

REPUBBLICA ITALIANA



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

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

Piano di gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)

All. A. 24 - Bacino Idrografico del Fiume Naro (068)



Monografia di Bacino

Novembre 2015

PREMESSA

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

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

Le mappe adottate con Deliberazione della Giunta Regionale 349 del 13 ottobre 2010 sono state pubblicate sul sito internet http://www.artasicilia.eu/old_site/web/bacini_idrografici appositamente attivato ove sono consultabili tutti i documenti anche la presente relazione e la Relazione Generale.

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

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

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

INQUADRAMENTO GENERALE

1 AMBIENTE FISICO

1.1 Inquadramento geografico e amministrativo

Il bacino idrografico del Fiume Naro è localizzato nella porzione centrale del versante meridionale della Sicilia ed occupa una superficie complessiva di 262,3 km².

Il bacino in esame ha una forma allungata in direzione N – S e i bacini con i quali confina sono, procedendo in senso orario, i seguenti:

- a W
 - Bacino del Fiume San Leone ed area intermedia;
- a N
 - Bacino del Fiume Platani;
- a NE
 - Bacino del Fiume Imera Meridionale;
- a SE
 - Bacino del Fiume Palma ed area intermedia.

Lungo la linea di spartiacque, in un contesto prevalentemente di tipo collinare, i rilievi più importanti sono rappresentati da Serra Puleri (608,6 m s.l.m.) e Serra Barbaro (648,7 m s.l.m.) localizzati nel settore nord-orientale del bacino; il resto della displuviale è impostata lungo modesti allineamenti collinari di quote variabili fra i 300 e i 550 s.l.m.

Da un punto di vista amministrativo, il bacino del F. Naro ricade interamente all'interno della Provincia di Agrigento, abbracciando un totale di 7 territori comunali con 5 centri abitati ricadenti, totalmente o parzialmente, all'interno del bacino.

In Tabella 1.1 si riporta l'elenco dei comuni ricadenti all'interno dell'area in esame; il numero di residenti in ciascuno dei suddetti comuni si riferisce ai dati ISTAT relativi all'anno 2011, mentre i dati che riguardano l'estensione dei territori comunali sono relativi alla superficie totale e alla porzione di tali territori che ricade all'interno dell'area, calcolati sulla base della informatizzazione realizzata specificamente per il P.A.I.

Tabella 1.1 - Territori comunali ricadenti nel bacino del Fiume Naro.

PROVINCIA	COMUNE	RESIDENTI (Dati ISTAT 2011)	AREE			Centro abitato ricadente nel bacino e nelle aree territoriali
			Area Tot [km ²]	Area nel Bacino [km ²]	A nell'Area/A Tot [%]	
AGRIGENTO	Agrigento	58323	245	37,3	15.4	NO
	Camastra	2163	16,2	2,5	15.6	SI
	Canicattì	34863	91,5	40,9	44.8	SI
	Castrofilippo	3020	18,9	16,2	85.7	SI
	Favara	32972	81,6	55,0	67.4	SI
	Naro	8103	200,6	100,6	50.1	SI
	Racalmuto	8345	67,8	9,5	14.0	NO
TOTALI	7	147789	721,6	262	-	5

Le principali infrastrutture di trasporto ricadenti parzialmente o interamente all'interno del bacino sono le seguenti:

- Strada Statale n. 640 (Agrigento – Caltanissetta);
- Strada Statale n. 122;
- Strada Statale n. 576 (Furore);
- Strada Statale n. 410;
- numerose strade provinciali;
- diversi tratti delle reti di acquedotti, metanodotti, elettrodotti.

Inoltre, all'interno del bacino ed in particolare nel territorio comunale di Naro ricadono gli invasi della Diga San Giovanni, derivante dallo sbarramento del Fiume Naro, e della Diga Furore, derivante dallo sbarramento del Fiume Burraito.

Dal punto di vista cartografico il bacino del Fiume Naro ricade nei seguenti Fogli I.G.M. in scala 1:50.000:

- F. n° 636 – Agrigento;
- F. n° 637 – Canicattì.

Le 14 sezioni C.T.R. in scala 1:10.000 in cui è compreso il bacino sono, invece, le seguenti:

636080 – 636120 – 636160 - 637010 – 637020 – 637030 - 637050 – 637060 – 637070 – 637090 – 637100 – 637110 – 637130 - 637140

1.2 Morfologia

L'assetto morfologico del bacino del fiume Naro è prevalentemente di tipo collinare con modesti rilievi rocciosi emergenti da estesi affioramenti argillosi.

Il Fiume Naro nasce in corrispondenza dell'area occupata in parte dal centro abitato di Canicattì, nel settore nord-orientale del bacino, si snoda lungo un percorso lungo circa 31 km sfociando nel Mar Mediterraneo in località Cannatello, nel territorio comunale di Agrigento.

Il reticolo idrografico presenta un pattern prevalente di tipo dendritico, con le maggiori diramazioni sviluppate in corrispondenza degli affioramenti plastici (argille e marne).

In linea generale, nella porzione settentrionale del bacino emergono diverse dorsali collinari orientate in direzione prevalente NW-SE a seguito di un forte condizionamento tettonico, intervallate da numerose aree sub-pianeggianti, sedi di depositi lacustri e palustri.

Verso Sud, dove diventano prevalenti gli affioramenti argillosi e arenitici, le quote degradano decisamente sino a convergere nella piana alluvionale di fondovalle, in prossimità del settore di foce.

1.3 Idrografia

Il bacino del F. Naro ricade nel versante meridionale della Sicilia e si estende per circa 262 km² interessando il territorio della Provincia di Agrigento. È delimitato ad Ovest dal bacino imbrifero del F. San Leone, a Nord dal bacino del F. Platani ed a Est dal bacino del F. Palma.

Il Fiume Naro, che rappresenta il corso d'acqua principale, si sviluppa per circa 31 km e trae origine dal monte Bardaro (650 m s.l.m.) in c.da Porco Spino, in territorio del Comune di Canicattì. Successivamente attraversa il territorio dei Comuni di Naro, Favara e Agrigento, ricevendo in destra i Torrenti Iacono e Favara. A circa 2,5 km dallo sbocco nel Mare Mediterraneo il fiume riceve, in sinistra idrografica, il T. Grancifone, uno degli affluenti più importanti.

I corsi d'acqua citati presentano tutti un regime idrologico marcatamente torrentizio, con deflussi naturali, nei periodi asciutti, molto modesti.

L'asta principale si presenta a tratti incassata in profonde gole e, in altri casi, incisa in dolci colline e con andamento meandriforme.

Lungo il corso del Fiume Naro e del Torrente Grancifone (Burraito) sono stati realizzati due invasi artificiali chiamati rispettivamente San Giovanni e Furore. Gli invasi artificiali, oltre a consentire l'accumulo di risorse idriche per usi irrigui hanno la funzione di laminare le piene a salvaguardia dei terreni a valle degli stessi. Fra i sottobacini individuati, i più importanti sono:

- il *T.te Grancifone (Burraito)*, che ha origine subito a valle del centro abitato di Naro in contrada Diesi (350 m s.l.m), si sviluppa per 16 km fino a confluire nel F. Naro, in sinistra idraulica, a 2,50 km dalla foce. Sul Torrente Grancifone a circa 9,30 km dalla confluenza con il Fiume Naro, si trova il lago artificiale di Furore che sottende un bacino imbrifero di 38 km².
- il *T.te Iacono* ha origine in C.da Bigini (500 m s.l.m) al confine tra i territori comunali di Castrolibero e Racalmuto, si estende per 17 km circa confluendo nel F. Naro in C.da Malvizzo ad una quota di 149 m s.l.m..

1.4 Uso del suolo

Per quanto concerne le caratteristiche di utilizzazione del suolo dell'area in studio ci si è avvalsi dei dati provenienti dalla Corine Land Cover (CLC) descrivendoli fino al III livello.

Il quadro vegetazionale del bacino del Fiume Naro si presenta con una varietà di colture relativamente limitata.

Escludendo le limitate aree in cui predomina l'incolto roccioso, le colture prevalenti sono rappresentate principalmente da Seminativi in aree non irrigue e dai Vigneti, che costituiscono l'elemento trainante dell'agricoltura locale.

Nella Tab. 1.2 vengono rappresentate le tipologie dell'uso del suolo e la loro distribuzione percentuale all'interno del Bacino del Fiume Naro, ricavate dai dati estrapolati dalla "Carta dell'uso del suolo" della Corine Land Cover (CLC)

Tab. 1.2 Tipologia uso del suolo dell'area

Tipologia di uso del suolo	%
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1. Zone urbanizzate di tipo residenziale	
1.1.1. Zone residenziali a tessuto continuo	2,06
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	2,31
1.2. Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali	
1.2.1. Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati	0,06
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.1. Seminativi	
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue	40,04
2.2. Colture permanenti	
2.2.1. Vigneti	18,03
2.2.2. Frutteti e frutti minori	0,26
2.2.3. Oliveti	4,91
2.4. Zone agricole eterogenee	
2.4.1. Colture temporanee associate a colture permanenti	2,82
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi	11,84
2.4.3. Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	6,61
3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI	
3.1. Zone boscate	
3.1.1. Boschi di latifoglie	0,55
3.1.2. Boschi di conifere	0,10
3.1.3. Boschi misti di conifere e latifoglie	0,28
3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie	7,66
3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla	1,91
4. ZONE UMIDE	
4.1. Zone umide interne	
4.1.1. Paludi interne	0,14
5. CORPI IDRICI	
5.1. Acque continentali	
5.1.2. Bacini d'acqua	0,44

1.5 Cenni di climatologia

Per una caratterizzazione generale del clima nel settore sud-occidentale della Sicilia, all'interno del quale ricade il bacino idrografico del Fiume Naro, sono state considerate le informazioni contenute nell'Atlante Climatologico redatto dall'Assessorato Agricoltura e Foreste della Regione Sicilia.

In particolare, si è preso in considerazione i dati climatici di temperatura e piovosità registrati presso le stazioni termopluviometriche e pluviometriche situate all'interno dei comuni che ricadono interamente o in parte nell'area studiata.

Tra i diversi metodi di classificazione climatica, quelli di De Martonne e Thornthwaite risultano essere i più adatti ad esprimere i caratteri climatici del territorio considerato.

In particolare secondo la classificazione di De Martonne il clima dell'area è semiarido nella porzione meridionale e lungo la costa; è temperato caldo nella parte centrale e settentrionale, sino a diventare temperato umido ad una quota superiore agli 850 metri s.l.m..

Secondo la classificazione di Thornthwaite il clima è semiarido nella fascia altimetrica compresa tra il livello del mare e 200 metri s.l.m.; asciutto - subumido, sino a quote superiori ai 980 metri s.l.m. e subumido – umido a quote superiori ai 1300 m.s.l.m..

1.5.1 Stazioni

I regimi termometrico e pluviometrico dell'area sono stati desunti utilizzando i dati registrati dalle stazioni termopluviometriche e pluviometriche situate sia all'interno del distretto idrografico che quelle più prossime ad esso, prendendo in considerazione il trentennio 1965-1994 sulla base dei dati pubblicati dall'Ufficio Idrografico della Regione Siciliana.

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

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

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (GB)	
				Nord	Est
Agrigento	1965 - 1994	termo - pluviometro	313	4131033N	372989E
Canicattì	1965 - 1994	pluviometro	470	4139936N	398210E
Racalmuto	1965 - 1994	termo - pluviometro	475	4140068N	387883E

1.5.2 Regime termico

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento ai dati registrati dalle stazioni termo-pluviometriche di Agrigento e Racalmuto.

I valori medi della temperatura sono riportati nella tabella 1.4.

Tab. 1.4 - Temperatura media mensile in gradi Celsius, per il periodo di osservazione 1965-1994.

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
Agrigento	11,0	11,2	12,6	14,5	18,8	22,7	25,4	25,7	22,9	19,4	15,5	12,4	17,7
Racalmuto	8,4	8,9	10,6	13,2	17,8	22,0	25,1	25,3	22,1	17,9	13,1	9,8	16,2
Media	9,7	10,1	11,6	13,9	18,3	22,4	25,3	25,5	22,5	18,7	14,3	11,1	17,0

Il regime termometrico nel versante mediterraneo della Sicilia meridionale e, più in particolare, dell'area in esame è tale da determinare l'aggregazione del territorio in otto fasce, corrispondenti a diversi valori della temperatura media annuale. In generale la distribuzione delle temperature è condizionata dall'altitudine e dalla presenza del mare.

Si distingue, alle quote più basse, una fascia costiera con valori di T_m pari a 18-19 °C, una fascia intermedia con T_m di 17-18 °C ed una fascia più interna con una T_m pari a 16-17 °C.

In base al range di valori assunti dalla temperatura media annuale, è quindi possibile distinguere il clima della fascia costiera e intermedia come semiarido nel periodo compreso tra i mesi di giugno e settembre, mentre nella fascia più interna il clima è temperato caldo sino a diventare temperato umido nelle zone montane. I mesi più freddi risultano essere gennaio e febbraio, quelli più caldi sono luglio e agosto.

I valori medi delle temperature massime nella zona di costa, come anche nella fascia altimetrica settentrionale, oscillano tra i 28° C ed i 30 °C.

1.5.3 Regime pluviometrico

Le precipitazioni medie nell'area in esame oscillano in un range compreso tra i 500 – 600 mm nell'area costiera e centrale, in corrispondenza delle fasce ove si registra un clima semiarido e temperato caldo secondo la classifica di De Martonne; in un range tra 600 – 700 in corrispondenza di un clima temperato caldo e in un range tra 700 – 800 in corrispondenza della fascia temperata umida, sempre secondo la classifica operata da De Martonne.

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento ai dati registrati nelle 3 stazioni pluviometriche ricadenti all'interno del Bacino del Fiume Naro.

I valori della piovosità media mensile in mm, per il periodo di osservazione 1965-1994 sono riportati nella Tab 1.5

Tab. 1.5 - Piovosità media mensile in mm, per il periodo di osservazione 1965-1994.

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
Agrigento	61	53	43	33	10	1	0	0	23	76	55	62	417
Canicatti	82	64	56	47	20	2	0	1	30	78	63	78	548
Racalmuto	73	64	57	43	18	1	0	3	32	69	71	75	584
Medie	72	60	52	41	16	1	0	1	28	74	63	72	516

Dai dati pluviometrici raccolti è stato possibile evidenziare come la precipitazione media annua dell'intero bacino nel periodo di osservazione trentennale è di 516 mm, mentre la temperatura media è di circa 17°: queste variazioni riscontrate rientrano nell'andamento climatico medio della Sicilia sud-occidentale di tipo temperato- mediterraneo, caratterizzato da un periodo piovoso da ottobre ad aprile e minimi stagionali da giugno ad agosto.

Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee e, essendo le piogge concentrate in pochi mesi, 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-gessosa e calcarenitica a causa dell'elevata permeabilità di tali litotipi che favorisce l'infiltrazione delle acque ruscellanti.

Quindi, la ricarica degli acquiferi dell'area in esame avviene sostanzialmente nel periodo piovoso ottobre-aprile mentre, durante l'estate, caratterizzata da lunghi periodi di siccità ed elevate temperature, si verificano condizioni di deficit di umidità negli strati più superficiali del terreno

2 CRITICITÀ ESISTENTI

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

Le suddette aree costituiscono il quadro di valutazione preliminare del rischio nel bacino, sono in parte catalogate nel Censimento dissesti *DB Eventi Sicilia* predisposto dal Servizio 3 /DRA mentre la rimanente parte è costituita dai *“siti d'attenzione”* e dalle aree classificate a *pericolosità idraulica non derivanti da studi idraulici* censite nel PAI vigente.

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

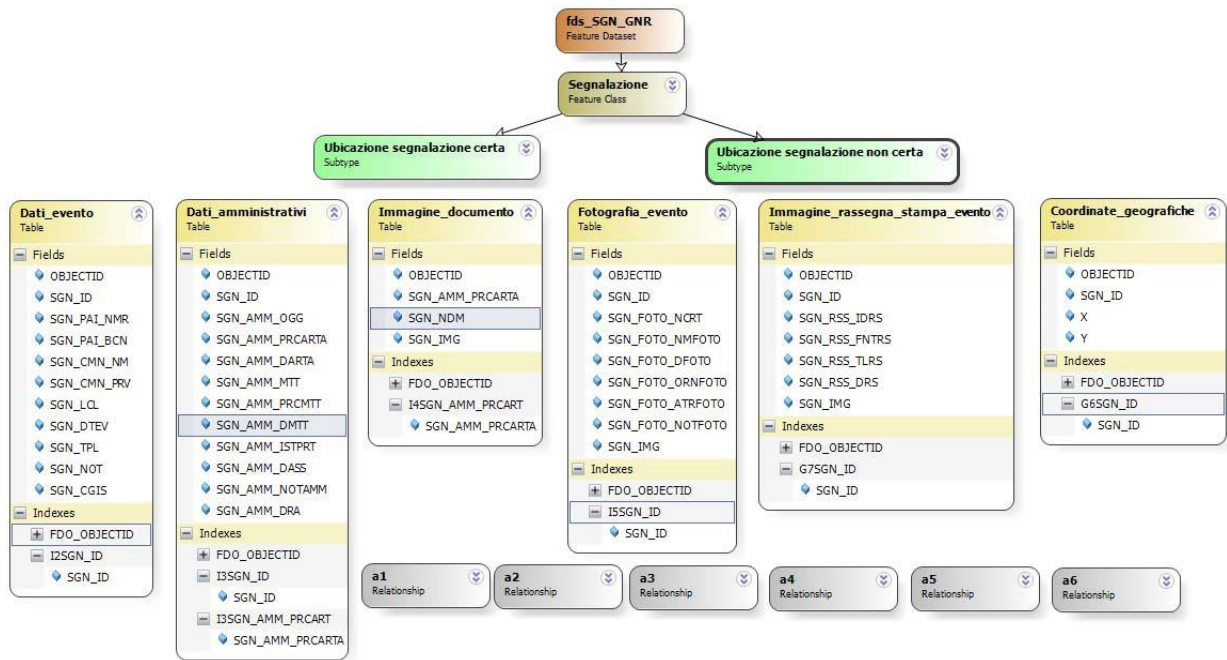
2.1 Catasto eventi DB Eventi Sicilia

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

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

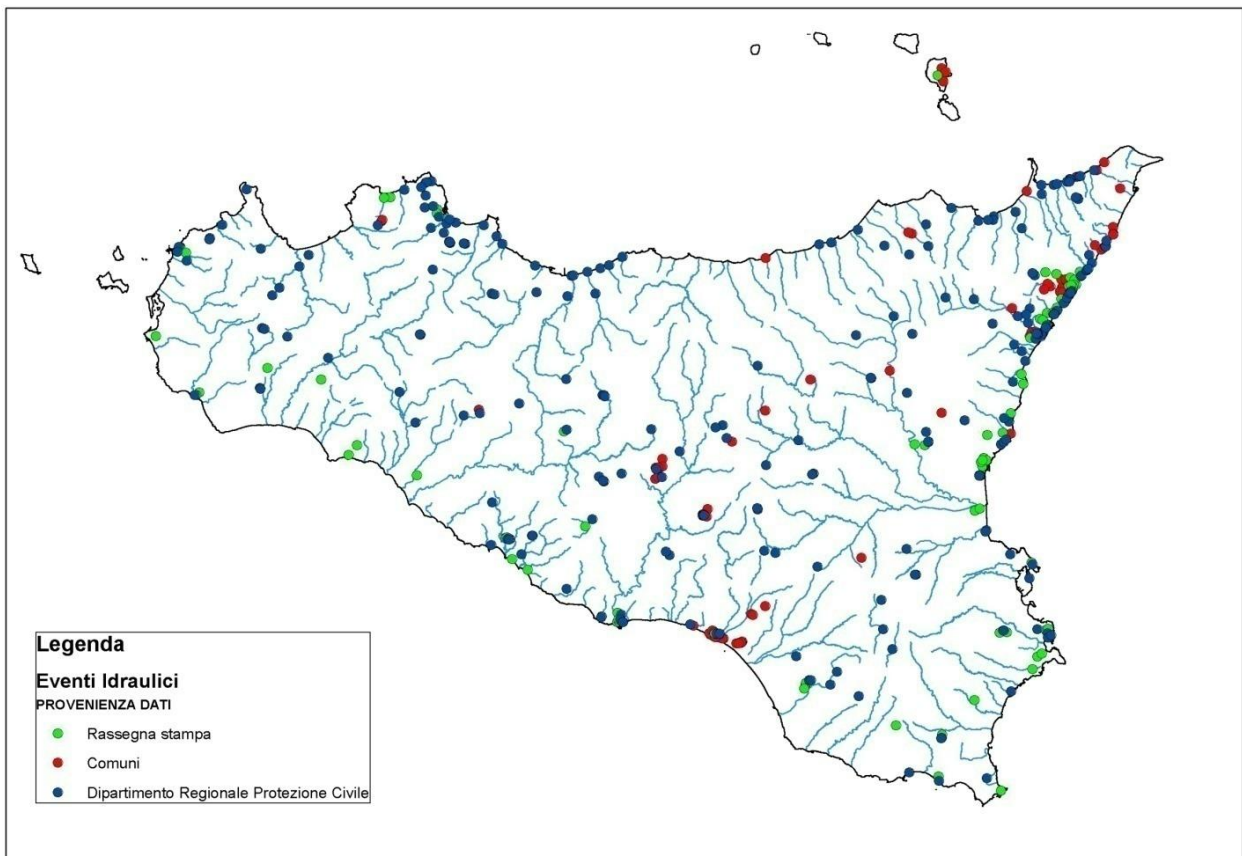
Il Catasto verrà costantemente aggiornato L'attuale organizzazione del catasto è ora in fase di aggiornamento per garantire l'utilizzo di più soggetti competenti in relazione anche alle finalità di protezione civile.

Fig. 2.1- Struttura DB Eventi Sicilia e informazioni contenute



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

Fig. 2.2 - Distribuzione territoriale degli eventi idraulici



Nella Tab. 2.1 sono elencati i dissesti presenti nel censimento DB Eventi Sicilia e ricadenti nel bacino del F. Naro.

Tab. 2.1 Dissesti DB Sicilia ricadenti nel bacino del Fiume Naro

	<i>CODICE IDENTIFICATIVO SEGNALAZIONE</i>	<i>PROVINCIA</i>	<i>COMUNE</i>	<i>LOCALITA'</i>	<i>DATA EVENTO</i>	<i>DESCRIZIONE</i>
1	FS-EI-10,308,12	Agrigento	Favara	Via dei mille		Informazione derivante da fonti di stampa
2	FS-EI-10,312,12	Agrigento	Canicattì	C.da Caizza		Informazione derivante da fonti di stampa
3	FS-EI-08,149,13	Agrigento	Canicattì	C.da Caizza		Informazione derivante da fonti di stampa
4	PC-EI-068-1AG-001	Agrigento	Agrigento	Zona commerciale V. Mosè e San Leone,	10/02/2009	Allagamenti – Esercizi commerciali ed abitazioni completamente allagati, disagi alla circolazione viaria e ferroviaria – (fonti) Rassegna stampa.
5	PC-EI-068-1CN-001	Agrigento	Canicattì		11/28/2008	Allagamenti in più punti – Interruzione della viabilità – Attivazione del COC – (Fonti): Brogliaccio SORIS
6	PC-EI-068-1CN-002	Agrigento	Canicattì	Centro Urbano	9/04/2009	Allagamenti e forte vento – Allagamento di box e scantinati, crollo di cornicioni, alberi divelti .
7	PC-EI-068-1FA-001	Agrigento	Favara	Piazza Giarritella	10/02/2009	Allagamenti di esercizi commerciali, box, cantinati ed abitazioni completamente allagati.
8	PC-EI-068-1FA-002	Agrigento	Favara	Piazza Giarritella	10/02/2009	Allagamenti di esercizi commerciali, box, cantinati ed abitazioni completamente allagati

2.2 Siti d'attenzione, pericolosità e rischi idraulici non studiati

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

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

Nell'area in esame non è presente alcun sito di attenzione per fenomeni di esondazione.

Nella “*Carta della Pericolosità Idraulica per fenomeni di esondazione N° 5*” e nella “*Carta del Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione N° 5*”, nel territorio comunale di Castrolibero, a sud-ovest del centro abitato, si trova un'area a pericolosità P3 e rischio R4 per esondazione del vallone Monaco, che interessa il limitrofo centro abitato, individuata sulla base dell'applicazione della

“Metodologia semplificata”. Infatti, il Comune di Castrofilippo ha trasmesso in precedenza lo studio idrologico ed idraulico del versante sud-ovest del centro abitato per tempo di ritorno pari a 50 anni e una relazione integrativa con indicazione dell’area urbana interessata dai predetti fenomeni di esondazione (0,28 Ha), tracciata sulla base delle testimonianze e dell’effettivo stato dei luoghi

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

Tab. 2.2 - Aree a pericolosità e rischio idraulico non conformi a art. 6 D.Lgs. 49/2010

Codice	Comune	Località	CTR	Dentro centro abitato (Si/No)	Pericolosità	Rischio idraulico
068-I-001	Castrofilippo	Sud-ovest del Centro abitato – C/da Canali	637050	SI	P3	R4

3 ANALISI RISCHIO IDRAULICO

3.1 Analisi Territoriale

Nel presente studio, l'analisi territoriale del bacino del Naro è stata condotta utilizzando la cartografia di base CTR a scala 1:10.000 e un ausilio aereofotogrammetrico rappresentato dalle ortofoto IT2000 messe a disposizione del Dipartimento di Urbanistica della Regione Siciliana.

L'individuazione degli elementi a rischio, e la loro correlazione con il reticolo fluviale hanno permesso di individuare, per i manufatti di attraversamento e le opere antropiche in prossimità dell'alveo, le situazioni di potenziale rischio.

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

Il bacino idrografico del F. Naro ricade nel versante meridionale della Sicilia e ricopre una superficie di circa 262 km². Dal punto di vista amministrativo esso rientra soltanto nella provincia di Agrigento.

Il F. Naro sorge sul M. Bardaro (652 m s.l.m.), attraversa la città di Canicattì (fino a pochi anni fa l'alveo era a cielo aperto), si snoda lungo un percorso di circa 31 km attraversando i comuni di Naro e Favara per sfociare infine nel Mediterraneo in c.da Cannatello, in territorio comunale di Agrigento. L'affluente principale è il T. Grancifone (Burraito) che nasce a sud-ovest del centro abitato di Naro ad una quota di circa 350 m s.l.m. e confluisce nel F. Naro ad una quota di circa 16 m s.l.m in contrada Misilina, a pochi chilometri dalla foce, in territorio comunale di Agrigento.

Nel bacino del Naro ricadono due serbatoi artificiali denominati rispettivamente "San Giovanni" e "Furore"; il primo realizzato tra il 1969 e il 1981 e il secondo realizzato tra il 1980 e il 1992, entrambi per utilizzazione irrigua.

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

In questa sede è stata analizzata prioritariamente la seguente area:

- l'area che va dalla confluenza Fiume Naro-Torrente Grancifone fino alla foce del F. Naro, in cui l'elemento a rischio prevalente è il nucleo abitato di Cannatello ubicato in destra idraulica in prossimità della foce.

3.2 Studio Idrologico

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

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

La metodologia utilizzata è descritta in dettaglio nella Relazione Generale del P.A.I.. Il bacino idrografico del F. Naro, di estensione pari a circa 262 km², è stato suddiviso in 3 sottobacini; per ogni sezione di chiusura dei sottobacini, sono state calcolate le massime portate al colmo di piena per gli assegnati tempi di ritorno.

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

Lo studio è stato sviluppato in due fasi successive:

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

In Figura 3.1 è riportato il DEM relativo al bacino idrografico in studio compreso i limiti ed il reticolo idrografico. Le dimensioni delle celle del DEM utilizzato sono di 100x100 m. In Figura 3.2 è riportato lo schema idrologico, prodotto dal modello HEC-GeoHMS, utilizzato per il calcolo delle portate al colmo di piena.

Fig. 3.1 - DEM (Digital Elevation Model) relativo al bacino idrografico del Fiume Naro

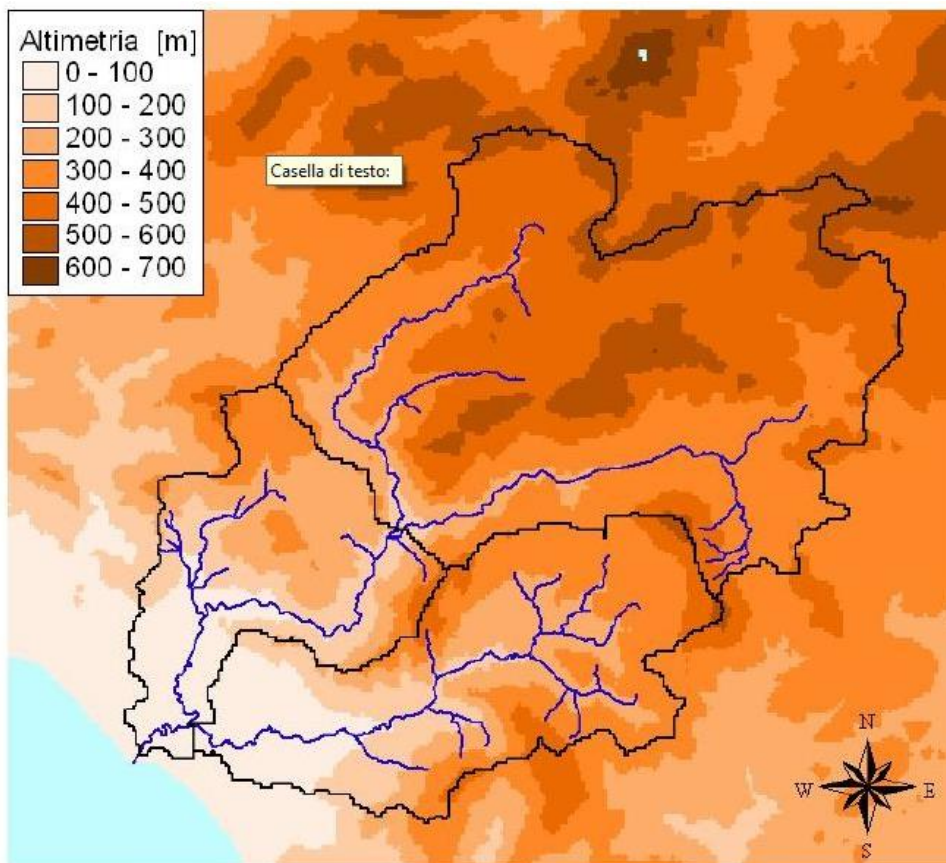
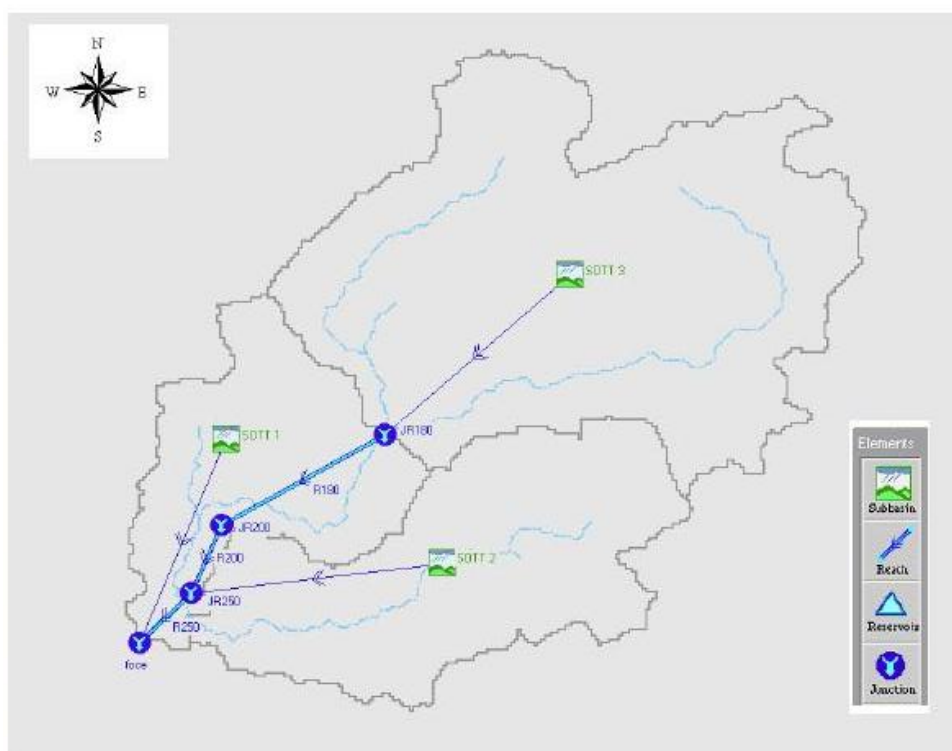


Fig. 3.2 - Schema idrologico del bacino idrografico del Fiume Naro utilizzato per il calcolo della massima portata al colmo di piena



Lo studio effettuato è stato articolato in tre fasi:

1. *Studio della piovosità.*

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

Nelle Fig. 3.3, Fig. 3.4 e Fig. 3.5 sono riportate le carte "iso-a", "iso-n" e "iso-CV" in corrispondenza del bacino in esame; nella Fig. 3.6 è riportata la curva di probabilità pluviometrica (CPP) ricavate in seguito ai parametri prima calcolati, per i tre tempi di ritorno considerati.

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

Fig. 3.3 - DTM relativo alla distribuzione del parametro "a" nel bacino idrografico del Fiume Naro.

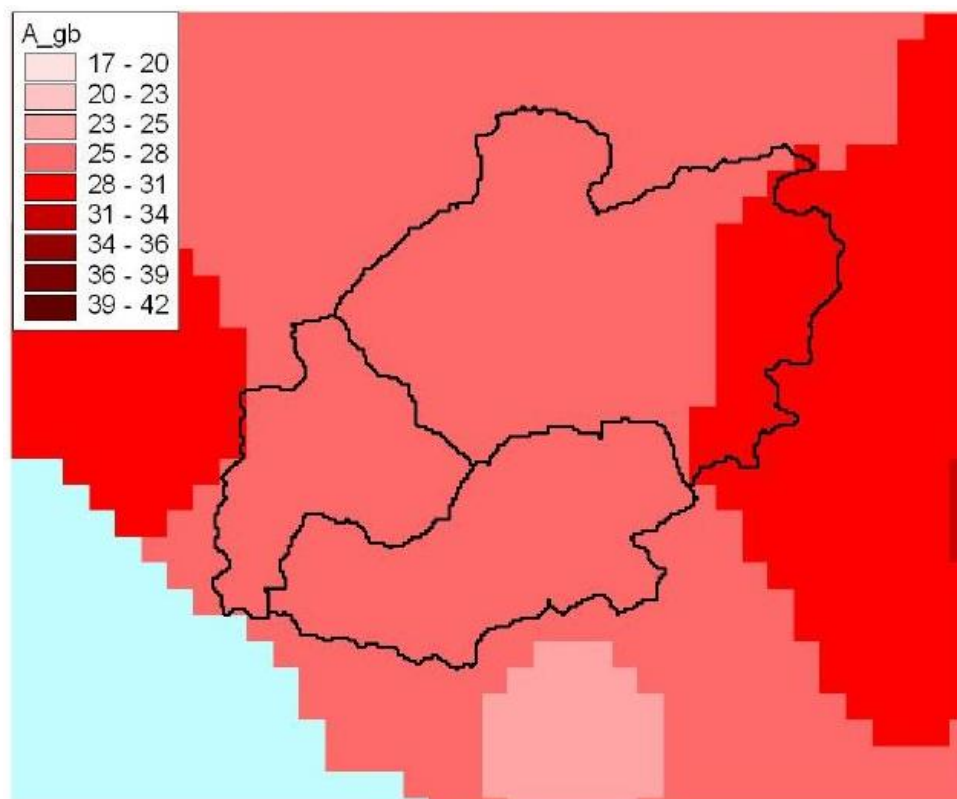


Fig. 3.4 - DTM relativo alla distribuzione del parametro “n” nel bacino del Fiume Naro

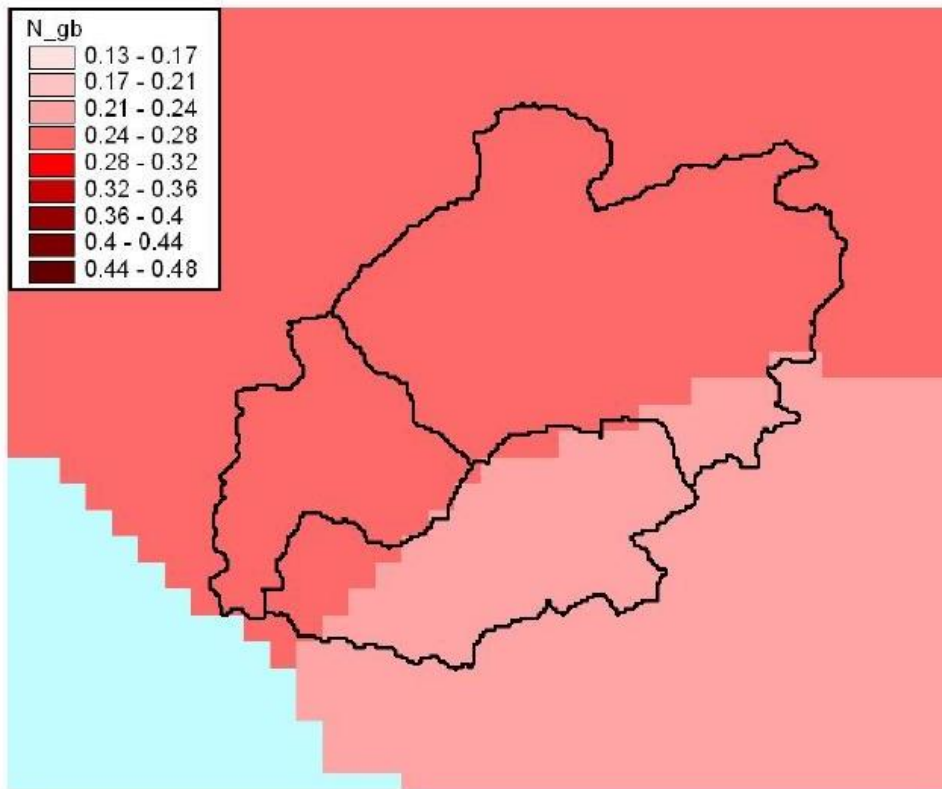
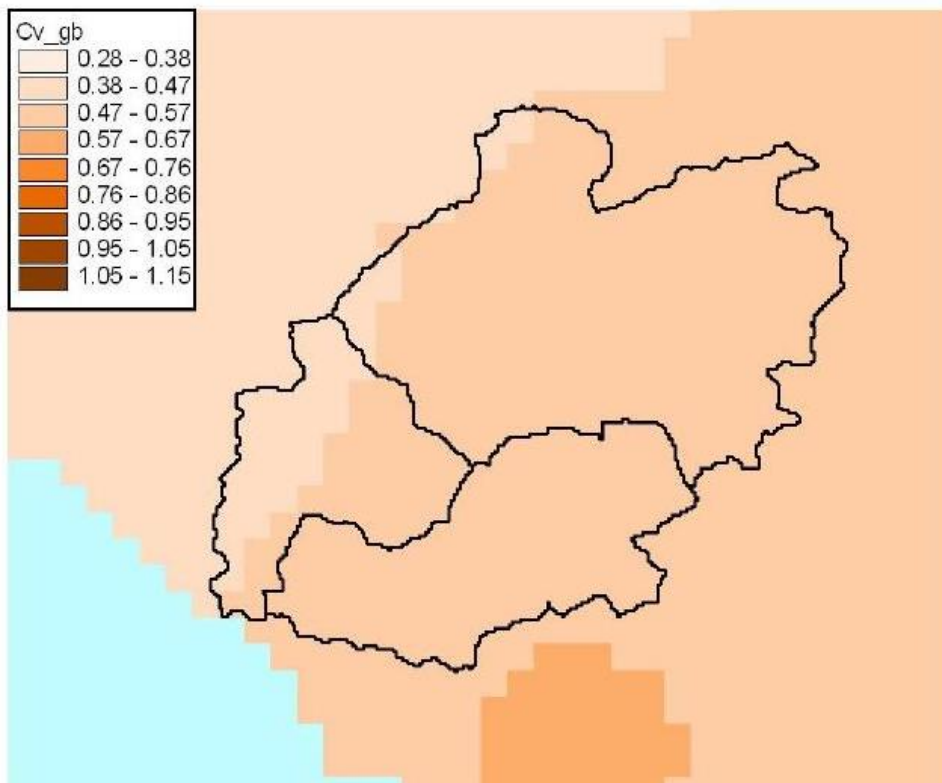


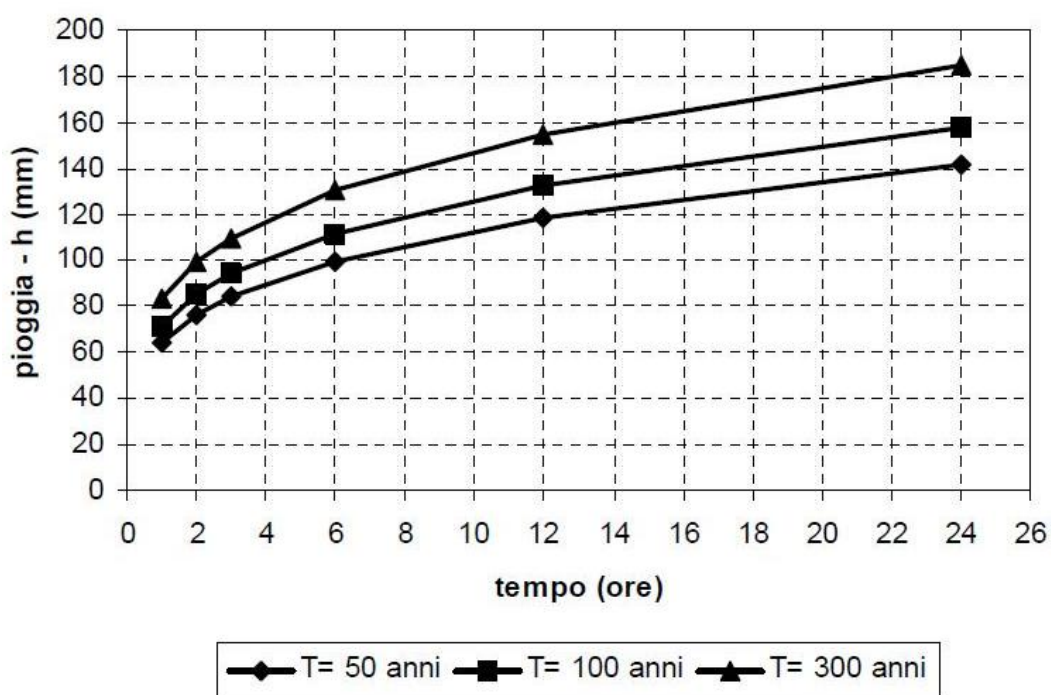
Fig. 3.5 - DTM relativo alla distribuzione del parametro “CV” nel bacino del Fiume Naro



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

Bacino Idrografico del Fiume Naro				
Bacino idrografico	Superficie totale (km ²)	a	n	CV
Fiume Naro	262	27,74	0,25	0,50

Fig. 3.6 - Curve di probabilità pluviometrica per il bacino del Fiume Naro per fissati tempi di ritorno

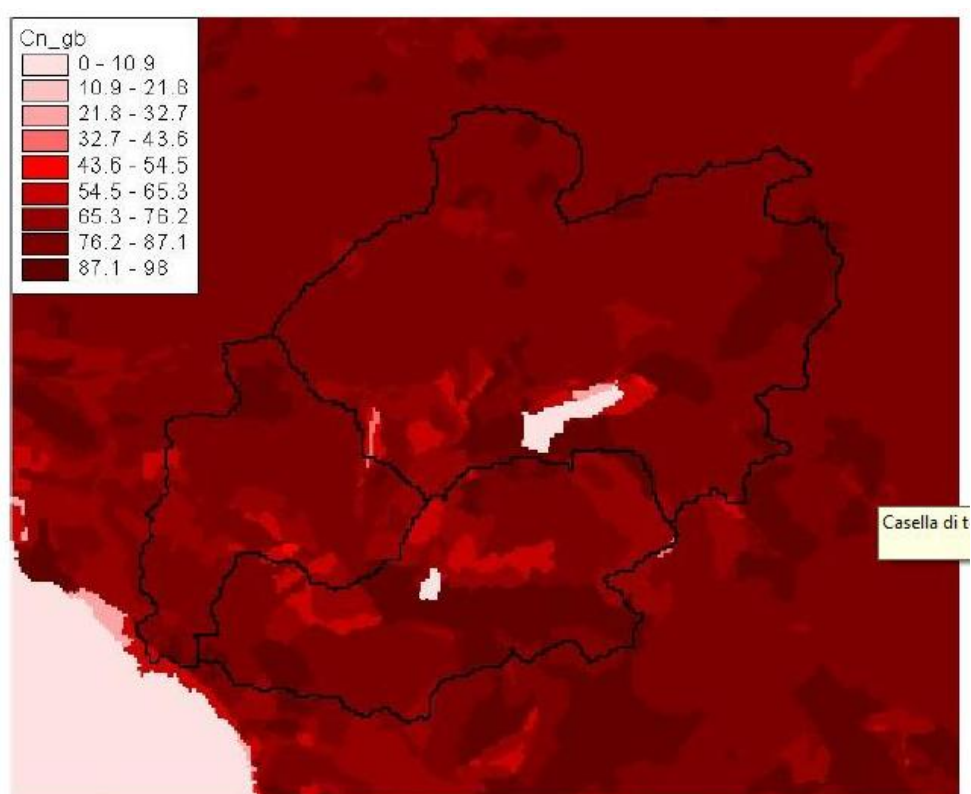


2. *Calcolo della pioggia netta.*

Per la determinazione della pioggia netta o deflusso superficiale è stato utilizzato il metodo SCS-Curve Number descritto in dettaglio nella Relazione Generale. I valori medi areali di CN, relativi ad ogni sottobacino nel quale è stato suddiviso il bacino principale.

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

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



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

Tab. 3.2 - Valori medi del parametro CN per ogni sottobacino del Fiume Naro

Sottobacino N°	Area (km²)	Codice Sottobacino HMS	CN
1	47,58	Sott 1	80,14
2	70,27	Sott 2	79,16
3	141,31	Sott 3	79,76

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

Il calcolo degli idrogrammi di piena è stato effettuato con il metodo della corrivazione per le diverse sezioni di chiusura dei sottobacini in cui è stato suddiviso il bacino idrografico principale. A partire dal DEM del bacino, caratterizzato da una maglia quadrata di dimensioni 100 x 100 m, sono stati ricavati automaticamente i percorsi di drenaggio, è stato individuato il reticolo idrografico e la lunghezza delle linee di drenaggio. A quest'ultima è stata associata una velocità di scorrimento superficiale costante e pari ad 1,5 m/s. Ottenuta così la carta delle isocorrive è stato possibile ricavare la curva aree-tempi e quindi i tempi di corrivazione dei sottobacini in esame (Tab. 3.3).

Tab. 3.3 - Valori del tempo di corrivazione di ogni sottobacino del Fiume Naro.

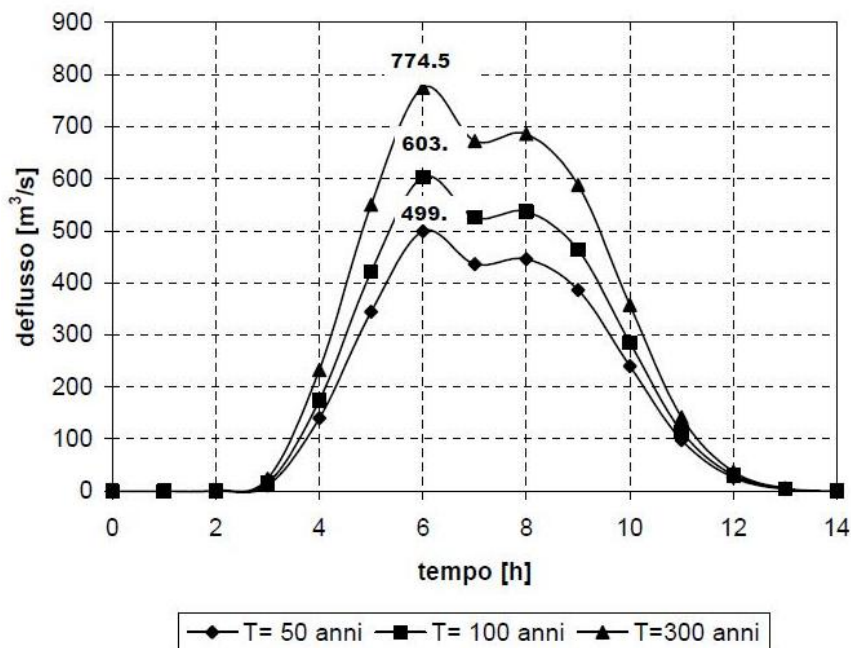
Sottobacino N°	Area (km ²)	Codice Sottobacino HMS	t _c (ore)
1	47,58	Sott 1	3,5
2	70,27	Sott 2	3,5
3	141,31	Sott 3	4,5

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

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

Di seguito, nella Fig. 3.8 è riportato l'idrogramma di piena relativo alla sezione di chiusura del bacino, in corrispondenza della foce del Fiume Naro, per i tre tempi di ritorno considerati.

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



In Tabella 3.4 sono indicati, per ogni sezione di chiusura dei sottobacini considerati, i valori delle massime portate al colmo di piena, mentre in Tabella 3.5 i valori in corrispondenza delle confluenze degli stessi sottobacini con l'asta fluviale principale.

Tab. 3.4 - Valori delle portate al colmo di piena (Q_t), per tempi di ritorno pari a 50, 100, 300 anni, relative ai sottobacini del F. Naro

Sottobacino N°	Codice Sottobacino HMS	Area (km²)	$Q_{t=50}$ (m³/s)	$Q_{t=100}$ (m³/s)	$Q_{t=300}$ (m³/s)
1	Sott 1	47,58	170,58	203,34	275,61
2	Sott 2	70,27	246,42	295,43	374,64
3	Sott 3	141,31	479,71	577,65	737,01

Tab. 3.5 - Valori delle portate al colmo di piena (Q_t), per fissati tempi di ritorno, in corrispondenza di alcune sezioni del F. Naro considerate nello schema di calcolo HMS

Sezione di calcolo N°	Codice sezione HMS	Superficie drenata (km²)	$Q_{t=50}$ (m³/s)	$Q_{t=100}$ (m³/s)	$Q_{t=300}$ (m³/s)
1	JR180	141	479,71	577,65	737,01
2	JR200	141	418,67	501,81	644,44
3	JR250	212	446,69	538,13	687,40
4	Foce	262	499,45	603,59	774,48

La valutazione della portata in alveo nelle sezioni a valle degli invasi San Giovanni e Furore dovrebbe tenere conto anche dei volumi rilasciati, durante l'evento di piena, dagli scarichi di superficie e di fondo (ipotizzandone il loro funzionamento contemporaneo). Tuttavia, poiché le portate degli scarichi fanno riferimento ad un valore del tempo di ritorno superiore al valore massimo considerato in questo studio (300 anni) e, inoltre, sono state certamente valutate sulla base di dati idrologici registrati in un intervallo temporale diverso da quello utilizzato nel presente studio, si è preferito svincolarsi dai suddetti valori ai fini delle verifiche idrauliche.

Pertanto, nel presente studio, non è stata considerata la presenza degli invasi San Giovanni e Furore e, quindi, l'effetto della loro capacità di laminazione delle piene. In tal modo sono state eseguite delle verifiche idrauliche considerando la portata convogliata dall'intero bacino idrografico originario (antecedente la realizzazione degli invasi), trascurando quella parte trattenuta (laminata) dalle dighe. Tale scelta, seppur non rispecchia del tutto la realtà idraulica del bacino, determina dei valori di portata nell'alveo che risultano più elevati rispetto a quelli effettivi conseguenti ad un effetto di laminazione degli invasi, sovrastimando in tal modo i risultati delle simulazioni idrauliche a vantaggio della sicurezza.

3.3 Studio Idraulico

Calcolate le portate di piena occorre verificare se le sezioni del corso d'acqua riescano a convogliarle senza dar luogo ad esondazioni.

La modellazione idraulica del corso d'acqua è stata condotta utilizzando il codice di calcolo monodimensionale HEC-RAS. In particolare, attraverso un'operazione preliminare di pre-processing sono stati importati i dati di input geometrici all'interno del modello HEC-RAS derivanti, principalmente, dagli studi dell'Ente di Sviluppo Agricolo (ESA). Tali dati sono stati integrati con tutte le indicazioni, di seguito descritte, che derivano dalle analisi cartografica e territoriale e dai sopralluoghi di campagna (verifica dello stato di fatto del fondo alveo, raccolta di documentazione fotografica, ecc.) predisposti in questa fase.

3.3.1 Rilievi e Cartografia

L'analisi è stata condotta utilizzando la Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000).

3.3.2 Caratteristiche Fisiche ed Idrauliche dell'alveo

L'asta del F. Naro a valle del serbatoio San Giovanni si sviluppa per circa 22.4 km prima dello sbocco a mare, in prossimità dell'abitato sito in contrada Cannatello. Immediatamente a valle dello sbarramento la valle è piuttosto incassata, presentando sia in destra che in sinistra terreni a notevole pendenza. Le zone limitrofe al corso d'acqua sono peraltro abbastanza acclivi per tutto il percorso, che risulta relativamente tortuoso, tranne che nella zona della foce. Il corso d'acqua risulta arginato solo per un breve tratto in prossimità della zona Miniera Lucia.

Relativamente alle caratteristiche di resistenza idraulica è noto che esse si differenziano a seconda che la sede di deflusso sia l'alveo o le aree golenali e di allagamento.

Nel primo caso, le caratteristiche dipendono principalmente dalle dimensioni del materiale di fondo, dalla presenza e qualità della vegetazione fluviale e dalla morfologia plano-altimetrico delle sezioni e del tracciato fluviale. Per le superfici limitrofe e di allagamento giocano un ruolo determinante la natura del suolo, la copertura vegetale, la frammentazione poderale, la densità delle infrastrutture e delle costruzioni (macro rugosità) e le irregolarità naturali della superficie.

Durante i sopralluoghi predisposti per aggiornare la cartografia dei tratti fluviali studiati attraverso osservazioni dirette di campagna, sono stati fissati i parametri di scabrezza da utilizzare nel modello idraulico adoperato. L'osservazione diretta delle suddette caratteristiche sull'area in esame ha indirizzato ad una scelta di opportuni valori del coefficiente di Manning compresi tra 0,05 e 0,09 $m^{-1/3}$ s. I valori di Manning utilizzati sono riportati nell'Appendice C della Monografia.

3.3.3 Opere Principali Presenti nel Corso d'Acqua

3.3.3.1 Attraversamenti

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

Nel tratto studiato l'unico attraversamento di rilievo è costituito dal ponte sulla strada Provinciale n° 71.

In Appendice B della Monografia sono riportati gli stralci cartografici con l'ubicazione dell'attraversamento e delle sezioni più importanti con le relative schede identificative.

3.3.3.2 Opere di sistemazione idraulica

Il corso d'acqua risulta arginato solo per un breve tratto in prossimità della zona Miniera Lucia. Nel tratto oggetto di studio non vi sono opere di sistemazione idraulica

3.3.4 Verifiche Idrauliche

Nel presente studio è stata condotta la verifica idraulica di un tratto del tronco fluviale del F. Naro, in prossimità della foce, per una lunghezza complessiva di circa 3.3 km.

I valori delle portate al colmo di piena utilizzati sono quelli corrispondenti al codice sezione HMS denominato "Foce" e riportati in Tabella 3.5.

Come detto precedentemente, per la simulazione idraulica è stato applicato il modello monodimensionale HEC-RAS nell'ipotesi di regime di moto permanente e corrente lenta (subcritical). Nelle condizioni al contorno si è imposta l'altezza critica della corrente nell'ultima sezione dell'alveo (foce). Sono state condotte tre simulazioni, una per ogni portata al colmo di piena, valutata alla foce del fiume, per fissato tempo di ritorno (50, 100 e 300 anni).

Nei paragrafi successivi sono illustrati i risultati delle verifiche idrauliche del tratto in esame.

3.3.4.1 Verifica idraulica sul Fiume Naro

Per la simulazione idraulica sono state considerate 13 sezioni ed i risultati delle verifiche idrauliche sono riportate in forma tabellare ed in forma grafica, in Appendice C della Monografia. La tabella riporta, per fissato tempo di ritorno e per ciascuna sezione di calcolo, i valori della portata, della quota fondo alveo, della quota pelo libero, del tirante idrico fondo alveo, della pendenza della linea dei carichi totali, della velocità media della corrente in alveo e la sezione idrica.

Applicando il modello HEC-RAS si sono ottenuti i risultati riportati nel documento ITR191_68_I_MONOGRAFIA . Le tabelle contenute nella succitata monografia riassumono, per ogni tempo di ritorno e per ciascuna sezione di calcolo, i valori di portata, tirante idrico, pendenza

della linea dei carichi totali, velocità media della corrente e sezione idrica. In tabella sono inoltre riportati i valori dei coefficienti di scabrezza di Manning utilizzati in ciascun tratto. ITR191_68_I_MONOGRAFIA è inoltre riportata una tabella riepilogativa (Chow, 1959) per la scelta del coefficiente di Manning in funzione delle condizioni dell'alveo.

Per il tratto del F. Naro studiato, per tutti i tempi di ritorno considerati, i valori massimi del tirante idrico sono stati riscontrati nella sezione 40 mentre i valori minimi si verificano nelle sezioni 10 (T=50; T=100) e 100 (T=300); per quanto riguarda la velocità media in alveo, il valore massimo si riscontra per un tempo di ritorno pari a 100 anni nella sez.10 mentre il valore minimo si ha nella sezione 86. In Tabella 3.6 sono riportati i valori estremi (massimi e minimi) dei tiranti idrici e delle velocità medie in alveo ottenuti in seguito alle simulazioni del modello HEC- RAS.

Tab. 3.6 - Valori estremi dei tiranti idrici e delle velocità in alveo del Fiume Naro

Tempo di ritorno [anni]	Tirante idrico minimo [m] <i>(n. sezione)</i>	Tirante idrico massimo [m] <i>(n. sezione)</i>	Velocità minima [m/s] <i>(n. sezione)</i>	Velocità massima [m/s] <i>(n. sezione)</i>
50	3,35 (10)	5,62 (40)	0,8 (86)	4,4 (10)
100	2,3 (10)	5,9 (40)	0,8 (86)	5,7 (10)
300	3,5 (100)	5,6 (40)	0,9 (86)	4,2 (10)

3.4 Perimetrazione delle aree potenzialmente inondabili

Nelle simulazioni eseguite con il software HEC-RAS, si è assunta l'ipotesi, come detto precedentemente, di condizioni di moto permanente e monodimensionale. Tale assunzione comporta, talvolta, l'approssimazione del risultato nei casi in cui si abbiano estese aree pressoché pianeggianti all'esterno dell'alveo di un corso d'acqua. In particolare, nel presente studio si è scelto di mantenere la soluzione fornita dal modello di calcolo, individuando l'area di inondazione mediante la semplice intersezione della superficie liquida che si determina nell'alveo centrale del canale, con le curve di livello dell'area interessata. In tale situazione non si è dunque tenuto conto dei possibili effetti di laminazione della portata esondata, rallentata e/o trattenuta nell'area circostante l'alveo, e dell'effetto di riduzione della stessa a causa dello sfioro che si verifica in alcune sezioni. Tuttavia tale risultato può senz'altro essere accettato, a vantaggio della sicurezza, come limite superiore degli eventi di esondazione con tempo di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni.

La pericolosità "P", identificata con l'area inondata, è stata valutata seguendo la "metodologia semplificata" in funzione del solo tempo di ritorno e, precisamente, in modo inversamente proporzionale ad esso (vedi Tab. 3.7).

Tab. 3.7 - Definizione delle pericolosità idraulica P secondo la metodologia semplificata

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

Infine, nel territorio comunale di Castrofilippo (CTR 637050), su segnalazione del Comune predetto (prot. n. 1133 del 16/02/06) è stato ispezionato con apposito sopralluogo il cavo fluviale del Vallone Monaco (068-I-001), a sud-ovest del centro abitato, in corrispondenza dell'attraversamento con la SS 122 "Agrigentina", al fine di prendere atto delle condizioni idrauliche dello stesso. Con ulteriori note (prot. n. 1924 del 15/03/2006 e prot n. 2037 del 21/03/2006), il Comune di Castrofilippo ha trasmesso lo studio idrologico ed idraulico del versante sud-ovest del centro abitato per tempo di ritorno pari a 50 anni e una relazione integrativa con indicazione dell'area urbana interessata dai predetti fenomeni di esondazione (0,28 Ha), tracciata sulla base delle testimonianze e dell'effettivo stato dei luoghi.

In questo studio si sono delimitate le aree inondate nel tratto focale del Fiume Naro, in territorio di Agrigento, sino alla foce del F. Naro, per una lunghezza complessiva di circa 3.3 km. Le suddette aree sono state identificate con i codici 068-E01 e 068-E02.

Per l'individuazione delle aree inondabili si è fatto riferimento alle quote del pelo libero, ottenute dai calcoli del modello HEC-RAS, cercando, ove possibile, di intersecare tali piani ideali con le curve di livello riportate nella cartografia di riferimento. Le aree inondabili sono indicate nelle tavole, in scala 1:10.000, allegate alla presente relazione.

3.5 Mappe di rischio

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

Al riguardo appare opportuno esporre di seguito il metodo utilizzato per la valutazione della popolazione esposta

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

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

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

dove si è indicato con:

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

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

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

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

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

3.5.1 Elementi coinvolti per $Tr=50$ anni (Dissesti codici 068-E01 e 068-E02)

3.5.1.1 Centro abitato

Nel caso in esame non è coinvolto alcun centro abitato.

3.5.1.2 Nucleo abitato

La porzione interessata è quella del nucleo abitato di C/da Cannatello, ubicata in prossimità della foce del F. Naro (dx idraulica).

Le informazioni sopra descritte sono sinteticamente riportate nella Tab. 3.8 .

Tab. 3.8 - Tabella riassuntiva elementi interessati da esondazione per $Tr= 50$ anni Codice 068 - E01

TIPOLOGIA ELEMENTO A RISCHIO	DENOMINAZIONE	NUMERO ABITANTI
NUCLEO ABITATO		14
NUMERO ABITANTI COINVOLTI		14

3.5.1.3 Tipologie uso suolo interessate da areale pericolosità $Tr = 50$ anni

Ulteriore elaborazione della pericolosità in funzione degli elementi presenti è stata effettuata con riferimento alla classificazione dell'uso del suolo definita dal cartografia dell'uso del suolo Corine Land Cover. Nelle Tab. 3.8.1 e Tab. 3.8.2 sono riportati i valori delle estensioni superficiali, espresse in ettari, delle diverse tipologie di uso del suolo interessata rispettivamente dall'areale di pericolosità dei dissesti 068-E01 e 068-E02 aventi tempo di ritorno pari a 50 anni.

Tab. 3.8.1 - Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per Tr = 50 anni Codice 068-E01

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA ALLAGATA (HA)
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	2,96
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue	36,77
2.2.1. Vigneti	0,29

Tab. 3.8.2 - Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per Tr = 50 anni Codice 068-E02

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA ALLAGATA (HA)
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue	7,13
2.2.1. Vigneti	4,83

3.5.2 Elementi coinvolti per Tr=100 anni (Dissesto codice 068-E01)

3.5.2.1 Centro abitato

Nel caso in esame non è coinvolto alcun centro abitato.

3.5.2.2 Nucleo abitato

Nel caso in esame non è coinvolto alcun nucleo abitato.

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

Ulteriore elaborazione della pericolosità in funzione degli elementi presenti è stata effettuata con riferimento alla classificazione dell'uso del suolo definita dal cartografia dell'uso del suolo Corine Land Cover. Nella Tab. 3.9 sono riportati i valori delle estensioni superficiali, espresse in ettari, delle diverse tipologie di uso del suolo interessata dall'areale di pericolosità del dissesto 068-E01 avente tempo di ritorno pari a 100 anni.

Tab. 3.9 - Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per Tr = 100 anni Codice 068-E01

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA ALLAGATA (HA)
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue	26,60
2.2.1. Vigneti	0,29

3.5.3 Elementi coinvolti per Tr=300 anni (Dissesto codice 068-E01)

3.5.3.1 Centro abitato

Nel caso in esame non è coinvolto alcun centro abitato.

3.5.3.2 Nucleo abitato

La porzione interessata è quella del nucleo abitato di C/da Cannatello, ubicata in prossimità della foce del F. Naro (dx idraulica).

Le informazioni sopra descritte sono sinteticamente riportate nella Tab. 3.10.

Tab. 3.10 - Tabella riassuntiva elementi interessati da esondazione per Tr= 300 anni Codice 068-E01

TIPOLOGIA ELEMENTO A RISCHIO	DENOMINAZIONE	NUMERO ABITANTI
NUCLEO ABITATO		8
NUMERO ABITANTI COINVOLTI		8

3.5.3.3 Tipologie uso suolo interessate da areale pericolosità Tr = 300 anni

Ulteriore elaborazione della pericolosità in funzione degli elementi presenti è stata effettuata con riferimento alla classificazione dell'uso del suolo definita dal cartografia dell'uso del suolo Corine Land Cover. Nella Tab. 3.10.1 sono riportati i valori delle estensioni superficiali, espresse in ettari, delle diverse tipologie di uso del suolo interessata dall'areale di pericolosità del dissesto 068-E01 avente tempo di ritorno pari a 300 anni.

Tab.3.10.1 - Estensione area tipologia uso del suolo interessata da esondazione per Tr = 300 anni Codice 068-E01

TIPOLOGIA DI USO DEL SUOLO	ESTENSIONE AREA ALLAGATA (HA)
1. SUPERFICI ARTIFICIALI	
1.1.2. Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0,04
2. SUPERFICI AGRICOLE UTILIZZATE	
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue	30,02

4 ANALISI ECONOMICA DEL DANNO ATTESO

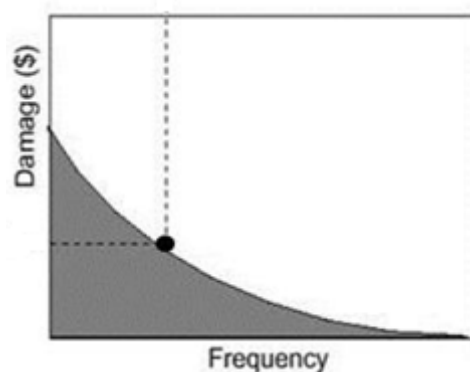
I danni possono essere suddivisi in “**diretti**” e “**indiretti**”; tale distinzione è dovuta al fatto che i beni possono essere a contatto o meno con l’evento naturale che nella fattispecie dell’evento alluvionale è l’acqua. Tali danni possono essere ulteriormente suddivisi in danni “**tangibili**”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

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

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

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

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



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

4.1 Metodologia di valutazione economica del danno

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

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

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

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

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

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

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

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

Tab. 4.1 - Tabella riassuntiva dei danni calcolati per Tr=50 anni relativi agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del F. Naro (068)

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m ²)	Danno unitario (€ / m ²)	Danno (€)
068-E01	F. Naro	Seminitavi in aree non irrigue	367707,29	0,63	231.656,00
068-E01	F. Naro	Vigneti	2864,17	0,63	1.804,43
068-E01	F. Naro	Tessuto urbano discontinuo	29610,82	309,00	9.149.740,00
068-E02	F. Naro	Seminitavi in aree non irrigue	71257,15	0,63	44.892,00
068-E02	F. Naro	Vigneti	48343,87	0,63	30.456,60
TOTALE					9.458.549,03

Tab. 4.2 - Tabella riassuntiva dei danni calcolati per Tr=100 anni relativi agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del F. Naro (068)

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m ²)	Danno unitario (€ / m ²)	Danno (€)
068-E01	F. Naro	Seminitavi in aree non irrigue	265970,92	0,63	167.562,00
068-E01	F. Naro	Vigneti	2864,17	0,63	1.804,43
TOTALE					169.366,43

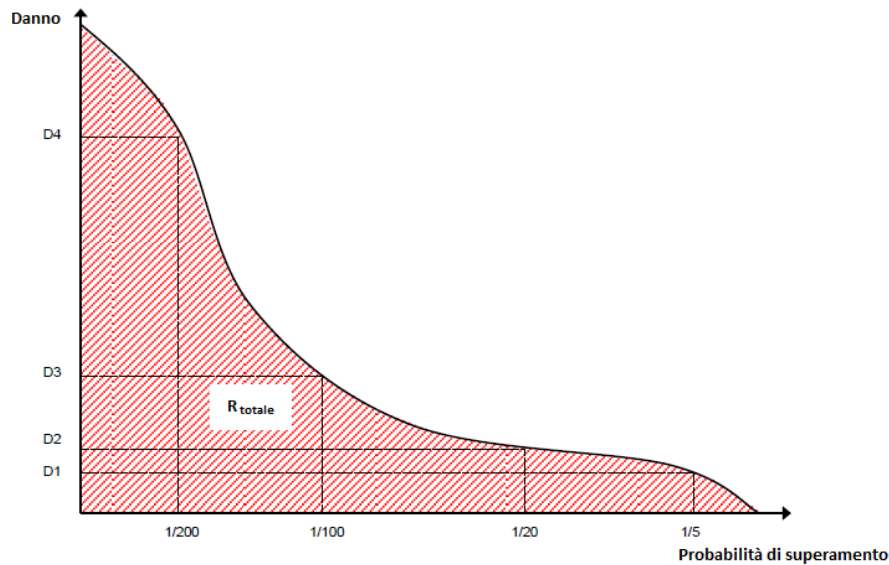
Tab. 4.3 - Tabella riassuntiva dei danni calcolati per Tr=300 anni relativi agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del F. Naro (068)

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	Tipologia di elemento esposto (Corine Land Cover 2006)	Superficie (m ²)	Danno unitario (€ / m ²)	Danno (€)
068-E01	F. Naro	Seminitavi in aree non irrigue	300247,30	0,63	189.156,00
068-E01	F. Naro	Tessuto urbano discontinuo	385,77	309,00	119.202,00
TOTALE					308.358,00

4.2 Valutazione del danno economico atteso medio annuo

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

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



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

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

con

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

e

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

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

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

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

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

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

Nel nostro caso la “i” può assumere i valori 50, 100 e 300 (tempi di ritorno in anni), inoltre sono noti i relativi valori del danno; in cui per esempio D (P₅₀) è il valore del danno per una probabilità di superamento di 0,02

quindi

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

Nella seguente tabella sono riportati i valori del “danno atteso medio annuo” valutato per ogni areale di esondazione ricadente nel bacino idrografico del F. Naro (068)

Tab. 4.4 - Danno atteso medio annuo relativo agli areali di esondazione ricadenti nel bacino idrografico del F. Naro (068)

Codice esondazione	Denominazione corso d'acqua	D(P₅₀) (€)	D(P₁₀₀) (€)	D(P₃₀₀) (€)	Danno atteso medio annuo (€)
068-E01	F. Naro	9.383.203,02	169.366,43	308.358,00	49.355,26
068-E02	F. Naro	286.496,83	0,00	0,00	1506,97

5. LE MISURE DI PIANO

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

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

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

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

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

Ulteriore coordinamento è quella operato con le misure del Piano di gestione del Distretto idrografico di cui alla Direttiva 2000/60.

Le misure individuate sono riportate nelle tabelle seguenti.

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

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

Tab. 5.1 - Misure di prevenzione

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

Tab. 5.2 - Misure di preparazione e di protezione civile

Funzione	Misure	Azioni	Tipologia
3 Preparazione e protezione civile	3.1 Previsione e allertamento	3.1.1 Centro funzionale (monitoraggio sorveglianza allertamento)	Non strutturali
		3.1.2 Sistemi di allerta	Non strutturali
		3.1.3 Presidio territoriale	Non strutturali
	3.2 Riduzione delle portate di al colmo tramite piani di Laminazione delle piene degli invasi		Non strutturali
	3.3 Piani di emergenza	3.1.4 Piani di protezione civile	Non strutturali
	3.4 Sensibilizzazione		Non strutturali
3.5 Formazione		Non strutturali	