

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



LINEA CATANIA - SIRACUSA

DIREZIONE TECNICA

SO COORDINAMENTO DI SISTEMA E PFTE

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

Bypass Augusta

Relazione Idrologica Generale

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS60 00 R 14 RI ID0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	C. Segnini	Ottobre 2022	M. Villani	Ottobre 2022	P. Carlesimo	Ottobre 2022	G. Ingresso Gennaio 2023
B	Aggiornamento a seguito di verifica 1° livello e tecnica	C. Segnini <i>C. Segnini</i>	Gennaio 2023	M. Villani <i>M. Villani</i>	Gennaio 2023	P. Carlesimo <i>P. Carlesimo</i>	Gennaio 2023	ITALFERR S.p.A. COORDINAMENTO DI SISTEMA Dott. Ing. GIULIANA INGROSSO Ordine degli Ingegneri di ROMA N. 20502

File: RS06000R14RIID0001001B

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO.....	4
3	ELENCO ELABORATI DI PROGETTO	5
4	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
4.1	QUADRO NORMATIVO STATALE DI RIFERIMENTO.....	7
4.1.1	<i>LA LEGGE QUADRO SULLA DIFESA DEL SUOLO</i>	7
4.1.2	<i>DECRETO LEGGE N. 180/1998</i>	7
4.1.3	<i>L'ATTO DI INDIRIZZO E COORDINAMENTO</i>	7
4.1.4	<i>DECRETO LEGGE N. 132/1999</i>	8
4.1.5	<i>DECRETO LEGGE N. 279/2000</i>	8
4.1.6	<i>PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI PGRA</i>	9
4.1.6.1	Iter Approvativo E Stato Di Attuazione Del P.G.R.A. In Sicilia	10
4.2	QUADRO NORMATIVO REGIONALE DI RIFERIMENTO.....	12
4.2.1	<i>PIANO STRAORDINARIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO</i>	12
4.2.2	<i>PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI ADOTTATO E QUADRO CONOSCITIVO DELLE CRITICITA' IDRAULICHE</i>	13
4.2.2.1	Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione.....	13
4.2.2.2	Le mappe del rischio.....	16
4.2.2.3	Le aree critiche	17
4.2.2.4	I siti d'attenzione	17
4.2.2.5	I nodi idraulici critici per l'attività di protezione civile	18
4.2.2.6	Mappe delle aree allagabili a seguito di onde anomale.....	19
4.3	INQUADRAMENTO AREA A PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	22
5	ANALISI GEOMORFOLOGICA BACINI IDROGRAFICI.....	23
6	ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI	23



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
BYPASS AUGUSTA**

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R14	RIID0001001A	B	2 di 37

6.1	METODO DI GUMBEL	23
6.2	METODO VA.PI. SICILIA.....	24
6.3	CURVA POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA - MODELLO PROBABILISTICO REGIONALE TCEV	24
6.3.1	<i>Curva di crescita</i>	25
6.3.2	<i>Elaborazioni Curve di Possibilità Pluviometrica Tr = 50, 100, 200 e 300 anni</i>	27
6.4	CONFRONTO GUMBEL-VAPI	28
6.4.1	<i>Altezze di pioggia per durate superiori all'ora</i>	28
6.4.2	<i>Altezze di pioggia per durate inferiori all'ora</i>	28
APPENDICE A		30
IL MODELLO PROBABILISTICO DI GUMBEL		30
MODELLO PROBABILISTICO TCEV (VAPI).....		31
APPROCCIO GERARCHICO ALLA STIMA REGIONALE DEI PARAMETRI.....		33
APPENDICE B.....		35



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
BYPASS AUGUSTA**

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R14	RIID0001001A	B	3 di 37

1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del PFTE Bypass di Augusta e ha come obiettivo l'elaborazione delle Curve di possibilità pluviometrica per la zona di interesse a partire dai massimi annuali di pioggia della Stazione Pluviometrica di Augusta tramite il Metodo di Gumbel, per durate superiori e inferiori all'ora. Per le stesse durate, sono stati calcolati i parametri di pioggia anche tramite Metodologia VAPI; i due risultati sono stati poi messi a confronto così da utilizzare quello più gravoso per il dimensionamento degli elementi in progetto.

2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area di intervento si colloca a Ovest della città di Augusta, in provincia di Siracusa. Il progetto prevede la demolizione della linea storica (nell'immagine in blu) che verrà sostituita da un bypass (in rosso).



Figura 1 - Area di intervento: in blu la linea storica, in rosso il tracciato di progetto



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
BYPASS AUGUSTA**


RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R14	RIID0001001A	B	5 di 37

3 ELENCO ELABORATI DI PROGETTO

IDROLOGIA E IDRAULICA																								
1	Relazione idrologica generale	-	R	S	6	0	0	0	0	R	1	4	R	I	I	D	0	0	0	1	0	0	1	B
2	Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica	-	R	S	6	0	0	0	0	R	1	4	R	I	I	D	0	0	0	2	0	0	1	B
3	Corografia dei bacini idrografici	1:5000	R	S	6	0	0	0	0	R	1	4	C	5	I	D	0	0	0	1	0	0	1	A
4	Stralcio Planimetrico della Mappa della Pericolosità Idraulica	1:10000	R	S	6	0	0	0	0	R	1	4	P	4	I	D	0	0	0	0	0	0	1	A
5	Planimetria di drenaggio delle acque di piattaforma - Tavola 1/2	1:2000	R	S	6	0	0	0	0	R	1	4	P	6	I	D	0	0	0	2	0	0	1	B
6	Planimetria di drenaggio delle acque di piattaforma - Tavola 2/2	1:2000	R	S	6	0	0	0	0	R	1	4	P	6	I	D	0	0	0	2	0	0	2	B
7	IN21 - Vasca di accumulo con impianto di sollevamento	Varie	R	S	6	0	0	0	0	R	1	4	P	Z	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
8	Relazione di risoluzione delle interferenze con i sottoservizi	-	R	S	6	0	0	0	0	R	1	4	R	H	O	C	0	0	0	0	0	0	1	A

Tabella 1-Elenco elaborati di progetto

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

4 RIFERIMENTI NORMATIVI

L'analisi condotta nel presente studio ha preso in considerazione gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore. Proprio all'interno degli strumenti legislativi di recente emanazione (dicembre 2004 e successivi aggiornamenti), si è adottato il P.A.I., Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana che individua le aree a rischio idraulico ed idrogeologico.

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


Obiettivo principale del P.A.I. è infatti il perseguimento di un assetto territoriale che, in parallelo con le aspettative di sviluppo economico, minimizzi i possibili danni connessi al rischio idrogeologico.

La definizione di norme d'uso e di salvaguardia è finalizzata alla difesa idrogeologica, al miglioramento delle condizioni di stabilità del suolo, al recupero di situazioni di degrado e di dissesto, al ripristino e/o alla conservazione della naturalità dei luoghi, alla regolamentazione del territorio interessato dalle piene.

Il P.A.I. della Sicilia, quindi, tende ad ottimizzare la compatibilità tra la domanda di uso del suolo per uno sviluppo sostenibile del territorio e la naturale evoluzione geomorfologica dei bacini, nel quadro di una politica di governo del territorio rispettosa delle condizioni ambientali.

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

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

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

4.1 QUADRO NORMATIVO STATALE DI RIFERIMENTO

4.1.1 LA LEGGE QUADRO SULLA DIFESA DEL SUOLO

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

Gli obiettivi principali della legge quadro convergeranno nella redazione dal piano di bacino idrografico.

Le finalità e i contenuti del Piano di Bacino sono illustrati nell'art. 17 della Legge 183: "esso ha valore di piano territoriale di settore ed è uno strumento mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo".

4.1.2 DECRETO LEGGE N. 180/1998

Il Decreto Legge n. 180/98, noto con il nome di "provvedimento Sarno", viene emanato l'11 giugno 1998.

Il Decreto dispone che, entro il 30 giugno 1999, le Autorità di bacino di rilievo nazionale e interregionale e le Regioni, ove le prime non siano presenti, adottino, qualora ciò non fosse già avvenuto in applicazione alla L. 183/89, Piani Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico.

L'innovazione rispetto alla legislazione precedente sta nel carattere di emergenza e di immediatezza, sia nell'acquisizione delle conoscenze che nella programmazione degli interventi e nell'emanazione delle norme di salvaguardia.


A seguito di alcune modifiche il D.L. 180/98 viene convertito con la L. 267/98, ove fra gli Enti onerati di fornire indicazioni sullo stato di dissesto del territorio, vengono coinvolti anche gli Enti di gestione degli acquedotti.

4.1.3 L'ATTO DI INDIRIZZO E COORDINAMENTO

L'Atto di Indirizzo e Coordinamento, previsto dal comma 2 dell'art. 1 del D.L. 180/98 ed adottato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri il 29/9/98, viene redatto per consentire alle Autorità di bacino ed alle Regioni di realizzare attività di pianificazione omogenee e confrontabili a scala nazionale.

Fornisce, dunque, attenendosi al carattere emergenziale del D.L. 180/98, i criteri generali per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio che tengano conto "quale elemento essenziale per l'individuazione del livello di pericolosità, la localizzazione e la caratterizzazione di eventi avvenuti nel passato riconoscibili o dei quali si ha, al momento presente, cognizione".

L'Atto di indirizzo e coordinamento distingue la metodologia di indagine a seconda del tipo di dissesto presente, idraulico e/o di frana, individuando per ciascuno di essi le tre fasi operative di lavoro e definendo quattro classi di rischio a gravosità crescente da moderato a medio, elevato e molto elevato.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

Il rischio deve considerarsi come il prodotto di tre fattori fondamentali:

$$R = H * E * V$$

- La pericolosità o probabilità che l'evento calamitoso accada;
- Il valore degli elementi a rischio (intesi come persone, cose, patrimonio ambientale);
- La vulnerabilità degli elementi a rischio (intesa come capacità di sopportare le sollecitazioni e l'intensità dell'evento).

Nell'Atto di indirizzo e coordinamento viene fornito un carattere generale di priorità degli elementi considerati a rischio, considerando innanzitutto l'incolumità delle persone come elemento prioritario.

L'Atto di indirizzo e coordinamento dispone, inoltre, che le attività di redazione dei Piani vengano articolate in tre fasi, corrispondenti a diversi livelli di approfondimento:

1. Individuazione delle aree soggette a rischio idrogeologico, attraverso l'acquisizione delle informazioni disponibili sullo stato del dissesto;
2. Perimetrazione, valutazione dei livelli di rischio e definizione delle conseguenti misure di salvaguardia;
3. Programmazione della mitigazione del rischio e previsione di spesa.

4.1.4 DECRETO LEGGE N. 132/1999


Il D.L. 132/99, modifica, in alcune parti, la Legge n. 267/98, stabilendo come termine ultimo per l'adozione dei Piani stralcio di bacino il 30 giugno 2001, mentre entro il 31 ottobre 1999 dovevano essere individuate e perimetrate le situazioni a rischio più elevato (Piani Straordinari).

Il D.L. 132/99 stabilisce, inoltre, che i piani straordinari devono ricomprendere prioritariamente le aree a rischio idrogeologico per le quali era stato dichiarato lo stato di emergenza, ai sensi dell'art. 5 della Legge 24 febbraio 1992, n. 225.

4.1.5 DECRETO LEGGE N. 279/2000

L'11 Dicembre 2000 il D.L. n. 279, viene convertito nella legge. 365/00 che anticipa in maniera perentoria la data di adozione dei Piani Stralcio al 30 aprile 2001, fornendo nuove procedure per l'adozione dei piani.

La nuova legge estende la validità delle norme imposte dai Piani Straordinari fino all'approvazione dei Piani per l'Assetto Idrogeologico.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

4.1.6 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI PGRA

La Direttiva comunitaria 2007/60/CE del 23 ottobre 2007 “relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni” istituisce un quadro di riferimento per la gestione dei fenomeni alluvionali e persegue l’obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l’ambiente, il patrimonio culturale, l’attività economica e le infrastrutture.

La Direttiva prevede a tal fine l’individuazione delle misure idonee sulla base di un’attività di pianificazione suddivisa in tre fasi successive e tra loro concatenate, così articolate:

- fase 1: valutazione preliminare del rischio di alluvioni;
- fase 2: elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione ;
- fase 3: predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni .

La normativa altresì prevede che gli elementi di cui al piano di gestione del rischio di alluvioni (fase 1, 2 e 3) siano soggetti ad un riesame periodico e, se del caso, aggiornati, anche tenendo conto degli effetti dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni. Alla scadenza del 2018 è previsto un primo riesame della valutazione preliminare del rischio cui farà seguito la revisione delle mappe di pericolosità e rischio nel 2019 e del piano di gestione del rischio nel 2021. Successivamente i riesami da effettuarsi ogni 6 anni terranno conto degli effetti dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni.


Con l’emanazione del **D.L.gs. 23 febbraio 2010 n. 49** lo Stato Italiano ha avviato il percorso per l’“Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi di alluvioni”.

Vengono innanzitutto stabilite le fasi per pervenire alla definizione del piano di gestione secondo quanto stabilito dalla direttiva e in particolare:

- fase 1: valutazione preliminare del rischio di alluvioni;
- fase 2: elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione;
- fase 3: predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni.

I Piani di gestione devono contenere misure per la gestione del rischio di alluvioni nelle zone ove, in base alle analisi svolte nella fasi precedenti, possa sussistere un rischio potenziale ritenuto significativo evidenziando, in particolare, la riduzione delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l’ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, attraverso l’attuazione prioritaria di interventi non strutturali e di azioni per la riduzione della pericolosità.

Gli adempimenti previsti sopra elencati sono attribuiti dallo stesso decreto legislativo 49/2010 alle Autorità di Bacino Distrettuali, ma, dal momento che queste non sono ancora state istituite, il Governo italiano, con il **Decreto legislativo 219 del 10 dicembre 2010**, ha stabilito che agli adempimenti connessi all’attuazione della direttiva alluvioni, nel caso di distretti nei quali non è presente alcuna autorità di bacino di rilievo

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

nazionale, provvedono le regioni. La Regione Siciliana ha pertanto avviato il processo attuativo delle fasi stabilite dalla direttiva e in particolare della redazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.

4.1.6.1 Iter Approvativo E Stato Di Attuazione Del P.G.R.A. In Sicilia

L'art.7 del D.L.gs. 23 febbraio 2010 n. 49 stabilisce quali debbano essere le principali finalità e i contenuti essenziali del PGRA, fissando la data per ultimare e pubblicare i piani di gestione del rischio di alluvioni al 22 dicembre 2015.

Inoltre, in base alle modifiche apportate all'art. 9 del D.Lgs. 49/2010 dalla Legge 97/2013, è stata inserita nel decreto la verifica di assoggettabilità del PGRA alla VAS, per garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente e contribuire all'integrazione di considerazioni ambientali nelle varie fasi di elaborazione, adozione e approvazione del piano stesso

Il ruolo di autorità proponente è svolto dall'Autorità di Bacino Nazionale a cui è attribuito il ruolo di coordinamento a livello di Distretto Idrografico in virtù dell'art. 4 del D.Lgs. 219/2010.

Il 3 marzo 2016 sono stati approvati in sede di Comitato Istituzionale Integrato, ai sensi dell'art. 4 comma 3 del D.Lgs. 219/2010, i PGRA adottati il 17 dicembre 2015 ai sensi dell'art. 66 del D.Lgs. 152/2006, e per i quali si è conclusa la procedura di VAS con giudizio positivo di compatibilità ambientale espresso dal MATTM, quale Autorità Competente, di concerto con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (MiBACT).

Nel frattempo, come previsto dall'art. 13.4 del D.Lgs. 49/2010, le Autorità Competenti hanno provveduto a trasmettere le informazioni pertinenti il reporting del PGRA a ISPRA, tenendo conto della compatibilità con i sistemi di gestione dell'informazione adottati a livello comunitario. Nello stesso mese di marzo, successivamente alla verifica delle informazioni ricevute, ISPRA ha provveduto a inviare alla Commissione Europea i dati richiesti per il reporting, completando così le attività previste per il primo ciclo di gestione.

Il 27 ottobre 2016, su proposta del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, a conclusione delle procedure di VAS e acquisito il parere favorevole della Conferenza Stato-Regioni, **il Consiglio dei Ministri ha approvato il PGRA di tutti i distretti idrografici a eccezione di quello della Sicilia.** Il PGRA della regione Sicilia, con relativo Rapporto Ambientale, adottato con Decreto Presidenziale n° 47 del 18/02/2016 ha acquisito giudizio positivo di compatibilità ambientale, con condizioni raccomandazioni e osservazioni, con decreto n° 58 del 14/03/2017 dal Ministero dell'Ambiente di concerto con il ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo.

Ad oggi è in corso, da parte della Regione Sicilia, l'adeguamento e assoggettamento degli elaborati del PGRA, alle condizioni, osservazioni e raccomandazioni espresse nel parere della Valutazione Ambientale Strategica approvata.

DISTRETTO IDROGRAFICO	PROCEDURA VAS	
	AVVIO (data)	CONCLUSIONE (n. DM e data)
Alpi Orientali	30 dicembre 2013	247 del 20 novembre 2015
Padano	12 marzo 2015 Verifica di Assoggettabilità 16 settembre 2014	107 del 29 aprile 2016
Appennino Settentrionale	14 gennaio 2015	34 del 16 febbraio 2016
Pilota Serchio	5 settembre 2014	50 del 02 marzo 2016
Appennino Centrale	27 marzo 2015 Verifica di Assoggettabilità 19 agosto 2014	49 del 02 marzo 2016
Appennino Meridionale	15 ottobre 2014 Verifica di Assoggettabilità 07 marzo 2014	86 del 07 aprile 2016
Sardegna	30 dicembre 2014	108 del 29/04/2016
Sicilia	30 aprile 2015	58 del 14/03/2017

Tabella 2 Procedura di VAS sui PGRA di Distretto

DISTRETTO IDROGRAFICO (con link alla documentazione del PGRA)	PGRA			
	ADOZIONE (n. Del./D.P.* e data)	APPROVAZIONE IN COMITATO ISTITUZIONALE INTEGRATO (n. Del.* e data)	REPORTING CE (a livello di UoM)	APPROVAZIONE IN CONSIGLIO DEI MINISTRI E PUBBLICAZIONE IN GAZZETTA UFFICIALE
Alpi Orientali	Del. n. 1 del 17 dicembre 2015	Del. n. 1 del 03 marzo 2016	22 marzo 2016	27 ottobre 2016 G.U. n. 29 del 04 febbraio 2017
Padano	Del. n. 4 del 17 dicembre 2015	Del. n. 2 del 03 marzo 2016		27 ottobre 2016 G.U. n. 30 del 06 febbraio 2017
Appennino Settentrionale	Del. n. 231 del 17 dicembre 2015	Del. n. 235 del 03 marzo 2016		27 ottobre 2016 G.U. n. 28 del 03 febbraio 2017
Pilota Serchio	Del. n. 181 del 17 dicembre 2015	Del. n. 184 del 03 marzo 2016		27 ottobre 2016 G.U. n. 28 del 04 febbraio 2017
Appennino Centrale	Del. n. 6 del 17 dicembre 2015	Del. n. 9 del 03 marzo 2016		27 ottobre 2016 G.U. n. 28 del 03 febbraio 2017
Appennino Meridionale	Del. n. 1 del 17 dicembre 2015	Del. n. 2 del 03 marzo 2016		27 ottobre 2016 G.U. n. 28 del 03 febbraio 2017
Sardegna	Del. n. 1 del 17 dicembre 2015	Del. n. 2 del 15 marzo 2016		27 ottobre 2016 G.U. n. 30 del 06 febbraio 2017
Sicilia	D.P. n. 47/Serv.5/S.G. del 18 febbraio 2016	-		-

Tabella 3 Sinottico stato attuazione iter approvazione PGRA

4.2 QUADRO NORMATIVO REGIONALE DI RIFERIMENTO

4.2.1 PIANO STRAORDINARIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO


Come già accennato il Decreto Legge n. 132/99 dispone che entro il 31 ottobre 1999, le autorità di bacino e le regioni approvino, in deroga alle procedure della legge 183/89, i piani straordinari diretti a rimuovere le situazioni a più alto rischio.

Il Piano straordinario deve contenere l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico "molto elevato" per garantire l'incolumità delle persone e la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale e culturale. Per dette aree devono essere adottate le misure di salvaguardia che, in assenza di piani stralcio, rimangono in vigore sino all'approvazione di detti piani.

Con Decreto 4 luglio 2000, n.298, l'Assessore Regionale del Territorio e Ambiente ha adottato il Piano Straordinario di bacino per l'assetto idrogeologico, ai sensi del comma 1 bis del Decreto Legge n.180/98. Nel Piano sono stati individuati 57 bacini idrografici principali e all'interno di questi individuate le aree a rischio "elevato" o "molto elevato" per frana e per inondazione su cartografia in scala 1:50.000. In tali aree sono state adottate le misure di salvaguardia transitorie comportanti limitazioni d'uso al fine di mitigare le condizioni di rischio.

Nell'Aggiornamento del Piano Straordinario, approvato con D.A. n. 543 del 22/7/02, erano state individuate le aree territoriali intermedie ai sopraelencati bacini idrografici principali.

Nel P.A.I. vengono elencati i bacini idrografici di tutti i corsi d'acqua aventi sbocco a mare e le aree comprese tra una foce e l'altra, raggruppandoli, dal punto di vista geografico, nei tre versanti siciliani:

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

settentrionale, meridionale ed orientale.

Considerata la vastità territoriale della Regione e in conformità a quanto stabilito dall'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89 che ha previsto la facoltà di redigere il Piano di bacino per stralci che possono riguardare sottobacini o settori funzionali, l'Assessore al Territorio e Ambiente ha individuato, con D.A. n. 176/S9 del 4/4/02, ai sensi e per gli effetti dell'art. 130 della Legge regionale 3 maggio 2001 n° 6, i bacini idrografici prioritari dai quali iniziare il progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

4.2.2 PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI ADOTTATO E QUADRO CONOSCITIVO DELLE CRITICITA' IDRAULICHE

La regione Sicilia con Decreto Presidenziale n° 47 del 18/02/2016 ha adottato il progetto di Piano di Gestione del Rischio Alluvioni per il suo territorio, sul quale ha acquisito, con decreto n° 58 del 14/03/2017 del Ministero dell'Ambiente di concerto con il ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, giudizio positivo di compatibilità ambientale VIA -VAS, con condizioni raccomandazioni e osservazioni. Ad oggi è in corso, da parte della Regione Sicilia, l'adeguamento e l'assoggettamento degli elaborati del PGRA, alle condizioni, osservazioni e raccomandazioni espresse nel parere della Valutazione Ambientale Strategica approvata.

A conclusione dell'iter di approvazione del PGRA per la Sicilia, necessita ancora, il parere favorevole della Conferenza Stato-Regioni e l'approvazione definitiva del Consiglio dei Ministri.

Nelle more di approvazione del PGRA da parte del Consiglio dei Ministri, si riportano le Mappe della pericolosità e del rischio alluvione e le aree critiche che interessano il tracciato ferroviario in progetto.

4.2.2.1 Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione

La Direttiva 2007/60, così come recepita dal D.Lgs 49/2010, stabilisce la redazione di mappe della pericolosità da alluvione in scala preferibilmente non inferiore a 1:10.000 ed, in ogni caso, non inferiore a 1:25.000. L'articolo 6 dello stesso Decreto dispone la predisposizione delle mappe di pericolosità e di rischio di alluvione che devono indicare le aree geografiche potenzialmente allagabili con riferimento a tre scenari:

- a. alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (bassa probabilità);
- b. alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (media probabilità);
- c. alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (elevata probabilità).

Nel territorio regionale, le attività finalizzate alla mappatura della pericolosità e del rischio ai sensi dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010 sono state sviluppate con l'obiettivo di avviare il processo di elaborazione del Piano di Gestione in modo da adempiere alle prescrizioni normative comunitarie e statali, partendo dalla valorizzazione degli studi svolti nell'ambito dei Piani per l'assetto idrogeologico (PAI). Pertanto, in



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
BYPASS AUGUSTA**

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R14	RIID0001001A	B	14 di 37

relazione alle risorse disponibili e alle scadenze temporali stabilite, si è proceduto prioritariamente nella valutazione e nell'omogeneizzazione dei PAI vigenti anche al fine di avviare il loro aggiornamento in relazione alle successive scadenze stabilite dal decreto legislativo 49/2010.


I bacini idrografici siciliani per i quali, al momento sono state individuate e pubblicate le mappe riportanti le aree di pericolosità e di rischio, desunte dal PAI, vengono di seguito riportati nella tabella 1, con il relativo codice identificativo di bacino.

Per tutte le altre aree, individuate in fase di valutazione preliminare nei P.A.I., per le quali non sono al momento disponibili i dati richiesti dalla Direttiva (siti d'attenzione o aree a rischio), il PGRA riporta che si procederà con studi di aggiornamento e approfondimento per completare le valutazioni necessarie e/o per produrre i livelli informativi stabiliti dalla normativa.

Codice	Bacini Idrografici Siciliani - Piano Gestione Rischio Alluvioni
--------	---

004	BACINO FIUME NICETO
009	BACINO FIUME TERMINI
018	BACINO FIUME INGANNO
019	BACINO FIUME FURIANO
024 025	BACINO FIUME TUSA
026 027 028 029	BACINO FIUME POLLINA E BACINO FIUME ROCCELLA
030	BACINO FIUME IMERA SETTENTRIONALE
031 031A 032	BACINO FIUME TORTO E AREE CONTERMINI
033	BACINO FIUME SAN LEONARDO (PA)
034 035 036	BACINO FIUME MILICIA E AREE CONTERMINI
037 038	BACINO FIUME ELEUTERIO E AREE CONTERMINI
039 040	BACINO FIUME ORETO E AREE CONTERMINI
041 042	BACINO FIUME NOCELLA E AREE CONTERMINI
043	BACINO FIUME JATO
044 045 046	BACINO FIUME SAN BARTOLOMEO E AREE CONTERMINI
050 051	BACINO FIUME BIRGI E AREE CONTERMINI
054	BACINO FIUME ARENA
057	BACINO FIUME BELICE
058	BACINO FIUME CARBOJ E AREE CONTERMINI
061 061A	BACINO FIUME VERDURA E AREE CONTERMINI
062	BACINO FIUME MAGAZZOLO
063	BACINO FIUME PLATANI
067	BACINO FIUME SAN LEONE
068	BACINO FIUME NARO
073 074 075 076	BACINO TORRENTE COMUNELLI TORRENTE RIZZUTO E AREE CONTERMINI
077	BACINO FIUME GELA E AREE CONTERMINI
087	BACINO FIUME ASINARO E AREE CONTERMINI
091	BACINO FIUME ANAPO
093	BACINO FIUME SAN LEONARDO
094	BACINO FIUME SIMETO
095	BACINO CATANIA IONICA
101	BACINO FIUME FIUMEDINISI.

Tabella 4 Elenco Bacini Idrografici siciliani con mappe di pericolosità e rischio alluvioni

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

4.2.2.2 Le mappe del rischio

Il Decreto Legislativo 49/2010 prevede che le mappe del rischio di alluvioni indichino le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari di pericolosità idraulica e prevedono le 4 classi di rischio di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 29 settembre 1998, (pubblicate G.U. n. 3 del 5 gennaio 1999), espresse in termini di:

- d. numero indicativo degli abitanti potenzialmente interessati;
- e. infrastrutture e strutture strategiche (autostrade, ferrovie, ospedali, scuole, etc.);
- f. beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse presenti nell'area potenzialmente interessata;
- g. distribuzione e tipologia delle attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata;
- h. impianti di cui all'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, che potrebbero provocare inquinamento accidentale in caso di alluvione e aree protette potenzialmente interessate, individuate all'allegato 9 alla parte terza del decreto legislativo n. 152 del 2006;
- i. altre informazioni considerate utili dalle autorità di bacino distrettuali, come le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di sedimenti.

Per quanto riguarda quindi, l'individuazione e mappatura del rischio idraulico, la normativa indica i criteri di massima sia per la valutazione degli elementi esposti sia delle condizioni di rischio, confermando la validità delle indicazioni già fornite nel D.P.C.M. 29/09/98 aggiungendo e/o dettagliando gli aspetti relativi al numero di abitanti potenzialmente esposti e alla presenza di impianti IPPC-AIA e di aree protette.

Le mappe di rischio sono il risultato del prodotto della pericolosità e del danno potenziale in corrispondenza di un determinato evento:

$$\mathbf{R} = \mathbf{P} \times \mathbf{E} \times \mathbf{V} = \mathbf{P} \times \mathbf{Dp}$$

Ove:

- **P** (pericolosità): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità;
- **E** (elementi esposti): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale;
- **V** (vulnerabilità): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;
- **Dp** (danno potenziale): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto;

- **R** (rischio): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità

La Vulnerabilità assume valori compresi tra 0 (struttura non vulnerabile) e 1 (struttura molto vulnerabile) e in questa prima fase è stata assunta cautelativamente pari a 1.

Per quanto riguarda il danno potenziale l'analisi è stata condotta in modo qualitativo associando le categorie di elementi esposti a condizioni omogenee di danno potenziale attribuendo peso crescente da 1 a 4.

Negli elaborati cartografici in scala 1:10.000 denominati "Rischio e pericolosità idraulica ai sensi del dell'art. 6 del D.Lgs 23/02/2010 n. 49", sono riportate le aree a rischio secondo la classificazione del DPCM 29 settembre 1998 distinte in:

- **R4** (rischio molto elevato);
- **R3** (rischio elevato);
- **R2** (rischio medio);
- **R1** (rischio moderato o nullo):.

Il PGRA per ciascuna area elabora una prima valutazione economica del Danno in prospettiva di un analisi costi benefici secondo la metodologia utilizzata al momento di tipo semplificato riportata nell'allegato "Analisi costi benefici - Valutazione economica del danno atteso e analisi economiche".

4.2.2.3 Le aree critiche


Nel corpo del PGRA, vengono individuate alcune aree critiche, e precisamente:

- i "Siti di attenzione" dei Piani per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) di competenza dell'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente;
- le aree potenzialmente a rischio individuate nei piani di protezione civile comunali e intercomunali in tema di rischio idrogeologico, meglio identificate come "Nodi *idraulici classificati*" e "Aree *allagabili soggette ad onde anomale*";

per le quali la Regione Sicilia si riserva in futuro di effettuare studi e indagini necessari per la classificazione dell'effettivo livello di pericolosità e di rischio. In queste aree critiche, nelle more di classificazione del rischio, l'art.6 delle Norme di attuazione, disciplina gli interventi di edilizia e trasformazione del territorio. Per la realizzazione di interventi classificati come E3 (Ferrovie) ed E4 prevede la verifica di compatibilità idraulica.

4.2.2.4 I siti d'attenzione

Nell'elaborazione dei Piani per l'Assetto Idrogeologico gli studi idrologici e idraulici effettuati hanno portato all'individuazione di aree di pericolosità idraulica. Sono emerse oltre alle aree di pericolosità aree indicate

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

come siti di attenzione.

Tali aree concorrono a definire il quadro conoscitivo di base per la valutazione preliminare del rischio e vanno intese come aree su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità.

Per tali aree il PGRA prevede la successiva elaborazione di studi di aggiornamento e approfondimento per completare le valutazioni necessarie e/o per produrre i livelli informativi per la individuazione della pericolosità e rischio in conformità a quanto previsto dalla Direttiva per il successivo ciclo di pianificazione e contestualmente per aggiornare e integrare i P.A.I. vigenti relativamente ai corsi d'acqua e ambiti territoriali o nuove aree soggette a fenomeni di allagamento.

4.2.2.5 I nodi idraulici critici per l'attività di protezione civile

Il Dipartimento Regionale della Protezione Civile ha fornito un primo contributo alla redazione del Piano nella prospettiva di avviare sin d'ora alla successiva fase di valutazione preliminare effettuando un censimento finalizzato a individuare le interferenze tra reticolo idrografico e impatto antropico che può costituire fonte di criticità.

Il Dipartimento ha sintetizzato i risultati in uno studio (Dipartimento Regionale della Protezione Civile Servizio Regionale Rischi Idrogeologici E Ambientali- Rapporto Preliminare Rischio Idraulico in Sicilia- versione 4-2014), cui si rinvia per una più completa analisi. Lo studio non fa riferimento a eventi specifici, né a calcoli idrologici o idraulici o a mappe di rischio, e viene proposto come strumento di prevenzione nel quadro delle attività di protezione civile. Esso, quindi, è da considerarsi come il presupposto per l'implementazione delle attività di ricognizione e di presidio territoriale individuate tra le misure di piano.


Lo studio, in sintesi, evidenzia la presenza di diffuse anomalie idrauliche soprattutto nell'ambito del reticolo idrografico minore e, in corrispondenza degli agglomerati urbani schematizzabili nelle due seguenti categorie:

- interferenze tra corsi d'acqua e viabilità:
- interferenze tra corsi d'acqua e edificato.

Tali interferenze, intese come intersezioni tra viabilità e corsi d'acqua o qualsivoglia situazione per la quale sia temibile una situazione di potenziale rischio relativa all'interferenza tra acque superficiali ed elementi antropici, assumono la definizione di "Nodi Idraulici" che, in occasione di eventi estremi di natura meteorologica, possono determinare situazioni di criticità anche gravi.

In apposite mappe generali vengono riportati tutti i nodi idraulici potenzialmente critici, censiti con l'utilizzo di Google Earth Pro (con nuove immagini al 2015) e di Street View.

In tale lavoro l'identificazione dei "nodi censiti" non è supportata da alcuna valutazione di rischio, anche in

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

relazione al fatto che la classificazione del rischio dipende da condizioni al contorno, quale per esempio l'officiosità degli attraversamenti osservata al momento del sopralluogo, che possono mutare nel tempo e pure durante i fenomeni di piena.

Pur tuttavia le mappe riportano tra tutti i nodi censiti i nodi non classificati e i nodi a classificazione del rischio idraulico in: Basso, Moderato, Elevato e Molto Elevato.

Classificazione da intendersi come indirizzo da seguire nell'ambito del modello di intervento della pianificazione di protezione civile, tenendo ben presente che si è in presenza di contesti dinamici, cioè dipendenti da una serie di circostanze che possono cambiare nel tempo.

In sintesi, il Rapporto Preliminare sul Rischio Idraulico della Protezione Civile riporta: *“Pertanto, esso, non può essere in alcun modo utilizzato per analisi o attestazioni di pericolosità o di rischio idraulico e idrogeologico ma soltanto come base di conoscenza preliminare per eventuali successivi approfondimenti finalizzati alla redazione dei Piani comunali e intercomunali di protezione civile o per altri studi di pianificazione e gestione del territorio”*.

4.2.2.6 Mappe delle aree allagabili a seguito di onde anomale

Il Dipartimento della Protezione Civile, nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, ha pubblicato il rapporto “Mappe allagabili a seguito di onde anomale”.

Estratto dal rapporto:

Nel rapporto improvvisi innalzamenti del livello del mare sono stati denominati “onde anomale”, intendendo con tale termine sia i fenomeni classicamente associati a eventi sismici, sia quelli che possono essere provocati, per quello che si sa, anche da frane sottomarine o da particolari condizioni atmosferiche (come, per esempio, il “marrobbio”).

A fini di protezione civile, ovviamente, si tende a ragionare in termini di previsione e prevenzione; pertanto, di un fenomeno occorre riconoscere i precursori di evento e ipotizzarne i possibili effetti al suolo. Con tali presupposti, bisognerebbe possedere gli strumenti di rilevazione per identificare l'occorrenza di un evento che possa causare le “onde anomale”.

Al momento, si attende che la comunità scientifica, insieme al Dipartimento della Protezione Civile, diano indicazioni al riguardo; tuttavia, considerato che la conoscenza della vulnerabilità potenziale al rischio di inondazione delle aree costiere costituisce un importante presupposto per avviare, da subito, le necessarie attività di prevenzione, il Dipartimento Regionale della Protezione Civile, ai sensi del Decreto Legislativo n. 112/98, ha inteso fornire un contributo affinché gli Enti Locali siano messi nella possibilità di predisporre o aggiornare le proprie pianificazioni di emergenza per questo tipo di rischio.

Sono state così predisposte, per alcune aree costiere, le “Mappe delle aree allagabili a seguito di onde anomale” che, pur non tenendo conto di una serie di parametri importanti per la simulazione (un-up,




**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
BYPASS AUGUSTA**

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R14	RIID0001001A	B	20 di 37

energia dell'onda, presenza di ostacoli, profondità dei fondali, ecc.), permettono di definire i contorni delle zone che, potenzialmente, potrebbero essere soggette all'ingressione marina causata da un generico innalzamento improvviso e repentino del livello del mare.

In assenza di modelli di propagazione delle onde di marea, è stato scelto di adoperare un criterio statico (le quote sul livello del mare da 0 a 12 metri, in 4 classi) indipendentemente dalla causa scatenante. Pur nella semplificazione della metodologia, in tal modo si ha comunque la possibilità di individuare le infrastrutture che potrebbero essere coinvolte e di avviare una pianificazione di emergenza calibrata per il tipo di problematica in esame.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B	FOGLIO 21 di 37

1.1 AUTORITA' DI BACINO - DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SICILIA -

In data 8 maggio 2018 con Legge Regionale n° 8 “Disposizioni programmatiche e correttive per l’anno 2018. Legge di stabilità regionale”, in forza dell’art. 3 è stata istituita “l’Autorità di bacino del distretto idrografico della Sicilia”.

In ottemperanza alla legge 183/1989 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”, che all’articolo 12, istituisce le Autorità di bacino per i bacini idrografici di rilievo nazionale e successivamente ai sensi dell’art. 63 decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e successive modifiche ed integrazioni è stata istituita, presso la Presidenza della Regione, l’Autorità di bacino del distretto idrografico della Sicilia.

Con DPRS n° 627 del 29/11/2018 “Costituzione del Comitato Tecnico Scientifico dell’Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia [Dipartimento dell’acqua e dei rifiuti]” è stato costituito un “Comitato tecnico-scientifico” per fornire all’Autorità di Bacino consulenza sulle tematiche tecniche.

4.3 INQUADRAMENTO AREA A PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Il tracciato non ricade in alcuna area a pericolosità idraulica, come mostrato nello stralcio a seguire:

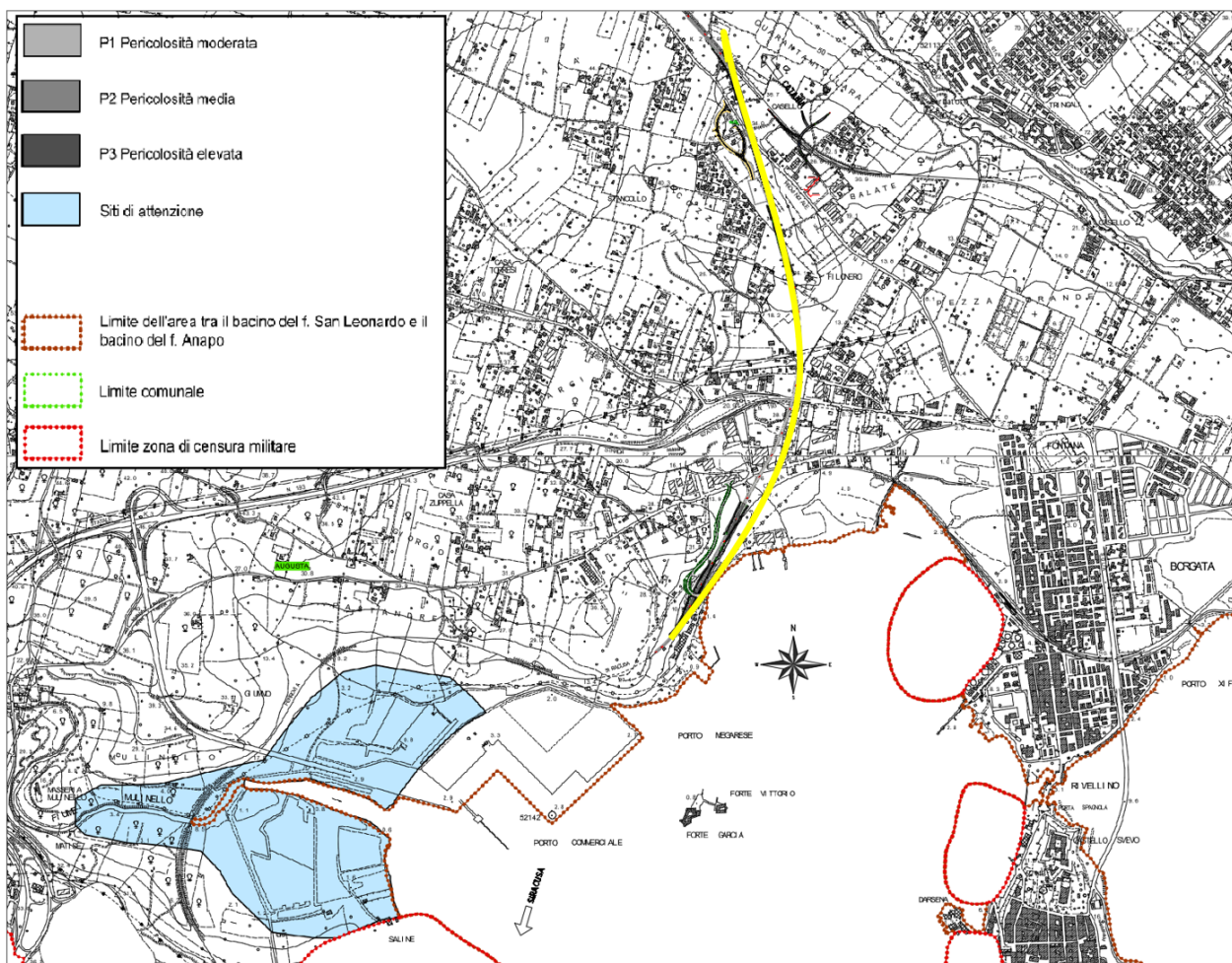



Tabella 5 - Stralcio delle aree a pericolosità idraulica e linea ferroviaria in progetto (in giallo)

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

5 ANALISI GEOMORFOLOGICA BACINI IDROGRAFICI

Sulla base dei dati cartografici di partenza, il tracciato di progetto non interferisce con corsi d'acqua o aste idrauliche minori. È stata comunque condotta un'analisi GIS atta all'estrazione dei bacini idrografici dell'area interessata e il suddetto studio ha confermato l'assenza di compluvi significativi.

Tuttavia, al fine di dimensionare la rete di fossi di guardia a presidio dei corpi stradali e ferroviari, sono state individuate le aree scolanti afferente a tale rete, riportate nell'elaborato "Corografie di bacini idrografici" (RS6000R14C5ID0001001A).

6 ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI

L'analisi pluviometrica è stata condotta sia tramite l'elaborazione statistica dei dati pluviometrici (Metodo Gumbel), sia applicando il metodo di regionalizzazione delle piogge, in base alle procedure definite dal Progetto VA.PI. (Valutazione Piene) elaborato per la Regione Sicilia. I richiami fondamentali teorici relativamente alle due metodologie vengono riportati nell'Appendice A.

La stazione pluviometrica di riferimento per le analisi è la stazione di Augusta.


6.1 METODO DI GUMBEL

Per la stazione pluviometrica di interesse sono riportate le serie storiche delle altezze massime di pioggia annue di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore ed i valori statistici, media e deviazione standard.

Per assegnato tempo di ritorno, si è quindi calcolata con la legge di Gumbel l'altezza massima probabile, per ogni durata, e successivamente determinati, mediante regressione lineare, i parametri delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica relative alle precipitazioni intense nella forma monomia esponenziale:

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

Nell'Appendice B sono riportati i massimi annuali registrati per la Stazione di Augusta.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

6.2 METODO VA.PI. SICILIA

In questo capitolo si illustreranno i risultati del Progetto VAPI Sicilia per la stima delle precipitazioni di assegnato tempo di ritorno per il territorio insulare. Questa sintesi è stata articolata con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, *Valutazione delle Piene in Sicilia* [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993].

La valutazione delle curve di possibilità pluviometrica (piogge intense) e la stima delle portate di piena viene condotta secondo i criteri sviluppati dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche nell'ambito del Progetto VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) e pubblicati nel rapporto *Valutazione delle Piene in Sicilia* [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993], a cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento.

Nell'ambito di tale studio si è utilizzata l'informazione pluviografica e idrometrica raccolta dal Servizio Idrografico Italiano elaborando tecniche di analisi statistica a scala regionale ed applicando la legge di distribuzione a doppia componente su tre livelli successivi di regionalizzazione.

6.3 CURVA POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA - MODELLO PROBABILISTICO REGIONALE TCEV


Nel primo livello di regionalizzazione, nell'ipotesi che la Sicilia fosse una zona pluviometrica omogenea si è testata l'applicabilità della legge di distribuzione TCEV (Two Component Extreme Value distribution) o legge di distribuzione a doppia componente.

Il modello probabilistico su base regionale TCEV ipotizza la serie dei massimi annuali come provenienti da due diverse popolazioni di dati legati a due differenti fenomenologie meteorologiche. I valori estremamente più elevati degli altri ma rari e una componente base o ordinaria che assume valori non elevati ma frequenti.

L'altezza di precipitazione $h(t, T)$ di durata generica t e tempo di ritorno T , secondo tale metodo si scrive:

$$h_{t,T} = h'_{t,T} \cdot \mu$$

Con $h'_{t,T}$, curva di crescita, variabile dipendente dalla sottozona geografica in cui è stata divisa la Sicilia,

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

dalla durata t e dal tempo di ritorno T , e μ media teorica della variabile idrologica nella legge probabilistica.

6.3.1 Curva di crescita

Il secondo livello di regionalizzazione suddivide il territorio siciliano in tre “sottozone omogenee” denominate A, B e C e definite rispettivamente:

- A. Sottozona Ovest, delimitata ad Est dallo spartiacque del F. Imera Meridionale e del F. Pollina.;
- B. Sottozona Nord-Est, delimitata dai bacini del F. Pollina a Ovest e del F. Salso-Simeto a Sud;
- C. Sottozona Sud-Est, delimitata a Nord dal bacino Salso-Simeto e ad Ovest dallo spartiacque del F. Imera Meridionale.

Per ciascuna sottozona lo studio VAPI fornisce l’espressione esplicita approssimata, valida per tempi di ritorno superiori a 10 anni, della curva di crescita (cioè la legge di distribuzione della variabile adimensionale $h' = x/\mu$, avendo indicato con x la variabile idrologica e con μ il valore medio teorico della legge TCEV).

Per la sottozona A la curva vale:

$$h'_{t,T} = 0.5391 - 0.001635 t + (0.0002212 t^2 + 0.00117 t + 0.9966) \log T ;$$

Per la sottozona B la curva vale:

$$h'_{t,T} = 0.5135 - 0.002264 t + (0.000198 t^2 + 0.00329 t + 1.0508) \log T ;$$

Per la sottozona C la curva vale:

$$h'_{t,T} = 0.5015 - 0.003516 t + (0.000372 t^2 + 0.00102 t + 1.0101) \log T ;$$

nella quale t indica la durata di precipitazione e T il tempo di ritorno.

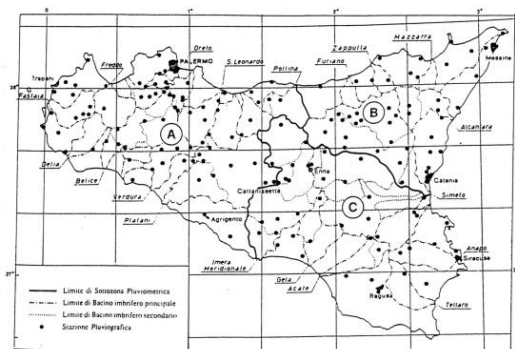


Figura 2 - Suddivisione in sottozone omogenee effettuata nell’ambito del progetto VAPI



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
BYPASS AUGUSTA**

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R14	RIID0001001A	B	26 di 37

Media teorica

Nel terzo livello di regionalizzazione, si sono confrontate le medie teoriche μ con le medie campionarie M_c , riscontrando che possono ritenersi, con buona approssimazione, coincidenti. Pertanto, è stato possibile determinare un legame tipo monomio per la media M_c , relativa alle durate di precipitazione considerate (1, 3, 6, 12 e 24 ore), secondo l'espressione:

$$\mu = M_c(t) = a t^n.$$

Si riportano di seguito i valori delle costanti a ed n per la stazione di Augusta, ricadente nella sotto-zona C secondo metodologica VAPI.

Cod.	Stazione	Bacino appartenenza	a	n	zona	Provincia	Altitudine
128	Augusta	Anapo	38,9	0,2975	C	Siracusa	15,00

6.3.2 Elaborazioni Curve di Possibilità Pluviometrica $T_r = 50, 100, 200$ e 300 anni

L'espressione della curva di possibilità pluviometrica delle piogge di breve durata (1-3-6-12-24 ore) secondo il metodo TCEV, benché matematicamente definita assume una forma complessa diversa dalla forma canonica

$$h = a t^n.$$

Al fine di riportare le CPP in forma canonica, si sono calcolati, per assegnato tempo di ritorno, i valori delle altezze di pioggia probabili al variare della durata t .

Correlando i due campioni di dati ottenuti, su di un piano logaritmico si sono trovati i parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica nella forma classica, per assegnato T_r .

Le variazioni dei valori così ottenuti, da quelli originari, risultano contenuti entro un range di $\pm 3\%$, valore che risulta compatibile con il grado di precisione dell'indagine idrologica effettuata.

6.4 CONFRONTO GUMBEL-VAPI

Si riportano di seguito i parametri delle curve di possibilità pluviometriche della Stazione pluviometrica di Augusta, elaborati con il metodo di Gumbel e con il Metodo VAPI, per durate superiori e inferiori all'ora.

6.4.1 Altezze di pioggia per durate superiori all'ora

GUMBEL $h>1h$		
Tr	a	n
anni	mm/ora ⁿ	-
1	19.42	0.153
2	39.34	0.258
5	59.93	0.291
10	73.51	0.302
25	90.66	0.311
30	94.02	0.312
50	103.37	0.316
100	115.99	0.320
200	128.55	0.322
300	135.89	0.324

VAPI $h>1h$		
Tr	a	n
anni	mm/ora ⁿ	-
1	19.37	0.298
2	31.22	0.298
5	46.87	0.298
10	58.72	0.298
25	74.38	0.298
30	77.49	0.298
50	86.22	0.298
100	98.07	0.298
200	109.91	0.298
300	116.84	0.298

Tabella 6 - Altezze di pioggia per durate superiori all'ora

Ai fini del presente studio idrologico, a favore di sicurezza, sono state adottate le curve di possibilità pluviometrica elaborate secondo il metodo di Gumbel, in quanto restituiscono valori maggiori rispetto a quelli ottenuti tramite l'applicazione della metodologia VAPI.

6.4.2 Altezze di pioggia per durate inferiori all'ora

Gli eventi di pioggia aventi durata inferiori all'ora, eventi brevi, seguono dinamiche meteorologiche diverse dagli eventi per durate maggiori dell'ora. Dal punto di vista tecnico è necessario stimare la curva di probabilità pluviometrica per durate inferiori all'ora ai fini della verifica e dimensionamento del sistema di drenaggio stradale e ferroviario.

E' stato dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia h , con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia h di durata pari a 60 minuti sia dipendente solo dalla durata t espresso in minuti per fissato tempo di ritorno:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = f(t)$$

Avendo indicato con f un simbolo funzionale.

Studi successivi hanno dimostrato il legame funzionale precedente esprimibile attraverso la semplice forma:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^s$$

In cui t è la durata dell'evento meteorico di durata inferiore all'ora ed espressa in minuti; s è un coefficiente che assume un diverso valore numerico in dipendenza della regione in esame. Nel caso in oggetto per la Sicilia (Ferro e Bagarello, Rainfall depth-duration relationship for South Italy, 1996) il coefficiente assume il valore di 0.386.

L'equazione pertanto assume l'espressione:

$$h_{t,T} = h_{60,T} \cdot \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

Ossia fissato un tempo di ritorno T:

$$h_{t,T} = a \cdot K_T \cdot \left(\frac{t}{60}\right)^{0.386}$$

con t in minuti.

GUMBEL h<1h		
Tr	a	n
anni	mm/minuti^n	-
1	4.00	0.386
2	8.10	0.386
5	12.34	0.386
10	15.14	0.386
25	18.67	0.386
30	19.36	0.386
50	21.28	0.386
100	23.88	0.386
200	26.47	0.386
300	27.98	0.386

VAPI h<1h		
Tr	a	n
anni	mm/minuti^n	-
1	3.99	0.386
2	6.43	0.386
5	9.65	0.386
10	12.09	0.386
25	15.31	0.386
30	15.95	0.386
50	17.75	0.386
100	20.19	0.386
200	22.63	0.386
300	24.06	0.386

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA BYPASS AUGUSTA					
	RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE	COMMESSA RS60	LOTTO 00	CODIFICA R14	DOCUMENTO RIID0001001A	REV. B

APPENDICE A

IL MODELLO PROBABILISTICO DI GUMBEL

Il primo metodo che verrà utilizzato per l'analisi dei dati di precipitazione è quello di Gumbel, il quale prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale (o di Gumbel, appunto) al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti.

La funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

Introducendo la variabile ridotta y :

$$y = \alpha(x-u)$$

si ha la forma canonica:

$$F(y) = e^{-e^{-y}}$$

I parametri α e u sono legati alla media e alla varianza della popolazione. Elaborando e ricavando i valori di media e varianza di ogni serie di dati riferiti ad una durata (1, 3, 6, 12, 24 ore di durata) si procede alla loro stima seguendo diversi metodi. Si otterranno parametri diversi per ogni durata di precipitazione.

Per una data durata di precipitazione, si ordinano le N altezze di precipitazione in ordine crescente e si numerano da 1 ad N . Ad ogni altezza di precipitazione si associa la relativa frequenza cumulata di non superamento, calcolata con la formula di Weibull:

$$F_i = \frac{i}{N+1}$$

A denominatore si ha $N+1$ in luogo di N per evitare che il più grande evento verificatosi sia caratterizzato da una frequenza cumulata di non superamento pari a 1: valore che rappresenta l'evento impossibile da superare.

Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si fonda sull'ipotesi di confondere la probabilità di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce, invece ad un campione della popolazione suddetta), cioè:

$$F(h_i) \cong F_i$$

La variabile ridotta da associare ad ogni altezza di precipitazione viene quindi calcolata come:

$$F(h_i) = F_i = F(y) = e^{-e^{-y}} \quad \text{e} \quad F_i = \frac{i}{N+1} \Rightarrow y_i = -\ln\left[-\ln\left(\frac{i}{N+1}\right)\right]$$

Con questa assunzione, la variabile ridotta y dipende solamente da h con la relazione lineare:

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

La stima dei parametri α e u si ottiene sfruttando il metodo dei momenti, in base al quale i parametri della distribuzione vengono ottenuti eguagliando la media campionaria alla media della distribuzione della popolazione. Otteniamo quindi per α e u le espressioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{S_h} \quad u = m_h - \frac{0.577}{\alpha}$$

Avendo posto S_h la deviazione standard e m_h la media del campione di dati.

Introducendo ora il concetto di tempo di ritorno, T_r , cioè il tempo che mediamente trascorre tra la realizzazione di un evento e di un altro di entità uguale o superiore, si riesce ad ottenere l'espressione che esprime le altezze di precipitazione in funzione del tempo di ritorno:

$$T_r(h) = \frac{1}{1 - F(h)} \Rightarrow F(h) = \frac{T_r - 1}{T_r}$$

$$e^{-e^{-\alpha(h-u)}} = \frac{T_r - 1}{T_r} \Rightarrow h = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[-\ln \left(\frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right]$$

Grazie al metodo di Gumbel è stata ricavata un'espressione analitica della funzione $h(T_r, \tau)$ che fornisce il valore di h in funzione del tempo di ritorno per una prefissata durata di precipitazione. Si vuole ora trovare un'espressione analitica che, per un dato tempo di ritorno, fornisca l'altezza di precipitazione in funzione della durata.

A questo scopo, si assegna alla funzione $h(T_r, \tau)$ la seguente forma:

$$h(T_r, \tau) = a(T_r) \tau^n$$

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica (o climatica).

L'intensità di precipitazione è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

$$j(T_r, \tau) = \frac{h(T_r, \tau)}{\tau} = a \tau^{n-1}$$

Passando alla notazione logaritmica, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica assume la forma lineare, e viene ottenuta interpolando i valori per regressione lineare ai minimi quadrati. Gli scarti da minimizzare sono quelli verticali, in quanto la misura di h soffre di maggiori incertezze rispetto a quella del tempo di precipitazione.

$$\log h = \log a + n \log \tau$$

MODELLO PROBABILISTICO TCEV (VAPI)

Il modello a doppia componente denominato TCEV (Rossi et al., 1984) ipotizza che i massimi annuali delle

precipitazioni non provengano tutti dalla stessa popolazione ma da due popolazioni distinte legate a differenti fenomeni meteorologici. Tale ipotesi è peraltro giustificata dalla presenza in quasi tutte le serie storiche di piogge di uno o più valori (outliers) nettamente maggiori degli altri al punto da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione dei rimanenti dati.

La funzione di probabilità cumulata del modello TCEV può essere espressa nella forma:

$$F_X(x) = \exp\left\{-\Lambda_1 \exp\left(-\frac{x}{\Theta_1}\right) - \Lambda_2 \exp\left(-\frac{x}{\Theta_2}\right)\right\}$$

La funzione ha quattro parametri, Λ_1 , Θ_1 , Λ_2 e Θ_2 . I parametri contraddistinti dal pedice 1 sono relativi agli eventi più frequenti (componente base) mentre quelli con pedice 2 si riferiscono ad eventi più gravosi e rari (componente straordinaria). Ognuna delle due componenti è, a tutti gli effetti, una legge di Gumbel.

I parametri Λ_1 e Λ_2 esprimono, rispettivamente per le due componenti, il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori ad una soglia. I parametri Θ_1 e Θ_2 esprimono invece la media di tali eventi.

Spesso è utile fare riferimento, anziché alla X , alla variabile standardizzata:

$$Y = \frac{X}{\Theta_1} - \ln \Lambda_1$$

caratterizzata dalla funzione di probabilità cumulata:

$$F_Y(y) = \exp\left\{-\exp(-y) - \Lambda_* \exp\left(-\frac{y}{\Theta_*}\right)\right\}$$

nella quale risulta:

$$\Theta_* = \frac{\Theta_2}{\Theta_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\Theta_*}}$$

L'espressione completa della funzione di probabilità cumulata della TCEV può essere ulteriormente semplificata facendo riferimento alla variabile adimensionale $K_{t,Tr} = X_{t,Tr}/\mu(X_t)$ dove con $\mu(X_t)$ è stato indicato il *valore indice* (la media della variabile). La funzione di probabilità cumulata di questa nuova variabile $K_{t,Tr}$ è la cosiddetta *curva di crescita* la quale dipende dai parametri Λ^* , Θ^* , Λ_1 e Θ_1 , l'ultimo dei quali è rappresentabile analiticamente in funzione della media.

Tale curva risulta avere validità nell'ambito di sottozone omogenee e rappresenta uno strumento attraverso il quale, a partire da $K_{t,Tr}$, nell'ambito delle suddette sottozone, è sufficiente determinare la media della variabile ($\mu(X_t)$) per avere la distribuzione di probabilità finale.

$$F_X(x) = \mu(X_t) K_{t,Tr}$$

APPROCCIO GERARCHICO ALLA STIMA REGIONALE DEI PARAMETRI

Si sono già evidenziate le relazioni che intercorrono tra momenti teorici e parametri della distribuzione TCEV. Su queste relazioni si basa la strutturazione regionale della stima dei parametri del modello TCEV, in particolare con riferimento ai momenti del secondo e del terzo ordine.

Va innanzitutto detto che mediante l'espressione dei momenti teorici del modello TCEV, si dimostra che il coefficiente di variazione teorico dipende da Λ^* , Θ^* e Λ_1 ed è quindi indipendente da Θ_1 , mentre il coefficiente di asimmetria teorico dipende da Λ^* e Θ^* ed è quindi indipendente da Λ_1 e Θ_1 .

La stima su base regionale di parametri dipendenti da momenti di ordine elevato si rende necessaria in quanto i coefficienti di asimmetria e di variazione campionari, espressi rispettivamente dalle relazioni

$$C_A = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3}{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right]^{3/2}} \quad C_V = \frac{N}{\sqrt{N-1}} \cdot \frac{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \right]^{3/2}}{\sum_{i=1}^N x_i}$$

stimati dalle serie storiche dei massimi annuali delle portate istantanee, o delle piogge di fissata durata, presentano una variabilità spaziale che nell'ambito di vaste aree non è superiore alla variabilità campionaria. In altri termini, presentano variabilità campionaria molto elevata, ma bassa variabilità spaziale.

Ciò consente di ipotizzare l'esistenza di regioni nelle quali si può ammettere che i valori teorici di tali momenti siano costanti.

La procedura di regionalizzazione adottata nello studio regionale è di tipo gerarchico strutturata su tre livelli:

I° Livello di regionalizzazione:

Si assume che il coefficiente di asimmetria C_A sia costante in una regione molto ampia (l'intera Italia Appenninica ed insulare ad eccezione della Sardegna). Ciò implica, per quanto detto in precedenza, la costanza dei parametri Λ^* e Θ^* del modello TCEV nella medesima zona.

Inoltre in una regione omogenea rispetto a Λ^* e Θ^* , risulta unica la funzione di probabilità cumulata della variabile standardizzata Y , in quanto essa dipende soltanto dai due suddetti parametri del modello. In assenza di dati sufficienti a mettere in discussione localmente la validità di questa assunzione, si pone che ovunque Λ^* e Θ^* assumano i valori calcolati nell'ambito della zona unica.

II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione si assume che la regione omogenea rispetto a Λ^* e Θ^* possa suddividersi in sottozone in cui il coefficiente di variazione C_V risulti costante, nel senso che vari con piccoli scarti di disturbo spaziale intorno a valori medi differenti da una zona all'altra.

Per il modello TCEV questo si traduce nella costanza del parametro Λ_1 , nella sottozona omogenea, oltre che di Λ^* e Θ^* . Il valore di Λ_1 relativo alla sottozona va stimato utilizzando tutti i dati disponibili nella zona.



**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
BYPASS AUGUSTA**

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R14	RIID0001001A	B	34 di 37

Se si individua una sottozona omogenea rispetto a Λ_1 la variabile $K_{t,T} = X_{t,T} / \mu(X_t)$ risulta identicamente distribuita, si ha cioè una curva di crescita unica per l'intera sottozona.

III° Livello di regionalizzazione

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nell'individuazione di aree omogenee nelle quali sia possibile determinare le relazioni che legano la media $\mu(X_t)$ (valore indice) alle caratteristiche fisiche di interesse. Infatti la variabilità della pioggia indice $\mu(X_t)$ con le caratteristiche morfologiche (es. quota) e climatiche è tale che l'ipotesi basata sulla ricerca di aree con $\mu(X_t)$ costante è applicabile solo per le piogge e spesso non è verificata.

Nell'analisi delle piogge orarie per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la curva di probabilità pluviometrica:

$$\mu(X_t) = a t^n$$

APPENDICE B

ALTEZZE DI PIOGGIA ANNUALI MASSIME

RELATIVE A 1,3,6,12,24 ORE

Dati Ufficiali rilevati dagli annali idrologici pubblicati dal Servizio Idrografico

Stazione

del Ministero dei LL.PP.

 Pluviometrica : **AUGUSTA**

 Bacino : **ANAPO**

 Provincia : **SIRACUSA**

 Altitudine = **15,00**

(m.s.m.)

ANNO	INTERVALLO DI ORE				
	1 [mm]	3 [mm]	6 [mm]	12 [mm]	24 [mm]
1951	38,00	75,40	107,60	203,40	280,40
1952	40,00	78,00	83,20	83,40	83,40
1953	82,80	84,60	91,60	102,40	158,20
1954	28,80	50,40	61,20	82,80	95,80
1956	37,60	42,80	46,00	46,00	60,20
1957	61,00	65,80	66,60	66,60	95,80
1958	18,60	27,60	29,40	32,00	36,20
1959	43,20	44,80	66,20	70,40	93,20
1960	26,40	36,00	48,00	59,40	64,60
1961	16,00	22,80	29,80	35,40	40,60
1962	23,20	54,00	65,40	71,20	71,20
1963	67,20	68,00	68,00	71,20	71,40
1964	25,20	47,20	53,40	75,20	88,20
1965	43,80	67,00	83,20	118,80	133,80
1966	38,40	47,20	61,60	62,00	68,60
1967	14,20	14,40	17,40	20,40	38,20
1968	19,60	34,20	36,40	42,00	60,60
1969	33,20	54,40	74,00	114,20	197,40
1970	66,60	188,60	292,60	297,00	299,80
1971	44,60	50,80	64,60	73,20	80,00
1972	17,40	26,80	35,20	52,20	53,80
1974	20,00	21,00	21,40	25,00	29,00

RELAZIONE IDROLOGICA GENERALE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS60	00	R14	RIID0001001A	B	36 di 37

1975	59,40	103,20	121,00	136,60	138,40
1976	38,00	52,60	54,20	56,00	56,40
1977	40,60	53,60	53,80	67,80	77,40
1978	26,40	38,20	58,20	73,40	76,00
1979	38,60	41,60	43,20	67,00	86,20
1981	43,00	73,40	83,40	84,00	87,40
1983	38,20	45,60	53,80	56,00	72,60
1985	100,00	192,00	261,00	265,40	321,60
1986	31,80	49,60	60,40	82,60	104,40
1989	16,80	23,20	30,60	38,00	44,20
1990	43,80	43,80	53,20	59,00	71,60
1991	55,00	62,40	63,80	63,80	64,00
1993	31,40	32,00	38,40	61,00	93,40
1994	32,00	42,20	44,80	53,00	53,00
1996	45,80	52,40	71,40	78,40	79,80
2003	63,00	92,00	94,20	122,20	138,80
2008	24,80	28,00	48,00	58,80	59,00
2009	36,40	39,40	66,00	67,80	67,80
2010	98,40	99,00	100,40	101,40	101,40
2011	49,00	53,60	66,60	67,20	94,20
2014	41,60	43,40	49,80	58,80	63,20
2015	90,00	127,00	130,00	130,60	148,60
2016	39,60	75,80	89,40	91,80	141,20
Media	41,99	59,24	71,96	83,22	98,69
Massimo	100,00	192,00	292,60	297,00	321,60
Minimo	14,20	14,40	17,40	20,40	29,00
Scarto	20,79	36,46	50,51	53,62	64,14

 Anni di osservazione
 n° : 45

Visionati gli annali dal 1916 al 2016.

I dati riportati sono quelli presenti nelle pubblicazioni originali.