Salvatore Lombardo, arrecando danni ad alcuni immobili. Lungo il fronte sono osservabili blocchi in posizione aggettante. Il fenomeno può considerarsi stabilizzato, tenuto conto che sono stati realizzati interventi di consolidamento mediante chiodature ed iniezioni di malte cementizie oltre che messa in opera di reti a doppia torsione ancorate alla parete rocciosa.

(Fonte dei dati: Atlante dei centri abitati instabili della Sicilia GNDICI Pubbl. n. 2509).

2.3.4 Dissesti nel Comune di Paceco

Dissesti censiti:

049-9PA-001 Pendice a N dell'abitato di Paceco in loc. Capponeri

049-9PA-002 Pendice a NE dell'abitato di Paceco in loc. Concordia

I dissesti censiti nel territorio di Paceco sono soltanto due e si configurano come fenomeni localizzati su costoni arenacei di estensione modesta dai quali si verificano fenomeni di crollo.

049-9PA-001 Pendice a N dell'abitato di Paceco in loc. Capponeri

Nella zona a N dell'abitato, in località Capponeri, si ha un modesto rilievo tabulare delimitato da un fronte roccioso che ha una estensione lineare di circa 200 m. Il fronte è costituito da una alternanza di sabbie e livelli arenacei messi in evidenza dall'erosione selettiva e spesso in posizione a sbalzo. Da tale fronte roccioso si verificano fenomeni di crollo di blocchi arenacei e, conseguentemente, il ciglio della scarpata è soggetto ad arretramento. Il fenomeno mette in pericolo alcuni edifici posti alla sommità del costone roccioso, per probabile arretramento del ciglio di monte.

(Fonte dei Dati: Atlante dei centri abitati instabili della Regione Sicilia GNDCI Pubbl. n. 2509, fotointerpretazione).

049-9PA-002 Pendice a NE dell'abitato di Paceco in loc. Concordia

Si tratta di un fronte roccioso posto in destra del Torrente Baiata; il fronte è costituito di calcareniti poggianti su depositi argillosi che vengono erosi dalle piene del T. Baiata. Dal fronte calcarenitico si verificano crolli di blocchi per scalzamento alla base. Diversi blocchi sono osservabili in condizioni di equilibrio precario ed alcuni di essi sono stati disgiunti.

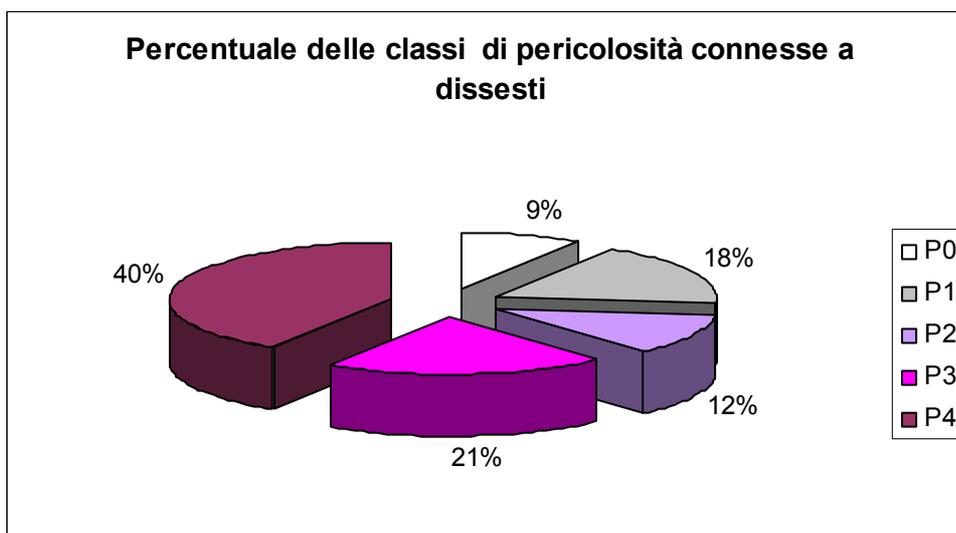
(Fonte dei Dati: Studio geologico a supporto del PRG)

2.4. Valutazioni sulla pericolosità e delimitazione delle aree a rischio

Le frane riscontrate nel bacino idrografico del Lenzi-Baiata sono attribuibili a tre classi: crollo e/o ribaltamento, scorrimento, deformazione superficiale lenta.

Complessivamente, il censimento ha portato alla individuazione di 17 fenomeni franosi, per i quali sono state individuate le relative situazioni di pericolosità rappresentate nelle allegate carte della pericolosità geomorfologica a scala 1:10000; più in particolare si sono individuate:

- n. 7 situazioni di pericolosità molto elevata P4, collegate a fenomeni di crollo;
- n. 3 situazioni di pericolosità elevata P3, collegate a fenomeni di crollo e di scorrimento attivo;
- n. 2 situazioni di pericolosità media P2, collegate ad un fenomeno di scorrimento e ad un fenomeno di deformazione superficiale lenta entrambi inattivi;
- n. 3 situazioni di pericolosità moderata P1, collegate a fenomeni di deformazione superficiale lenta;
- n. 3 situazioni di pericolosità bassa P0, collegate a fenomeni di crollo stabilizzati artificialmente.

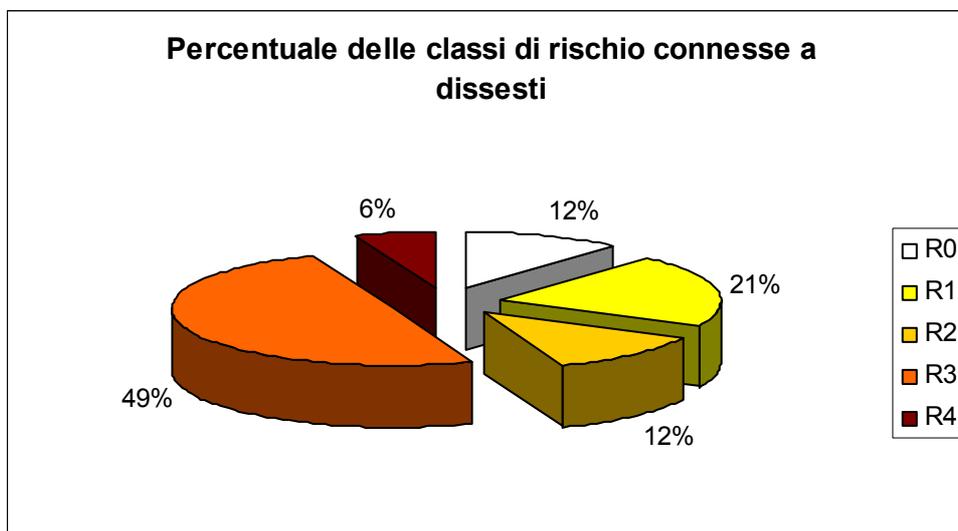


Le procedure di calcolo per la determinazione del rischio hanno permesso di classificare per i fenomeni franosi i relativi livelli di rischio rappresentati nella carta allegata del rischio geomorfologico a scala 1:10.000 e riportata in sintesi nella carta a scala 1:50.000. Nella Tab. 4 sono elencati i dissesti censiti per i quali sono state individuate situazioni di pericolosità e rischio.

Complessivamente sono state individuate:

- n. 1 area a rischio R4
- n. 9 aree a rischio R3
- n. 2 aree a rischio R2
- n. 4 aree a rischio R1

con la seguente distribuzione percentuale:



Tab. 4 Tabella sintetica dei dissesti e dei conseguenti livelli di pericolosità e rischio

COMUNE	LOCALITA'	DISSESTO	TIPOLOGIA	PERICOLOSITA'	ELEMENTI VULNERABILI	RISCHIO
ERICE	Pendici di S. Giovannello Sottano a sud e sud-est di Pizzo Argenteria	049-9ER-001	CROLLO	P0 (parte stabilizzata)	E3	R1
				P3	E2	R3
ERICE	Rocce del Calderaro a sud-ovest dell'abitato di Erice	049-9ER-002	CROLLO	P4	E2	R3
ERICE	Pendici a sud dell'abitato di Erice	049-9ER-003	CROLLO	P4	E2	R3
ERICE	Pendici a sud e sud-est dell'abitato di Erice in C.da Difali	049-9ER-004	CROLLO	P4	E1	R3
ERICE VALDERICE	Pendici a sud-est dell'abitato di Erice	049-9ER-005	CROLLO	P4	-	-
ERICE VALDERICE	Pendio a Sud dell'abitato di Erice in C.da Pegno	049-9VA-001	DEFORMAZIONE SUPERFICIALE LENTA	P2	E2	R2
VALDERICE	Pendio a S-W dell'abitato di Valderice in zona Allevamento Avicolo	049-9VA-002	DEFORMAZIONE SUPERFICIALE LENTA	P1	E3	R2
VALDERICE	Pendio a Sud dell'abitato di Valderice in loc. Case Adragna	049-9VA-003	DEFORMAZIONE SUPERFICIALE LENTA	P1	-	-
VALDERICE	Versante a sud dell'abitato di Valderice in C.da Martognella	049-9VA-004	DEFORMAZIONE SUPERFICIALE LENTA	P1	E1	R1
VALDERICE	Pendici a sud. est dell'abitato di Erice e ad W-SW dell'abitato di Valderice	049-9VA-005	CROLLO	P4	E1	R3
VALDERICE	Pendici a Sud dell'abitato di Valderice in località Rocca Gidlio	049-9VA-006	CROLLO	P4	E1	R3

COMUNE	LOCALITA'	DISSESTO	TIPOLOGIA	PERICOLOSITA'	ELEMENTI VULNERABILI	RISCHIO
VALDERICE	Pendici ai margini nord-ovest dell'abitato di Valderice in loc. S. Barnaba	049-9VA-007	CROLLO	P4	E1	R3
VALDERICE	Pendio a sud-ovest dell'abitato di Valderice in C.da Martognella-Marotta	049-9VA-008	SCORRIMENTO	P2	E3	R3
VALDERICE	Pendio a sud-ovest dell'abitato di Valderice in via delle Tremole	049-9VA-009	SCORRIMENTO	P3	E2	R3
VALDERICE	Centro abitato di Valderice in loc. San Marco	049-9VA-010	CROLLO	P0	-	-
PACECO	Pendice a nord dell'abitato di Paceco in loc. Caffoneri	049-9PA-001	CROLLO	P3	E3	R4
PACECO	Pendice a nord-est dell'abitato di Paceco in loc. Concordia	049-9PA-002	CROLLO	P0	-	-

2.5. Piano di interventi per la mitigazione del rischio geomorfologico

Le attività finora svolte nell'ambito dello studio relativo al Bacino del Lenzi-Baiata hanno consentito di elaborare:

- la valutazione semplificata delle condizioni di pericolosità in relazione alla presenza ed alla tipologia dei dissesti;
- la valutazione del livello di rischio per i singoli dissesti in relazione alla loro localizzazione rispetto alle attività ed agli insediamenti antropici.

Uno degli obiettivi principali delle azioni del Piano è la mitigazione del rischio, che può essere ottenuta agendo separatamente su ciascuno dei fattori che concorrono alla definizione del rischio medesimo, mediante:

- riduzione degli elementi a rischio e del loro valore operando limitazioni d'uso e/o trasferimenti di edifici o abitati;
- riduzione della pericolosità mediante interventi preventivi sulle cause di dissesto (interventi strutturali di consolidamento e sistemazione idraulico-forestale);
- riduzione della vulnerabilità mediante opere di rinforzo strutturale sugli elementi a rischio o con protezioni di tipo passivo.

La scelta di tali possibilità dipende dalle caratteristiche dei fenomeni di instabilità, dal loro cinematisimo, dalle loro dimensioni e dalla loro localizzazione rispetto ai beni a rischio.

Con riferimento specifico ai dissesti rinvenuti nel bacino del Lenzi-Baiata, nella definizione delle tipologie di intervento proposte, si è scelto di distinguerle in base alla tipologia dei dissesti ed alle condizioni di rischio che questi ultimi comportano, tenendo conto degli interventi già realizzati, in corso di realizzazione e/o programmati in termini di progettazioni effettuate (Tab 5).

Fenomeni di crollo

Vi rientrano i fenomeni codificati con le sigle 049-9ER-001, 049-9ER-002, 049-9ER-003, 049-9ER-004, 049-9ER-005, 049-9VA-005, 049-9VA-006, 049-9VA-007, 049-9VA-010, 049-9PA-001, 049-9PA-002.

Di essi alcuni fenomeni risultano stabilizzati artificialmente. Per alcuni sono stati realizzati interventi a carattere locale e non risolutivi, per uno di essi è in corso di

Tab. 5 - Quadro di sintesi degli interventi

CODICE FRANA	COMUNE	TIPOLOGIA FENOMENO	RISCHIO	STATO DEGLI INTERVENTI	POSSIBILI INTERVENTI
049-9ER-001	ERICE	CROLLO	R3	Parziali realizzati Parziali progettati	Completamento del consolidamento del fronte roccioso
049-9ER-002	ERICE	CROLLO	R3	Parziali	Consolidamento - studio geostrutturale e geomeccanico
049-9ER-003	ERICE	CROLLO	R3	Parziali	Consolidamento - studio geostrutturale
049-9ER-004	ERICE	CROLLO	R3	Assenti	Consolidamento - studio geostrutturale e geomeccanico
049-9ER-005	ERICE VALDERICE	CROLLO	\	Assenti	Consolidamento - studio geostrutturale e geomeccanico
049-9VA-001	ERICE VALDERICE	DEFORMAZIONE SUPERFICIALE LENTA	R2	Assenti	Miglioramento delle condizioni di stabilità mediante drenaggio delle acque superficiali, rinverdimento delle aree denotate, sistemazione idraulico forestale di fossi e valloni
049-9VA-002	VALDERICE	DEFORMAZIONE SUPERFICIALE LENTA	R2	Assenti	Miglioramento delle condizioni di stabilità mediante drenaggio delle acque superficiali, rinverdimento delle aree denotate, sistemazione idraulico forestale di fossi e valloni
049-9VA-003	VALDERICE	DEFORMAZIONE SUPERFICIALE LENTA	\	Assenti	Miglioramento delle condizioni di stabilità mediante drenaggio delle acque superficiali, rinverdimento delle aree denotate, sistemazione idraulico forestale di fossi e valloni
049-9VA-004	VALDERICE	DEFORMAZIONE SUPERFICIALE LENTA	R1	Assenti	Miglioramento delle condizioni di stabilità mediante drenaggio delle acque superficiali, rinverdimento delle aree denotate, sistemazione idraulico forestale di fossi e valloni
049-9VA-005	VALDERICE	CROLLO	R3	Assenti	Cconsolidamento – studio geostrutturale e geomeccanico
049-9VA-006	VALDERICE	CROLLO	R3	Assenti	Consolidamento – studio geostrutturale e geomeccanico
049-9VA-007	VALDERICE	CROLLO	R3	Assenti	Cconsolidamento – studio geostrutturale e geomeccanico

CODICE FRANA	COMUNE	TIPOLOGIA FENOMENO	RISCHIO	STATO DEGLI INTERVENTI	POSSIBILI INTERVENTI
049-9VA-008	VALDERICE	SCORRIMENTO	R3	Assenti	Miglioramento delle condizioni di stabilità mediante drenaggio delle acque superficiali, rinverdimento delle aree denutate, sistemazione idraulico forestale di fossi e valloni
049-9VA-009	VALDERICE	SCORRIMENTO	R3	Definitivo progetto di massima	Rifacimento del muro di sottoscarpa dissestato della via tremole, opere di drenaggio suborizzontali a monte della via Tremole
049-9VA-010	VALDERICE	CROLLO	\	Definitivi	\
049-9PA-001	PACECO	CROLLO	R4	Assenti	Completamento del consolidamento-studio geostrutturale e geomeccanico
049-9PA-002	PACECO	CROLLO	\	Definitivi	\

realizzazione un intervento parziale ed è in corso di progettazione la prosecuzione dell'intervento, per gli altri non è mai stato previsto alcun intervento.

Fenomeni stabilizzati

- 049-9VA-010: il fenomeno appare stabilizzato in quanto è stato realizzato il consolidamento del costone calcareo mediante chiodature e iniezioni di malte cementizie, nonché la posa in opera di reti a doppia torsione ancorate alla parete. L'indicazione dell'intervento realizzato è riportata nell' "Atlante dei Centri Abitati Instabili della Regione Sicilia" CNR-GNDICI, Pubb. N.2509, ma non si ha notizia dell'Ente attuatore, né della data di realizzazione;
- 049-9PA-002: il fenomeno è stabilizzato artificialmente in quanto, con la sistemazione del F. Baiata a valle della diga di Paceco, è stata rimossa la causa del dissesto (scalzamento al piede).

Fenomeni per i quali sono in corso di realizzazione interventi di consolidamento

Vi è compreso solo il fenomeno codificato con 049-9ER-001. Su tale fenomeno è intervenuto il Genio Civile di Trapani con un primo intervento di somma urgenza che, ad oggi, è in via di ultimazione. Tale intervento consiste nella messa in opera di barriere paramassi ad elevato assorbimento di energia, rafforzamento corticale nella parte alta del costone roccioso, pannelli di fune in alcune limitate porzioni del fronte roccioso, demolizione con espansivi chimici e imbracature con funi di acciaio relativamente ad alcuni massi di elevata volumetria. Allo stato attuale è in fase di progettazione la prosecuzione dell'intervento per una porzione di fronte roccioso contigua a quella in corso di consolidamento.

Affinché venga messo in sicurezza tutto il versante su cui si estende il fronte roccioso in questione bisognerà prevedere il completamento dell'intervento.

Fenomeni per i quali sono stati eseguiti interventi localizzati e non risolutivi

Vi sono compresi i fenomeni codificati con 049-9ER-002 ed 049-9ER-003. Lungo i fronti rocciosi interessati sono stati eseguiti in passato interventi localizzati di sottomurazione e messa in opera di reti zincate romboidali a doppia torsione. L'indicazione di tali interventi realizzati è riportata nell' "Atlante dei Centri Abitati

Instabili della regione Sicilia” CNR-GNDCI Pubb. N.2509, ma non si ha notizia dell’Ente attuatore né della data di realizzazione.

Tali interventi riguardano situazioni localizzate di pericolo, certamente non sono risolutivi dello stato di dissesto generale dei fronti rocciosi, per cui per la messa in sicurezza del versante su cui si estendono i due fronti rocciosi sarà necessario prevedere interventi di consolidamento.

Fenomeni per i quali non è mai stato previsto alcun intervento

Vi sono compresi i fenomeni codificati con 049-9ER-004, 049-9ER-005, 049-9VA-005, 049-9VA-006, 049-9VA-007, 049-9PA-001. Per essi necessitano interventi di mitigazione del rischio per la salvaguardia dei beni antropici posti a valle.

Per quanto sopra, in funzione della pericolosità e dei livelli di rischio classificati, si propone di intervenire sui seguenti fenomeni:

Rischio R4	049-9PA-001
Rischio R3	049-9ER-001
	049-9ER-002
	049-9ER-003
	049-9ER-004
	049-9VA-005
	049-9VA-006
	049-9VA-007
Rischio R1	049-9ER-001

Si tratta di fenomeni la cui tipologia, localizzazione ed intensità costituiscono una minaccia per nuclei abitati e strade. Per essi va previsto il completamento di interventi in parte realizzati (049-9ER-001) o vanno programmati ex novo gli interventi necessari laddove non è mai stata attuata alcuna mitigazione del rischio. Poiché, inoltre, per ogni singolo dissesto gli elementi conoscitivi non sono sufficienti, sono necessarie indagini sui fronti rocciosi che prevedano il rilievo in parete delle discontinuità ed il riconoscimento dei cinatismi di rottura. Ciò consentirà di individuare le porzioni di fronti rocciosi su cui intervenire con opere di difesa passiva del tipo barriere paramassi

ad elevato assorbimento di energia, e/o con opere strutturali di difesa attiva, a carattere esteso, mediante interventi del tipo rafforzamento corticale, o a carattere puntuale sui singoli massi instabili con interventi del tipo ancoraggi, imbracature, chiodature, tirantature.

Fenomeni di scorrimento

Vi rientra il fenomeno codificato con la sigla 049-9VA-009. Si tratta della parziale riattivazione di un fenomeno più ampio, ma allo stato attuale inattivo.

Per la mitigazione del rischio il Comune di Valderice ha provveduto alla redazione di un progetto di massima nel quale sono previsti sia il rifacimento del muro di sottoscarpa danneggiato nel tratto di Via delle Tremole interessato dal fenomeno, sia opere di drenaggio suborizzontali lungo il pendio a monte del medesimo tratto stradale.

Fenomeni di deformazione superficiale lenta

Vi sono compresi i fenomeni codificati con 049-9VA-001, 049-9VA-002, 049-9VA-003, 049-9VA-004. Ai fini della programmazione degli interventi di mitigazione del rischio viene assimilato a tali fenomeni anche il dissesto codificato con 049-9VA-008, classificato come scorrimento inattivo ma per il quale le condizioni di criticità ed i criteri di intervento possono assimilarsi a quelli relativi alle deformazioni superficiali lente. Sui fenomeni in oggetto non è mai stato realizzato alcun intervento di risanamento. Essi ricoprono ampie superfici e non comportano grave rischio per gli insediamenti e per le infrastrutture. In ogni caso è necessaria una indagine geologico-geotecnica per la definizione dei caratteri geometrici, cinematici e di possibile evoluzione del fenomeno, finalizzata a valutare la eventuale necessità di interventi specifici di stabilizzazione.

Poichè si tratta di situazioni di non particolare gravità, gli interventi prevedibili devono essere mirati a migliorare le condizioni di stabilità di tali aree agendo soprattutto sulla regolarizzazione e il drenaggio delle acque superficiali, il rinverdimento delle scarpate e delle aree denudate, la sistemazione idraulico-forestale di fossi e valloni etc..

Al fine di fornire una sintesi, nella tabella che segue, per ogni dissesto censito, vengono descritti gli interventi proposti, il completamento degli interventi realizzati o, nel caso in cui gli elementi conoscitivi non siano sufficienti, le necessità di studi o indagini specifiche.

2.6. Stato della progettazione proposto dagli Enti Locali

Per i dissesti censiti per i quali è stato classificato un livello di rischio R4 ed R3, viene presentato nella Tab. 6 il quadro finanziario comprendente interventi programmati relativi a canali di finanziamento già attivati o ancora da attivare. Ove non compaiono dati di tipo economico e finanziario significa che non esistono ancora progetti di consolidamento e/o non sono disponibili dati sufficienti che permettono di predisporli o di avanzare delle valutazioni. Per questi ultimi si propone una valutazione economica forfettaria per studi e monitoraggio (al fine di acquisire dati sufficienti ad interpretare cinematismi e modalità evolutive dei fenomeni), tali da consentire, laddove necessario, la individuazione di idonei interventi strutturali.

Tab. 6 Quadro di sintesi dei finanziamenti esistenti e del fabbisogno finanziario per nuovi interventi

CODICE FRANA	COMUNE	RISCHIO	INTERVENTI ESISTENTI	STATO DEI PROGETTI	IMPORTO IN €	FINANZIAMENTI ESISTENTI	FABBISOGNO FINANZIARIO	
							INTERVENTI STRUTTURALI	INDAGINI E MONITORAGGIO
049-9ER-001	ERICE	R1 R3	PARZIALI DI SOMMA URGENZA	PROGETTO ESEC. IN VIA DI DEFINIZIONE				
049-9ER-002	ERICE	R3	PARZIALI					
049-9ER-003	ERICE	R3	PARZIALI					
049-9ER-004	ERICE	R3	-					
049-9ER-005	ERICE VALDERICE	-	-					
049-9VA-001	ERICE VALDERICE	R2	-					
049-9VA002	VALDERICE	R2	-					
049-9VA-003	VALDERICE	-	-					
049-9VA-004	VALDERICE	R1	-					
049-9VA-005	VALDERICE	R3	-					
049-9VA-006	VALDERICE	R3	-					
049-9VA-007	VALDERICE	R3	-					
049-9VA-008	VALDERICE	R3	-					

CODICE FRANA	COMUNE	RISCHIO	INTERVENTI ESISTENTI	STATO DEI PROGETTI	IMPORTO IN €	FINANZIAMENTI ESISTENTI	FABBISOGNO FINANZIARIO	
							INTERVENTI STRUTTURALI	INDAGINI E MONITORAGGIO
049-9VA-009	VALDERICE	R3	-	PROGETTO DI MASSIMA	2,290,000.00		2,290,000.00	
049-9VA-010	VALDERICE	-	-					
049-9PA-001	PACECO	R4	-					

3. ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO

3.1. Premessa

In data 21/02/2002 l'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana, con D.D.G. n.88, ha eliminato le aree a rischio di esondazione nel territorio comunale di Paceco, precedentemente individuate nel Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico (nel seguito P.A.I.) adottato con D.A. n.298/41 del 4/7/2000 e con i successivi D.D.G. n.499/41 del 12/07/2001 e n.710/41 dell'8/10/2001. Nel seguito è descritto brevemente l'iter tecnico ed amministrativo che ha condotto a tale risoluzione.

Con il primo D.A. n.298/41, la *Contrada Nubia*, nel territorio comunale di Paceco, era stata sottoposta a vincolo per elevato rischio di esondazione relativo ad un'ipotesi di collasso dell'invaso (diga Baiata) che sbarra il Torrente Baiata a monte dell'abitato di Paceco.

Il Comune di Paceco, successivamente, presentava una richiesta di revisione del Piano corredata da due studi: "*Relazione sintetica delle caratteristiche geologiche di C.da Nubia*", e "*Valutazione del rischio di esondazione in C.da Nubia*". Lo studio sulla valutazione del rischio di esondazione dimostrava che la relativa onda di sommersione non interessava in alcun modo la C.da Nubia. Inoltre, l'Ufficio del Genio Civile di Trapani, dopo alcuni sopralluoghi ha ritenuto corrette le valutazioni contenute nello studio del Comune di Paceco, confermando la mancanza di rischio per esondazione. Pertanto, sulla base degli studi sopra menzionati, con D.D.G. n.499/41 del 12/07/2001 l'Assessorato Territorio e Ambiente modificava il Piano Straordinario del Comune eliminando il vincolo per rischio di esondazione in C.da Nubia, ma introducendo al contempo un vincolo per rischio esondazione per un'ampia parte del territorio di Paceco.

In seguito, mediante il D.D.G. n.710/41 dell'8/10/2001, è sospeso il precedente D.D.G. n.499/41 per ciò che riguarda l'individuazione dell'area a rischio idrogeologico a valle dello sbarramento del serbatoio sul Torrente Baiata, con l'obbligo, da parte dell'Amministrazione comunale di Paceco, di produrre un ulteriore studio idraulico che

fornisce elementi utili ad una più attenta valutazione del rischio nell'area in questione. Il Comune di Paceco, con nota n.22115 del 21/12/2001, ha trasmesso lo studio richiesto avente per titolo "*Studio idrologico del bacino dei torrenti Lenzi e Baiata e verifica idraulica dei torrenti Lenzi e Baiata finalizzata alla valutazione del loro rischio di esondazione nei tratti ricadenti nel Comune di Paceco*". Detto studio individua nel torrente Lenzi-Baiata il principale corso d'acqua nel territorio comunale che, per portata e per lunghezza, assume un ruolo di primo piano nell'assetto idrogeologico del territorio attraversato. A tal fine, partendo dalla serie storica dei dati pluviometrici registrati nelle stazioni di misura di Trapani, Specchia, Lentina ed Erice, mediante rielaborazione statistica di tali dati si perviene alla valutazione delle portate di piena relative ai tempi di ritorno di 30, 50, 100 e 500 anni e successivamente alla verifica delle sezioni del canale Baiata. La legge di distribuzione dei dati di pioggia adottata è quella di Gumbel, mentre per la valutazione del tempo di corrivazione è stata utilizzata la formula di Giandotti. Per il tempo di ritorno di 500 anni è stata ricavata la portata di piena (contributo dei due rami Lenzi e Baiata) e per tale valore è stata verificata la sola sezione terminale del canale Baiata. Tale verifica ha confermato la capacità del canale terminale di contenere la portata di piena senza che si presentino fenomeni di esondazione.

In conclusione, in data 21/02/2002 l'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana, con D.D.G. n.88, ha definitivamente eliminato il vincolo di rischio di esondazione nel territorio comunale di Paceco.

Infine, con D.A. n.175/S9 del 04/04/2002, l'Assessorato Territorio e Ambiente individuava cinque aree territoriali della Regione (nord-occidentale, sud-occidentale, orientale, nord-orientale e sud-orientale) comprendente tutti i bacini idrografici siciliani, alcuni dei quali definiti prioritari per la redazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico. Tra di essi vi è appunto il bacino del Fiume Lenzi-Baiata, ricadente in Provincia di Trapani, il quale costituisce l'oggetto dello studio idraulico presentato nel seguito.

3.2. Il bacino idraulico del Fiume Lenzi

Il bacino idraulico del F. Lenzi si estende per circa 66 km² ed è delimitato, nella sua parte valliva, dalle opere di canalizzazione idraulica presenti (canali di gronda e argini). Il corso d'acqua nasce alle pendici di M. Luziano e si sviluppa per circa 18 km fino a sfociare nel Mar Tirreno. Il bacino di raccolta del Lenzi è inciso dall'asta del T. Menta, che nasce dall'omonimo Poggio a quota 391 m sl.m. e dalle aste di fossi minori aventi origine sulle alture di Timpone Tangi (383 m sl.m.). La displuviale raggiunge l'altitudine più elevata in corrispondenza di Monte Erice (750 m s.l.m.) le cui pendici meridionali sono tributarie del F. Lenzi mediante un canale di gronda, mentre quelle nord-occidentali scolano verso il centro urbano di Trapani raccolte da un altro canale di gronda. La sua foce è stata incanalata tra le saline che si estendono a sud dell'abitato di Trapani. Il F. Lenzi, prima della foce riceve, in sinistra, il T. Paceco o Baiata sbarrato, a circa 1 km a monte dell'abitato di Paceco, da un invaso ad uso irriguo in materiali sciolti, della capacità complessiva di circa 15 milioni di m³.

La zona delle Saline di Trapani, ove sfocia il corso d'acqua, viene denominata *Margi di Xitta*. Tale zona pianeggiante, che si estende per circa 687 ha, comprende gli *Stagni di Paceco* e la zona *Calderaro*. Quest'ultima nel 1905 fu parzialmente bonificata mediante la costruzione di canali di scolo, con l'inalveamento del Lenzi e del Baiata, e col prosciugamento di oltre 200 ha di terreno paludoso degli *Stagni di Paceco* e della *Fossa Calderaro*. Solo nel tratto litoraneo permangono delle depressioni, utilizzate industrialmente per la produzione del sale, protette dalle inondazioni con scogliere artificiali.

3.3. Il bacino idraulico sotteso dall'invaso Paceco sul Baiata

Il bacino idraulico sotteso dalla diga di Paceco sul Baiata, situata poco a monte dell'abitato di Paceco, si estende per circa 40 km². Nella zona a valle dell'invaso, il bacino idraulico risulta delimitato dagli argini del Canale Baiata. Il bacino è inciso dalle ramificazioni del Passo Baiata che traggono origine dalle alture delle Rocche Emilie (187 m sl.m.) costituenti lo spartiacque con il contiguo bacino del Lenzi, di Timpone Regalbesi ad Est

(296 m s.l.m.), Mosca (111 m s.l.m.) e Margherita (130 m s.l.m.) a Sud. L'altitudine media del bacino sotteso dalla diga è pari a 94 m s.l.m.

Il torrente Baiata, nel tratto che va da monte fino alla sezione di sbarramento dell'invaso, può essere suddiviso in tre tronchi a differenti caratteristiche morfologiche. Il primo di questi, che coincide con i rami di testa del torrente, cade nella parte più collinare del bacino ed ha una lunghezza di circa 2,5 km con una pendenza media dell'alveo del 4%: in esso prevale l'attività erosiva e di trasporto dei materiali trascinati per effetto del ruscellamento superficiale. Il secondo tratto si sviluppa per circa 4 km, attraversando la Piana delle Scialacche, ha una pendenza media dello 0,5%; l'alveo è angusto ed appena inciso nei depositi alluvionali, e qui il torrente tende a depositare il materiale di erosione proveniente da monte. Il tratto d'asta che giungeva sino alla sezione di sbarramento dell'invaso si sviluppa per una lunghezza di circa 3 km ed ha pendenza intorno all'1%.

Per la particolare costituzione dei terreni, la rete idrografica è di tipo superficiale e molto ramificata. Il corso d'acqua ha un regime tipicamente torrentizio. L'asta principale del Baiata misura, a partire dallo sbarramento, circa 9,5 km. Nel tratto iniziale il suo decorso si presenta orientato da Est ad Ovest. Quindi il torrente, dopo aver descritto un'ansa ad ampio raggio in corrispondenza della Piana delle Scialacche, supera la Stretta di Passo Baiata formata dai rilievi di Casa Martorana in destra e di Timpone in sinistra. Infine defluisce con direzione da S-E a N-O, per giungere in corrispondenza della Piana di Xitta, 2 km oltre la sezione di sbarramento, alla foce.

3.4. L'invaso di Paceco

Il progetto del serbatoio Paceco è stato redatto nel gennaio 1976 dallo Studio Ingegneri Associati (S.I.A.) per conto dell'ex Consorzio di Bonifica del Birgi (oggi Consorzio n.1 – Trapani). Tale progetto (P.S. 30/3018) fu approvato integralmente dalla Delegazione per la Cassa per il Mezzogiorno del Consiglio Superiore LL.PP. in data 26/11/1980. Tuttavia, l'invaso, finito di realizzare nel 1983, ha ad oggi ancora un regime di invasi sperimentali (risale al 06/05/1999 la domanda del Consorzio di Bonifica del Birgi per concessione di

grande derivazione d'acqua ad uso irriguo dall'invaso Paceco in località "Costa di Rame", concessione rilasciata dalla Direzione Generale Difesa del Suolo in data 30/09/1999).

Il progetto del 1976 prevedeva la realizzazione della diga in materiali sciolti sul torrente Baiata (o fosso di Paceco) e l'allacciamento, mediante traverse e condotta di adduzione, di due rami montani del fiume Lenzi. Le opere relative al serbatoio sono state realizzate ed ultimate, mentre le opere relative alle derivazioni sono cominciati soltanto a partire dall'anno 2000 e sono tuttora in corso di esecuzione.

La zona in oggetto è situata in località *Casa Nazzarese*, circa 1.500 m a sud-est dall'abitato di Paceco. Le caratteristiche tecniche dell'invaso sono riportate di seguito.

Parametro	Valore
Bacino imbrifero sotteso dallo sbarramento sul Baiata	40 km ²
Bacino imbrifero allacciato del Lenzi (2 sottobacini)	37 km ²
Altezza di coronamento	48,5 m s.l.m.
Altezza di ritenuta	41,0 m s.l.m.
Altezza di massimo svaso	34,2 m sl.m.
Livello di contenimento delle piene normali (tempo di ritorno ≤ 50 anni)	43,8 m s.l.m.
Livello di massimo invaso delle piene eccezionali (tempo di ritorno >50 anni)	46,1 m s.l.m.
Franco sul livello di contenimento delle piene normali	4,7 m
Franco minimo sul livello di massimo invaso piene eccezionali	2,4 m
Altezza massima rispetto al punto più depresso dell'imposta (19 m)	29,5 m
Larghezza del coronamento	6,5 m
Sviluppo del coronamento	404,0 m
Lunghezza massima alla base	150,0 m
Volume del rilevato: <i>nucleo</i>	65.000 m ³
Volume del rilevato: <i>rin fianchi</i>	278.000 m ³
Volume del rilevato: <i>transizione</i>	30.000 m ³
Volume del rilevato: <i>filtri</i>	20.000 m ³
Volume del rilevato: <i>scogliera</i>	12.000 m ³
Volume d'interrimento dell'invaso	1,7 Mm ³
Volume utile dell'invaso	5,0 Mm ³
Volume di contenimento piene normali (tempo di ritorno ≤ 50 anni)	4,0 Mm ³
Volume di contenimento piene eccezionali (tempo di ritorno >50 anni)	8,7 Mm ³

La conformazione della diga presenta pendenza pari a 2/1 e 2,5/1 a monte e 2/1 a valle.

Volume di utilizzazione

Le precipitazioni medie mensili utilizzate come base per il dimensionamento della diga sono quelle registrate, nel periodo 1921-1966, nella stazione di Trapani (45 anni di osservazioni) e in quella di Fastaia (46 anni di osservazioni). Per l'estrapolazione dei dati medi mensili alle altre stazioni di misura (Lentina, Specchia, Cuddia, Borgo Fazio, Figarella, Birgi Nuovo, Spagnola, Salemi) che hanno un periodo di funzionamento inferiore, erano stati utilizzati i dati registrati nella stazione di Trapani (precipitazione media annua del periodo = 489 mm) in quanto risultavano più cautelativi. Infine, dall'osservazione delle carte delle isoiete si poteva constatare che l'entità delle precipitazioni aumenta andando dalla costa verso l'interno del bacino, proporzionalmente all'altitudine, con un massimo sulla displuviale allineata da Calatafimi a Salemi. Pertanto per caratterizzare il regime meteorico del bacino si era fatto riferimento alla media dei valori registrati nelle tre stazioni di Specchia (la più interna al bacino), Trapani e Fastaia, la cui media nel periodo 1921-1966 risulta pari a 600 mm.

La valutazione dei deflussi era stata condotta sulla base degli afflussi meteorici e di un *coefficiente di deflusso*, rapporto tra i volumi d'acqua che defluiscono in una data sezione dell'alveo in un certo intervallo di tempo (portata del fiume) e quelli di pioggia caduti nello stesso tempo sul bacino sotteso dalla stessa sezione. Per la determinazione del coefficiente di deflusso si era fatto riferimento a quelli dei bacini imbriferi limitrofi, misurati o calcolati dal Servizio Idrografico, nonché a quelli desumibili da metodi teorici. Il valore adottato per il coefficiente di deflusso era pari a 0,16, con una riduzione cautelativa di circa il 15% rispetto ai valori più frequentemente indicati dalle elaborazioni precedenti e compresi tra 0,18 e 0,19.

In particolare, poiché il bacino sotteso dallo sbarramento ha un'estensione di 40 km² e l'altezza media di precipitazione risultava pari a 580 mm/anno, il volume medio annuo disponibile era stato valutato in 3,7 Mm³ (ossia: 0,16* 40* 0,58), pari ad una portata continua di 117 l/s. Analogamente, poiché i sottobacini allacciati del fiume Lenzi hanno un'estensione complessiva di 37 km² ed una precipitazione media annua di 625 mm, il volume medio annuo da essi disponibile risultava anch'esso pari 3,7 Mm³. Per determinare il deflusso utilizzabile da tali bacini allacciati, si era fatto riferimento alla curva di

utilizzazione del vicino torrente Fastaia a La China: da essa si deduce che, proporzionando la derivazione per una portata di $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, pari a circa 21 volte la portata media ($0,117 \text{ m}^3/\text{s}$), si può derivare l'84% delle disponibilità idriche. Pertanto il deflusso medio annuo utilizzabile dai due sottobacini del Lenzi risultava di $3,1 \text{ Mm}^3$ (ossia: $0,84 * 3,7 \text{ Mm}^3$). In complesso i deflussi utilizzabili dall'invaso ammontano a circa $6,8 \text{ Mm}^3/\text{anno}$ (ossia: $3,7$ dal Baiata + $3,1$ da Lenzi). Considerando ancora la variabilità nel tempo dei deflussi utilizzabili (curve di durata dei deflussi) la capacità dell'invaso destinata all'utilizzazione era stata fissata in $5 \text{ Mm}^3/\text{anno}$, pari a circa il 74% del deflusso medio annuo utilizzabile. In base alla curva di durata dei deflussi, si riteneva che il riempimento di tale capacità fosse pienamente assicurato per l'85% delle annate, mentre nell'anno più scarso si sarebbe avuta una riduzione a circa l'80%.

Secondo le elaborazioni dell'INEA (Istituto Nazionale Economia e Agricoltura) aggiornate al 03/05/2002, sui dati forniti dal Consorzi di Bonifica, la disponibilità al 15 aprile 2002 dall'invaso Paceco ammontava a $4,1 \text{ Mm}^3$.

Volume di contenimento delle piene

Per far fronte anche alle precipitazioni intense, il serbatoio ha inoltre la funzione di realizzare il contenimento delle piene, così da ridurre la portata scaricata a valori accettabili dalle aste fluviali site a valle di esso: l'invaso è stato così proporzionato per un valore di portata massima scaricata, in presenza di eventi piena, pari a $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Per il proporzionamento del volume di laminazione e della potenzialità dello scarico di superficie sono state valutate due ipotesi:

ipotesi A) evento di piena con tempo di ritorno $Tr \leq 50$ anni;

ipotesi B) evento di piena massima prevedibile con tempo di ritorno $Tr > 50$ anni.

Per la determinazione delle onde di piena si è fatto riferimento agli eventi pluviometrici più intensi registrati nella zona, di cui esiste un'analisi probabilistica nel piano generale di sistemazione delle aste vallive del 1969 dal titolo "Sistemazione idraulica per la difesa di Trapani e del suo retroterra". La valutazione degli eventi di piena fatta nel suddetto piano

generale di sistemazione (1969), aveva condotto alla determinazione di una curva di probabilità pluviometrica avente la seguente espressione di tipo monomio:

$$h = a * t^n$$

essendo $n = 0,19$ ed a altezza di pioggia (mm) variabile in funzione del tempo di ritorno Tr . La curva involucro dei valori di precipitazione così determinati risulta espressa da una spezzata di equazione:

$$\begin{aligned} h &= 100 * t^{0,7} && \text{per } t \leq 4 \text{ ore} \\ h &= 215 * t^{0,19} && \text{per } t > 4 \text{ ore} \end{aligned}$$

Essa segna il valore di confine tra gli eventi normali ($Tr \leq 50$ anni) e gli eventi eccezionali ($Tr > 50$ anni). Pertanto la curva di probabilità pluviometrica a cui si è fatto riferimento è costituita da due linee spezzate corrispondenti agli eventi con $Tr = 50$ anni ed a quelli massimi.

La ricostruzione delle onde di piena era stata fatta mediante idrogrammi unitari valutati con il metodo della corrivazione sulla base delle curve di probabilità pluviometrica valutate nelle due ipotesi A e B anzidette. Il valore del tempo di corrivazione (T_c) del bacino (formula di Giandotti) risulta pari a 5,7 ore mentre il numero di intervalli assunto a base del metodo di corrivazione è pari a 5, e pertanto l'intervallo elementare (ΔT_c) ha un valore di 1,14 ore. Il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 0,6 per l'ipotesi A (eventi con $Tr \leq 50$ anni) e pari a 0,8 nell'ipotesi B (eventi massimi). Sono stati così valutati 4 diversi casi con pioggia di durata progressivamente crescente del valore T_c , $2T_c$, $3T_c$, $4T_c$, con massima intensità valutata su 4 intervalli uguali a ΔT_c (ammessa una distribuzione uniforme della pioggia in tali intervalli). Inoltre è stata utilizzata l'onda di piena "tipo Giandotti" per valutare il massimo colmo di piena. Il risultato di tali elaborazioni sono 5 onde di piena, per ciascuna delle due ipotesi A e B, che mostrano il ridursi dei colmi e l'incremento dei volumi per durate crescenti. Una seconda serie di onde di piena era stata elaborata ipotizzando a priori una forma triangolare delle onde stesse, avente base uguale alla durata della pioggia di riferimento più T_c , valutando l'entità complessiva del deflusso col metodo della corrivazione ed adottando un coefficiente di deflusso pari a 0,8 in

entrambe le due ipotesi. Da tali elaborazioni risulta che i massimi valori al colmo valgono $340 \text{ m}^3/\text{s}$ e $730 \text{ m}^3/\text{s}$ rispettivamente nell'ipotesi A e B. Il valore massimo così calcolato corrispondeva quasi perfettamente a quello dedotto dalla curva inviluppo delle piene siciliane aggiornata a quell'anno (1977) e pari a $700 \text{ m}^3/\text{s}$.

Anche la valutazione della capacità d'invaso, da riservare per il contenimento delle piene, era stata condotta secondo le due suddette ipotesi di evento di piena (A e B). Nell'ipotesi A ($T_r \leq 50$ anni), la portata di scarico restava limitata al valore massimo di $35 \text{ m}^3/\text{s}$ con soprizzo del livello del serbatoio pari a 2,8 m (da quota 41 a quota 43,8), utilizzando così una capacità di contenimento delle piene pari a $4,0 \text{ Mm}^3$. Nell'ipotesi B ($T_r \geq 50$ anni), la portata di scarico raggiungeva il valore di $99 \text{ m}^3/\text{s}$, con soprizzo del livello del serbatoio di 5,1 m (da quota 41 a quota 46,1 m) utilizzando così una capacità di contenimento delle piene pari a $8,7 \text{ Mm}^3$. Il valore ottenuto, arrotondato a $100 \text{ m}^3/\text{s}$, era stato assunto come valore di progetto dello scarico di superficie. L'inalveazione a valle della diga dimensionata per $100 \text{ m}^3/\text{s}$, è costituita da una sezione centrale trapezia: la parte centrale ha fondo largo 12 m e sponde alte 3 m a scarpa $3/2$ ed è rivestita con lastre in calcestruzzo, mentre la pendenza è pari allo 0,2% (2 per mille).

Volume di interrimento

Per il bacino in esame era stato previsto un notevole trasporto solido, come per tutti quei bacini costituiti prevalentemente da terreni argillosi. In base alla situazione del 1977 era stato considerato un valore di circa $1.000 \text{ m}^3/\text{km}^2$, considerato cautelativo rispetto a quello misurato nei bacini limitrofi. Dai dati del Servizio Idrografico, relativamente ad un funzionamento di 4 anni della stazione sul torrente Fastaia, il valore del trasporto solido ammontava a $250 \text{ t}/\text{km}^2$, ossia circa $140 \text{ m}^3/\text{km}^2$, mentre sul Delia a Pozzillo era di $239 \text{ t}/\text{km}^2$. Il trasporto solido annuo alla sezione di sbarramento era stato così valutato pari a 40.000 m^3 , assegnando pertanto all'invaso una capacità destinata a raccogliere gli interrimenti pari a $1,7 \text{ Mm}^3$, sufficiente a garantire la capacità utile dell'invaso per un periodo superiore a 35 anni. Si osserva, inoltre, che successivamente all'anno di redazione del progetto della diga (1977), sono state realizzate alcune sistemazioni montane (briglie) atte alla riduzione della pendenza dei corsi d'acqua, che ne hanno ridotto il trasporto solido a valle.

Volumi di evaporazione

Per valutare le altezze d'acqua evaporate mensilmente si era fatto riferimento alla formula del Visentini:

$$E = 2,25 * t^{1,5}$$

dove t è la temperatura media mensile dell'aria. Con riferimento ai valori medi mensili di temperatura registrati a Trapani è stata calcolata un'altezza di evaporazione annua di 1.300 mm. Il volume d'acqua evaporato in un anno è dato dunque dal prodotto della superficie media del periodo dello specchio liquido dell'invaso per tale altezza di evaporazione. Secondo le elaborazioni condotte era possibile assicurare per l'uso irriguo una dotazione annua netta di 4 Mm³, disponibile al 100% per circa l'85% delle annate e ridotta al massimo del 20% negli anni più siccitosi.

3.5. Metodologia di studio adottata

Nel presente studio si espone il quadro idrologico attuale dei torrenti Lenzi e Baiata, partendo dalle serie storiche delle precipitazioni registrate nelle stazioni pluviografiche, ed analizzando le portate al colmo di piena per dato tempo di ritorno. I due torrenti hanno caratteristiche molto simili tra loro, sia per regime meteorologico, che regola i deflussi superficiali, sia per la natura dei terreni attraversati dai rispettivi reticoli idrodinamici. Per entrambi i corsi d'acqua è stata considerata la stessa sezione di chiusura, posta nel tratto terminale comune ad entrambi i torrenti, distanti circa 2 km dalla foce e sita ad una quota di circa 1,5 m s.l.m.

Poiché sul Torrente Baiata è presente la diga Baiata, costruita sia per l'uso irriguo delle acque sia per la laminazione delle piene, la verifica idraulica di tale corso d'acqua è stata condotta considerando la massima portata che l'invaso lascia defluire tramite il suo scarico di fondo. Per quanto riguarda il Fiume Lenzi invece la verifica è stata condotta sulla portata di piena ottenuta tramite lo studio idrologico del bacino secondario afferente alla sua confluenza con il T. Baiata.

La stima delle portate di massima piena viene solitamente effettuata con metodologie differenti a seconda della quantità e della qualità dell'informazione idrologica disponibile. In linee generali si può dire che essa è condotta con le seguenti metodologie:

- ◆ *metodi diretti*: elaborando i dati di portata disponibili per il corso d'acqua in esame;
- ◆ *metodi indiretti*: ricorrendo, per supplire all'insufficienza dei dati, ad osservazioni su altri corsi d'acqua della medesima regione idrologica o, più semplicemente, a formule empiriche dedotte da tali osservazioni; o ancora, nel caso in cui si conoscano le precipitazioni sul bacino, utilizzando opportuni modelli matematici di trasformazione afflussi-deflussi.

Le indagini dirette del primo tipo sono di carattere statistico e consistono essenzialmente nel determinare la legge di distribuzione di probabilità da associare alla grandezza (portata) e nello stimare i relativi parametri. Ovviamente, tali indagini danno risultati tanto più sicuri

quanto più è grande il numero di osservazioni disponibili. Nelle indagini del secondo tipo si fa spesso ricorso al principio della similitudine idrologica, con il quale si tenta di individuare il comportamento di un determinato bacino interpolando ed estrapolando, nello spazio e nel tempo, l'informazione idrologica relativa ad altri bacini che si trovino nel medesimo ambiente climatico ed idrologico. Le metodologie che a tal fine si adottano, anch'esse di carattere statistico, si inquadrano nella teoria dei sistemi di variabili casuali e conducono allo studio della correlazione tra la portata di piena e una o più grandezze caratteristiche del bacino quali la superficie, la quota media, la pioggia, il tempo di ruscellamento, ecc.

Il modello di trasformazione delle piogge a cui si è fatto ricorso in questo studio è quello indiretto del tipo afflussi-deflussi.

Il bacino idrografico preso in esame in questo studio è quello del solo F. Lenzi il quale ha un'estensione di circa 65,6 km² ed è riportato in Fig. 6 (sottobacini Lenzi valle e monte). Per condurre lo studio idrologico sono state selezionate quelle stazioni pluviografiche che, funzionanti da almeno 10 anni, ricadono all'interno di esso, o nelle immediate vicinanze. Le stazioni individuate sono: Lentina, Specchia, e Trapani. Partendo dalla serie storica (1928-1998) dei dati pluviometrici di interesse registrati nelle suddette stazioni di misura (annali idrologici del Servizio Idrografico Italiano), ossia le precipitazioni di massima intensità relative alle durate 1, 3, 6, 12, 24 ore, mediante rielaborazione geometrica (piogge ragguagliate a ciascuna stazione di misura) e statistica, si è pervenuto alla valutazione delle portate di piena relative ai tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni e, successivamente, alla verifica delle sezioni dei fiumi utilizzando il modello di calcolo idraulico HEC-RAS (US Army – Corps of Engineers).

3.5.1. Elaborazione dei dati idrologici

I valori delle precipitazioni di massima intensità costituiscono i dati di partenza per le elaborazioni che conducono alla determinazione dell'idrogramma di piena e quindi della portata al colmo. Per ogni stazione di misura sono stati calcolati l'altezza di pioggia media del periodo di osservazione e lo scarto quadratico medio. Le altezze di pioggia così

ottenute sono soltanto dei valori puntuali riferiti alle singole stazioni e, pertanto, non caratterizzano la pioggia caduta su tutto il bacino. Occorre quindi effettuare un'operazione di ragguglio che permetta di ottenere valori di altezza di pioggia riferibili all'intero bacino relative alle varie durate.

Il metodo di ragguglio utilizzato è quello dei topoieti. Si tratta di una costruzione grafica che definisce, per ogni stazione pluviometrica, l'area per la quale è considerata valida la precipitazione verificatasi nella stazione stessa. Per ogni stazione di misura il topoieto è una costante, di data area, che dipende solo dalla densità della rete pluviografica. La determinazione dei topoieti si effettua con un procedimento grafico: 1) si selezionano le stazioni pluviometriche ricadenti all'interno ed in prossimità del bacino, con esclusione di quelle che presentano notevoli discontinuità nella serie storica dei dati misurati; 2) tracciato il bacino idrografico, si collegano, tramite segmenti, i punti sulla carta che individuano le stazioni pluviometriche scelte prima, facendo in modo di formare dei triangoli quanto più possibile equilateri; 3) si tracciano gli assi dei segmenti che congiungono le stazioni individuando così le superfici dei topoieti; 4) gli assi dei segmenti intercetteranno, sul bacino idrografico, le aree a cui si attribuirà la pioggia relativa a ciascuna stazione di misura. Il tracciamento dei topoieti ipotizza, sostanzialmente, una variazione lineare delle precipitazioni tra stazione e stazione.

Per ottenere la pioggia media raggugliata si procede quindi col sommare i prodotti delle altezze di pioggia medie di ogni stazione per la rispettiva area del topoieto ricadente nel bacino. La stima oraria delle precipitazioni lorde nel bacino viene dunque realizzata in termini di altezza di pioggia media raggugliata A_r definita come media ponderale delle precipitazioni medie registrate nelle singole stazioni, ed espressa come segue:

$$A_r = \frac{\sum A_i S_i}{\sum S_i}$$

dove A_i è l'altezza di pioggia media registrata nella stazione i -esima ed S_i è l'area del topoieto relativo alla stessa stazione. La stessa operazione di ragguglio è stata eseguita per scarto quadratico medio (s.q.m.) per ottenere lo s.q.m. raggugliato. Di seguito si riportano i risultati ottenuti.

Tab.7. Altezze di pioggia medie ragguagliate (h_r)

Stazione	Area topoieta [km ²]	h 1 ora [mm]	h 3 ore [mm]	h 6 ore [mm]	h 12 ore [mm]	h 24 ore [mm]
Trapani	8,18	24,61	36,30	43,47	49,65	56,72
Lentina	15,35	29,91	40,28	47,72	54,67	61,68
Specchia	42,11	25,08	31,50	36,91	41,83	51,50
h_r		26,15	34,15	40,26	45,81	54,53

Tab.8. Scarto quadratico medio ragguagliato (σ_r)

Stazione	σ 1 ora	σ 3 ore	σ 6 ore	σ 12 ore	σ 24 ore
Trapani	12,40	19,62	26,63	29,42	31,28
Lentina	19,97	33,48	44,35	45,27	44,89
Specchia	11,89	12,66	14,63	14,84	18,88
σ_r	13,84	18,40	23,08	23,77	26,51

3.5.2. Calcolo della portata di piena

In idrologia si chiama *tempo di ritorno* (T) associato ad una variabile idrologica il numero di anni in cui la variabile è raggiunta o superata mediamente una sola volta. Se x è la variabile idrologica casuale descritta da una legge di probabilità P(x), la probabilità che si raggiunga o si superi il valore x_1 sarà pari al valore $1-P(x_1)$. Pertanto tra la probabilità di superamento ed il tempo di ritorno sussiste la seguente relazione:

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

e quindi:

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

La portata di piena da calcolare sarà una portata eccezionale e tale, pertanto, deve essere l'evento di pioggia che la genera. Volendo stimare una portata di piena relativa ad un dato tempo di ritorno T, sarà necessario stimare l'evento meteorico (precipitazione) di uguale tempo di ritorno. Per stimare l'evento meteorico suddetto, si utilizzano i dati raccolti annualmente dal Servizio Idrografico Italiano, relativi alle precipitazioni di massima altezza e di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore. Per tali dati, che sono i massimi verificatisi in ogni

anno di osservazione, si deve trovare una legge probabilistica che si adatti bene ad essi in modo da poter attribuire ad un qualsiasi tempo di ritorno che ci interessa, il relativo valore di precipitazione. Nel presente studio facendo riferimento alla legge 180/98, si sono adottati i seguenti tempi di ritorno: 50, 100, 300 anni.

La legge di distribuzione dei dati di pioggia adottata è quella di Gumbel o del massimo valore, adatta a descrivere le altezze massime di precipitazione. Tale legge è espressa dalla seguente relazione:

$$h_{t,T} = u_t - (1 / \alpha_t) \ln [\ln(T/(T-1))]$$

dove $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia relativa alla durata t (ore) ed al tempo di ritorno T (anni); i parametri u_t e α_t , valevoli per l'intero bacino e relativi alle diverse durate di pioggia t (ore), sono dati dalle seguenti espressioni:

$$\alpha_t = 1,283/\sigma_r ; u_t = h_r - 0.456*\sigma_r$$

dove h_r e σ_r sono la precipitazione media e lo scarto quadratico medio ragguagliati all'intero bacino calcolati in precedenza.

Tab.9. Parametri caratteristici della legge di Gumbel relativi al bacino del Lenzi

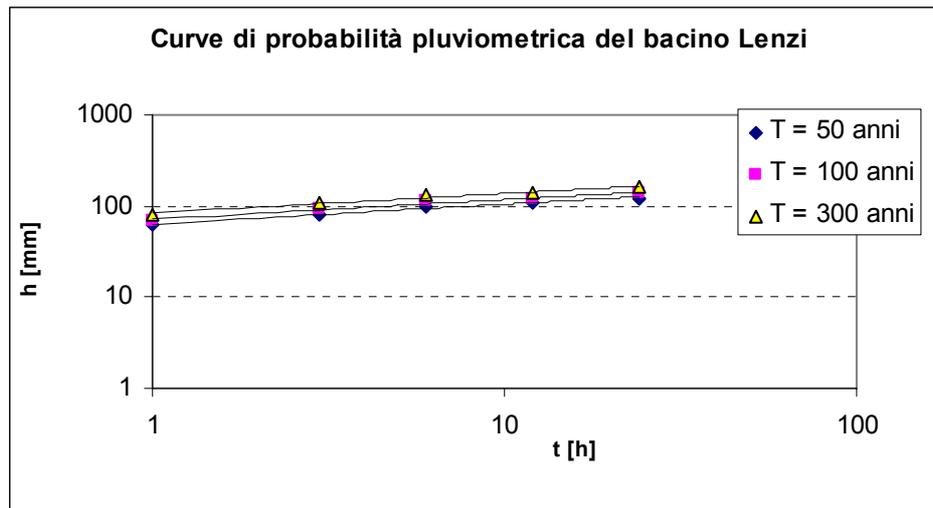
Parametro	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
α_t	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05
u_t	19,84	25,76	29,73	34,97	42,45

Noti i parametri della legge di Gumbel si ricavano le altezze critiche di pioggia di data durata e tempo di ritorno.

Tab.10. Altezze di pioggia ragguagliate[mm] per diverse durate [h] e tempi di ritorno [anni]

Tempo di ritorno [anni]	$h_{1,T}$	$h_{3,T}$	$h_{6,T}$	$h_{12,T}$	$h_{24,T}$
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
50	61,9	81,7	99,9	107,3	123,1
100	69,5	91,7	112,5	120,2	137,5
300	81,4	107,5	132,3	140,6	160,3

Di seguito si riportano le curve di probabilità pluviometrica che esprimono la relazione tra le durate degli eventi meteorici e le altezza di pioggia: in scala logaritmica tale relazione può essere approssimata con una retta.



Dalle equazioni di queste curve di probabilità pluviometrica (CPP) si ricavano, per ogni tempo di ritorno fissato, i coefficienti a ed n che esprimono la relazione del tipo potenza della forma $h_{t,T} = a \cdot t^n$ essendo $h_{t,T}$ l'altezza di pioggia relativa alla durata t.

T [anni]	Parametri CPP	
	a	n
50	63,87	0,215
100	71,77	0,214
300	84,23	0,212

I parametri a ed n sono stati stimati con il metodo dei minimi quadrati.

Note le curve di probabilità pluviometrica, per ottenere le portate di piena al colmo, è stato utilizzato un modello di trasformazione afflussi-deflussi e, in particolare, il modello cinematico o della *corrivazione*. Il *tempo di corrivazione* è il tempo impiegato per raggiungere la sezione di chiusura del bacino dalla particella liquida più lontana. Il metodo si basa sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta unicamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione in cui essa è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse scorre indipendentemente dalle altre;
- le linee *isocorrive*, cioè le linee che congiungono punti aventi uguale valore del tempo di corrivazione, si mantengono costanti durante l'evento al variare dell'intensità della pioggia
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

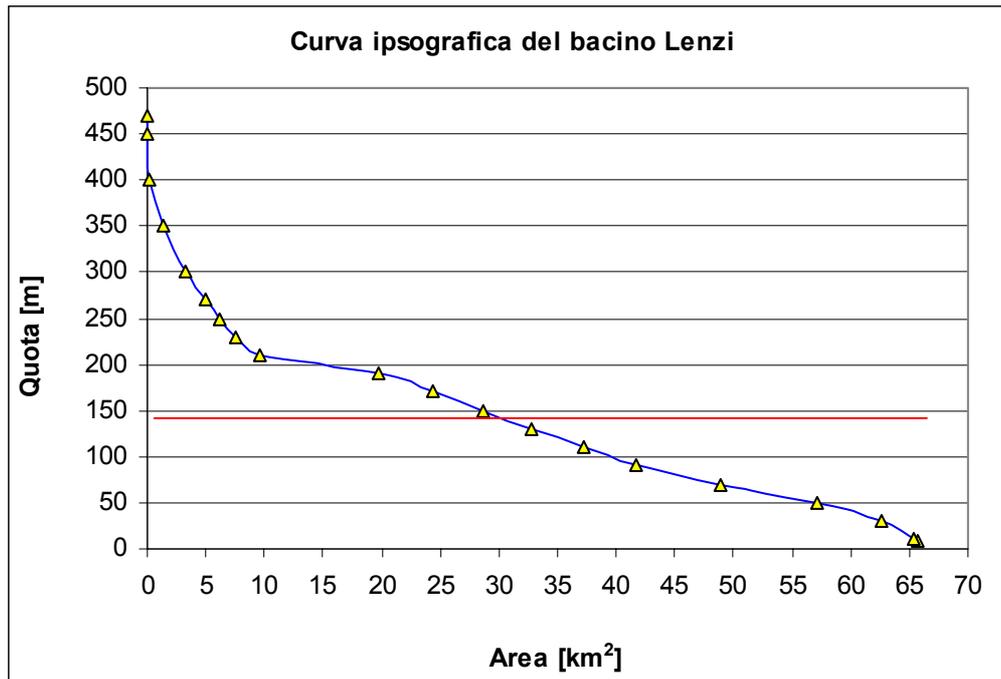
L'applicazione del metodo della corrivazione richiede:

- a) il tracciamento delle linee isocorrive;
- b) la determinazione della curva isocorrivografica;
- c) il calcolo del tempo di corrivazione;
- d) il calcolo della pioggia netta.

Isocorrive

Unendo tutti i punti caratterizzati dallo stesso tempo di corrivazione, si ottengono le linee isocorrive. Secondo l'ipotesi del Viparelli, per i bacini a ventaglio come nel nostro caso, non si commette un grosso errore considerando le linee isocorrive coincidenti con le isoipse. Questa proposta si fonda sull'ipotesi che il tempo di corrivazione di ciascun punto del bacino sia proporzionale alla distanza che intercorre tra esso e la sezione di chiusura e che, in generale, a punti di quota più elevata corrispondono distanze maggiori e, quindi, tempi di corrivazione più grandi.

L'ipotesi del Viparelli consente, ammessa la coincidenza delle isocorrive con le isoipse, di individuare l'area A_i della porzione di bacino tra due successive isocorrive facendo ricorso alla curva ipsografica.



Per individuare le aree A_i comprese tra due successive isocorrive, si suddivide l'ordinata massima H_{max} della curva ipsografica in n parti, ciascuna di ampiezza H_{max}/n , tanti quanti sono gli intervalli Δt in cui si è suddiviso il tempo di corrivazione t_c del bacino. Risulta pertanto: $n = t_c/\Delta t$.

La generica area A_i compresa tra l'isocorriva $i-1$ e l'isocorriva i si ricava come differenza delle ascisse della curva ipsografica, ossia la $(i-1) \cdot (H_{max}/n)$ e la $i \cdot (H_{max}/n)$.

Tempo di corrivazione del bacino

La durata della precipitazione critica per il bacino, cioè che mette in crisi la rete idrografica perché per essa si raggiunge il valore più elevato di portata, dipende dall'estensione del bacino stesso. Questa circostanza è una logica conseguenza del fenomeno di trasferimento che impone che ogni particella liquida che cade in un punto del bacino deve seguire un suo percorso per giungere alla sezione di chiusura, impiegando, a parità di velocità di trasferimento, un tempo tanto maggiore quanto più lungo è il percorso da effettuare.

Per tradurre in termini quantitativi il ritardo temporale esistente tra idrogramma di piena e ietogramma che lo ha generato, l'evento viene caratterizzato mediante un tempo caratteristico, il *tempo di corrivazione* precedentemente definito.

La durata della pioggia viene assunta proprio pari al tempo di corrivazione t_c poiché si è potuto dimostrare che un evento di pioggia avente tale durata e di dato tempo di ritorno, produce una piena la cui portata al colmo è la massima possibile per quel tempo di ritorno: il protrarsi della pioggia oltre tale tempo produce solo un aumento dei volumi di piena, mentre la portata al colmo rimane praticamente la stessa. Il tempo di corrivazione è stato valutato attraverso due formule empiriche separatamente, quella di *Giandotti* e quella di *Kirpich*, e verificato tramite un criterio di velocità.

La formula di *Giandotti* ha la seguente espressione:

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

Dedotta per bacini di estensione superiore ai 100 km², ma valida anche nell'intervallo tra 50÷100 km² questa formula fornisce il tempo in ore; in essa compaiono la superficie del bacino S espressa in km², la lunghezza dell'asta principale L in km e l'altitudine media del bacino H , riferita alla sezione di chiusura, espressa in metri. Quest'ultima si ottiene dividendo l'integrale della curva ipsografica con la superficie totale del bacino, e detraendo da questa il valore di quota della sezione di chiusura.

Tab.11. Calcolo del tempo di corrivazione mediante la formula di *Giandotti*

Parametro	Valore	Unità di misura
Superficie bacino	65,6	[km ²]
Lunghezza asta principale	15,714	[km]
Altitudine media del bacino	154,68	[m]
Tempo di corrivazione t_c	5,62	[ore]

La formula di *Kirpich* invece ha la seguente espressione:

$$t_c = 0.001947 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

Essa fornisce il tempo in minuti, la lunghezza del percorso idraulico più lungo L in metri, mentre la pendenza i si calcola come rapporto tra il dislivello ΔH tra le quote estreme del percorso e la lunghezza L di questo.

Tab.12. Calcolo del tempo di corrivazione mediante la formula di Kirpich

Parametro	Valore	Unità di misura
Dislivello ΔH	342	[m]
Lunghezza L	15.714	[m]
Pendenza i	0,0217	[%]
Tempo di corrivazione t_c	144,7	[min]

Nell'eseguire la verifica tramite il criterio della velocità, si è ipotizzato un valore di velocità media di propagazione della piena pari a 1,5 m/s e dal rapporto tra la lunghezza L del percorso idraulico e detta velocità, si ricava un plausibile valore del tempo di corrivazione t_{vc} . Tale valore t_{vc} va confrontato nella corrispondente unità di misura con quello ricavato dalle due precedenti formule empiriche e va accettato quello per cui t_c è più vicino a t_{vc} .

Tab.13. Verifica del tempo di corrivazione con il criterio della velocità

Parametro	Valore	Unità di misura
Velocità media v_m	1,5	[m/s]
Lunghezza asta principale L	15.714	[m]
Tempo di corrivazione $t_{vc} = L/v_m$	174,6	[min]
Tempo di corrivazione Kirpich t_c	144,7	[min]
Tempo di corrivazione $t_{vc} = L/v_m$	2,9	[h]
Tempo di corrivazione Giandotti t_c	5,6	[h]

E' stato così scelto il tempo di corrivazione calcolato con la formula di Kirpich pari a circa 2 h e 24 min.

Ietogramma di progetto

Lo ietogramma di progetto è definito da tre caratteristiche:

- la durata dell'evento t_d ;
- il volume totale di pioggia h o l'intensità media i_m ;

- il modo di variare della pioggia durante l'evento.

La durata dell'evento si pone uguale ad un valore detto critico perché ad esso corrisponde il massimo della portata di piena Q_{\max} : soprattutto nei bacini di alvei naturali tale valore critico coincide con il tempo di corrivazione del bacino t_c . Il volume totale di pioggia si ricava dalla curva di probabilità pluviometrica espressa dalla seguente relazione di potenza (forma monomia):

$$h = a * t_c^n$$

La distribuzione della pioggia all'interno dell'evento, descritta dalla forma dello ietogramma, influisce sulle caratteristiche dell'onda di piena ed in particolare sul valore della portata massima.

In linea di massima si è verificato che lo ietogramma più gravoso, ossia quello che dà luogo ad una piena con la più elevata al colmo, presenta il massimo di pioggia al centro dell'evento con valori decrescenti disposti alternativamente a sinistra e a destra. Ciò dipende dalla forma della curva ipsografica del bacino per cui le superfici isocorve più grandi sono pure quelle intermedie.

Si definisce *ietogramma Chicago anticipato* uno ietogramma sintetico in cui la distribuzione temporale delle altezze coincide con la relazione altezza – durata. Lo ietogramma si ottiene semplicemente sostituendo il tempo storico t alla durata t_c in detta relazione. Nella sua forma generale, lo ietogramma Chicago anticipato ha il picco ad un generico istante t_r minore della durata complessiva t_c . Nel caso in studio è stato considerato uno ietogramma centrato, per cui si è posto $r = 0,5$ essendo $r = t_r / t_c$, da cui $t_r = 0,5 * t_c$. Utilizzando la relazione monomia a due parametri

$$h = a * t^n$$

si ottiene:

$$\text{per } t \leq t_r$$

$$h(t) = a \left[t_r \left(b + \frac{t_r}{r} \right)^{-m} - (t_r - t) \left(b + \frac{t_r - t}{r} \right)^{-m} \right]$$

per $t \geq t_r$

$$h(t) = a \left[t_r \left(b + \frac{t_r}{r} \right)^{-m} + (t - t_r) \left(b + \frac{t - t_r}{1 - r} \right)^{-m} \right]$$

Di seguito si riportano le altezze di pioggia lorde calcolate nei bacini idrografici:

Tab.14. Altezze di pioggia lorde nel bacino Lenzi valutate per vari tempi di ritorno T

Durata pioggia [h]	Pioggia [mm] T=50 anni	Pioggia [mm] T=100 anni	Pioggia [mm] T=300 anni
0,0	0,0	0,0	0,0
0,4	3,2	3,6	4,2
0,8	8,1	9,1	10,6
1,2	38,5	43,3	50,7
1,6	69,0	77,5	90,9
2,0	73,9	82,9	97,3
2,4	77,1	86,5	101,4

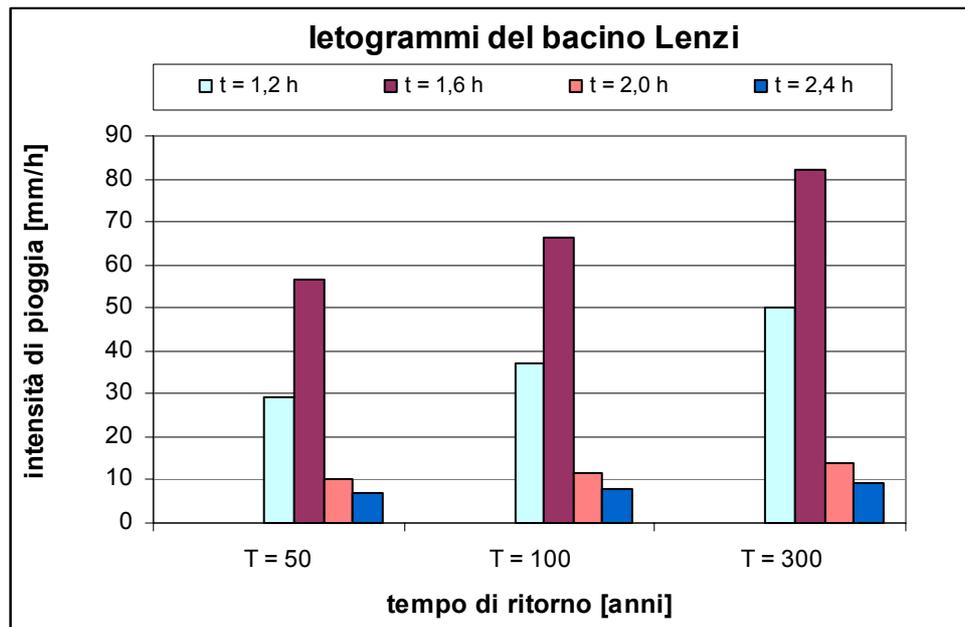
Volendo rappresentare lo *ietogramma Chicago* con un istogramma descritto ad intervalli di tempo:

$$\Delta t = t_j - t_{j-1}$$

con indice $j = t_j / \Delta t$, l'intensità relativa all'intervallo i -esimo è data da:

$$i_{med} = \frac{h(t_{j-1}) - h(t_j)}{\Delta t}$$

I valori dell'intensità di pioggia (ietogramma del bacino), riportati nel grafico seguente, si ricavano dopo aver calcolato i valori di *pioggia netta* applicando il metodo *SCS-CN* descritto nel seguito.



Metodo SCS-CN

Con il termine “pioggia netta” o “deflusso superficiale” si intende quella parte di precipitazione meteorica che, non infiltrandosi nel suolo, scorre sulla superficie del versante fino al raggiungimento della rete idrografica e attraverso questa, si propaga sino a raggiungere la sezione di chiusura. La sua determinazione, nell’ambito di questo studio, è stata effettuata con il metodo del Curve Number o CN, secondo cui il comportamento idrologico del bacino dipende dalla permeabilità, dalla pedologia e dalla copertura vegetale del suolo. Sulla base di queste informazioni è possibile associare all’area in esame un particolare valore detto “numero di curva” che, legato al coefficiente di assorbimento, fornisce il valore della massima ritenzione potenziale del terreno. Il metodo del CN è uno dei più noti modelli di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi diretti. E’ stato messo a punto dal Dipartimento Americano dell’Agricoltura “*Soil Conservation Service (U.S.D.A.-S.C.S.)*” agli inizi degli anni ’50 ed è stato in seguito incorporato in modelli di tipo distribuito di previsione dei deflussi (Creams, sviluppato da Knisel [1980]).

Il metodo, proposto dal *Soil Conservation Service*, assume il volume specifico di deflusso superficiale, P_e , proporzionale alla precipitazione cumulata lorda, P , depurata dell’assorbimento iniziale, I_a , secondo il rapporto tra volume specifico infiltrato, F , e volume specifico di saturazione del terreno, S :

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

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

$$F = P - I_a - P_e$$

si ottiene la seguente relazione:

$$P_e = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S).$$

Il volume specifico F che vi compare dipende dalla natura del terreno e dall'uso del suolo, globalmente rappresentati dal parametro CN , secondo la relazione

$$S = S_0(100/CN - 1)$$

dove $0 < CN \leq 100$ e S_0 è un fattore di scala che riflette l'unità di misura adottata e che, per valori di S , F , P_0 e P misurati in mm, è pari a 254 mm.

Il metodo SCS-CN prevede quindi due parametri, I_a e S , ovvero CN . In realtà, il termine I_a rappresenta un valore specifico di pioggia sottratto a priori al bilancio in esame, che descrive in modo globale un certo numero di processi differenti, quali l'intercettazione da parte della vegetazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali e l'imbibizione iniziale del terreno. Così definito, esso risulterebbe di difficile taratura, dovendo tenere conto di fattori climatici, geopedologici, ed antropici assai complessi.

Poiché dai dati sperimentali questo parametro risulta abbastanza correlato con il volume specifico di saturazione, S , e soprattutto per ovviare alle difficoltà di taratura, la procedura del SCS-CN suggerisce di esprimerne la stima semplicemente come una quota percentuale di S , ponendo $I_a = c * S$, con c posto in prima approssimazione pari a 0,2, sebbene il suo valore sia generalmente variabile tra 0.1 e 0.2 in funzione delle condizioni di umidità del suolo. Di conseguenza, il modello risulta di tipo monoparametrico, dove S , ovvero CN , è il solo parametro che descrive il fenomeno dell'assorbimento. Il parametro CN è un fattore decrescente della permeabilità, intesa come caratteristica globale del tipo e dell'uso del suolo.

Per i casi applicativi di interesse nell'ambito del territorio siciliano, è stata prodotta un'apposita caratterizzazione dei valori del CN . Le coperture riportate sono quelle tipiche

dell'ambiente mediterraneo, quali vigneto e macchia, insieme a quelle vegetative più comuni come il bosco, il pascolo e il terreno coltivato. Per scegliere il valore del CN da associare al rimboschimento ed al vigneto si è adottata la classificazione proposta da Mancini e Rosso, i quali considerano il primo come equivalente al bosco con copertura rada e senza sottobosco, ed attribuiscono al secondo la denominazione di filari a rittochino in buone condizioni. Inoltre, la classificazione statunitense prevede una dettagliata descrizione di uso del suolo adibito a diverse pratiche colturali, che nei casi italiani è assolutamente carente: allora per il terreno coltivato e arato si è utilizzata la denominazione di spazio aperto, secondo cui le pratiche agricole si realizzano in assenza di tecniche per la conservazione del suolo. Poiché il rifiuto del terreno è un fenomeno dinamico dipendente dalla dimensione dell'evento di piena, il CN varia in relazione alle condizioni di saturazione del bacino. Lo stato di imbibizione viene espresso in maniera qualitativa/quantitativa in base all'indice di pioggia API_5 , che coincide con la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena. A seconda del valore di API_5 , vengono identificate le classi AMC_I , AMC_{II} , AMC_{III} , che rappresentano rispettivamente il terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito (Tab.4.2/10).

Tab. 15. Classi A.M.C. secondo la pioggia totale caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico

Classe A.M.C.	Stagione di riposo vegetativo (autunno-inverno)	Stagione di crescita (primavera-estate)
AMC_I	< 13 mm	> 36 mm
AMC_{II}	tra 13 mm e 28 mm	tra 36 mm e 53 mm
AMC_{III}	> 28 mm	< 53 mm

Per una data condizione AMC, il valore del CN dipende dalle caratteristiche idrologiche del suolo, ossia dalla maggiore o minore permeabilità del terreno. Inoltre, per un dato tipo idrologico di suolo, il valore di CN varia, anche notevolmente, a seconda della tipologia di uso del suolo, ossia della sua copertura vegetale e del suo grado di antropizzazione. La Tabella 4.2/11 mostra tali valori del CN per condizioni di imbibimento intermedie, che si riferiscono quindi alla condizione AMC_{II} .

Tab. 16. Valore del CN per zone umide (classe AMC II) in funzione del tipo di suolo e delle condizioni di uso e copertura vegetale

CN _{II}	CATEGORIA DEL SUOLO			
	A	B	C	D
Uso del suolo e copertura vegetale				
Pascolo in cattive condizioni (copertura vegetale < del 50% ed elevato sfruttamento)	68	76	86	89
Pascolo in discrete condizioni (copertura vegetale tra il 50% ed il 75%, modesto sfruttamento)	49	69	79	84
Pascolo in buone condizioni (copertura > del 75% sfruttamento saltuario)	39	61	74	80
Prato protetto dal pascolo e soggetto a fienagione	≤30	58	71	78
Sterpaglie in cattive condizioni (copertura < del 50%)	48	67	77	83
Sterpaglie in discrete condizioni (copertura tra il 50% ed il 75%)	35	56	70	77
Sterpaglie in buone condizioni (copertura > del 75%)	30	48	65	73
Bosco in cattive condizioni (sottobosco scarso)	45	66	77	83
Bosco in discrete condizioni (presenza di sottobosco anche soggetto a sfruttamento ma al riparo da incendi)	36	60	73	79
Bosco in buone condizioni (presenza di sottobosco protetto)	25	55	70	77
Aree industriali con permeabilità inferiore al 72%	81	88	91	93
Aree residenziali con impermeabilità media > del 65%	77	85	90	92
Aree residenziali con impermeabilità media tra il 65% ed il 60%	57	72	81	86
Aree residenziali con impermeabilità media tra il 60% ed il 20%	51	68	79	84
Suolo coltivato con trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Suolo coltivato senza trattamenti	62	71	78	81

Tab.17. Categorie di suddivisione del suolo secondo il deflusso superficiale (metodo S.C.S.)

Tipo	Descrizione del deflusso
A	Scarsa potenzialità di deflusso superficiale – banchi spessi di sabbia, anche con piccole percentuali di limo e/o argilla; banchi spessi di ghiaie, materiali incoerenti in genere
B	Bassa potenzialità di deflusso superficiale- banchi di medio spessore di sabbie e/o ghiaie, con maggior propensione alla saturazione
C	Potenzialità di deflusso superficiale medie – banchi di sabbia e/o ghiaie sottili, con sottostante substrato argilloso impermeabile, sabbie con argilla e limi
D	Potenzialità di deflusso superficiale molto alta – argille con alta capacità di rigonfiamento, in genere materiali impermeabili in superficie

Il passaggio dai valori del CN, per la condizione AMC_{II}, a quella AMC_I ed AMC_{III}, sono stati ottenuti correlando i valori di S calcolati per il grado di umidità precedente AMC_I ed AMC_{III} con quelli ricavati dai valori di CN per AMC_{II} (Tabella 4.2/11) e determinando le relazioni:

$$S_I/S_{II} = S_{II}/S_{III} = 2,3$$

A questo punto, conoscendo la caratterizzazione geopedologica del territorio, è possibile definire la mappatura dello stesso nelle varie classi idrologiche A,B,C e D; inoltre dalla classificazione dell'uso/copertura del suolo è possibile comporre una mappa che, intersecata con la prima tramite semplici operazioni GIS dette di *map - algebra*, consente di definire i valori del CN per il territorio di cui si vogliono studiare i fenomeni di piena.

In particolare per il territorio siciliano risulta disponibile in formato digitale ed inquadrata in un ambiente GIS, una carta dell'uso dei suoli, redatta a cura dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, che classifica l'uso secondo le specifiche del progetto europeo CORINE. Inoltre per quanto riguarda la tipizzazione idrologica del territorio siciliano si può fare riferimento ad una carta pedologica in scala 1:250.000, disponibile anch'esso in ambiente GIS, alle carte geologiche in scala 1:100.000 disponibili per tutto il territorio. Per il tempo di ritorno $T= 300$ anni, avendo applicando il metodo SCS-CN si ottengono le seguenti altezze di pioggia netta:

Tab.18. Valori dell'altezza di pioggia netta secondo il metodo SCS-CN ($T= 300$ anni)

CN	S _o	S	I _a
85	254	44,8	9,0

Durata pioggia [h]	Altezza di pioggia lorda per $t \leq t_r$ [mm]	Altezza di pioggia lorda per $t > t_r$ [mm]	Altezza di pioggia lorda totale [mm]	$h_n(t)$ altezza di pioggia netta totale [mm]
0,0	0,0	-	0,0	0,0
0,4	4,2	-	4,2	0,0
0,8	10,6	-	10,6	0,1
1,2	50,7	50,7	50,7	20,1
1,6	-	90,9	90,9	53,0
2,0	-	97,3	97,3	58,6
2,4	-	101,4	101,4	62,3

Onde di piena

Il tracciamento dell'onda di piena con il metodo cinematico si conduce, una volta note le superfici comprese tra le isocorive (curva ipsografica), sulla base del seguente prospetto :

$$Q_1 = i_1 * A_1 / 3,6$$

$$Q_2 = (i_2 * A_1 + i_1 * A_1) / 3,6$$

$$Q_3 = (i_3 * A_1 + i_2 * A_2 + i_1 * A_3) / 3,6$$

$$Q_4 = (i_4 * A_1 + i_3 * A_2 + i_2 * A_3 + i_1 * A_4) / 3,6$$

$$Q_5 = (i_5 * A_1 + i_4 * A_2 + i_3 * A_3 + i_2 * A_4 + i_1 * A_5) / 3,6$$

$$Q_6 = (i_5 * A_2 + i_4 * A_3 + i_3 * A_4 + i_2 * A_5) / 3,6$$

$$Q_7 = (i_5 * A_3 + i_4 * A_4 + i_3 * A_5) / 3,6$$

$$Q_8 = (i_5 * A_4 + i_4 * A_5) / 3,6$$

$$Q_9 = (i_5 * A_5) / 3,6$$

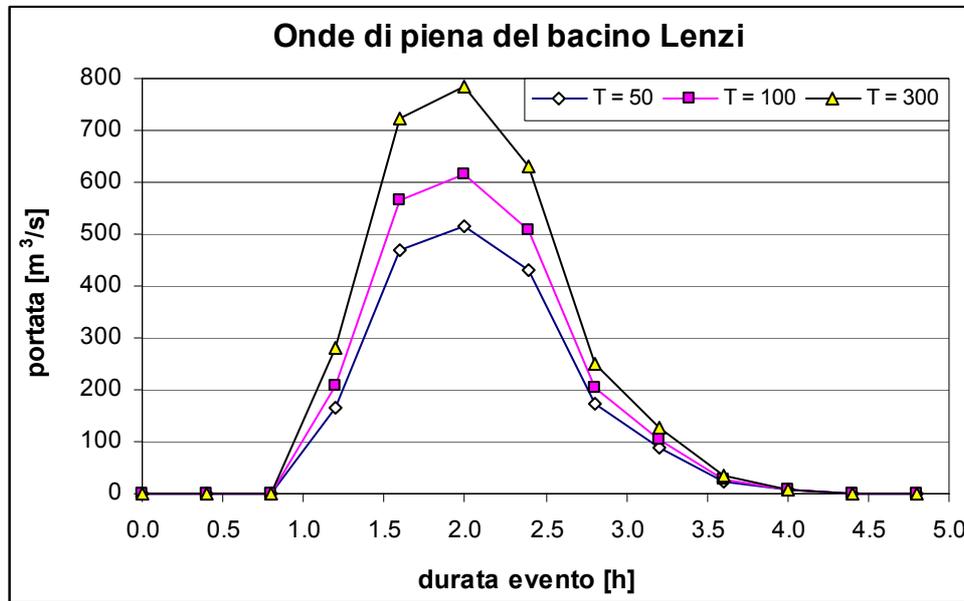
$$Q_{10} = 0$$

Avendo indicato con Q_i ($i=1,2,\dots$) la portata in m^3/s che attraversa la sezione di chiusura alla fine dell' i -esima ora, con i_i l'intensità di pioggia netta in mm/ora nell' i -esimo intervallo Δt , con A_i la superficie compresa tra l'isocorriva $i-1$ e i e con 3,6 fattore di conversione. Di seguito si riportano in dettaglio i valori ottenuti per un tempo di ritorno di 300 anni.

Tab.19. Onda di piena nel bacino del Lenzi per $T= 300$ anni

Durata evento [h]	A ₁ [km ²]	A ₂ [km ²]	A ₃ [km ²]	A ₄ [km ²]	A ₅ [km ²]	A ₆ [km ²]	Portata totale [m ³ /s]	Volume defluito [m ³]
0,0	20,1	19,0	19,5	4,2	2,2	0,6	0,00	0
0,4	0,0						0,00	0
0,8	0,76	0,00					0,76	549
1,2	280,37	0,72	0,00				281,09	203.483
1,6	458,03	265,03	0,74	0,00			723,79	926.998
2,0	78,34	432,96	272,00	0,16	0,00		783,46	2.012.219
2,4	52,00	74,05	444,35	58,58	0,08	0,00	629,08	3.029.246
2,8		49,16	76,00	95,71	30,69	0,02	251,58	3.663.316
3,2			50,45	16,37	50,13	8,37	125,32	3.934.681
3,6				10,87	8,57	13,67	33,11	4.048.753
4,0					5,69	2,34	8,03	4.078.377
4,4						1,55	1,55	4.085.276
4,8							0,00	4.086.394

Di seguito si riportano i grafici delle onde di piena calcolate nel bacino del F. Lenzi relative ai 3 tempi di ritorno T= 50, 100 e 300 anni.



Pertanto, nel F. Lenzi i valori di portata di piena e dei volumi defluiti, calcolati in corrispondenza della sezione di confluenza col Canale Baiata (proveniente dall’invaso Paceco) e relativi ai diversi tempi di ritorno sono i seguenti:

Tab.20. Portate e volumi di piena nel F. Lenzi

Tempo di ritorno [anni]	Portata di piena [m³/s]	Volume di piena [m³]
50	513,68	2.694.974
100	616,40	3.224.724
300	783,46	4.086.394

Per la verifica delle sezioni terminali di confluenza del F. Lenzi con il Canale Baiata, occorre aggiungere, alle portate valutate prima nel F. Lenzi, quella proveniente dal Canale Baiata, posta uguale a quella dello scarico di superficie della diga Paceco. Infatti, la portata massima che può effluire sulla soglia sfiorante della diga è pari a 100 m³/s; inoltre,

secondo i dati di progetto, anche lo scarico di fondo della diga, di cui non è previsto il funzionamento contemporaneo con quello di superficie, è dimensionato per la stessa portata di 100 m³/s. Pertanto, in ogni caso, questa è la massima portata che può essere convogliata a valle del serbatoio Paceco.

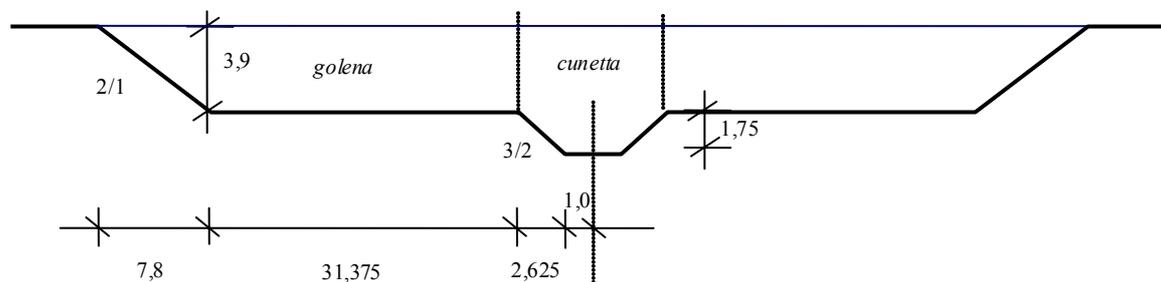
Tab.21. Portate di piena nel F. Lenzi-Baiata alla confluenza

Tempo di ritorno [anni]	Portata di piena [m³/s]
50	613,68
100	716,40
300	883,46

3.5.3. Verifica delle sezioni del F. Lenzi-Baiata

Calcolate le portate di piena occorre verificare se le sezioni del corso d'acqua riescano a trasportarle senza esondare.

Nel ramo del F. Lenzi prima della confluenza con il canale Baiata, le portate di verifica per i 3 tempi di ritorno scelti (50, 100 e 300 anni) sono pari ai valori calcolati in precedenza, ossia: 513,68, 616,40 e 783,46 m³/s. Per quanto riguarda il canale Baiata è stata considerata, come portata di piena da porre a base delle verifiche idrauliche, quella proveniente dallo scarico di superficie della diga Baiata, in condizioni di massima piena, valutata nel progetto dell'invaso (1977) pari a 100 m³/s. Pertanto, nella sezione a valle della confluenza del F. Lenzi e del canale Baiata, alle portate provenienti dal F. Lenzi sono stati aggiunti 100 m³/s. Di seguito si riporta una sezione trasversale "tipo" del tratto terminale del F. Lenzi (misure in metri).



Le verifiche idrauliche sono state eseguite utilizzando il modello di calcolo HEC-RAS (US Army – Corps of Engineers) ipotizzando un moto permanente uniforme. Le sezioni trasversali dei canali sono state rilevate accuratamente, riportando anche le caratteristiche di briglie, ponti e salti di fondo situati lungo l'asta fluviale.

Le simulazioni idrauliche sono state condotte ipotizzando due condizioni di esercizio:

- la prima descrive la condizione attuale (reale) dell'alveo, in cui la scabrezza è riconducibile ad una macroscabrezza causata, in alcuni tratti del F. Lenzi a monte della confluenza col Baiata, dalla presenza di canneti cresciuti su interrimenti

accumulatisi nel corso degli anni (valori del coefficiente di *Manning* variabili da 0,03 a 0,3 s/m^{1/3});

- la seconda è la situazione di progetto in cui si è ipotizzato l'alveo pulito, a seguito dei lavori di manutenzione, adottando valori di scabrezza adeguati (valori del coefficiente di *Manning* variabili da 0,02 a 0,025 s/m^{1/3}).

Dalle verifiche idrauliche è emerso che per un tempo di ritorno di 50 anni, in tutte le sezioni significative verificate e per la sola condizione di progetto dell'alveo, il tirante idrico si mantiene al di sotto della quota di coronamento degli argini. Per i due tempi di ritorno più elevati qui presi in considerazione, ossia 100 e 300 anni, e per entrambe le condizioni dell'alveo (reali e di progetto) si verificano delle esondazioni in corrispondenza delle sezioni a monte di alcuni ponti in prossimità dell'abitato di Xitta. Di seguito si riportano i valori dei volumi di esondazione nei due casi di alveo libero da occlusioni (*condizioni di progetto*) ed alveo nelle condizioni attuali (*condizioni reali*), nel tratto del F. Lenzi a monte della confluenza con il Canale Baiata.

Tab.22. Portate e volumi di esondazione nel F. Lenzi a monte della confluenza col Baiata

Tempo di ritorno [anni]	Portata di piena [m ³ /s]	Volume di esondazione <i>condizioni di progetto</i> [m ³]	Volume di esondazione <i>condizioni reali</i> [m ³]
50	513,68	-	225.000
100	616,40	52.500	620.000
300	783,46	570.000	1.270.000

Occorre osservare che l'utilizzo del modello HEC-RAS in 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 intervengano, o si possano trascurare, gli effetti non stazionari della propagazione della piena. In effetti, per la configurazione particolare del terreno presente attorno al canale del F. Lenzi-Baiata, ossia aree con basse pendenze, tale modello risulta inadeguato per la descrizione dell'esondazione della piena su tali aree adiacenti. Sarebbe necessario, dunque, applicare un modello non stazionario che riproduca, nello spazio e nel tempo, la dinamica di propagazione e laminazione degli idrogrammi di piena, tenendo conto degli effettivi scambi di massa tra l'alveo e le aree inondate. Tale

problema risulta ancora più critico considerando che la valutazione del rischio idraulico dovrebbe essere legata al calcolo del tirante idrico determinato su tali aree dall'esondazione. 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 sempre disponibili, specialmente in prossimità dell'area fluviale del F. Lenzi (lontana da grandi centri abitati), si è preferito adottare una metodologia speditiva per l'individuazione di tali aree inondabili. Tale metodologia utilizza il modello digitale del terreno del bacino di interesse, per determinare le curve quote-volumi con cui si riempiono gli avvallamenti naturali del terreno adiacenti l'alveo ed integra tali informazioni con la presenza di singolarità sul territorio quali infrastrutture, vie preferenziali di deflusso ed altre caratteristiche del territorio urbanizzato.

Individuate le quote minime e massime di tali avvallamenti naturali, si è definita una priorità di riempimento delle aree inondabili, seguendo le quote ai contorni e le distanze reciproche: il trasferimento dei volumi di esondazione, sia dall'alveo verso le depressioni circostanti, sia tra le depressioni stesse, avviene tramite soglie sfioranti. Calcolato il volume esondato, esso è stato distribuito in tali depressioni del terreno individuando così delle superfici inondate tra loro isolate, ossia le *“aree di invaso statico o di accumulo”*, per le quali i volumi idrici esondati dal corso d'acqua permangono per tempi superiori alla durata dell'evento di piena. Tra una superficie e l'altra è stata infine tracciata la più probabile *“area di trasferimento”* del volume esondato (area dove i volumi esondati transitano senza produrre significativi accumuli idrici che permangono per tempi superiori alla durata dell'evento), individuando in tal modo le superfici inondate in forma di aree chiuse unite tra loro.

Lo studio condotto secondo le condizioni attuali dell'alveo del Lenzi (*condizioni reali*) evidenzia l'esigenza di interventi di manutenzione e pulizia dei canneti radicatisi nel corso degli anni, soprattutto nelle savanelle centrali del F. Lenzi a monte della confluenza col Canale Baiata. Tale necessità era già stata evidenziata in corrispondenza della foce del tratto di fiume comune ai due torrenti. In un'apposita Conferenza di Servizi, a cui hanno preso parte i rappresentanti dell'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente, dell'Ufficio Provinciale del Genio Civile, dei Comuni di Paceco e di Trapani, della

Capitaneria di Porto di Trapani, del WWF - Ente Gestore della Riserva delle Saline di Trapani e Paceco, si era discusso degli interventi necessari a prevenire i rischi connessi all'eventuale e temuta esondazione del torrente Lenzi. Si prese atto che per eliminare i rischi di esondazione, che si corrono in occasione di piogge abbondanti, era estremamente urgente procedere ai lavori di rimozione di un fitto canneto sorto spontaneamente ed invasivamente all'interno dell'alveo del torrente nella parte appena precedente alla foce. Il progetto di rimozione del canneto è stato successivamente approvato e realizzato in seguito ad un finanziamento da parte dell'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente. Nelle more del finanziamento del suddetto progetto, tutti i rappresentanti degli Enti ed Istituzioni partecipanti alla Conferenza di Servizi risultarono concordi nel riconoscere la gravità della situazione e la necessità di procedere con le modalità previste dalla legislazione nei casi di riconosciuta urgenza ad eliminare almeno l'interramento della foce. Tale fenomeno in effetti ostruiva lo sbocco in mare delle acque di provenienza sorgiva e pluviale e costituiva una sorta di diga naturale che occorreva rimuovere urgentemente.

Infine, lo studio condotto secondo le ipotetiche condizioni dell'alveo dopo gli interventi di pulizia del Lenzi (*condizioni di progetto*), evidenzia sempre l'esigenza di interventi di mitigazione del rischio in prossimità del centro abitato di Xitta, a causa di esondazioni (per tempi di ritorno di 100 e 300 anni) dovute al rigurgito della corrente fluviale a monte del ponte di attraversamento della S.S.115 e del ponte ferroviario più a valle.

Si osserva, infine, che occorre sempre tenere sotto osservazione la foce del fiume in quanto, essendo variabile il profilo altimetrico del fondale determinato dalle mareggiate, in seguito a lunghi periodi di magra del fiume potrebbe riconfigurarsi, così come accaduto in passato, una cosiddetta *barra di foce* (ossia una duna sommersa) che potrebbe chiudere parzialmente o completamente il suo sbocco a mare. Se la *barra di foce* si presenta di grandi dimensioni e stabilizzata per la presenza di vegetazione o sedimenti grossolani, a monte di essa si può determinare un incremento dei livelli idrici del fiume ed un conseguente pericolo di esondazione durante un evento di piena. Potrebbe dunque essere necessario mantenere un canale stabilmente aperto attraverso la *barra di foce* (con il fondo di poco superiore al livello medio del mare) oppure ridurre l'altezza della barra in modo da

innescare il più rapidamente possibile il processo di erosione che demolisca l'ostruzione alla foce.

3.5.4. Valutazioni sulla pericolosità e delimitazione delle aree a rischio

Entrambe le situazioni esaminate, cioè la condizione attuale dell'alveo e quella di progetto, hanno portato alla delimitazione di due carte della *Pericolosità idraulica*, allegata a questa relazione (“Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione del F. Lenzi-Baiata – “*Condizioni reali*” – “*Condizioni di progetto*”). Tale criticità, nelle condizioni attuali dell'alveo, è determinata da una cattiva manutenzione dell'alveo ed è pertanto risolvibile con un intervento mirato di pulitura (scavo e diserbo) ed un'adeguata manutenzione del cavo fluviale.

La prima situazione esaminata, ossia quella con alveo ostruito da interrimenti ed occlusioni (condizioni reali), ha condotto alla determinazione della carta del *Rischio idraulico*, anch'essa allegata a questo studio, derivata dalla relativa carta della *Pericolosità idraulica per alveo in condizioni reali*.

Per la valutazione del rischio idraulico sono state applicate le linee guida predisposte dall'Assessorato Territorio e Ambiente. Esse prevedono le seguenti valutazioni: una volta individuate le aree di *Pericolosità idraulica*, ossia le aree inondabili corrispondenti ai tre *tempi di ritorno* ($T = 50$ anni, $T = 100$ anni e $T = 300$ anni), mediante la metodologia speditiva descritta nel paragrafo precedente, si passa al calcolo del *Rischio idraulico* incrociando il valore del tempo di ritorno corrispondente a ciascuna area inondata con il valore indice dell'*Elemento a Rischio* presente sul territorio secondo i valori della seguente tabella:

	Elementi a rischio			
	E1	E2	E3	E4
T = 300 anni	R1	R1	R2	R2
T = 100 anni	R2	R2	R3	R4
T = 50 anni	R2	R3	R4	R4

Tale metodologia prevede, dunque, un incremento del rischio idraulico R con il decrescere del tempo di ritorno T, intendendo con ciò che tanto più l'evento è lontano nel tempo (T più alto) tanto meno esso è probabile e quindi meno rischioso.

La classificazione degli *Elementi a Rischio* adottata è la seguente:

Elementi a rischio	Classe
Aree sede di servizi pubblici e privati - Impianti sportivi e ricreativi - Case sparse Insediamenti agricoli e zootecnici - Cimiteri	E1
Linee di comunicazione secondarie (strade provinciali e comunali) - Acquedotti Fognature - Impianti di depurazione e trattamento rifiuti	E2
Nucleo abitato - Insediamenti artigianali e industriali - Impianti D.P.R. 175/88 - Infrastrutture di servizio (gasdotti, elettrodotti) - Linee di comunicazione principale (autostrade, strade statali, linee ferroviarie) - Patrimonio ambientale e beni culturali (aree naturali protette, aree sottoposte a vincolo ai sensi della Legge 1497/39 e 439/85)	E3
Centro abitato	E4

La classificazione del *Rischio idraulico* adottata è la seguente:

Descrizione del rischio	Classe
RISCHIO MODERATO: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali	R1
RISCHIO MEDIO: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche	R2
RISCHIO ELEVATO: per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale	R3
RISCHIO MOLTO ELEVATO: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche	R4

Pertanto, individuata la carta degli elementi a rischio, secondo la precedente classificazione, ad essa è stata sovrapposta la carta delle aree inondate relative ai tempi di ritorno, determinata come detto prima, ed è stata così redatta la carta del *Rischio idraulico* relativa ai tre tempi di ritorno ipotizzati (50, 100 e 300 anni).

Dall'esame della carta del *Rischio idraulico* si evidenzia che, in prossimità della sezione di esondazione del F. Lenzi, è presente il centro abitato di Xitta, il quale ricade in parte in un'area a rischio molto elevato (R4), ed una porzione di linea ferroviaria a rischio elevato (R3). Le cartografie della pericolosità e del rischio idraulico, riportate in allegato,

riguardano soltanto quelle porzioni di CTR (Cartografia Tecnica Regionale a scala 1:10.000) ricadenti nelle aree interessate.

3.5.5. Interventi per la mitigazione del rischio idraulico e fabbisogno finanziario

Per la mitigazione del rischio idraulico (R4) individuato nel centro abitato di Xitta e nella fascia ferroviaria adiacente (R3), è ipotizzabile la realizzazione di una cassa di espansione al di sotto della sezione di esondazione del F. Lenzi. Infatti, in sinistra idraulica, è presente un'area racchiusa tra gli argini del F. Lenzi e del Canale Baiata, fino alla loro confluenza, che dispone di una cospicua capacità di accumulo.

Pertanto, l'intervento dovrebbe prevedere il rialzo di un tratto dell'argine in destra idraulica prospiciente il centro di Xitta, in modo da far confluire l'esondazione in sola sinistra idraulica; inoltre, sull'argine in sinistra idraulica occorrerebbe realizzare una soglia di sfioro (stramazzo laterale) che riversi il volume di esondazione nella vasca di espansione sottostante.

In conclusione, le opere di mitigazione del rischio idraulico consistono:

- rialzo di un tratto dell'argine in destra idraulica prospiciente Xitta fino alla quota di esondazione del F. Lenzi, calcolata per il tempo di ritorno $T= 300$ anni (circa 1,0 m al di sopra dell'argine attuale) e per una lunghezza tale da raggiungere la sezione del ponte della S.S.115;
- realizzazione di una soglia di sfioro in sinistra idraulica, capace di riversare il volume di esondazione calcolato per il tempo di ritorno $T= 300$ anni (circa 570.000 m³);
- realizzazione di una cassa di espansione sottostante la soglia di sfioro, capace di contenere il volume di esondazione, calcolato per il tempo di ritorno $T= 300$ anni, comprendente i seguenti elementi: scarico di fondo per lo svuotamento della cassa dopo la piena fluviale; sfioratore d'emergenza; eventuali ulteriori opere arginali di confinamento necessarie a contenere i volumi di esondazione.

Occorre, infine, verificare se la quota del fondo della cassa di espansione sia superiore a quella del livello di magra (cunetta) del corso d'acqua cui restituire, a piena passata, i volumi esondati raccolti nella cassa stessa. In caso contrario, occorre prevedere lo svuotamento della cassa di espansione mediante un impianto di sollevamento.

Stante la modesta entità dell'intervento proposto, dato che le maggior parte delle opere di arginatura costituenti la cassa d'espansione sono già esistenti, risulta accettabile una stima di massima del fabbisogno finanziario necessario alla sua realizzazione ammontante a circa 550.000,00 €.

3.6. Valutazione del rischio di esondazione per collasso dell'invaso di Paceco

Nello studio del 1992 redatto dai progettisti dell'invaso Paceco (studio S.I.A.) dal titolo: “*Studio delle onde di piena per ipotetico collasso dello sbarramento e per manovra degli organi di scarico (adempimenti alle Circolari del Ministero LL.PP. n°1125 del 28/08/1986 e n°352 del 04/12/1987)*”, l'area a rischio inondazione, individuata a seguito dell'ipotetico collasso della diga, risulta essere estesa, in maggior parte in direzione nord dell'invaso, comprendendo la frazione di Xitta ed arrivando fino al confine con l'autostrada Palermo-Trapani, mentre verso sud arriva ad interessare il canale Verderame.

Successivamente (aprile 1999) è stato presentato a firma degli stessi progettisti, e su richiesta del Servizio Nazionale Dighe, un aggiornamento del suddetto studio (1992) sulle onde di piena artificiali. In particolare, su parere del Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.), appariva necessaria una revisione dello studio in cui l'idrogramma di piena effluente attraverso la diga era valutato mediante un modello di erosione progressiva dello sbarramento. Infatti, nel caso di onda di piena conseguente a ipotetico collasso dello sbarramento, i risultati ottenuti nello studio precedente del 1992, adottando l'ipotesi di rottura istantanea, sono stati considerati troppo conservativi, dato che lo sbarramento è in materiali sciolti ed è quindi plausibile l'adozione di un modello di erosione progressiva.

Per la revisione dello studio è stato adottato il codice di calcolo BRECCIA per la simulazione di apertura progressiva di una breccia nel corpo diga ed il codice di calcolo PROP (integrato dal codice CELLE) per simulare la propagazione dell'onda di piena a valle dell'invaso. Riguardo l'area di esondazione nella piana a valle sono state evidenziate le seguenti conclusioni:

- l'area soggetta ad allagamento, che inizia a valle dell'abitato di Paceco, risulta limitata sulla destra dal *Canale di Xitta*, mentre più a valle si allarga considerevolmente nella zona delle saline fino quasi al Porto di Carenaggio di Trapani; sulla sinistra l'area allagata ha una larghezza di circa 600-800 m e interessa alcuni edifici in contrada Pecoreria;

- su tutta l'area i tiranti idrici sono in genere modesti, ma possono diventare consistenti in zone localmente depresse;
- il deflusso delle acque di esondazione raggiunge il mare con un ritardo rispetto all'onda primaria pari a circa 1 ora e 45 minuti sul lato destro, ed 1 ora e 20 minuti sul lato sinistro.

In questa sede pertanto, quest'ultima area a rischio di esondazione individuata è stata scelta per l'elaborazione della carta della *Pericolosità* per un ipotetico collasso dello sbarramento, allegata al presente studio.

3.7. Interventi idraulici eseguiti sul torrente Baiata

In occasione dell'eccezionale precipitazione verificatasi nel 1965, gli alvei dei torrenti Lenzi e Baiata non furono capaci di contenere le piene (circa 297 mm in 6 ore, registrate al pluviografo di Lentina) ed esondarono in diversi punti. Gli straripamenti avvennero per tracimazione degli argini principalmente nel *Canale di Xitta* nel tratto tra la S.P. Trapani-Salemi e la ferrovia Trapani-Marsala, sul Canale Baiata in corrispondenza della SS. N.115, nel Torrente Lenzi tra la S.S. 113 e la S.P. Trapani-Salemi. In seguito a detto evento vennero programmati e realizzati i seguenti interventi:

- tre canali di gronda per drenare le acque provenienti dal versante meridionale di Monte Erice ed immetterle nel Torrente Lenzi;
- ricostruzione di 6 ponti di luce adeguata al deflusso per eventi di piena;
- lavori di sistemazione idraulica per la difesa di Trapani e del suo retroterra, a cura dell'ex Consorzio di Bonifica del Birgi: opere sull'asta dei corsi d'acqua Lenzi e Paceco mediante scavo di una sezione artificiale in terra a forma trapezia e con savanella centrale per i deflussi di magra e correzione della pendenza di fondo con briglie munite di controbriglie;
- inalveazione dei tratti vallivi dei Torrenti Lenzi e Baiata con platea di fondo (portata di 900 m³/s nel tratto terminale) ed argini e pareti in cemento armato in funzione anche della prevista realizzazione dell'invaso Baiata;

L'invaso di Paceco è stato realizzato, successivamente ai suddetti interventi (1985), con uno sbarramento in materiali sciolti dell'altezza di circa 32 m ed una capacità complessiva di circa 15,4 milioni di m³, per accumulo, al fine dell'uso irriguo, dei deflussi naturali ed inoltre con l'importante funzione di laminazione (modulazione) delle piene per un volume di 8,7 milioni di m³.

Altri lavori di regimazione delle acque, seppure soltanto adiacenti al bacino del Lenzi-Baiata, sono quelli che riguardano il canale di gronda della città di Trapani. Tale canale, realizzato tra il 1976 ed il 1979, raccoglie le acque provenienti dal Monte Erice, costituendo una cintura idraulica di protezione per il centro abitato di Trapani e scarica le acque piovane in mare nell'area nord della città. Esso ha le dimensioni di uno scatolare trapezio a sezione crescente da monte verso valle (2,00x1,26; 2,00x2,46; 2,60x3,39; 2,60x2,69; 2,60x2,99; 2,80x3,69; 4,20x3,69).

3.8. Recenti lavori di manutenzione eseguiti sul torrente Baiata

L'Ufficio del Genio Civile di Trapani, mediante progetto dal titolo "*Perizia dei lavori relativi alla manutenzione del tratto terminale del Fiume Lenzi-Baiata nei Comuni di Trapani e Paceco*", ha eseguito di recente (2002) i lavori di rimozione dei depositi terrosi e della vegetazione spontanea cresciuta all'interno del tratto terminale dell'alveo del Fiume.

Come detto in precedenza, negli anni '70, dopo alcune devastanti alluvioni che avevano arrecato danni ingenti nella zona, il torrente è stato oggetto di sistemazione idraulica mediante un'idonea arginatura ed il rivestimento del tratto golenale in calcestruzzo. La scelta di questo rivestimento è scaturita in quegli anni dalla necessità di limitare le altezze di moto uniforme dal momento che non si poteva intervenire sulla pendenza (tratti quasi pianeggianti) e nemmeno su eccessive altezze degli argini, limitate dagli intradossi dei ponti esistenti oltre che dalla particolare natura e vocazione del terreno (presenza di centri abitati e impianti di produzione di sale).

Con il trascorrere degli anni si è creato all'interno dell'alveo, anche a causa delle modeste pendenze, un notevole accumulo di materiale detritico su cui è attecchita successivamente una folta vegetazione composta principalmente da canneto tipico delle zone umide limitrofe ai torrenti. Tecnicamente ciò ha comportato un notevole restringimento della sezione idraulica fatto che può risultare pericoloso in occasione di precipitazioni di qualche intensità.

Il clima della zona, caratterizzato da lunghi periodi di siccità seguiti da sporadici e improvvisi quanto copiosi eventi meteorici, hanno suggerito un intervento di manutenzione che, aumentando la sezione idraulica diminuisca il rischio di esondazioni in concomitanza delle piene prevedibili. L'intervento ha interessato la parte terminale del torrente e precisamente il tratto a valle della strada provinciale Trapani-Marsala. Sono stati quindi rimossi i depositi terrosi e la vegetazione che si erano accumulati nella parte centrale dell'alveo per una larghezza complessiva di circa 30 m e per una lunghezza di circa 2.150 m. Le lavorazioni effettuate consistono essenzialmente in scavo e diserbo.

3.9. Lavori di manutenzione previsti sui torrenti Lenzi e Baiata

L'Ufficio del Genio Civile di Trapani mediante progetto (autorizzazione Assessorato Regionale Lavori Pubblici n°2089 varie 95/101 Gr.VI) dal titolo "*Perizia dei lavori urgenti relativi alla manutenzione di un tratto d'alveo del Fiume Lenzi nei Comuni di Trapani, Erice e Valderice*", aveva redatto una perizia per la rimozione di ostruzioni, aventi diversa provenienza, presenti all'interno del Fiume.

In particolare, il progetto esecutivo, datato 24-12-1997, prevedeva i seguenti interventi:

- ◆ opere di scavo a monte dell'abitato di Xitta, per lo sgombero della savanella in calcestruzzo già esistente ed intasata da detriti, fango e vegetazione per una lunghezza complessiva di circa 1.200 m;
- ◆ opere di diserbo e di scavo in prossimità dell'abitato di Chiesa Nuova e Crocci, per ripristinare l'originaria sezione del fiume intasata da materiale terroso proveniente dai tratti a monte dello stesso, per una lunghezza complessiva di circa 5.800 m.

Nel tratto intermedio ai due non era previsto alcun intervento in quanto il fiume presentava una sezione idraulica soddisfacente per il normale deflusso delle acque. Tali interventi ad oggi non sono stati ancora realizzati; è stato pertanto necessario verificare lo stato attuale del canale nelle sezioni di intervento previste, così come in quelle intermedie, considerato il tempo trascorso dalla redazione del suddetto progetto.

In particolare, sarebbe opportuna la realizzazione di alcune sezioni rivestite in materassi o in gabbioni che, avendo la fondamentale caratteristica di essere drenanti (reti metalliche riempite di pietrame in ciottoli), permetterebbero un adeguato moto di filtrazione. Lo scambio con le falde freatiche laterali che ne deriverebbe, è indispensabile per la vita dei terreni circostanti e per il mantenimento della naturale depurazione biologica delle acque. Inoltre, avendo la cura di scegliere un pietrame di adeguata pezzatura per il riempimento delle reti metalliche, si può raggiungere una scabrezza delle sponde simile a quella naturale senza alterare le caratteristiche di deflusso nell'alveo. È così possibile evitare la presenza di tratti ad elevata velocità che, oltre a poter favorire fenomeni erosivi, non permettono lo scambio verso le falde freatiche, le quali possono invece contribuire naturalmente ad una parziale decapitazione delle piene e ad un ritardo delle fasi di magra. La capacità drenante delle opere in rete metallica favorisce anche la crescita di vegetazione spontanea di tipo erbaceo arbustivo. Ciò consente non solo il ripristino del paesaggio preesistente, ma anche il riequilibrio dell'ecosistema del fiume.

Come è stato detto in precedenza, buona parte del tratto vallivo del Lenzi è rivestito in muratura di pietrame ed in conglomerato cementizio, fatto che ostacola il libero deflusso delle acque meteoriche, che saltuariamente risalgono formando acquitrini nei campi circostanti. Un rimedio possibile per la risoluzione di questo problema consiste nella rimozione dei rivestimenti e nel ripristino di una sezione naturalmente permeabile che favorisca l'interazione con il terreno retrostante. Tuttavia, tale soluzione, data la vastità delle opere murarie già realizzate, risulterebbe oggi antieconomica.

Ulteriore intervento programmato (2003) dall'Ufficio del Genio Civile di Trapani, dal titolo "*Perizia dei lavori urgenti di manutenzione di un tratto d'alveo del torrente Baiata*",

riguarda la sistemazione di circa 350 m del torrente Baiata a monte dell'invaso di Paceco. In tali tratti, che interessano le strade comunali Dattilo-Paceco e Trapani –Salemi, l'alveo risulta ad oggi invasato da detriti alluvionali e di cannucciato paludico che ostacolano il normale deflusso. Occorre pertanto una pulitura e risagomatura degli argini, poiché è stato riscontrato un sensibile aumento della quota di fondo dell'alveo del torrente ed un notevole restringimento delle sezioni scotolari esistenti. Sono previste inoltre delle sistemazioni di sponde mediante gabbioni. L'importo complessivo dei lavori, incluso lo smaltimento in discarica (C.da Mafi di Valderice) dei materiali di scavo, ammonta a circa 150.000 Euro.

3.10. Lavori di allacciamento del fiume Lenzi all'invaso di Paceco sul Baiata

Come detto in precedenza, il progetto del 1976 prevedeva l'allacciamento all'invaso Paceco, mediante traverse e condotte di adduzione, di due sottobacini del fiume Lenzi per un'area complessiva sottesa di circa 37 km². Le opere relative al serbatoio sono state realizzate e ultimate nel 1984, mentre le opere relative alle derivazioni non sono state eseguite per opposizione agli espropri da parte dei proprietari interessati.

Secondo il progetto la derivazione è costituita da due opere di presa disposte rispettivamente sui due rami montani del corso d'acqua, denominati *Lenzi Val d'Erice* e *Lenzi ramo Mokarta*, dai rispettivi canali di derivazione a sezione chiusa tra loro raccordati in una vasca di sedimentazione, e da un terzo canale di derivazione a pelo libero fino all'invaso Paceco, avente pendenza costante dell'1% e diametro variabile da 1200 a 1800 mm. Ciascuna presa è munita di vasca di sedimentazione che, per ragioni orografiche, è disposta ad una certa distanza dalla presa stessa e ad essa collegata con un tratto di condotta di raccordo. Il raccordo per la prima presa è costituito da una tubazione di diametro 1600 mm e dello sviluppo di 500 m, mentre quello della seconda presa da una tubazione del diametro di 1200 mm e dello sviluppo di 440 m. La condotta di derivazione comprende due tratte: la prima, che collega le vasche di sedimentazione delle due prese, ha diametro di 1600 mm e sviluppo di 2077 m; la seconda, che parte dalla seconda vasca e prosegue verso il serbatoio di Paceco ha diametro di 1800 mm e sviluppo di 2910 m; al termine, dopo un misuratore di portata, è previsto un tratto di canale per l'immissione nel

serbatoio avente maggiore pendenza, realizzato in parte con tubazione del diametro di 1200 mm ed in parte a canale libero.

Per la presa sul *Lenzi Val d'Erice* e per il primo tratto del canale del diametro di 1600 mm (bacino sotteso di 25 km²) la portata massima derivabile è fissata in 2 m³/s, mentre per la presa sul *Lenzi ramo Mokarta*, del diametro di 1800 mm, la portata derivabile è fissata in 1 m³/s (eccedente la necessità teorica così da integrare eventuale carenza di deflusso dalla presa Val d'Erice) e complessivamente per le due prese in 2,5 m³/s (l'intero bacino sotteso di 37 km²). Inoltre, il primo canale di derivazione (*Val d'Erice*) a sezione chiusa, in caso di eventi di piena è dimensionato per un valore di portata pari a 4,5 m³/s fino ad entrare in pressione, che al netto delle perdite di carico risulta pari a 2,88 m³/s. Il secondo canale di derivazione (*ramo Mokarta*) anch'esso a sezione chiusa, è stato dimensionato per convogliare a pelo libero una portata di 1,75 m³/s per poi entrare in pressione, valore che al netto delle perdite di carico si riduce ad 1,08 m³/s.

A seguito di una opposizione che riguardava il rischio di alterazione della falda esistente (falda che alimentava alcuni pozzi destinati all'irrigazione di colture ortive e vigneti) per causa della realizzazione di tali opere, il Consorzio aveva incaricato i progettisti di studiare alcune soluzioni di variante. Tale variante è contenuta nel progetto di massima del settembre 1985 dal titolo "*Derivazione del F. Lenzi nel serbatoio di Paceco – variante tecnica al PS 30/3018 a salvaguardia della falda freatica*" e prevedeva delle tubazioni interrato così da ridurre gli espropri e l'adozione di semplici dispositivi (tamponi di argilla, drenante geotessile, ecc.) che avrebbero assicurato il libero deflusso freatico della falda in senso trasversale alla condotta. Quest'ultimo progetto di massima è stato quindi approvato dalla Delegazione Speciale, per l'ex Cassa del Mezzogiorno, del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che, con voto n.3 del 13/02/1986, richiedeva ulteriori approfondimenti quali: estensione delle osservazioni e delle misure sulla falda, esame del grado di interferenza delle opere con la falda, riesame dei dispositivi che minimizzano l'impatto sulla falda; ecc. Infine, con progetto esecutivo del 1987, si è dato risposta alle precedenti raccomandazioni degli Organi Superiori. I lavori, a suo tempo aggiudicati all'impresa N.I.C.E.S. di Roma, furono dunque avviati ma subito dopo interrotti a causa di un contenzioso sorto con il Consorzio di Bonifica di Trapani.

Il completamento dei lavori interrotti negli anni '80, è stato riavviato dal Consorzio di Bonifica di Trapani (ex Birgi), a seguito di una nuova gara di aggiudicazione (per un importo pari a circa 8,8 miliardi di Lire), soltanto nell'anno 2000. Essi sono, ad oggi, ancora in corso di realizzazione.

4. CONCLUSIONI

In questo studio è stato esaminato il bacino idrografico del F. Lenzi-Baiata, incluso tra i bacini prioritari per la redazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico secondo il D.A. n.175/S9 del 04/04/2002.

Rischio geomorfologico

Lo studio geomorfologico del bacino idrografico del Lenzi-Baiata ha portato all'individuazione di 17 fenomeni franosi per i quali sono state individuate le relative situazioni di pericolosità, così distribuite: n. 7 situazioni di pericolosità molto elevata (P4), collegate a fenomeni di crollo; n. 4 situazioni di pericolosità elevata (P3), collegata a tre fenomeni di crollo ed uno di scorrimento attivo; n. 2 situazioni di pericolosità media (P2), collegata ad un fenomeno di scorrimento e ad un fenomeno di deformazione superficiale lenta, entrambi inattivi; n. 3 situazioni di pericolosità moderata (P1), collegate a fenomeni di deformazione superficiale lenta; n. 2 situazioni di pericolosità bassa (P0), collegate a fenomeni di crollo stabilizzati artificialmente.

Le procedure di calcolo per la determinazione del rischio hanno permesso di classificare per i fenomeni franosi i relativi livelli di rischio così suddivisi per numero di aree e per distribuzione percentuale:

- n. 1 area a rischio R4, equivalente al 6%
- n. 9 aree a rischio R3, equivalente al 49%
- n. 2 aree a rischio R2, equivalente al 12%
- n. 4 aree a rischio R1, equivalente al 21%

Per i dissesti censiti, per i quali è stato classificato un livello di rischio R4 ed R3, il quadro finanziario, comprendente interventi programmati relativi a finanziamenti già attivati, si prevede un solo intervento nel Comune di Valderice (progetto di massima) per un importo pari a 2.290.00,00 €.

Rischio idraulico

Gli studi esaminati in questa sede permettono di concludere che il F. Lenzi-Baiata è a rischio di esondazione solamente in alcune sezioni del canale del F. Lenzi a monte della confluenza con il Canale Baiata, soprattutto a causa delle attuali condizioni dell'alveo del F. Lenzi (ostruzioni da vegetazione spontanea, interrimenti, ecc.). Il rischio è comunque

contenuto nel territorio (ipotizzato decrescente al crescere dei tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni, presi come base delle verifiche) tranne che per una parte dell'abitato di Xitta, in cui risulta *molto elevato* (R4) e per una porzione di linea ferroviaria dove è *elevato* (R3).

Per la mitigazione di tali rischi, oltre alla necessaria eliminazione delle ostruzioni in alveo, è stata prevista una cassa di espansione, tale da accogliere i volumi di piena non convogliabili dal F. Lenzi, individuata in un'area limitrofa al canale in sinistra idraulica ed adiacente alla sezione di esondazione. Per tale intervento, che prevede l'utilizzo delle arginature fluviali esistenti alla confluenza del Lenzi e del Baiata ed il rialzo dell'argine in destra idraulica del Lenzi prospiciente l'abitato di Xitta, è stata stimata una spesa di circa 550.000,00 €.

Grazie ad alcune sistemazioni idrauliche dell'alveo del F. Lenzi (consolidamenti, rivestimenti del fondo, argini, muri di sponda, briglie) che risalgono a diversi anni fa ed ai più recenti interventi di scavo e diserbo, eseguiti a cura dell'Ufficio del Genio Civile di Trapani, il tratto prossimo alla foce non risulta essere a rischio di esondazione. Inoltre, la presenza dell'invaso Baiata, a monte dell'abitato di Paceco, garantisce una notevole capacità di laminazione delle piene (8,7 Mm³) provenienti dall'omonimo fiume sotteso.

Si osserva, infine, che per le future programmazioni territoriali, le autorità competenti dovranno rivalutare il rischio presente nell'area di interesse, a partire dalla *Carta della pericolosità* qui allegata, incrociando il valore di pericolosità associato a ciascuna area inondata con il valore dell'*Elemento a Rischio* presente sul territorio, secondo i valori riportati nel presente studio.

BIBLIOGRAFIA

Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V. (Novembre – Dicembre 1990) - *Analisi regionale dei massimi annuali delle piogge di breve durata per il territorio siciliano*. Idrotecnica N. 6.

Catalano R. e D'Argenio B. (1992) - *Guida alla geologia della Sicilia occidentale*. Guide Geologiche Regionali – Mem. Soc. Geol. Italiana Suppl. A, 24, 9-41.

Giunta G. e Liguori V. (1973) - *Evoluzione paleotettonica della Sicilia nord-occidentale*. Boll. Soc. Geol. Italiana N. 92 - pagg. 903-924.

Giunta G. e Liguori V. (1972) - *Geologia della estremità nord-occidentale della Sicilia*. Riv. Min. Sic. 136-138, 165-226.

Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (2001) - *Atlante dei Centri Abitati Instabili – Vol. I – Provincia di Trapani, a cura di Collalti M., Monteleone S., Pipitone G.* - G.N.D.C.I. – Linea 2 – Pubbl. n. 2509.

Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (1986) - *Schede di censimento Progetto S.C.A.I. – Studi Centri Abitati Instabili*. G.N.D.C.I.

Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (vari anni) – “Schede di censimento A.V.I. (Aree Vulnerabili Italiane)”. G.N.D.C.I.

Maione U. (1981) - *Appunti di idrologia. Le piene fluviali*. La Goliardica Pavese.

Marguglio T. (1973) - *Le alluvioni di Trapani ed i provvedimenti montani da adottare*. Unione delle Camere di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura della Regione Siciliana. Ed. Pezzino - Palermo.

Regione Siciliana (1987) - *Piano Regionale di Risanamento delle Acque – Censimento Corpi idrici*. Regione Sicilia – Assessorato Territorio e Ambiente (1987).

Regione Siciliana (1994) – *”Carta dell’uso del suolo”* – Assessorato Territorio e Ambiente (1994).

Regione Siciliana (2000) - *Piano Straordinario per l’Assetto Idrogeologico*. Regione Sicilia – Assessorato Territorio e Ambiente – Dipartimento Territorio – D.A. n. 498/41 (04 luglio 2000).

Regione Siciliana (2002) - *Aggiornamento del Piano Straordinario per l’Assetto Idrogeologico*. Regione Sicilia – Assessorato Territorio e Ambiente – Dipartimento Territorio – D.A. n. 543/02.

Regione Siciliana (2003) – *Schema di Piano dei Materiali di Cava e Schema di Piano dei Materiali Lapidari di Pregio* – Ente Minerario Siciliano.

Servizio Geologico Nazionale (2001-2003) - *Schede di censimento Progetto I.F.F.I. – Inventario Fenomeni Franosi Italiani*. S.G.N.

Servizio Tecnico Idrografico Regionale - *Precipitazioni di massima intensità relative alle durate 1, 3, 6, 12, 24 ore registrati nelle stazioni di Trapani, Erice, Specchia (Casa Cantoniera), Lentina*.

US Army – Corps of Engineers - *HEC-RAS. River analysis system. Version 3.1 november 2002. Developed by US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center*

APPENDICE

Dati idrologici delle stazioni pluviografiche di pertinenza del bacino

Altezze di pioggia (mm) di massima intensità (1, 3, 6, 12, 24 ore) del periodo “1970-1996” misurate nelle seguenti stazioni pluviometriche:

- *Trapani*
- *Specchia*
- *Lentina*
- *Erice*

Altezze di pioggia (mm) di massima intensità

Stazione pluviometrica di Trapani					
Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1970	12.6	18.4	18.6	18.6	18.6
1971	15.6	66.6	22.6	22.6	23.4
1972	58.4	62.4	67.8	74.6	74.6
1973	20.4	22.0	28.0	36.4	65.4
1974	17.6	24.2	28.2	29.8	48.0
1975	23.4	24.6	32.6	32.6	32.6
1976	31.0	37.6	56.2	78.0	117.6
1977	18.2	19.4	22.0	23.4	23.8
1978	16.4	34.6	52.4	71.6	82.6
1979	51.2	64.6	86.8	105.2	113.8
1980	13.4	18.8	21.2	21.4	26.8
1981	9.2	17.8	24.6	32.0	39.0
1982	14.6	17.8	20.6	29.0	31.8
1983	28.0	52.6	56.2	56.8	61.4
1984	24.6	47.0	51.4	53.2	83.4
1985	22.6	41.0	41.0	41.0	41.0
1986	21.2	29.8	34.0	34.0	36.0
1987					
1988	44.4	44.4	44.4	56.2	56.2
1989					
1990	19.8	23.4	23.4	25.6	27.0
1991	35.4	38.8	60.6	77.4	77.4
1992	41.6	64.6	84.4	91.4	91.6
1993					
1994					
1995	26.0	50.6	54.8	54.8	54.8
1996	24.6	27.0	27.2	32.0	32.0
μ	25.7	36.9	41.7	47.7	54.7
σ	12.8	16.9	20.5	24.8	29.1
μ = media delle altezze di pioggia					
σ = scarto quadratico medio dei dati di pioggia					

Altezze di pioggia (mm) di massima intensità

Stazione pluviometrica di Specchia					
anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1970					
1971	31.2	30.4	31.0	31.0	34.0
1972	35.0	36.2	36.6	44.8	53.2
1973	12.8	29.8	35.4	41.2	60.2
1974	24.6	24.6	27.2	27.8	33.2
1975	13.0	16.4	27.6	30.0	46.6
1976	53.2	55.8	80.0	81.8	87.2
1977	6.2	9.4	13.0	22.4	23.0
1978	19.6	22.4	27.0	40.2	58.0
1979	26.2	37.0	39.4	39.6	45.6
1980	12.8	21.4	24.4	25.0	25.2
1981	11.6	16.4	22.2	25.0	39.4
1982					
1983	47.8	59.0	59.0	59.0	59.0
1984	21.8	32.4	34.4	34.4	36.8
1985	9.8	16.2	21.2	31.2	41.4
1986	25.6	29.8	31.8	32.2	32.2
1987					
1988	37.6	51.2	51.2	55.6	55.6
1989	27.0	30.8	30.8	32.8	39.8
1990	33.6	44.0	44.0	48.8	48.8
1991					
1992	20.4	34.2	56.0	70.6	77.6
1993	32.8	41.6	48.8	51.4	78.2
1994	18.0	26.8	33.6	45.6	84.8
1995					
1996	24.8	25.6	34.0	43.6	51.2
μ	24.8	31.4	36.8	41.5	50.5
σ	12.1	13.0	15.0	15.2	18.4
μ = media delle altezze di pioggia					
σ = scarto quadratico medio dei dati di pioggia					

Altezze di pioggia (mm) di massima intensità

Stazione pluviometrica di Lentina					
Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1970	12.2	12.8	15.8	18.0	29.6
1971	29.2	30.4	31.0	31.0	34.0
1972	35.2	40.4	44.2	50.4	53.6
1973					
1974	16.2	31.0	36.2	36.4	41.2
1975	19.2	30.6	48.6	69.2	84.6
1976	54.0	81.4	98.6	112.2	115.0
1977	24.0	25.0	25.0	30.0	31.0
1978	23.2	31.2	34.8	54.4	78.0
1979	28.2	34.6	34.6	60.6	76.6
1980	13.4	21.6	22.6	23.4	25.8
1981					
1982	38.6	44.6	51.4	51.6	58.8
1983					
1984	33.8	35.2	36.0	40.4	44.6
1985	24.8	24.8	24.8	28.4	30.2
1986	21.8	21.8	24.6	26.0	28.4
1987					
1988	30.6	30.6	30.6	35.4	35.4
1989	50.0	54.6	54.6	54.6	58.6
1990	25.4	25.8	25.8	30.4	38.2
1991	31.4	36.4	56.8	73.6	76.4
1992	56.0	56.0	56.0	56.0	59.6
1993	23.8	38.4	56.6	67.0	90.6
1994	14.8	30.4	35.8	40.2	64.2
1995					
1996					
μ	28.8	35.1	40.2	47.1	55.0
σ	12.5	14.8	18.4	21.9	24.6
μ = media delle altezze di pioggia					
σ = scarto quadratico medio dei dati di pioggia					

Altezze di pioggia (mm) di massima intensità

Stazione pluviometrica di Erice					
Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978	30.2	56.6	76.2	97.0	122.6
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984	30.4	47.4	48.4	53.0	75.1
1985	11.6	26.6	38.4	55.4	65.4
1986	68.6	69.2	69.2	69.2	69.2
1987	15.6	18.8	20.8	32.6	53.4
1988					
1989	39.0	49.4	49.4	68.0	68.0
1990	61.8	72.6	72.6	81.4	81.4
1991	39.0	41.4	76.4	96.8	97.2
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
μ	37.0	47.8	56.4	69.2	79.0
σ	20.1	18.8	20.4	22.3	21.7

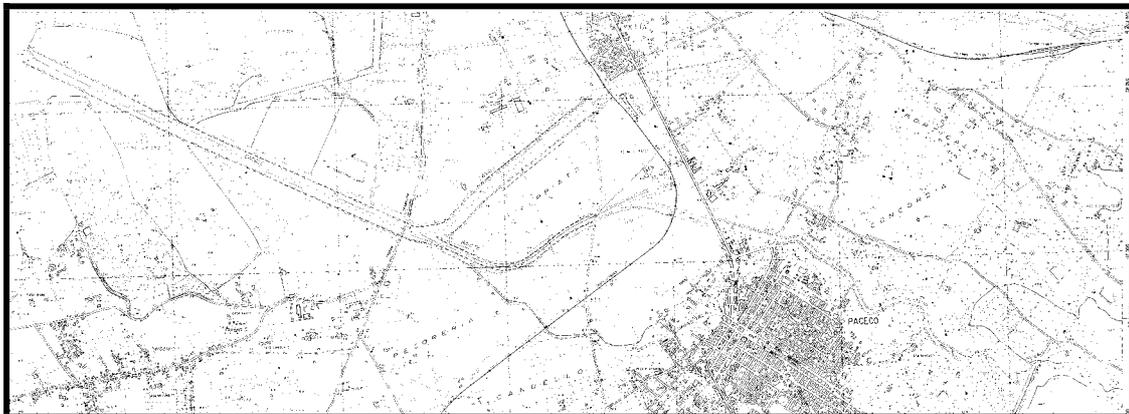
Altezze di pioggia ragguagliate sul bacino del Lenzi-Baiata					
Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1970	7.8	9.3	10.6	11.5	16.2
1971	48.9	60.0	51.0	51.0	55.6
1972	65.0	69.3	72.5	85.4	95.7
1973	18.4	37.0	44.3	52.5	79.4
1974	37.0	44.4	50.2	51.3	63.2
1975	27.0	35.6	56.7	67.6	91.7
1976	86.0	101.4	138.6	150.9	166.8
1977	20.5	24.6	29.1	41.5	42.6
1978	64.4	101.1	131.1	178.4	235.2
1979	51.1	68.3	75.9	90.8	105.7
1980	22.2	36.0	40.1	41.2	43.6
1981	14.5	21.6	29.4	34.1	51.1
1982	18.9	22.1	25.5	27.5	31.0
1983	57.7	75.2	76.1	76.2	77.2
1984	73.1	107.1	111.5	118.3	151.5
1985	37.3	63.3	80.5	109.7	131.4
1986	109.7	116.8	121.0	122.0	123.4
1987	15.6	18.8	20.8	32.6	53.4
1988	62.8	77.4	77.4	86.7	86.7
1989	88.3	104.6	104.6	125.3	134.5
1990	112.6	135.6	135.6	151.9	155.4
1991	59.7	64.9	113.1	144.1	145.6
1992	54.0	74.0	101.9	119.2	128.2
1993	44.9	60.2	75.3	82.3	120.7
1994	25.3	41.1	50.6	65.3	117.1
1995	5.9	11.4	12.4	12.4	12.4
1996	32.2	33.6	42.7	54.0	62.2
μ	46.7	59.8	69.6	80.9	95.5
σ	29.6	34.7	39.0	45.9	52.1
μ = media delle altezze di pioggia					
σ = scarto quadratico medio dei dati di pioggia					

Rilievo delle principali sezioni trasversali del F. Lenzi-Baiata nel tratto terminale, posizionamento cartografico e documentazione fotografica



**REGIONE SICILIANA
ASSESSORATO REGIONALE LAVORI PUBBLICI
UFFICIO DEL GENIO CIVILE DI TRAPANI**

Monitoraggio delle opere d'arte presenti lungo il Fiume Lenzi -
Baita ricadente nei Comuni di Trapani - Paceco - Valderice - Erice



[Planimetria Generale](#)

[Sezioni opere d'arte](#)

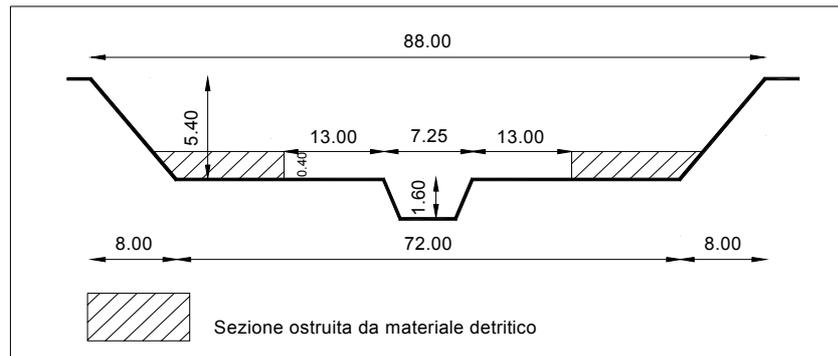
Fiume Lenzi - Sezione n. 1

Foto
attraversamento

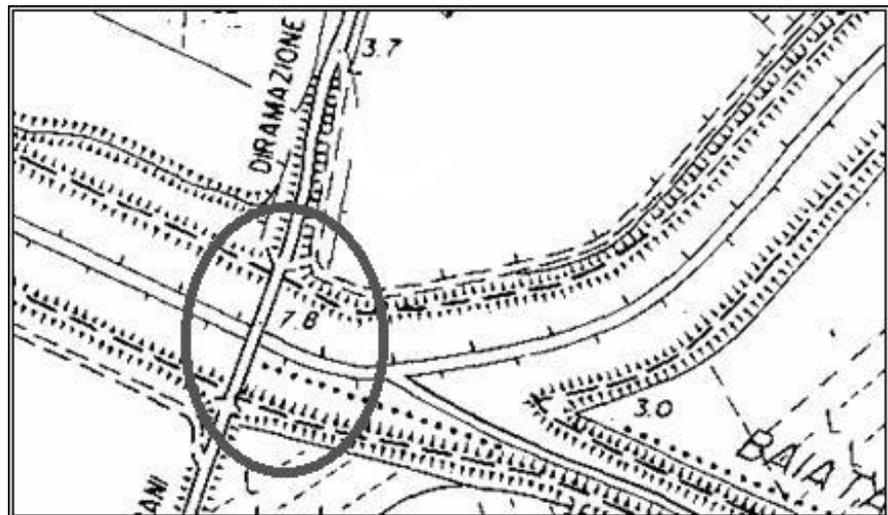


Rilievo sezione

*L'alveo del fiume
risulta
parzialmente
ostruito da
cannucio
paludico e
interrimenti vari*



Riferimento
cartografico
1/10.000



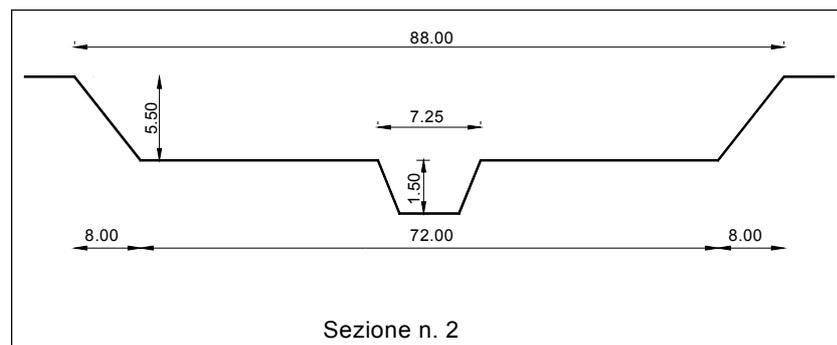
Fiume Lenzi - Sezione n. 2

Foto
attraversamento

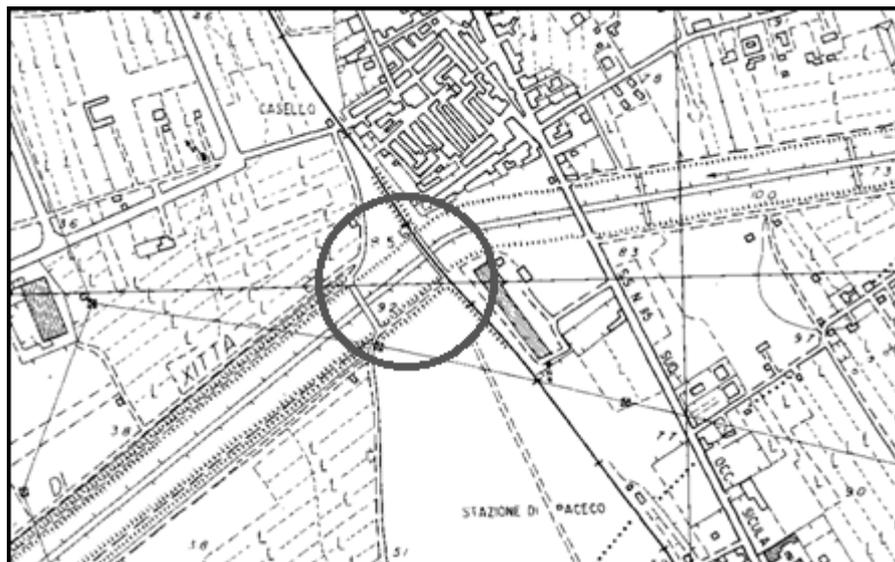


Rilievo sezione

L'alveo del fiume
risulta
parzialmente
ostruito da
cannuciate
paludico e
interrimenti vari



Riferimento
cartografico
1/10.000



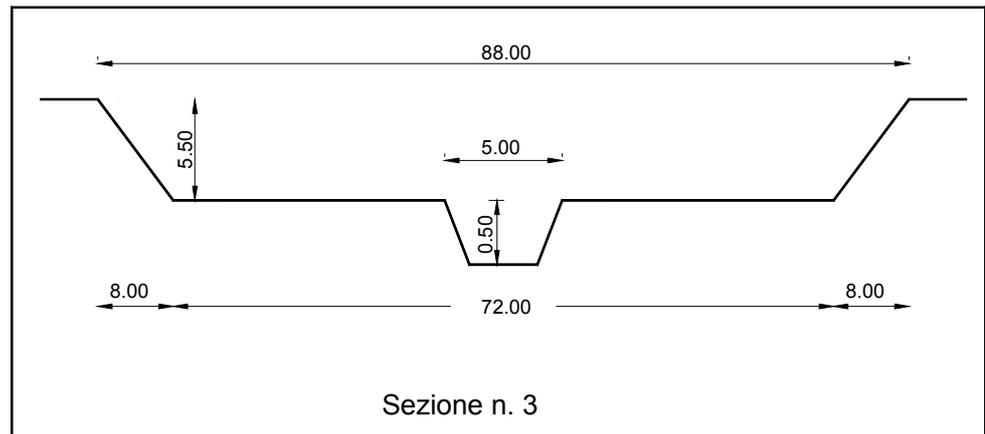
Fiume Lenzi - Sezione n. 3

Foto attraversamento

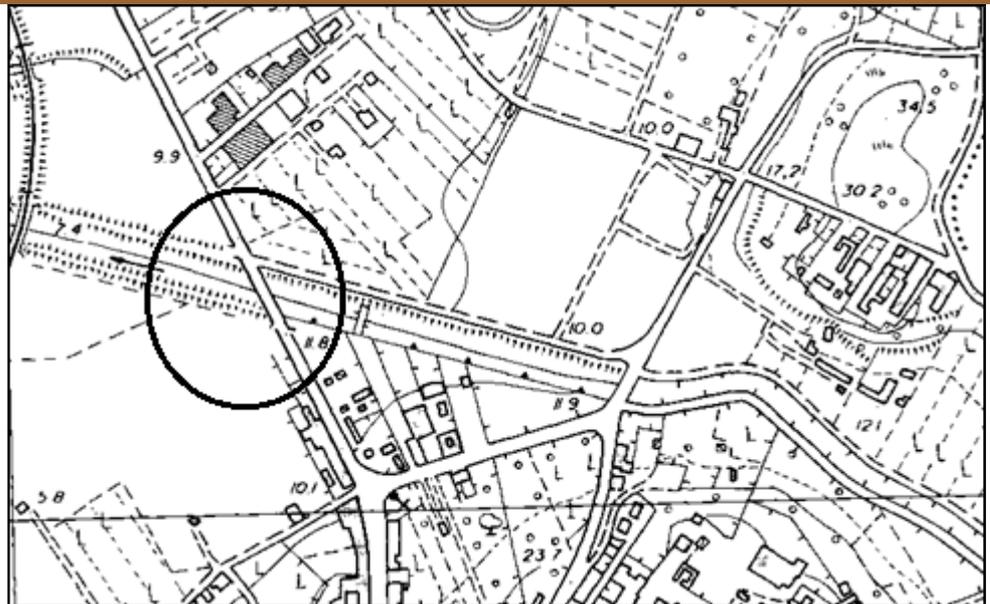


Rilievo sezione

L'alveo del fiume risulta parzialmente ostruito da cannuciate paludico e da interrimenti vari. Gli argini sono in terra costipata.



Riferimento cartografico
1/10.000



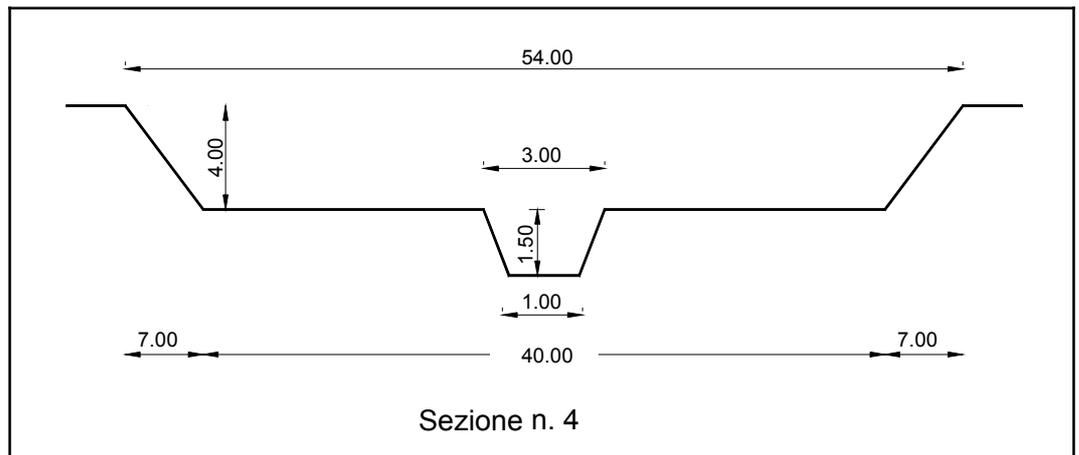
Fiume Lenzi - Sezione n. 4

Foto
attraversamento

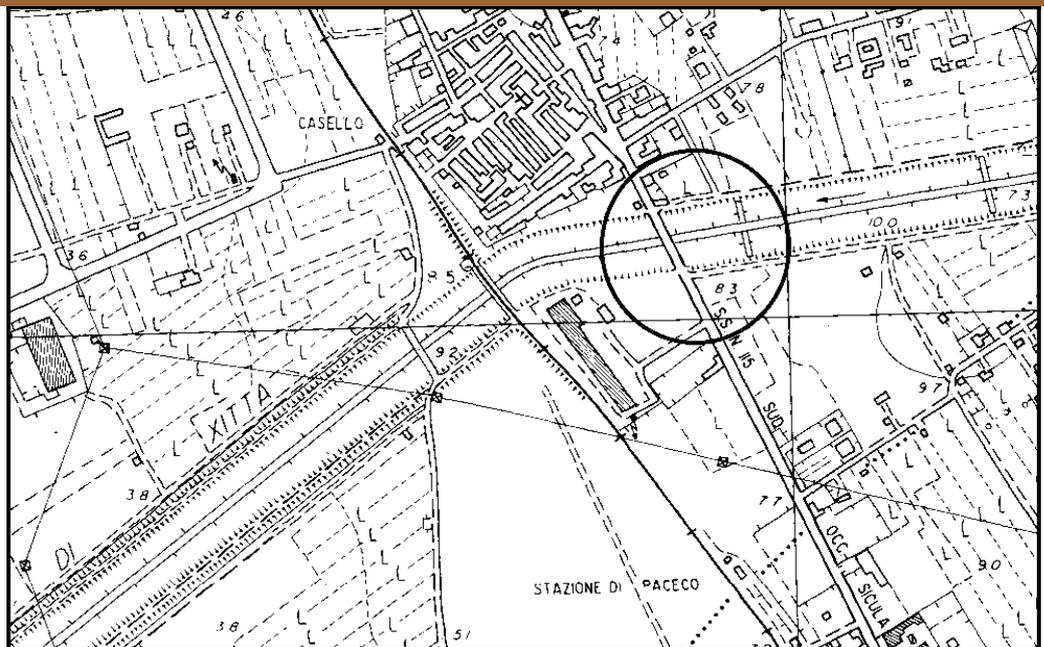


Rilievo
sezione

*L'alveo del fiume
risulta
parzialmente
ostruito da
cannucio
paludico e
interrimenti vari*



Riferimento
cartografico
1/10.000



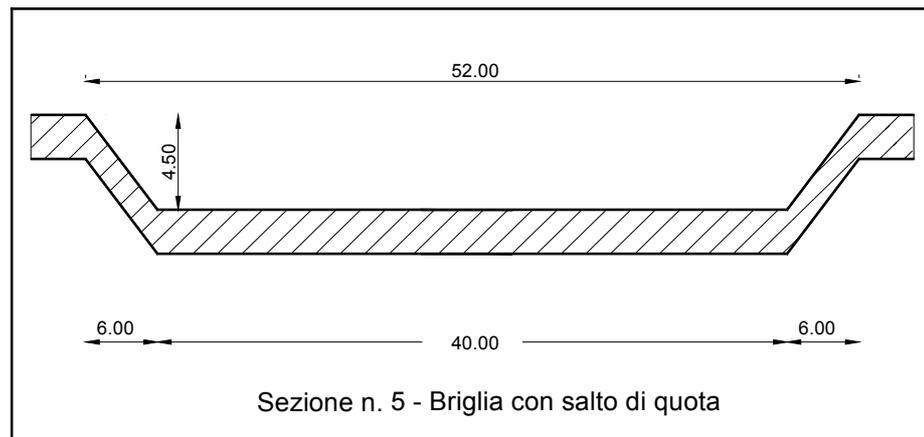
Fiume Lenzi - Sezione n. 5

Foto opera d'arte (Briglia in c.a. con salto di quota)

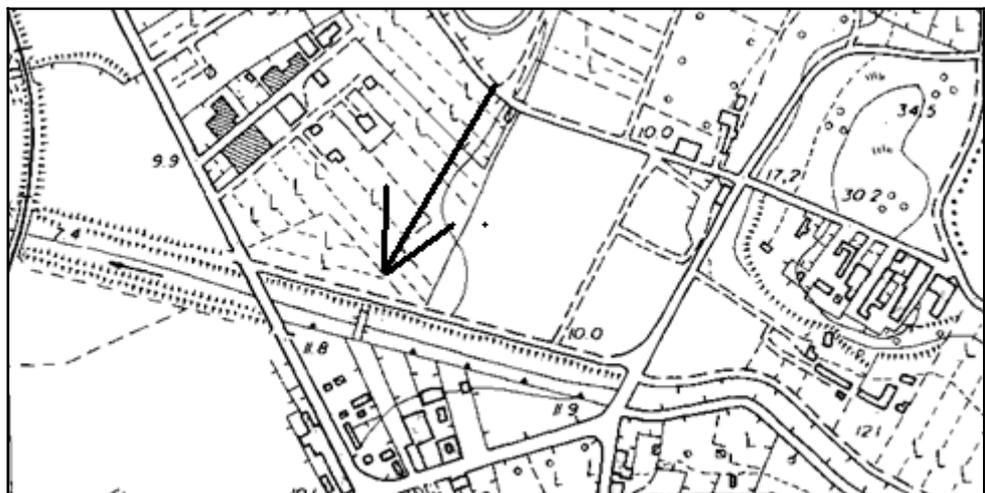


Rilievo sezione

L'alveo del fiume risulta parzialmente ostruito da cannucciato paludico e interrimenti vari. Briglia in cls con salto di quota di circa 1.50 ml.



Riferimento cartografico 1/10.000



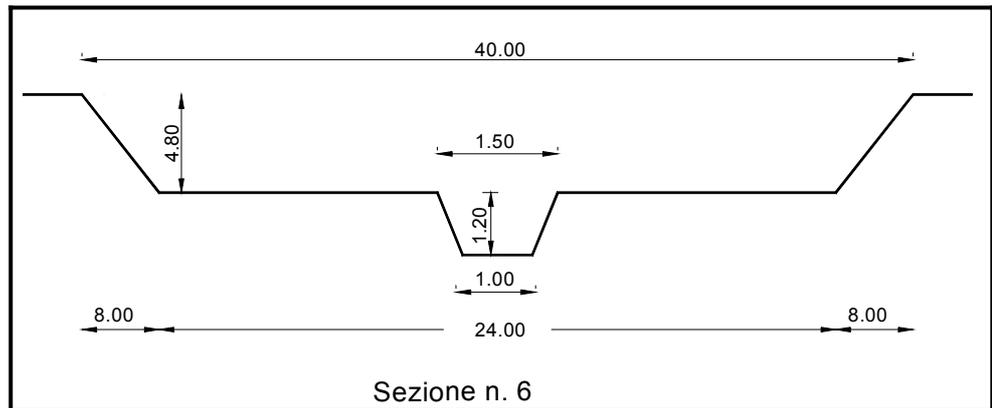
Fiume Lenzi - Sezione n. 6

Foto opera
d'arte

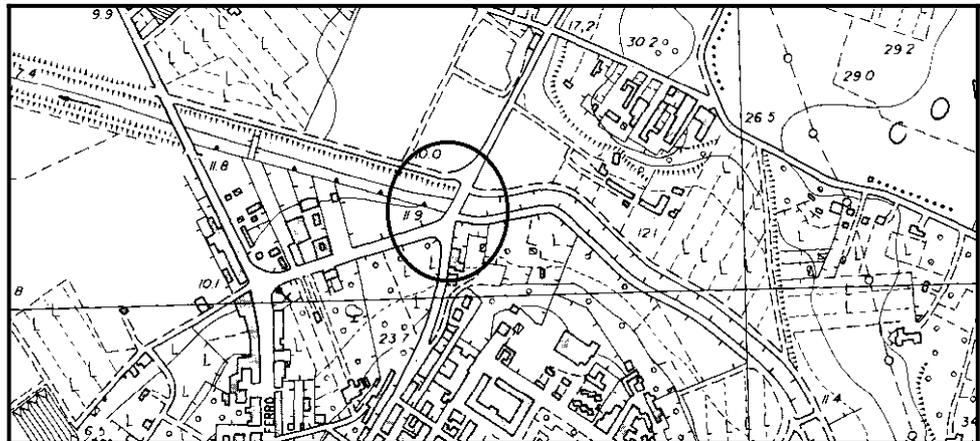


Rilievo
sezione

*L'alveo del
fiume risulta
parzialmente
ostruito da
cannuciate
paludico e
interrimenti
vari - Argini
rivestiti in cls*



Riferimento
cartografico
1/10.000



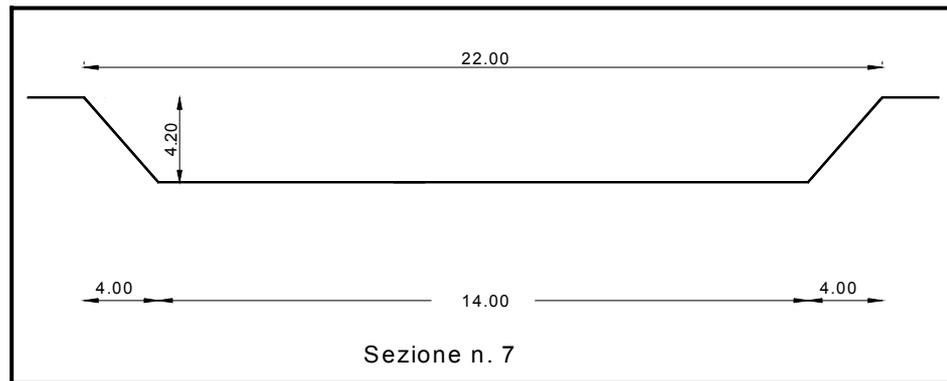
Fiume Lenzi - Sezione n. 7

Foto opera d'arte

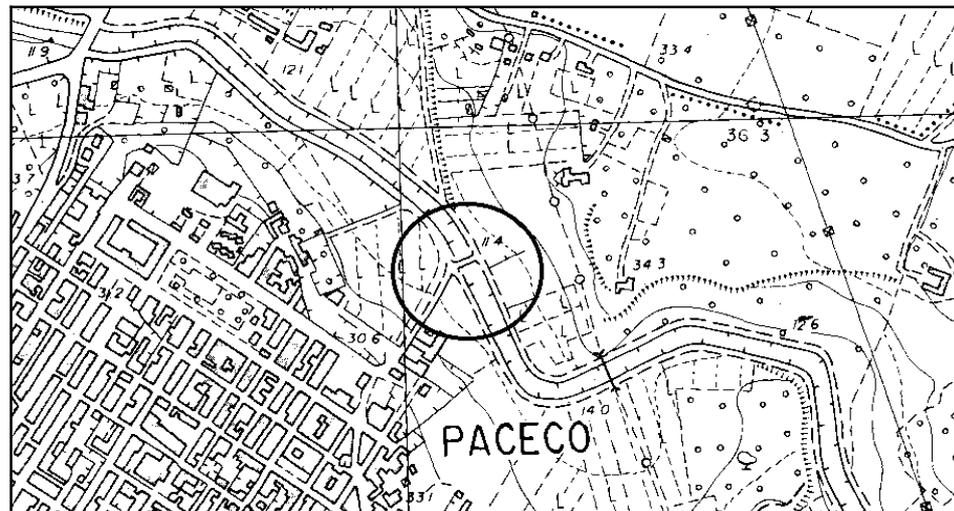


Rilievo sezione

L'alveo del fiume risulta parzialmente ostruito da cannucciato paludico e interrimenti vari - Argini e savanella rivestiti in cls



Riferimento cartografico
1/10.000



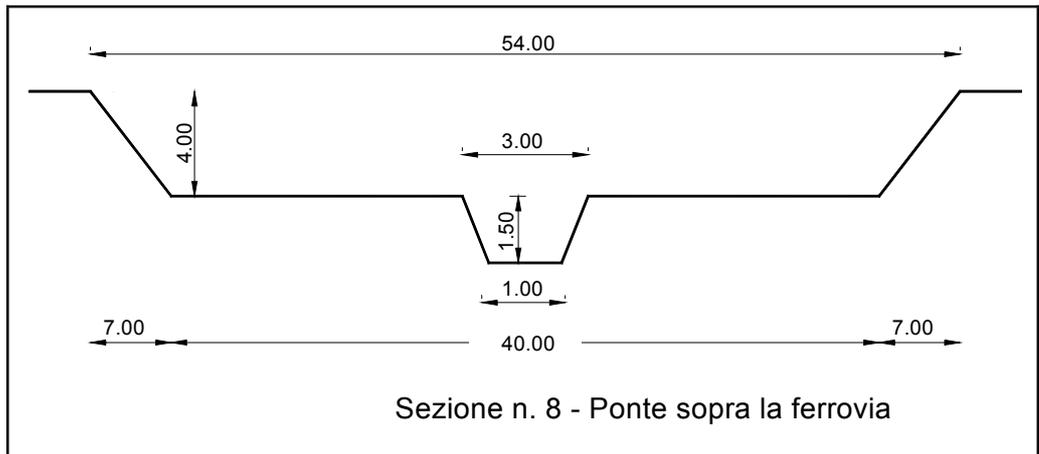
Fiume Lenzi - Sezione n. 8

Foto
attraversamento

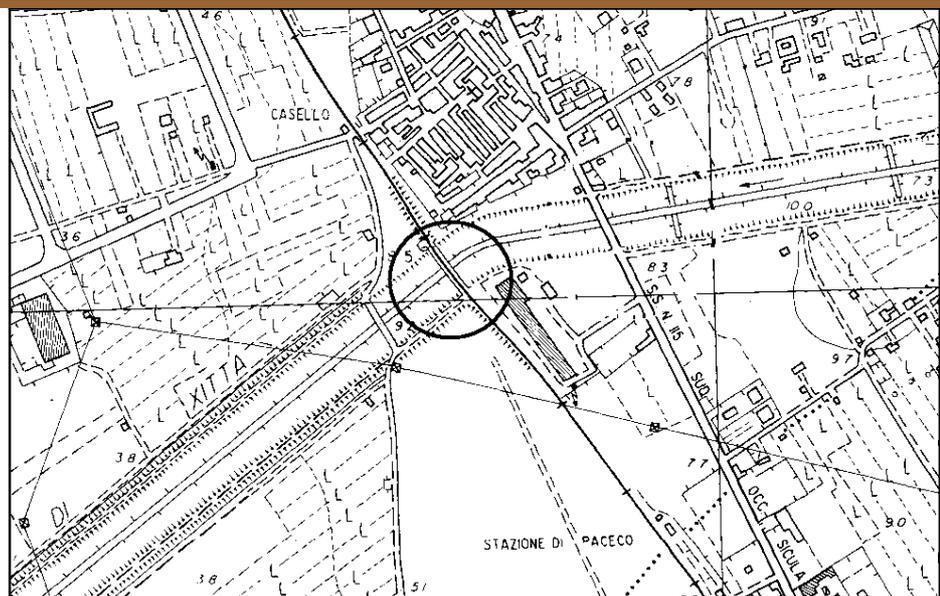


Rilievo
sezione

*L'alveo del fiume
risulta
parzialmente
ostruito da
cannucio
paludico e
interrimenti vari
- Argini e in
terra e
savanella
centrale in cls*



Riferimento
cartografico
1/10.000



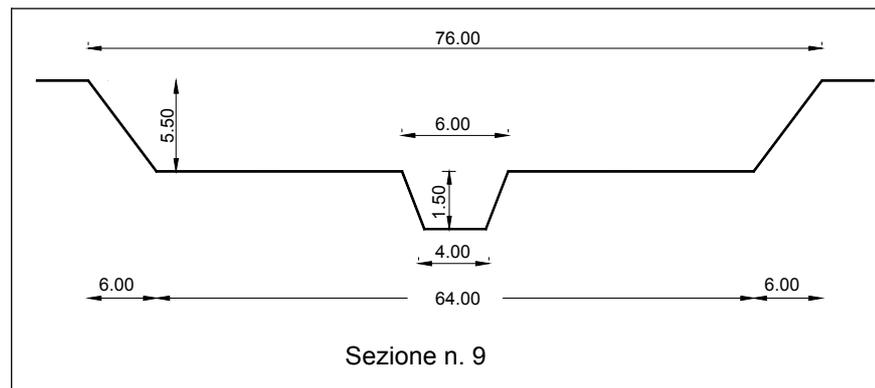
Fiume Lenzi - Sezione n. 9

Foto
attraversamento

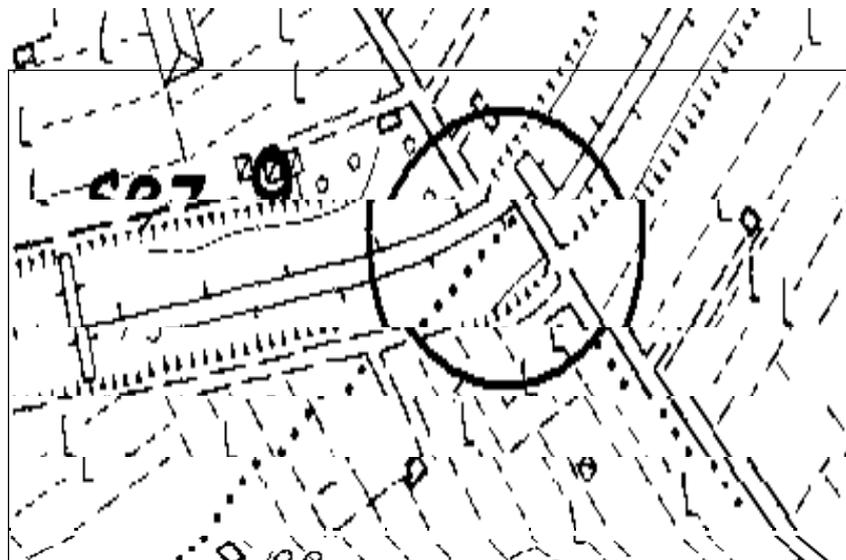


Rilievo
sezione

*L'alveo del fiume
è rivestito in c.a.*



Riferimento
cartografico
1/10.000



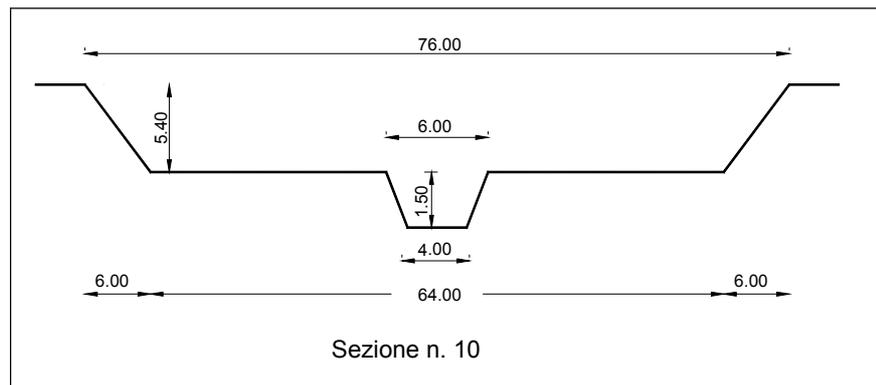
Fiume Lenzi - Sezione n. 10

Foto
attraversamento

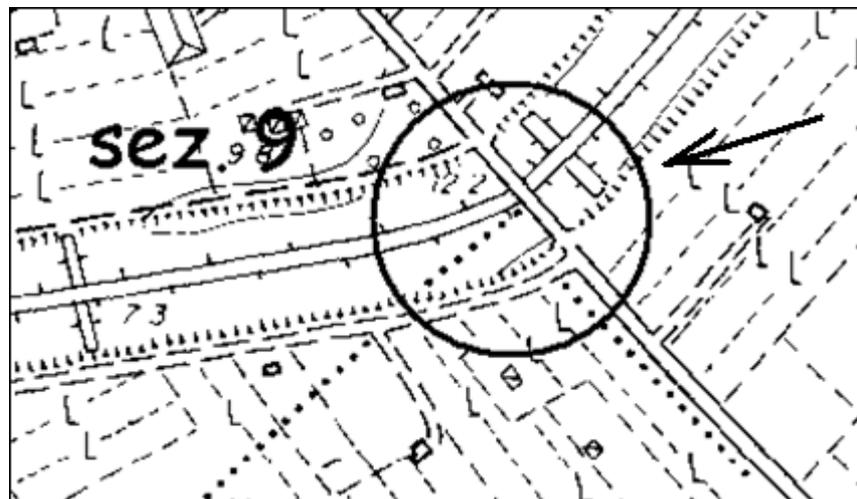


Rilievo sezione

*L'alveo del fiume è rivestito in cls
collocazione di
questa sezione a
monte della
precedente sezione
9.*



Riferimento
cartografico
1/10.000



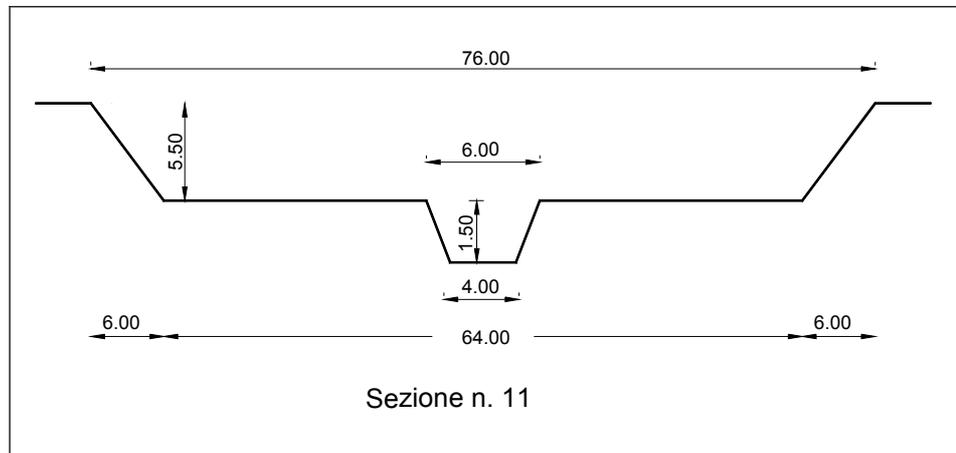
Fiume Lenzi - Sezione n. 11

Foto
attraversamento

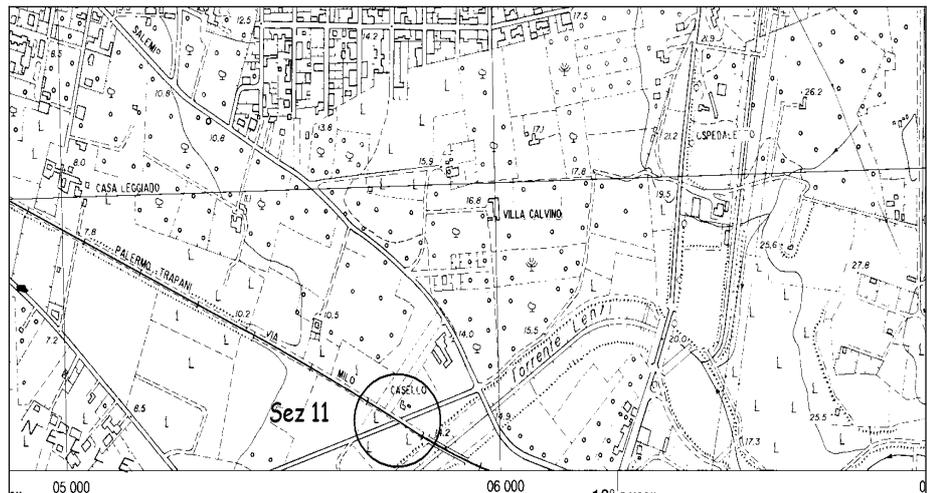


Rilievo
sezione

*L'alveo del fiume
è rivestito in c.a.
- cavalcavia
strada ferrata*

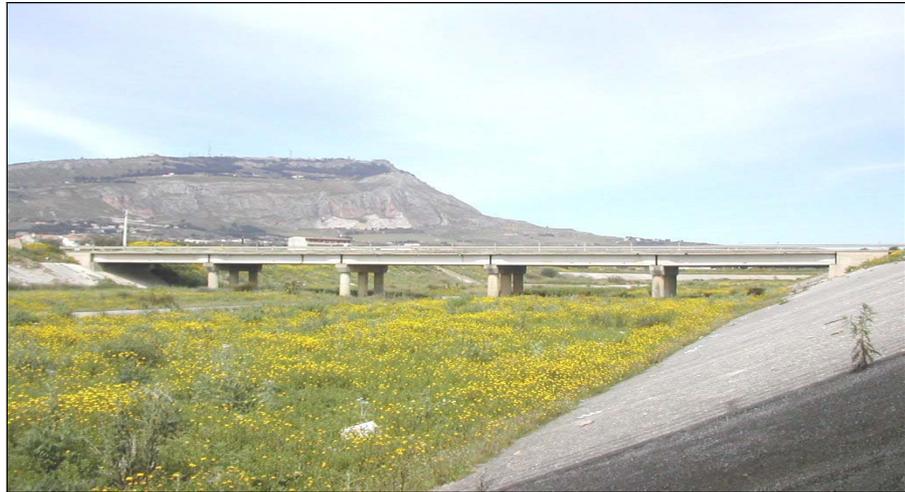


Riferimento
cartografico
1/10.000



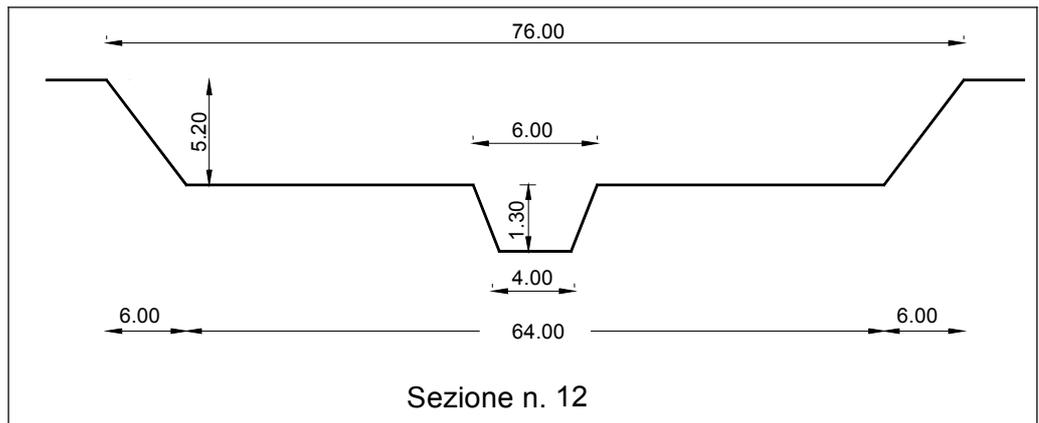
Fiume Lenzi - Sezione n. 12

Foto attraversamento

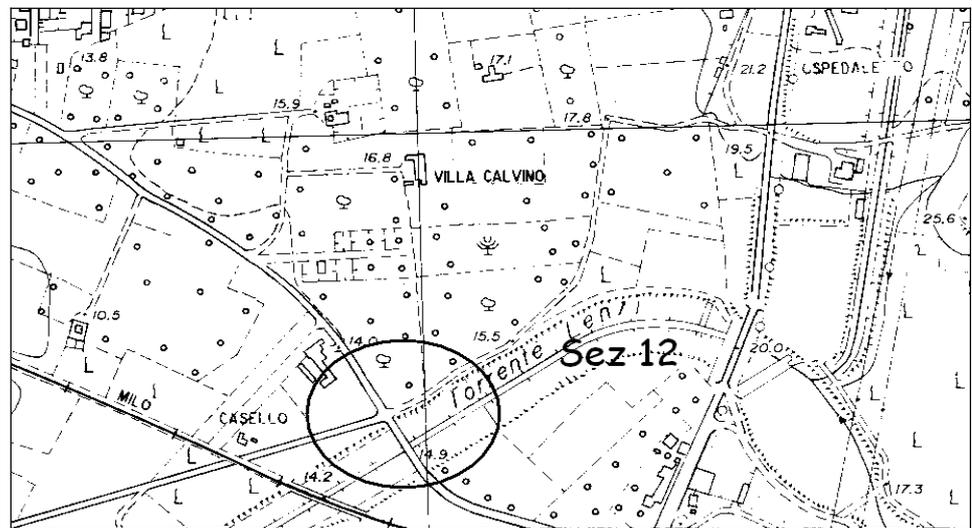


Rilievo sezione

L'alveo del fiume risulta parzialmente ostruito da cannucciato paludico e interrimenti vari - Argini rivestiti in cls



Riferimento cartografico
1/10.000



ELENCO ALLEGATI

- ALL. 1. Carta dei dissesti (scala 1: 10.000) – n. 8 CTR
- ALL. 2. Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico (scala 1:10.000) – n. 8 CTR
- ALL. 3. Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione del F. Lenzi-Baiata – Alveo in condizioni reali (scala 1:10.000) – n. 2 CTR
- ALL. 4. Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione del F. Lenzi-Baiata – Alveo libero da occlusioni (scala 1:10.000) – n. 2 CTR
- ALL. 5. Carta dell' area di esondazione per collasso dell'invaso Paceco (scala 1:10.000) – n. 3 CTR
- ALL. 6. Carta del rischio idraulico per fenomeni di esondazione del F. Lenzi-Baiata – Alveo in condizioni reali (scala 1: 10.000) – n. 2 CTR
- n. 17 Schede di censimento dei dissesti