



Realizzazione di un porticciolo turistico a Marina di Palma - I° Stralcio Funzionale

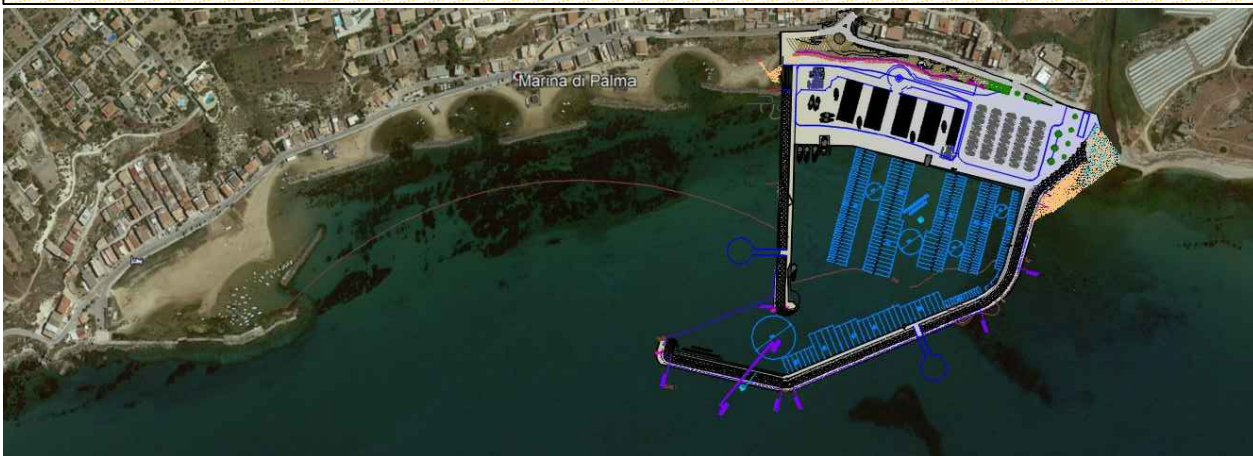
REGIONE SICILIANA - PROVINCIA DI AGRIGENTO

COMUNE DI PALMA DI MONTECHIARO

Comune di Palma di Montechiaro, via Fiorentino, 89, telefono: 0922 799001

email: info@comune.palmadimontechiaro.ag.it - p.e.c.: protocollo@comune.palmadimontechiaro.legalmail.it

Livello di Prog.: PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA



ELABORATI:

- A. RELAZIONE GENERALE E STUDI AMBIENTALI**
 - ☐ A.01 RELAZIONE TECNICO - ILLUSTRATIVA
 - ☐ A.02 STUDIO DI PREFATTIBILITÀ AMBIENTALE
- B. STUDI SPECIALISTICI**
 - ☐ B.01 STUDIO IDRAULICO MARITTIMO
 - ☐ B.02 STUDIO SEDIMENTOLOGICO
 - ☐ B.03 STUDIO IDROLOGICO
- C. ELABORATI GRAFICI STATO DI FATTO**
 - ☐ C.01 INQUADRAMENTO TERRITORIALE
 - ☐ C.02 STRALCI P.R.G. E PIANO DEL PORTO
 - ☐ C.03 RAPPORTO FOTOGRAFICO - RILIEVO BATIMETRICO
- D. ELABORATI GRAFICI DI PROGETTO**
 - ☐ D.01 PLANIMETRIA GENERALE DI PROGETTO
 - ☐ D.02 SEZIONI TIPOLOGICHE MOLO SOPRAFLUTTO
 - ☐ D.03 FOTORENDERING
- E. ELABORATI ECONOMICI**
 - ☐ E.01 CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA
 - ☐ E.02 CALCOLO COMPENSI E PARCELLE
 - ☐ E.03 QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO
- F. SICUREZZA**
 - ☐ F.01 PRIME INDICAZIONI E DISPOSIZIONI PER LA STESURA DEI PIANI DI SICUREZZA

VISTI:

I PROGETTISTI

Ing. Francesco Lazzaro

Geom. Felice Bonardi

VALIDAZIONE DEL R.U.P.

IL R.U.P.

Arch. Salvatore Di Vincenzo

DATA:

PALMA DI MONTECHIARO, ___/___/_____

SCALA:

REV.:



COMUNE DI PALMA DI MONTECHIARO

(Provincia di Agrigento)

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Realizzazione di un porticciolo turistico a Marina di Palma - I Stralcio Funzionale

STUDIO IDROLOGICO

PREMESSA

L'elaborato B.04 "STUDIO IDROLOGICO" è stato redatto per l'adozione del Piano Regolatore del Porto di Marina di Palma, approvato con D.Dir. n. 1022 del 15/11/2007 pubblicato sulla GURS n. 59 del 21/12/2007 dalla Regione Siciliana – Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, Dipartimento Regionale Urbanistica.

L'esigenza dello "Studio Idrologico del F. Palma" nasce dalla riconosciuta importanza di individuare con la maggiore esattezza possibile tutti i fattori fisici in gioco che possano essere coinvolti dagli interventi infrastrutturali previsti nel redigendo Piano Regolatore del Porto.

Il F. Palma interessa tale infrastrutturazione costiera per almeno due importanti ordini di ragioni, giacchè la sua foce insiste direttamente nel segmento litorale di Marina di Palma interessato da precedenti intense azioni antropiche e che oggi si vuole modificare con le opere pianificate:

- motivi di rischio da inondazioni: occorre identificare, seppur ad un livello preliminare, quale possa essere la capacità di portata del fiume, che, messa in relazione alla configurazione orografica, consenta di valutare sinteticamente i rischi derivanti per i manufatti ed eventualmente per gli uomini.

- motivi di trasporto solido: il F. Palma, trasferisce alla sua foce una certa portata solida che risulta fondamentale nel bilancio dei sedimenti costieri; l'individuazione della stessa, consente di determinare meglio, negli appositi studi che esulano dal presente ambito¹, quali siano gli effetti sulla linea di riva e quale sia la migliore configurazione portuale, con il duplice riguardo alla mitigazione dello squilibrio indesiderato della linea di riva e dell'interrimento del bacino protetto dalle nuove opere foranee e costiere.

Lo studio doveva riferirsi, in linea non esaustiva, a:



COMUNE DI PALMA DI MONTECHIARO

(Provincia di Agrigento)

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Realizzazione di un porticciolo turistico a Marina di Palma - I Stralcio Funzionale

STUDIO IDROLOGICO

- individuazione del bacino imbrifero a scala non inferiore al 1/100.000
- individuazione delle stazioni utili ed acquisizione dei dati registrati dal “Servizio Idrologico Nazionale”;
- elaborazione statistica dei dati e valutazione delle altezze di pioggia di massima intensità per intervalli di tempo di 1, 3, 6, 12 e 24 h;
- determinazione delle curve di probabilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno;
- applicazione di un adeguato modello afflussi/deflussi per la determinazione dei corrispondenti istogrammi di piena per assegnati tempi di ritorno;
- stima delle portate di piena probabili alla sezione estuarina per fissati tempi di ritorno;
- stima del trasporto solido probabile alla sezione estuarina per fissati tempi di ritorno;
- valutazione sintetica dei rischi provenienti dalle piene stimate alla foce;
- valutazione sintetica delle conseguenze del trasporto solido stimato.

Lo studio svolto analizza le attività necessarie per le analisi di un Bacino Idrografico costituite da:

- delimitazione della superficie del bacino imbrifero;
- riconoscimento della tipologia morfologica del sito;
- riconoscimento del reticolo idrografico;
- raccolta dei dati pluviometrici;
- analisi statistica degli afflussi;
- tracciamento delle isocorive;



COMUNE DI PALMA DI MONTECHIARO

(Provincia di Agrigento)

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Realizzazione di un porticciolo turistico a Marina di Palma - I Stralcio Funzionale

STUDIO IDROLOGICO

determinazione dei deflussi;
analisi della curva ipsometrica;
tracciamento degli idrogrammi di piena;
tipologia geologica del sito;
determinazione della perdita di suolo;
analisi del coefficiente di resa solida;

Ove ritenuto necessario occorrerà effettuare un aggiornamento dei dati elaborati.

Si allega di seguito Lo studio allegato al piano.

COMMITTENTE:



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
S.I.I.T. SICILIA - CALABRIA
GENIO CIVILE OPERE MARITTIME PER LA SICILIA

TESTATA:

STUDI PROPEDEUTICI ALLA REDAZIONE DEL
PIANO REGOLATORE DEL PORTO DI MARINA DI PALMA
- PALMA DI MONTECHIARO (AG) -

TITOLO:

STUDIO IDROLOGICO

ELABORATO:

SIDR

DATA:

Aprile 2005

NS.RIF.:

SIDR.doc

REDATTORE.:

Ing. Vincenzo Garofalo

CONTROLLO:

Ing. Guglielmo Migliorino

RIF.ARC. - N.A4:

PALAG04 - 51

IL COMMITTENTE

IL TECNICO

Ing. Elio Ciralli

ING. ELIO CIRALLI

- STUDIO DI INGEGNERIA CIVILE E COSTIERA -

Viale delle Magnolie, 36 - 90144 Palermo - tel.: ++39 0916851557 - 0916850224

e-mail: elio.ciralli@cirallistudio.com



INDICE

1	PREMESSA	2
1.1	GENERALITA'	2
1.2	FINALITA' DELLO STUDIO	2
2	INTRODUZIONE	4
3	IL BACINO DEL FIUME PALMA.....	5
3.1	CARATTERISTICHE GENERALI DEL BACINO	5
3.1.1	OROGRAFIA	5
3.1.2	CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE E PEDOLOGICHE	7
4	AFFLUSSO METEORICO.....	10
4.1	STUDIO DEGLI AFFLUSSI METEORICI.....	10
4.1.1	GUMBEL E CURVA DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA	12
5	DEFLUSSI	15
5.1	DETERMINAZIONE DEI DEFLUSSI DEL FIUME PALMA	15
5.2	MODELLO CINEMATICO.....	15
5.2.1	TEMPO DI CORRIVAZIONE	16
5.2.2	TRACCIAMENTO DELLE LINEE ISOCORRIVE	19
5.2.3	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	20
5.2.4	IDROGRAMMI DI PIENA	23
5.3	CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO DA INONDAZIONI	43
6	DETERMINAZIONE DELLA PORTATA SOLIDA.....	46
6.1.1	STIMA DELLA PERDITA DI SUOLO	46
6.1.2	RESA SOLIDA DEL BACINO.....	49

1 PREMESSA

1.1 GENERALITA'

L'Amministrazione Comunale di Palma di Montechiaro (AG) a mezzo di apposite convenzioni ha incaricato il Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, S.I.I.T. Sicilia-Calabria, Genio Civile Opere Marittime per la Sicilia per la redazione del Piano Regolatore del Porto del proprio territorio comunale.

Ai fini della redazione del Piano sono stati ritenuti necessari e propedeutici una serie di studi specialistici.

Con convenzione del 05/04/2005, l'Ufficio del Genio Civile per le Opere Marittime per la Sicilia ha incaricato lo scrivente "Ing. Elio Ciralli – Studio di Ingegneria Civile e Costiera" della redazione di uno "Studio Idrologico del F. Palma", con altri, finalizzato appunto alla redazione del Piano Regolatore del Porto.

Per la redazione del presente studio, ci si è avvalsi del supporto e della collaborazione della Società di Ingegneria "Progetti e Opere s.r.l." di Palermo, che integra al suo interno tutte le capacità operative e le figure specialistiche occorrenti complementari e di supporto a quelle dell'ufficio incaricato.

1.2 FINALITA' DELLO STUDIO

L'esigenza dello "Studio Idrologico del F. Palma" nasce dalla riconosciuta importanza di individuare con la maggiore esattezza possibile tutti i fattori fisici in gioco che possano essere coinvolti dagli interventi infrastrutturali previsti nel redigendo Piano Regolatore del Porto.

Il F. Palma interessa tale infrastrutturazione costiera per almeno due importanti ordini di ragioni, giacchè la sua foce insiste direttamente nel segmento litorale di Marina di Palma interessato da precedenti intense azioni antropiche e che oggi si vuole modificare con le opere pianificate:

- motivi di rischio da inondazioni: occorre identificare, seppur ad un livello preliminare, quale possa essere la capacità di portata del fiume, che, messa in relazione alla configurazione orografica, consenta di valutare sinteticamente i rischi derivanti per i manufatti ed eventualmente per gli uomini.
- motivi di trasporto solido: il F. Palma, trasferisce alla sua foce una certa portata solida che risulta fondamentale nel bilancio dei sedimenti costieri; l'individuazione della stessa, consente di determinare meglio, negli appositi studi che esulano dal presente ambito¹, quali siano gli effetti sulla linea di riva e quale sia la migliore configurazione portuale, con il duplice riguardo alla mitigazione dello squilibrio indesiderato della linea di riva e dell'interrimento del bacino protetto dalle nuove opere foranee e costiere.

¹ Cfr. "Studio sull'Evoluzione della Linea di Riva" contenuto nello "Studio Idraulico Marittimo", appartenente agli studi redatti propedeuticamente alla redazione del "Piano Regolatore del Porto".

Gli elementi contrattuali indicano che lo studio doveva essere condotto con i correnti metodi utilizzando dati disponibili e pubblicati.

Lo studio doveva riferirsi, in linea non esaustiva, a:

- individuazione del bacino imbrifero a scala non inferiore al 1/100.000
- individuazione delle stazioni utili ed acquisizione dei dati registrati dal “Servizio Idrologico Nazionale”;
- elaborazione statistica dei dati e valutazione delle altezze di pioggia di massima intensità per intervalli di tempo di 1, 3, 6, 12 e 24 h;
- determinazione delle curve di probabilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno;
- applicazione di un adeguato modello afflussi/deflussi per la determinazione dei corrispondenti ietogrammi di piena per assegnati tempi di ritorno;
- stima delle portate di piena probabili alla sezione estuarina per fissati tempi di ritorno;
- stima del trasporto solido probabile alla sezione estuarina per fissati tempi di ritorno;
- valutazione sintetica dei rischi provenienti dalle piene stimate alla foce;
- valutazione sintetica delle conseguenze del trasporto solido stimato.

Si è ritenuto che le indicazioni fornite dal Committente ben inquadrino i temi oggetto dello studio ed in tal senso si è proceduto.

2 INTRODUZIONE

Una lista sintetica delle attività necessarie per le analisi di un Bacino Idrografico è la seguente:

- delimitazione della superficie del bacino imbrifero;
- riconoscimento della tipologia morfologica del sito;
- riconoscimento del reticolo idrografico;
- raccolta dei dati pluviometrici;
- analisi statistica degli afflussi;
- tracciamento delle isocorrive;
- determinazione dei deflussi;
- analisi della curva ipsometrica;
- tracciamento degli idrogrammi di piena;
- tipologia geologica del sito;
- determinazione della perdita di suolo;
- analisi del coefficiente di resa solida;

3 IL BACINO DEL FIUME PALMA

3.1 CARATTERISTICHE GENERALI DEL BACINO

IL bacino del fiume Palma (cfr.Figura 3.1) si estende per una superficie di circa 120 km², interessando un territorio compreso tra i comuni di Palma di Montechiaro, Licata, Campobello di Licata, Camastra, Naro e Agrigento.

3.1.1 OROGRAFIA

Le principali caratteristiche morfometriche sono:

- Area bacino: 120 km²
- Quota media: 280 m s.l.m.
- Quota massima: 447 m s.l.m.
- Quota minima: 0 m s.l.m.
- Pendenza media: 23%
- Lunghezza dell'asta fluviale principale: 24.69 km

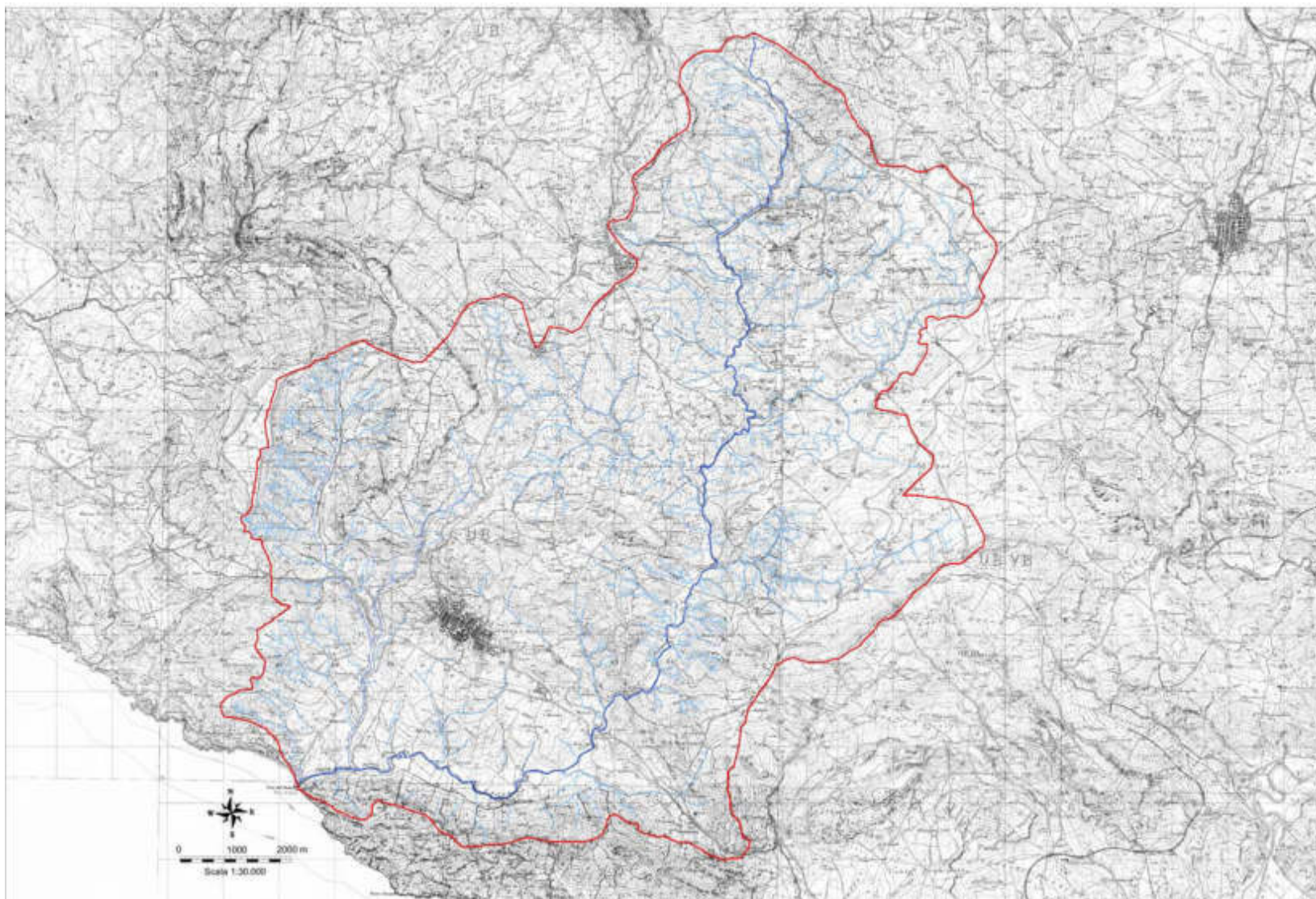


Figura 3.1 Bacino del Fiume Palma

3.1.2 CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE E PEDOLOGICHE

L'intero bacino è caratterizzato da pendenze che vanno da moderatamente ripide, e che non superano il 30%, a pianeggianti e la morfologia del territorio è prevalentemente collinare, con piccole porzioni di suolo con caratteristiche o montane o pianeggianti.

Ai fini del presente studio risulta indispensabile l'individuazione morfometrica del bacino, come quella pedologica.

Per avere un migliore quadro della distribuzione delle tipologie di suolo, ricadenti all'interno del bacino, si riporta lo stralcio della carta dei suoli con relativa legenda esplicativa (cfr. Figura 3.2 e Tabella 3.1)

Il rilevamento dell'uso del suolo costituisce una base di grande importanza per le analisi successive, da un lato per l'individuazione della capacità ritentiva nei confronti delle precipitazioni, in quanto condiziona fortemente la formazione del deflusso idrico, dall'altro per stabilire la sensibilità delle varie stazioni ai fini dell'analisi del rischio.

Nel complesso si osserva che circa il 93% del bacino idrologico è popolato da territori agricoli (seminativo, legnose agrarie e zone agricole eterogenee). I territori boscati e seminaturali rappresentano circa il 5% dell'area, mentre gli insediamenti e le infrastrutture occupano il 2% del territorio (cfr. Figura 3.3 e Tabella 3.2)



Figura 3.2 Stralcio cartografico della “Carta dei Suoli della Sicilia” - (Ass. Territorio e Ambiente della Regione Siciliana – Facoltà di Agraria dell’Università di Palermo, 1988, Scala 1:250.000)










CLASSIFICAZIONE	MORFOLOGIA	PENDENZA	Superficie [Km ²]
 1 Roccia affiorante Litosuoli	Montana	Da moderatamente ripida a molto ripida	1.17
 5 Litosuoli Roccia affiorante Suoli bruni	Montana - sub montana	Da inclinata a molto ripida	6.44
 11 Regosuoli Litosuoli Suoli bruni e/o suoli bruni vertici	Collinare	Da inclinata a ripida	28.12
 12 Regosuoli Suoli bruni e/o suoli bruni vertici Suoli alluvionati e/o vertisuoli	Collinare	Da moderatamente ripida a pianeggiante	46.07
 13 Regosuoli Suoli bruni e/o suoli bruni vertici	Collinare	Da inclinata a moderatamente ripida	6.34
 16 Regosuoli Suoli bruni Suoli bruni leggermente liscivi	Collinare	Da poco inclinata a moderatamente ripida	1.24
 17 Suoli alluvionati	Piana	Pianeggiante	13.54
 20 Suoli bruni Suoli bruni calcarei Litosuoli	Piana	Da pianeggiante a poco inclinata	0.75
 22 Suoli bruni Suoli bruni vertici Vertisuoli	Piana	Da sub pianeggiante a poco inclinata	16.22

Tabella 3.1 Classificazione dei suoli del bacino idrologico

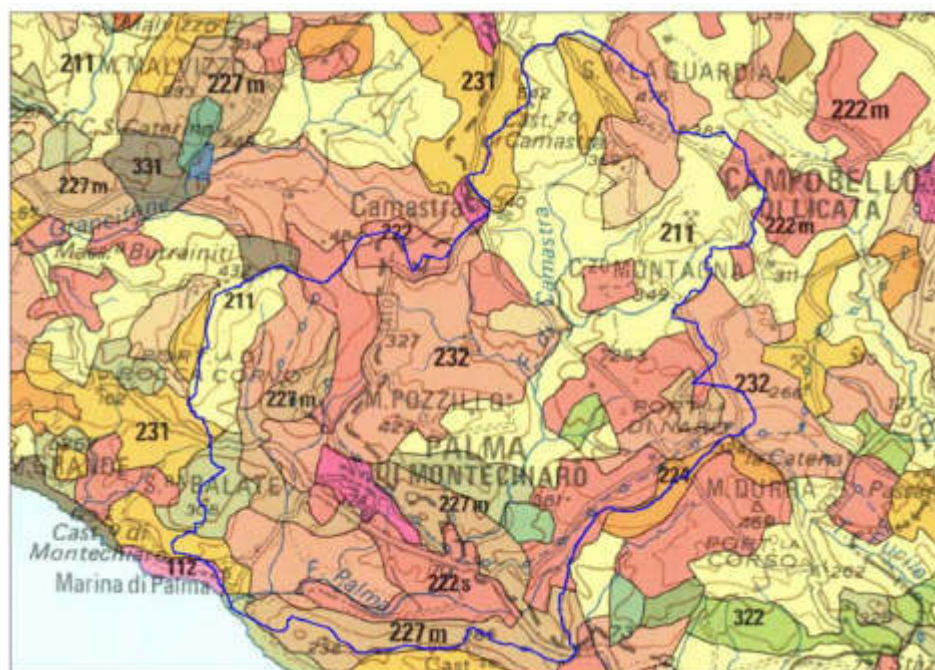


Figura 3.3 Stralcio cartografico della “Carta dell’Uso del Suolo”- (Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Siciliana, 1994, Scala 1:250.000)

1° LIVELLO	2° LIVELLO	3° LIVELLO	Superficie [Km²]
Territori modellati artificialmente	Zone Urbanizzate	111 Tessuto denso	2,02
	Seminativo	211 Seminativo semplice, irriguo, arborato; foraggiere; colture orticole	34,25
Territori agricoli	Legnose agrarie	222 Vigneto	24,95
		224 Mandorleto	1,19
		226 Legnose agrarie miste	1,67
		227 Associazioni di olivo con altre legnose	9,85
	Zone agricole eterogenee	231 Sistemi colturali e particellari complessi	6,62
Territori boscati e ambienti semi-naturali	Aree a vegetazione arbustiva e/o erbacea	232 Seminativo associato a vigneto	32,40
		311 Latifoglie	2,89
		322 Pascolo	0,84
		323 Incolto, incolto roccioso	3,00

Tabella 3.2 Classificazione dell’uso dei suoli del bacino idrologico

4 AFFLUSSO METEORICO

4.1 STUDIO DEGLI AFFLUSSI METEORICI

I dati di pioggia riguardo il nostro bacino saranno quelli letti dalla stazione pluviografica “Palma di Montechiaro” per la quale, negli annali idrologici sono riportate le massime altezze d’acqua avute in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, durante l’anno. Le osservazioni si riferiscono al periodo che va dal 1970 al 2000 (cfr. Tabella 4.1).

L’elaborazione statistica di tali dati di piogge ci permetterà di arrivare alle cosiddette “piogge di progetto” che sono gli eventi costruiti a cui fare riferimento, per tempi di ritorno T di 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anni.

ALTEZZE DI PIOGGIA (mm)					
DURATA (h)	1	3	6	12	24
Anno					
1970	8.8	9.8	12.4	15.8	17.6
1971	20.2	22.6	23.8	44	47.4
1972	12.4	24.8	28	39.2	51.6
1973	18.2	21.2	24.8	29.4	32.2
1974					
1975					
1976	33.6	42.8	55.4	69.2	84.4
1977	11.4	11.6	13.6	18	30
1978	17	22.2	26	36.6	45.6
1979	69.4	97.8	105.2	105.2	127.6
1980	47.2	56	56.8	66	66.4
1981	10	11.6	17.4	19.8	19.8
1982					
1983					
1984	27.2	27.4	27.4	29.6	38.4
1985	29	47.4	59.6	61	72.2
1986	18.2	23.8	26.2	26.2	30.4
1987	20.4	23.6	26.4	26.4	26.4
1988	13	21.2	40.8	50.8	58
1989	27.4	34.8	45.4	62.6	72.2
1990	48.2	52.8	60.4	60.4	60.6
1991	44.6	46.6	54.2	55.2	55.6
1992	22	25.8	32.8	42	45.8
1993	22.8	23	23	23	23
1994	33.8	39	45.2	50.2	72.8
1995					
1996	22.4	39.6	66	82	84
1997	36.4	41.2	63	63	89.2
1998	19.2	24	35.2	37.2	37.2
1999	26	26.2	26.2	36.4	52
2000	20.4	30.8	37.6	41	41.6

Tabella 4.1 Massimi annuali delle altezze di pioggia di durata 1,3,6,12 e 24 ore per la stazione pluviometrica di Palma di Montechiaro. (Fonte:Ufficio Idrologico Regionale)

4.1.1 GUMBEL E CURVA DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

La stima dei massimi istantanei (altezza di pioggia, intensità di pioggia, portata di piena, etc.) corrispondenti ad assegnati valori del periodo di ritorno T può essere effettuata attraverso una metodologia di tipo probabilistico con diversi tipi di approcci.

Tra questi, viene spesso utilizzato il modello di Gumbel:

$$h_{t,T} = \mu(h_t) - \sigma(h_t) \left[0.45 + 0.78 \ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

avendo indicato con:

$h_{t,T}$ l'altezza di pioggia h_t di assegnata durata t e tempo di ritorno T ;

$\mu(h_t)$ e $\sigma(h_t)$, rispettivamente la media e lo scarto quadratico medio, per ciascuna durata t , delle altezze massime di pioggia registrate dalla stazione pluviometrica (cfr. Tabella 4.2).

t (h)	$\mu(h_t)$	$\sigma(h_t)$
1	26.12	14.02
3	32.60	18.18
6	39.72	20.91
12	45.78	21.39
24	53.15	25.60

Tabella 4.2 - Valori, per ciascuna durata t , della media $\mu(h_t)$, dello scarto quadratico medio $\sigma(h_t)$

ALTEZZE DI PIOGGIA PROBABILI (mm)						
DURATA	TEMPI DI RITORNO (anni)					
t(h)	2	5	10	20	50	100
1	12.23	17.37	18.66	19.25	19.59	19.70
3	14.59	21.25	22.92	23.69	24.13	24.27
6	19.01	26.67	28.60	29.48	29.98	30.15
12	24.58	32.43	34.39	35.29	35.81	35.98
24	27.79	37.18	39.53	40.61	41.23	41.43

Tabella 4.3 - Valori delle altezze di pioggia $h_{t,T}$, per le durate 1, 3, 6, 12 e 24 ore e per T_r uguale a 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anni.

Tuttavia queste rimangono delle altezze di pioggia puntuali (cfr. Tabella 4.3) che è necessario ragguagliare all'intero bacino. Per far ciò si utilizza la formula di Fornari, che fornisce un coefficiente da moltiplicare alle altezze su riportate:

$$\varphi = \frac{1}{1 + 0.0015 \frac{S}{t^{0.2}}}$$

dove:

S è la superficie del bacino = 120 km²

t è la durata dell'evento (1, 3, 6, 12, 24 ore)

ALTEZZE DI PIOGGIA PROBABILI (mm)						
DURATA	TEMPI DI RITORNO (anni)					
t(ore)	2	5	10	20	50	100
1	10.37	14.72	15.82	16.32	16.60	16.70
3	12.74	18.57	20.03	20.70	21.08	21.21
6	16.89	23.69	25.40	26.18	26.63	26.78
12	22.16	29.23	31.00	31.81	32.28	32.43
24	25.37	33.94	36.09	37.07	37.64	37.83

Tabella 4.4 - Valori delle altezze di pioggia h_t , T afflitti del valore f

Questi valori (cfr. Tabella 4.4) individuano una curva, a parametro T, denominata "*curva di probabilità pluviometrica*" a parametro tempo di ritorno T (cfr. Tabella 3.7).

Queste, assegnata la durata dell'evento, danno la massima altezza di pioggia che probabilmente si verificherà con una frequenza dettata dal tempo di ritorno.

Curva di probabilità pluviometrica della stazione di Palma di Montechiaro

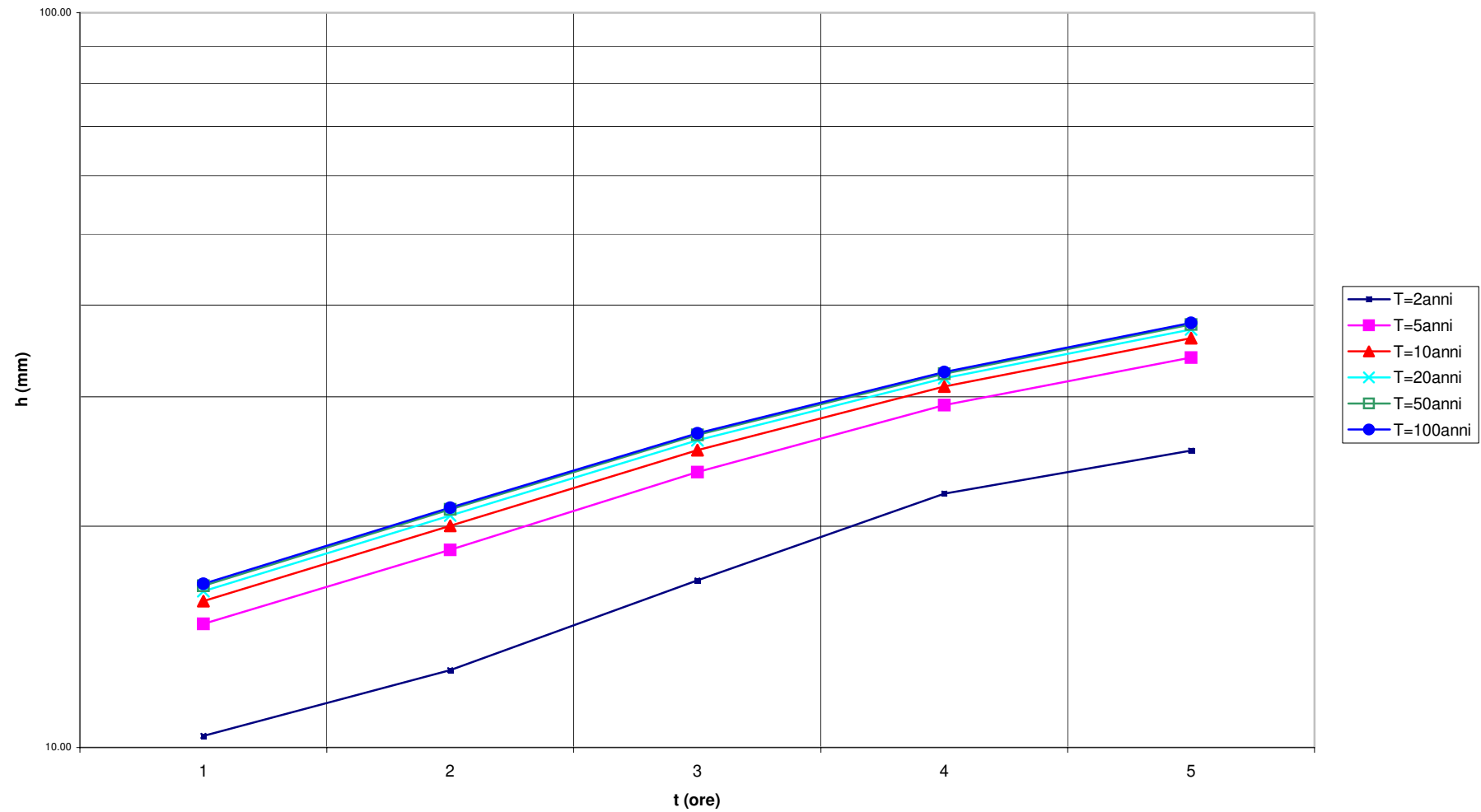


Figura 4.1 Curve di probabilità pluviometrica

5.1 DETERMINAZIONE DEI DEFLUSSI DEL FIUME PALMA

Obiettivo della presente sezione è la valutazione delle portate di colmo di piena che possono defluire con assegnato tempo di ritorno T .

E' noto che delle acque meteoriche affluite su di un certo territorio, una parte viene trattenuta dal suolo, un'altra parte percola in profondità alimentando le falde acquifere sotterranee, ed un'altra parte scorre in superficie confluendo verso le zone a quota più bassa.

Questa distribuzione delle acque meteoriche viene influenzata da molti fattori, che si possono suddividere in due gruppi:

- regime delle precipitazioni;
- caratteristiche geo-morfo-litologiche.

I fattori del primo gruppo riguardano essenzialmente l'intensità, la durata, la frequenza e la distribuzione delle piogge, e possono essere determinati attraverso una adeguata elaborazione dei dati raccolti dalle stazioni meteorologiche mediante calcoli statistici e di probabilità.

I fattori del secondo gruppo sono numerosi, i più importanti fra essi sono rappresentati dalla posizione altimetrica, dall'estensione, dalla morfologia del bacino, dalla natura e dall'entità della copertura vegetale.

Uno dei problemi dell'idrologia è certamente quello di determinare i deflussi, che attraverso una data sezione di un corso d'acqua (nel nostro caso la foce del fiume), originati dagli afflussi meteorici che si abbattano sul bacino idrografico.

La conoscenza del meccanismo di trasformazione afflussi deflussi consente di ottenere stime di deflusso a partire dalle misure di precipitazione effettuate nel bacino, misure che sono più diffuse ed eseguibili rispetto a quelle dirette di deflusso.

5.2 MODELLO CINEMATICO

A questo punto necessita scegliere il modello matematico più idoneo per risalire agli idrogrammi di piena alla sezione della foce del fiume. Il modello che adoperiamo è quello cinematica, detto di "corrivazione", che si basa sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta unicamente a un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende solo dal punto in cui è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza di altre gocce, cioè ognuna si muove indipendentemente dalle altre;

- le linee isocorrive, cioè le linee che congiungono punti aventi uguale valore del tempo di corrivazione , si mantengono costanti durante l'evento al variare dell'intensità della pioggia, della durata e del coefficiente di deflusso;
- la portata della corrente defluente attraverso la sezione di chiusura si ottiene sommando tra loro le portate elementari o che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

Il modello della corrivazione mette in conto, nella deduzione dei deflussi di piena, esclusivamente il fenomeno di trasferimento della massa liquida. Il modello pertanto prescinde dai fenomeni di laminazione della massa liquida imputabili a un momentaneo accumulo in alcune zone.

5.2.1 TEMPO DI CORRIVAZIONE

Uno degli elementi fondamentali per la previsione delle portate di piena è costituito dalla conoscenza del tempo di corrivazione t_c di un bacino nella sezione considerata.

Il tempo di corrivazione di un bacino è il tempo necessario perché la goccia d'acqua che cade nel punto idraulicamente più lontano raggiunga la sezione di chiusura del bacino.

Nell'individuazione del punto più remoto del bacino (idraulicamente più lontano) e nel calcolo della sua distanza effettiva dalla sezione di chiusura deve essere considerata, ovviamente, non solo la distanza planimetrica, che è la proiezione sul piano orizzontale di rappresentazione, ma anche la quota del punto stesso. In altri termini, a parità di distanza planimetrica deve essere considerato il punto di quota massima.

In assenza di misure dirette, tra i vari metodi noti per il calcolo di questo parametro, quello che sembra meglio rispondere alla esigenza di considerare nel calcolo le specifiche caratteristiche del bacino, è quello proposto da Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}}$$

dove:

S = l'area del bacino;

L = lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua ;

H_m = altitudine media del bacino, espressa in m s.l.m.

Il valore di H_m si ricava dalla curva ipsografica del bacino (cfr. Figura 5.1), costruita planimetrando la superficie tra determinate isoipse (cfr. Figura 5.2) e riportandole cumulate in relazione all'altitudine.

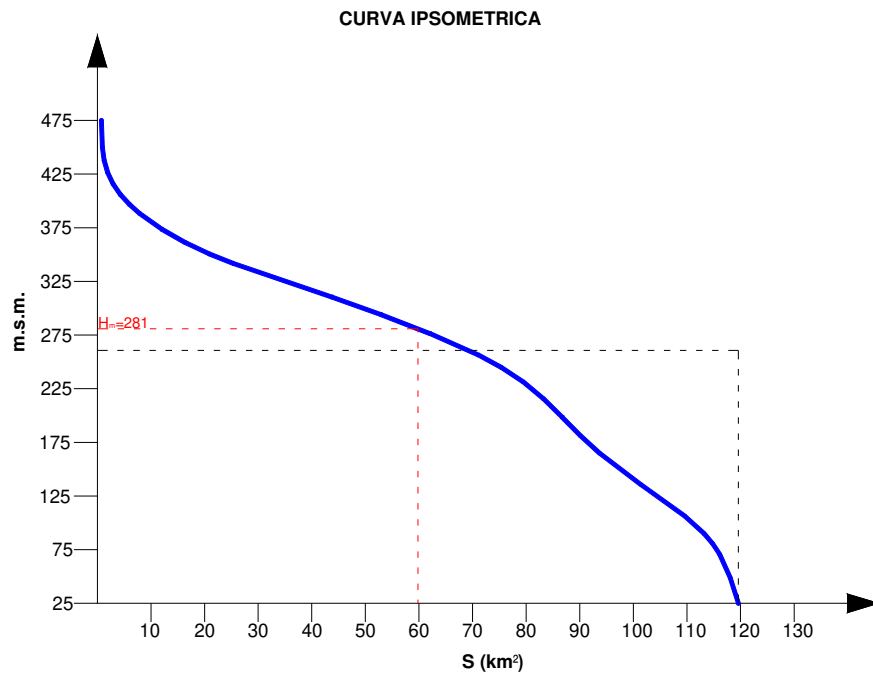


Figura 5.1 Curva ipsometrica del bacino del fiume Palma

Effettuate le dovute elaborazioni grafiche e calcolazioni si è ottenuto un valore di t_c pari a 6.03 ore.

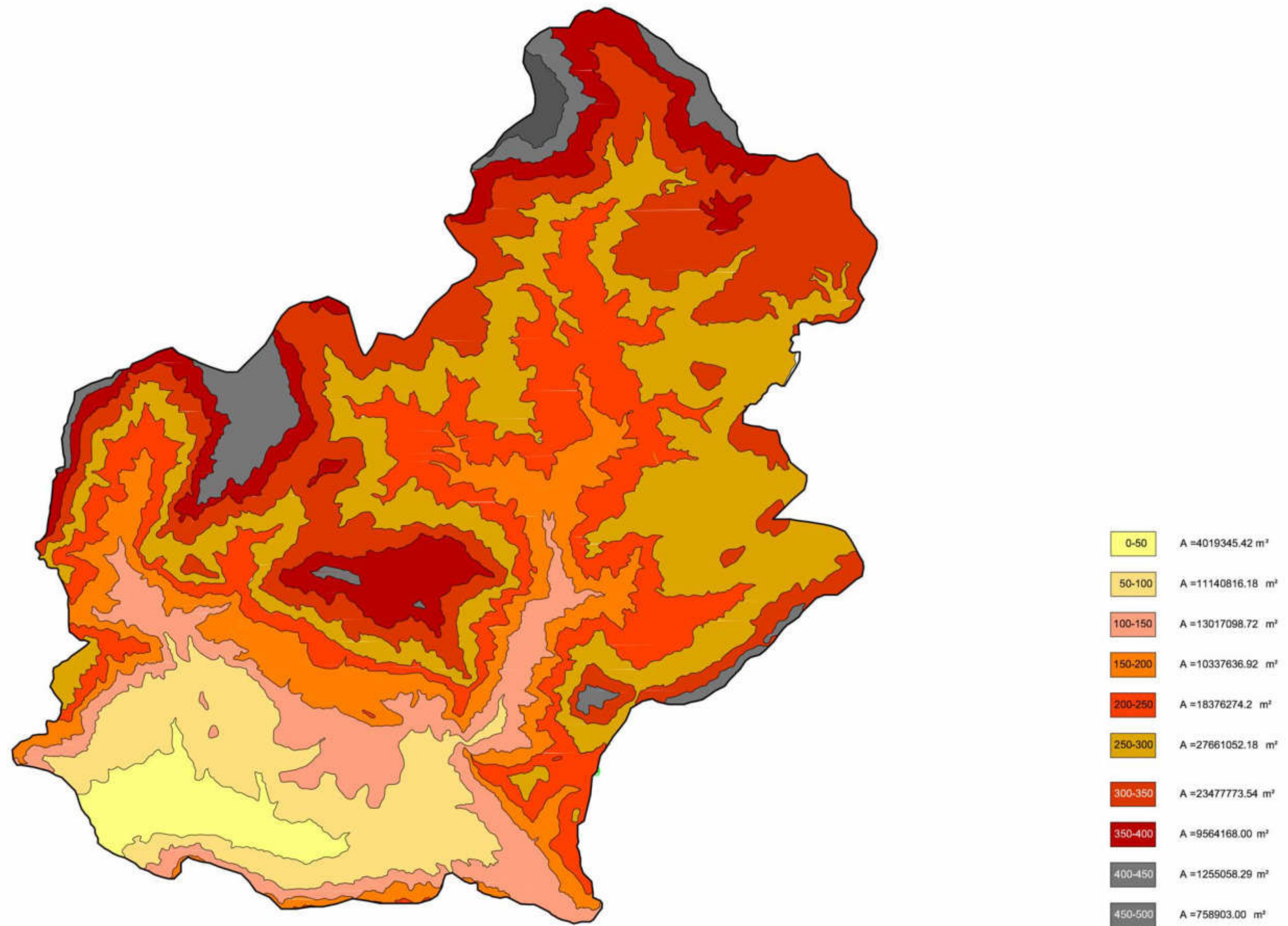


Figura 5.2 Distribuzione altimetrica delle superfici ricadenti nel bacino del fiume Palma

5.2.2 TRACCIAMENTO DELLE LINEE ISOCORRIVE

Per il tracciamento delle linee isocorrive si sfrutta l'ipotesi fatta da Viparelli, ovvero si suppone che le isoipse coincidono con le isocorrive, intendendo con ciò che le gocce che partono da una stessa quota impieghino sempre lo stesso tempo per pervenire alla sezione, dovunque esse siano.

Con tale ipotesi semplicistica la curva ipsografica coincide con la isocorrigrafica. Questo ci permette di leggere direttamente dalla curva ipsografica le superfici del bacino alle quali corrisponde un certo tempo di corrivazione.

Una ulteriore ipotesi utile è che la pioggia di progetto abbia una durata complessiva pari al tempo di corrivazione, poiché è dimostrato che è proprio questa la durata più gravosa dell'evento ai fini della determinazione della portata di piena al colmo.

Per individuare le aree A_i della porzione di bacino compresa tra due successive linee isocorrive facciamo ricorso alla curva ipsografica: per individuarle è stata suddivisa l'ordinata massima H_{\max} della curva in n parti, ciascuna di ampiezza H_{\max}/n , tante quante sono gli intervalli di tempo Δt in cui è stato suddiviso il tempo di corrivazione t_c del bacino. Risulta pertanto:

$$n = \frac{t_c}{\Delta t} = \frac{6}{1} = 6$$

quindi

$$\frac{H_{\max}}{n} = \frac{475}{6} = 79.17m$$

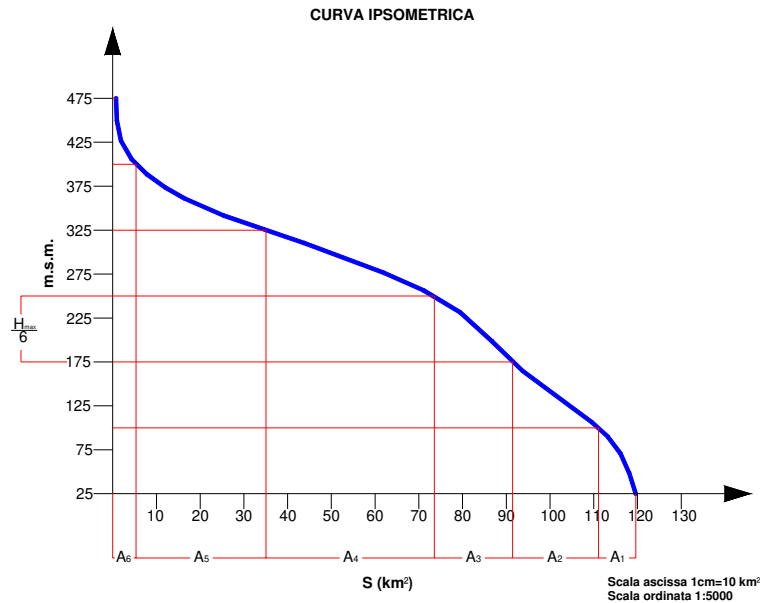


Figura 5.3 Curva ipsometrica del bacino del fiume Palma e individuazione delle aree A_i

Quindi le superfici del bacino alle quali corrisponde un certo tempo di corrivazione sono:

$$A_1 = 8.50 \text{ km}^2$$

$$A_2 = 19.68 \text{ km}^2$$

$$A_3 = 17.86 \text{ km}^2$$

$$A_4 = 38.51 \text{ km}^2$$

$$A_5 = 29.72 \text{ km}^2$$

$$A_6 = 5.33 \text{ km}^2$$

5.2.3 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Un altro elemento indispensabile per la valutazione delle piene possibili è dato dal coefficiente di deflusso.

D'Asaro ed altri hanno proposto di esprimere questo coefficiente C come il prodotto di due fattori:

$$C = \Psi K(T, t)$$

dove Ψ detto coefficiente medio di deflusso, sintetizza tutte le caratteristiche, quali la permeabilità dei suoli interessati, lo stato e il tipo di copertura vegetale, il contenuto idrico dei suoli ecc .., il secondo $K(T_r)$, chiamato fattore di frequenza, amplifica il coefficiente medio di deflusso in relazione alla durata e al tempo di ritorno dell'evento meteorico.

Delle analisi probabilistiche regionali condotte per il territorio siciliano hanno permesso di stabilire che il fattore di frequenza dipende solo dal tempo di ritorno T_r

$$K(T_r) = K_{100} \left(\frac{T_r}{100} \right)^\alpha$$

in cui K_{100} è il valore del fattore di frequenza corrispondente a un tempo di ritorno di 100 anni, dipendente dalla sottozona omogenea in esame, mentre il coeff. α assume un valore unico per ciascuna regione esaminata (vedi fig. 3.4 e tab. 3.5).

Prendendo i valori tabellati di α e K_{100} otteniamo tutti i valori dei fattori di frequenza relativi ai vari tempi di ritorno T_r .

$K(2)=$	1.270
$K(5)=$	1.299
$K(10)=$	1.322
$K(20)=$	1.345
$K(50)=$	1.376
$K(100)=$	1.400

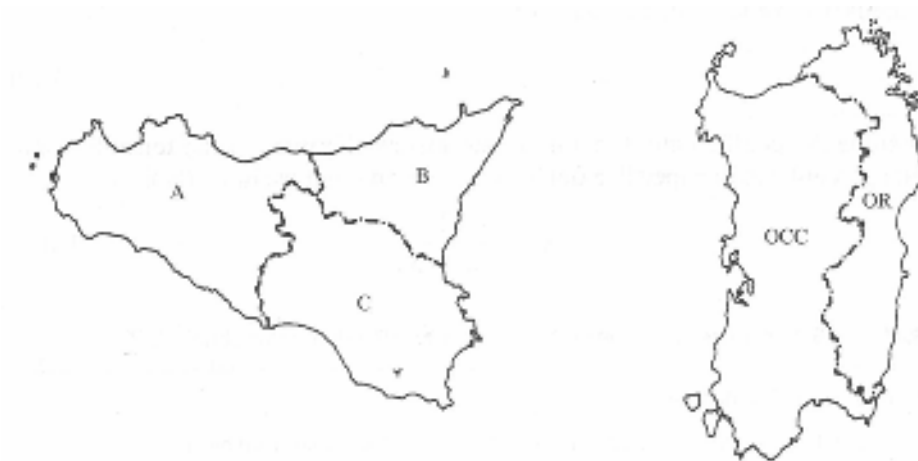


Figura 5.4 Sottozone pluviometriche idrometriche omogenee- (V. Ferro, "La sistemazione dei bacini idrografici", editore: McGraw Hill, 2001)

Regione	Sottozona	α	K_{100}
Sicilia	A	0.025	1.40
	B	0.025	1.43
	C	0.025	1.52
Calabria	T	0.040	1.39
	C	0.040	1.44
	I	0.040	1.52
Sardegna	I (OCC)	0.100	2.66
	II (OCC)	0.100	3.03
	III (OR)	0.100	2.61
	IV (OR)	0.100	2.43

Tabella 5.1 Valori del fattore K_{100} e del coeff. α - (V. Ferro – “La sistemazione dei bacini idrografici”, editore:McGraw Hill, 2001)

La valutazione del coefficiente medio di deflusso Ψ si effettua sulla base della percentuale di superficie di bacino ritenuta permeabile S_p utilizzando la classificazione determinata da D’Asaro per i bacini siciliani studiati (vedi Tab.3.6) e l’equazione:

$$\Psi = \frac{9.25}{S_p}$$

Alluvioni ghiaiose (Olocene)

Detrito di falda costituito da elementi lapidei in scarsa matrice limoso-sabbiosa

Gessi selenitici e saccaroidi, straterellati o in grossi banchi (Messiniano)

Calcarei evaporitici vacuolari, brecciati o compatti (Messiniano)

Conglomerati, sabbie e arenarie (Tortoniano)

Quarzareniti e arenarie quarzose in banchi, talora con scarse intercalazioni pelitiche (Miocene inferiore-Oligocene)

Calclutiti e calcari marnosi, talora selciferi, talora con intercalazioni arenitiche e di megabreccie (Eocene inferiore-Cretaceo)

Calcarei dedritici e dedritico-organogeni (Cretaceo inferiore-Giurassico superiore)

Dolomie saccaroidi o brecciate, calcari dolomitici in grossi strati (Trias superiore-Lias inferiore)

Calcarei, talora dolomitici, a grana fine o grossa, stratificati, con sottili intercalazioni e noduli di selce (Trias superiore-Cretaceo inferiore)

Tabella 5.2 Formazioni litologiche e strato superficiale permeabile (V. Ferro, “La sistemazione dei bacini idrografici”, editore:McGraw Hill, 2001)

Utilizzando la tabella sopradescritta (cfr.Tabella 5.2) si è potuta effettuare la valutazione dei tipi di suolo, appartenenti al bacino, che rientrano in questa classificazione, per far ciò con l’ausilio della carta dei suoli (cfr. Figura 3.2) sono state computate le superfici delle aree dei suoli che rientrano in quelle categorie:

- Litosuoli, Roccia affiorante e Suoli bruni $S=6.44 \text{ km}^2$
- Regosuoli, Litosuoli e Suoli bruni e/o suoli bruni vertici $S=28.12 \text{ km}^2$
- Regosuoli, Suoli bruni e Suoli bruni leggermente lisciativi $S=1.24 \text{ km}^2$
- Suoli alluvionati $S=13.54 \text{ km}^2$
- Suoli bruni, Suoli bruni e calcarei e Litosuoli $S=0.75 \text{ km}^2$
- Suoli bruni, Suoli bruni vertici e Vertisuoli $S=16.22 \text{ km}^2$

per una superficie totale di $S_p = 66.31 \text{ km}^2$, si ottiene un valore del coefficiente di deflusso medio pari a:

$$\Psi = \frac{9.25}{66.31} = 0.14$$

quindi i coefficienti di deflusso, relativi ai diversi tempi di ritorno, saranno pari a:

$$C = \psi K(2) = 0.177$$

$$C = \psi K(5) = 0.181$$

$$C = \psi K(10) = 0.184$$

$$C = \psi K(20) = 0.188$$

$$C = \psi K(50) = 0.192$$

$$C = \psi K(100) = 0.195$$

5.2.4 IDROGRAMMI DI PIENA

Stabilito l'intervallo $\Delta t_c = 1$ ora, frazione del tempo di corrivazione, bisogna calcolare le altezze di pioggia relative a questi intervalli di tempo $h_{\Delta t, T}$ per ciascuno dei tempi di ritorno ΔT :

$$h_{\Delta t, T} = h_{t, T} - h_{t-1, T}$$

Dedotte le altezze di pioggia, utilizzando la curva di probabilità pluviometrica, queste possono essere rappresentate tramite un istogramma di pioggia (detto *ietogramma*) corrispondente a una distribuzione emisimmetrica delle altezze di pioggia h_i .

Il tracciamento dell'onda di piena con il metodo cinematico si conduce quindi sulla base del seguente prospetto:

$$Q_1 = \frac{C}{\Delta t} X_1 A_1$$

$$Q_2 = \frac{C}{\Delta t} (X_2 A_1 + X_1 A_2)$$

$$Q_3 = \frac{C}{\Delta t} (X_3 A_1 + X_2 A_2 + X_1 A_3)$$

$$Q_4 = \frac{C}{\Delta t} (X_4 A_1 + X_3 A_2 + X_2 A_3 + X_1 A_4)$$

$$Q_5 = \frac{C}{\Delta t} (X_5 A_1 + X_4 A_2 + X_3 A_3 + X_2 A_4 + X_1 A_5)$$

$$Q_6 = \frac{C}{\Delta t} (X_6 A_1 + X_5 A_2 + X_4 A_3 + X_3 A_4 + X_2 A_5 + X_1 A_6)$$

$$Q_7 = \frac{C}{\Delta t} (X_6 A_2 + X_5 A_3 + X_4 A_4 + X_3 A_5 + X_2 A_6)$$

$$Q_8 = \frac{C}{\Delta t} (X_6 A_3 + X_5 A_4 + X_4 A_5 + X_3 A_6)$$

$$Q_9 = \frac{C}{\Delta t} (X_6 A_4 + X_5 A_5 + X_4 A_6)$$

$$Q_{10} = \frac{C}{\Delta t} (X_6 A_5 + X_5 A_6)$$

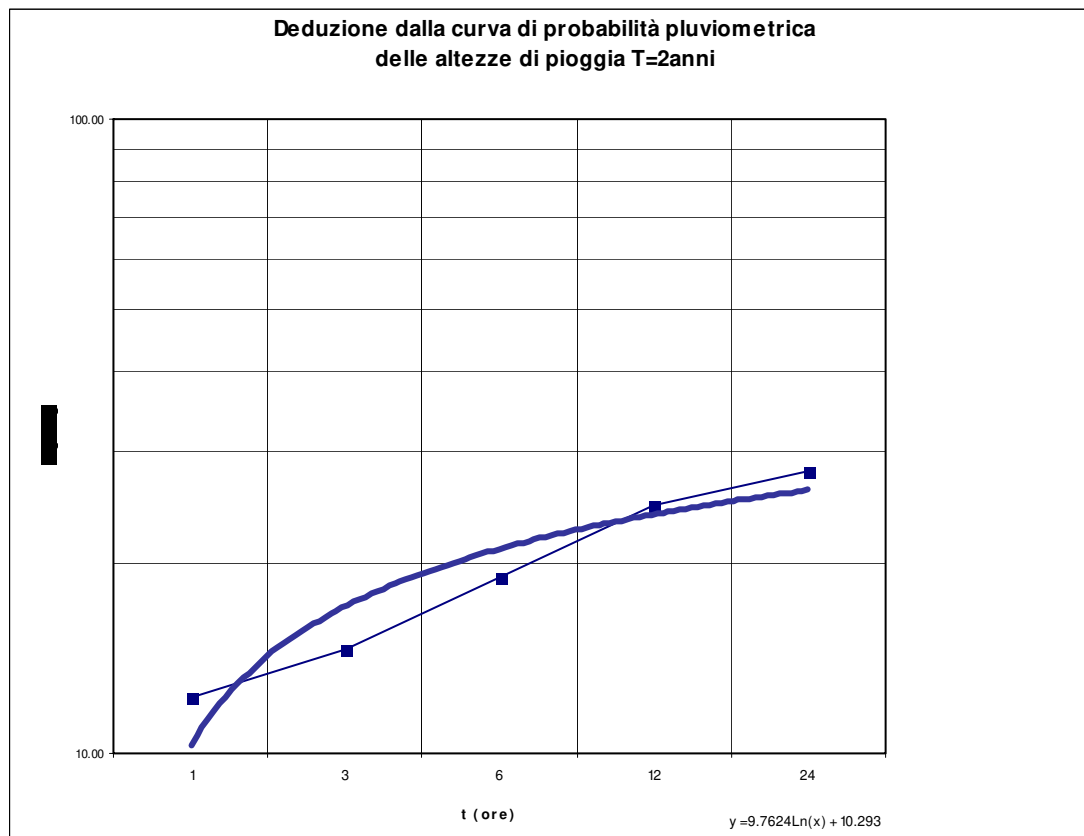
$$Q_{11} = \frac{C}{\Delta t} (X_6 A_6)$$

$$Q_{12} = 0$$

dove:

- Q_i è la portata che attraversa la sezione contraddistinta dall'i-esima ora;
- X_i è l'altezza di pioggia nell'i-esimo intervallo Δt_c ;
- A_i la superficie compresa tra le varie isocorve;
- C il coefficiente di deflusso.

5.2.4.1. Idrogramma di pioggia per $T=2$ anni



Δt_c	h_m
1	10.29
2	17.06
3	21.02
4	23.83
5	26.00
6	27.78

Tabella 5.3 Altezze di pioggia per $T=2$ anni

Tramite questi valori di altezze di pioggia si ricava lo ietogramma considerando una distribuzione emisimmetrica dei valori:

$$X_1 = h_5$$

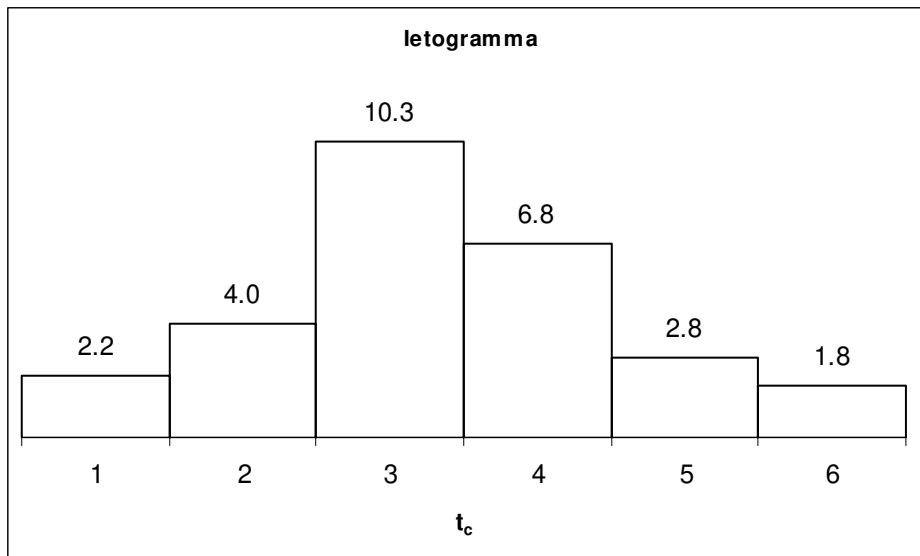
$$X_2 = h_3$$

$$X_3 = h_1$$

$$X_4 = h_2$$

$$X_5=h_4$$

$$X_6=h_6$$



Si ottiene un valore delle portate:

$$Q_1= 3,28 \quad m^3 / s$$

$$Q_2= 13,55 \quad m^3 / s$$

$$Q_3= 36,18 \quad m^3 / s$$

$$Q_4= 73,44 \quad m^3 / s$$

$$Q_5= 98,84 \quad m^3 / s$$

$$Q_6= 126,97 \quad m^3 / s$$

$$Q_7= 119,16 \quad m^3 / s$$

$$Q_8= 70,13 \quad m^3 / s$$

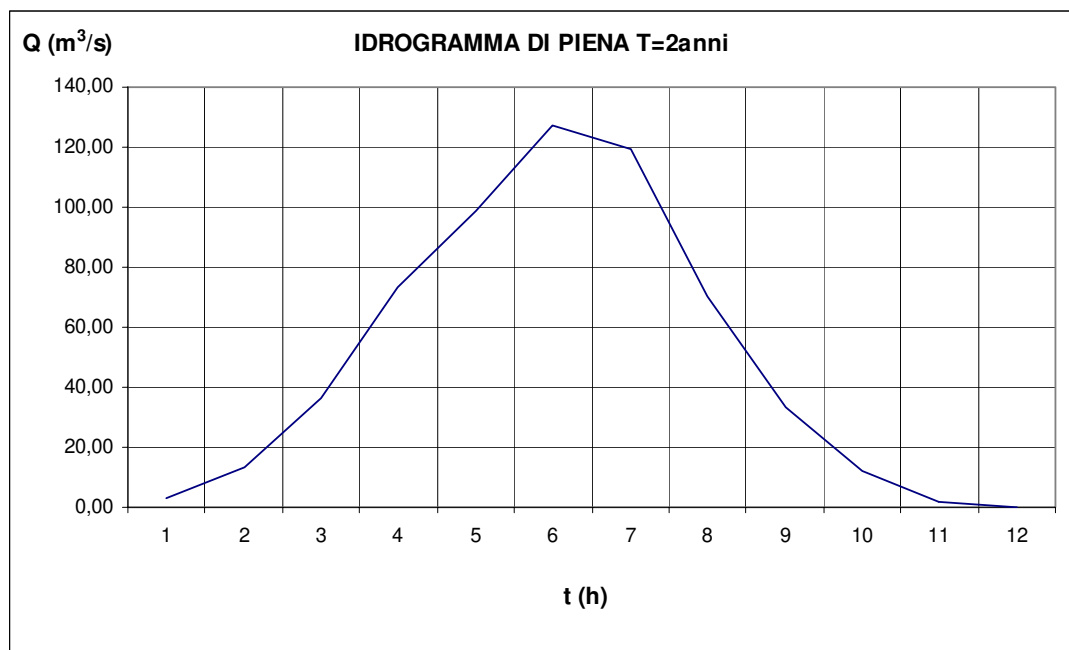
$$Q_9= 33,31 \quad m^3 / s$$

$$Q_{10}= 12,02 \quad m^3 / s$$

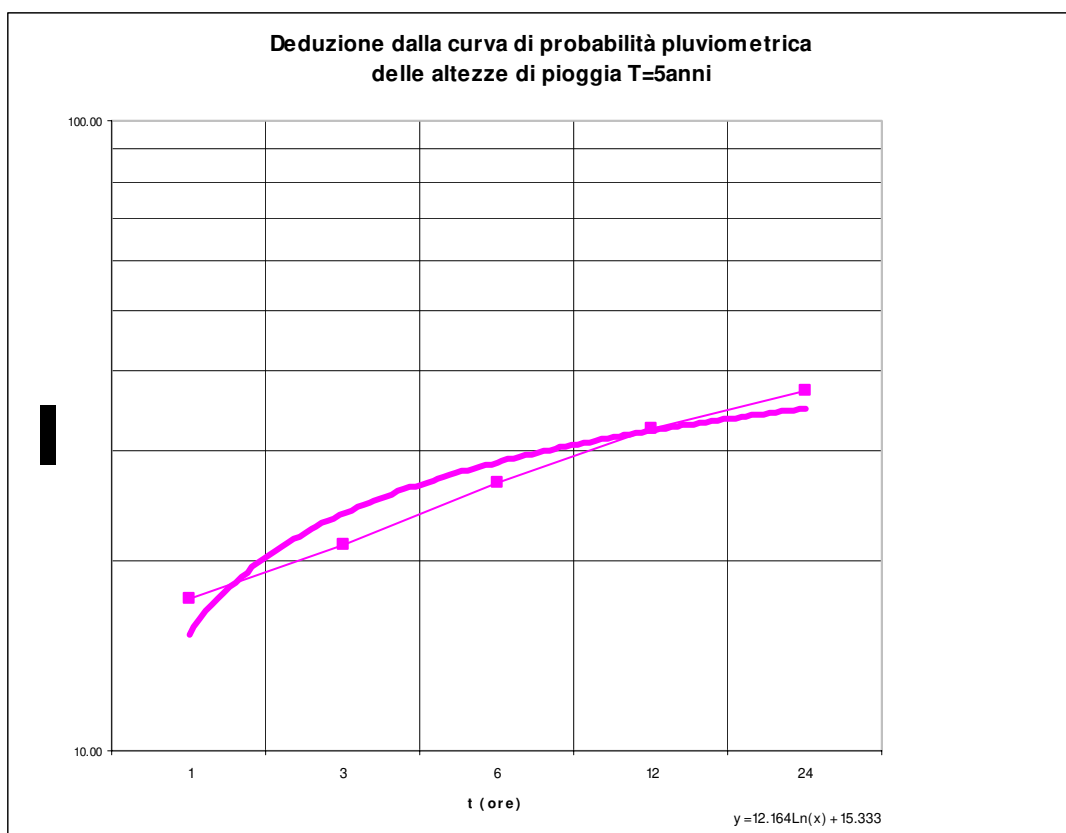
$$Q_{11}= 1,68 \quad m^3 / s$$

$$Q_{12}= 0 \quad m^3 / s$$

Graficamente si costruisce il relativo ideogramma di piena

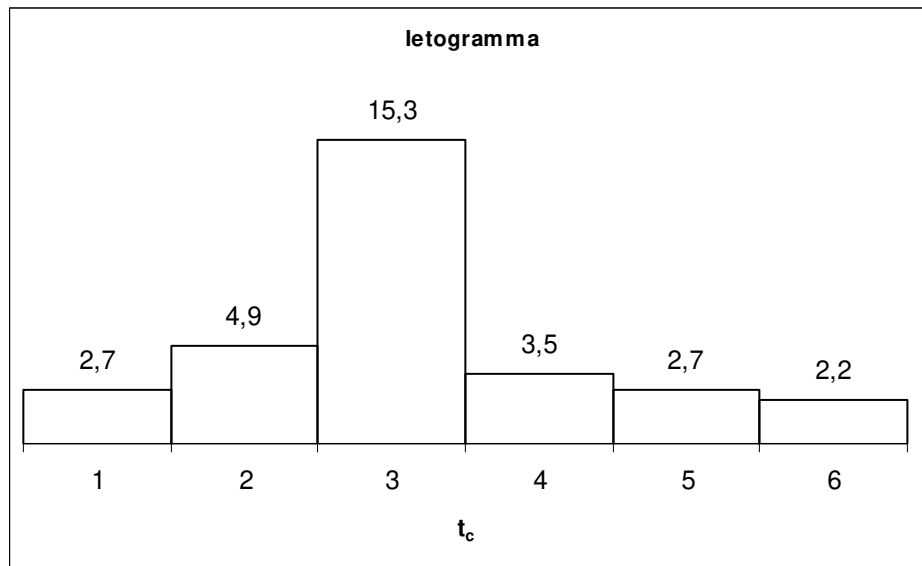


5.2.4.2. Idrogramma di pioggia per $T=5$ anni

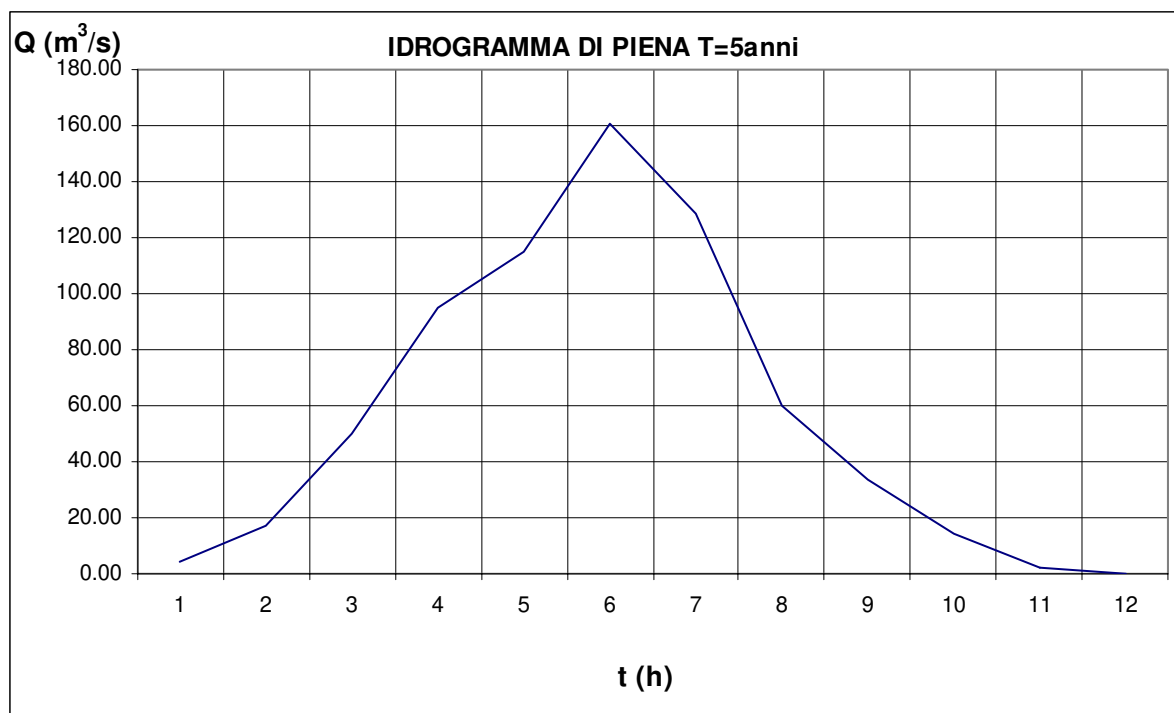


Δt_c	h_m
1	15.33
2	23.76
3	28.70
4	32.20
5	34.91
6	37.13

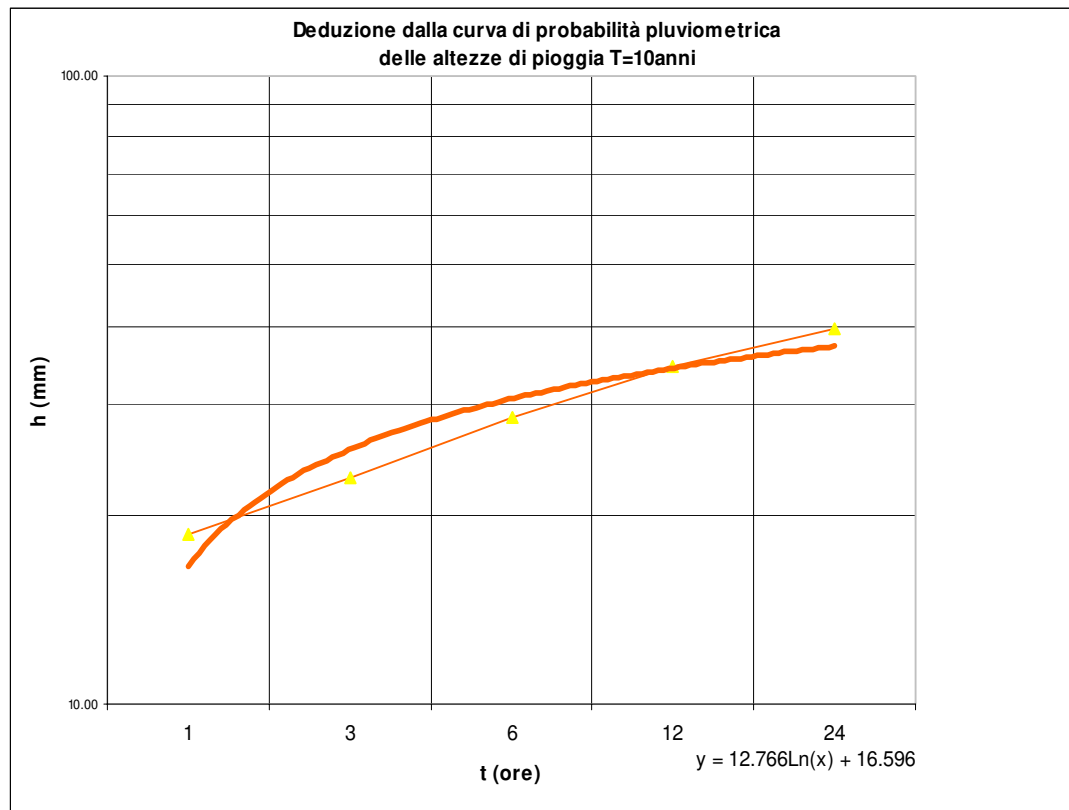
Tabella 5.4 Altezze di pioggia per $T=5$ anni



$Q_1 = 4,18 \quad m^3 / s$
 $Q_2 = 17,27 \quad m^3 / s$
 $Q_3 = 49,98 \quad m^3 / s$
 $Q_4 = 94,98 \quad m^3 / s$
 $Q_5 = 115,33 \quad m^3 / s$
 $Q_6 = 160,61 \quad m^3 / s$
 $Q_7 = 128,46 \quad m^3 / s$
 $Q_8 = 59,79 \quad m^3 / s$
 $Q_9 = 33,48 \quad m^3 / s$
 $Q_{10} = 14,57 \quad m^3 / s$
 $Q_{11} = 2,14 \quad m^3 / s$
 $Q_{12} = 0 \quad m^3 / s$

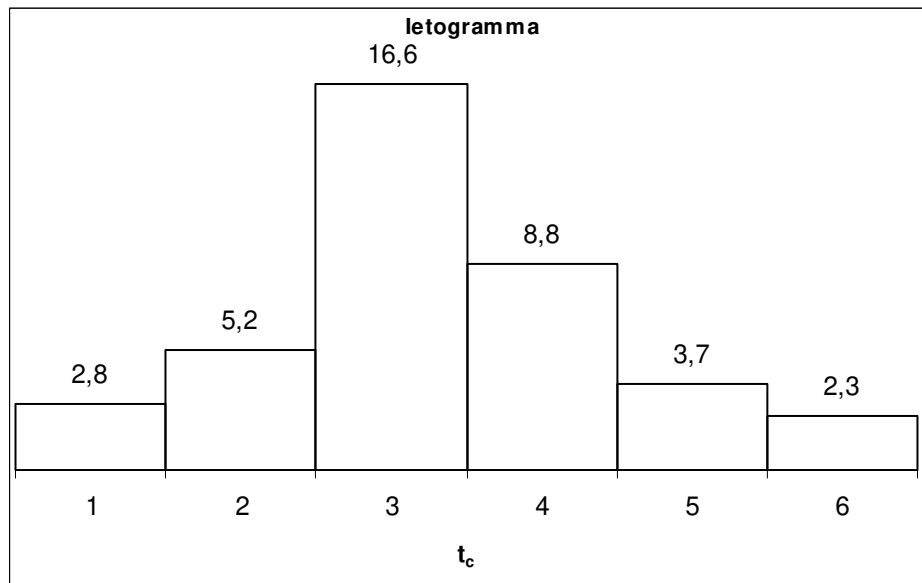


Idrogramma di pioggia per T=10anni



Δt	h_m
1	16.60
2	25.44
3	30.62
4	34.29
5	37.14
6	39.47

Tabella 5.5 Altezze di pioggia per T=10anni



$$Q_1 = 4,46 \quad m^3 / s$$

$$Q_2 = 18,44 \quad m^3 / s$$

$$Q_3 = 54,16 \quad m^3 / s$$

$$Q_4 = 111,36 \quad m^3 / s$$

$$Q_5 = 144,88 \quad m^3 / s$$

$$Q_6 = 195,12 \quad m^3 / s$$

$$Q_7 = 179,41 \quad m^3 / s$$

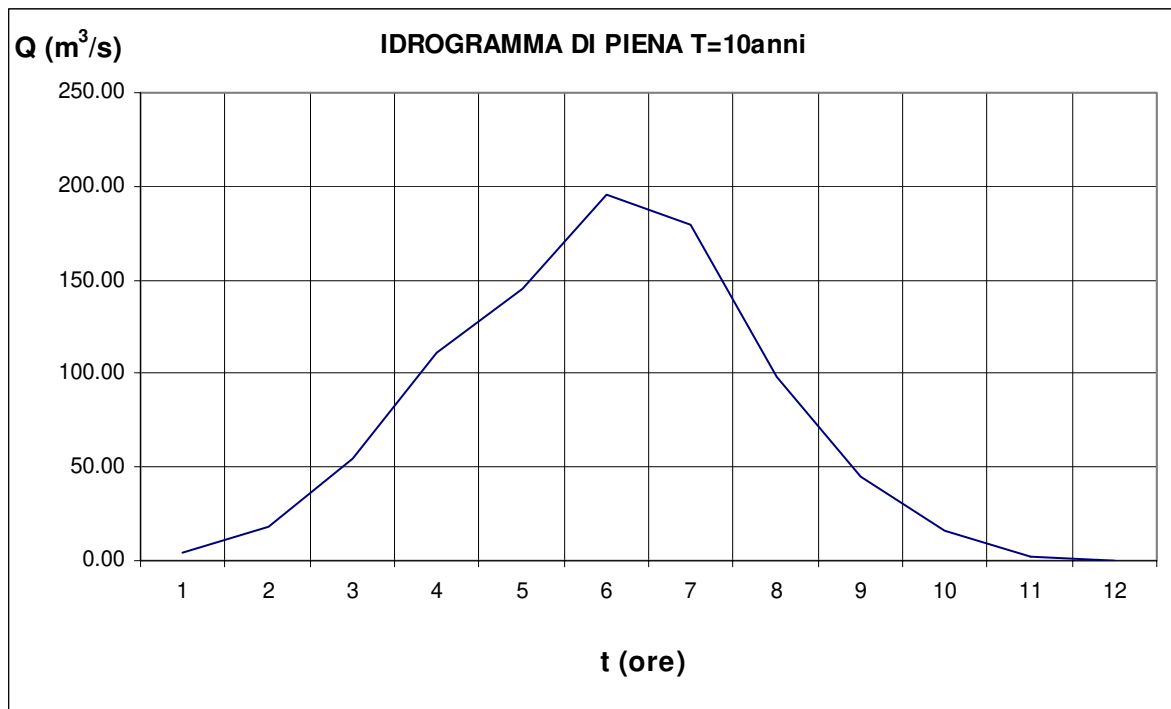
$$Q_8 = 98,55 \quad m^3 / s$$

$$Q_9 = 45,35 \quad m^3 / s$$

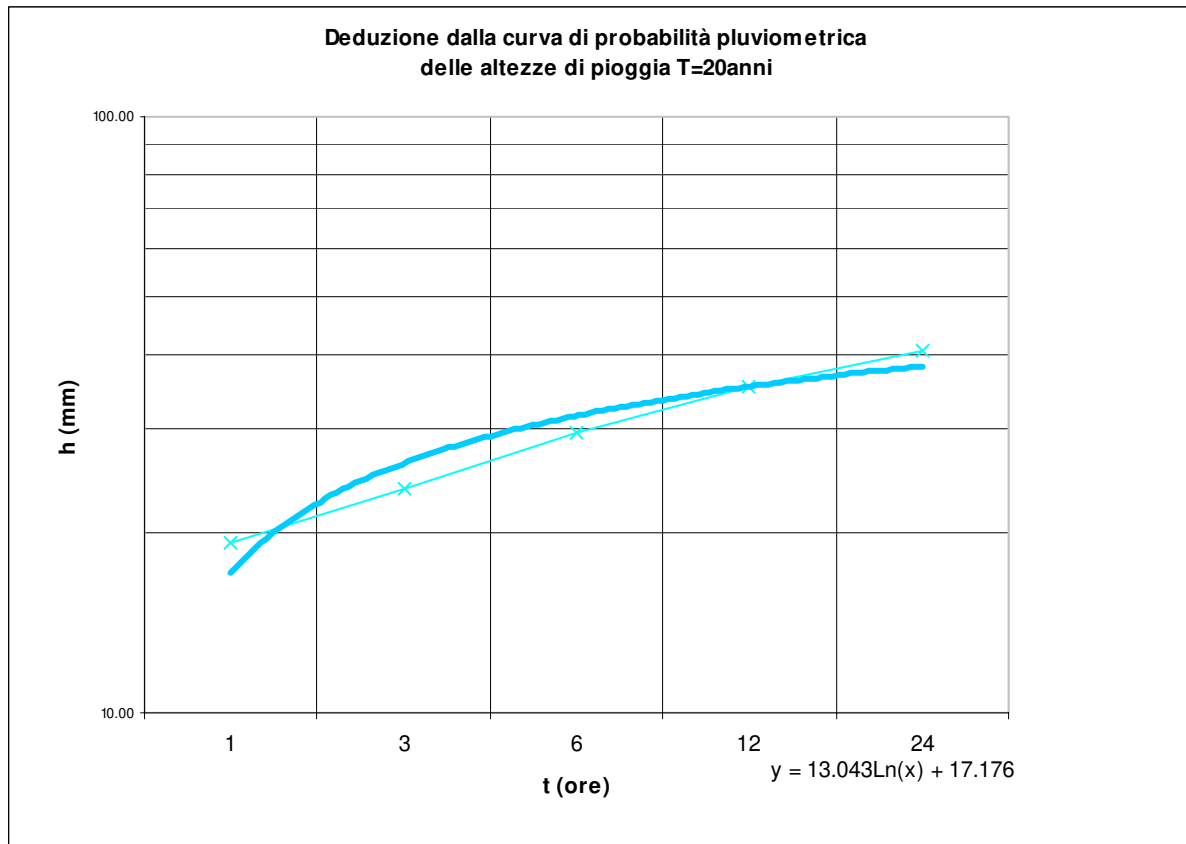
$$Q_{10} = 16,37 \quad m^3 / s$$

$$Q_{11} = 2,29 \quad m^3 / s$$

$$Q_{12} = 0 \quad m^3 / s$$

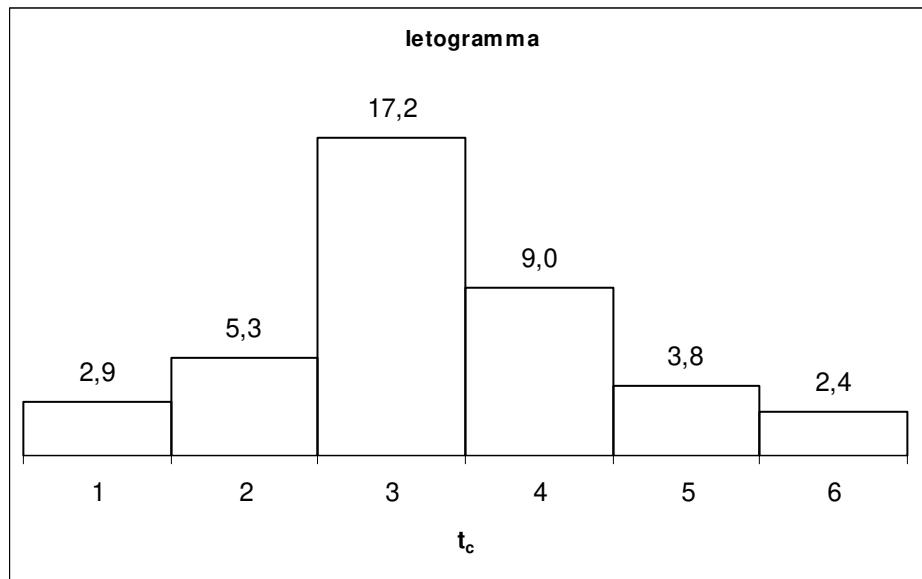


5.2.4.3. Idrogramma di pioggia per T=20anni



Δt	h_m
1	17.18
2	26.22
3	31.51
4	35.26
5	38.17
6	40.55

Tabella 5.6 Altezze di pioggia per T=20anni



$$Q_1 = 4,64 \quad m^3 / s$$

$$Q_2 = 19,17 \quad m^3 / s$$

$$Q_3 = 56,65 \quad m^3 / s$$

$$Q_4 = 116,57 \quad m^3 / s$$

$$Q_5 = 151,35 \quad m^3 / s$$

$$Q_6 = 204,43 \quad m^3 / s$$

$$Q_7 = 187,73 \quad m^3 / s$$

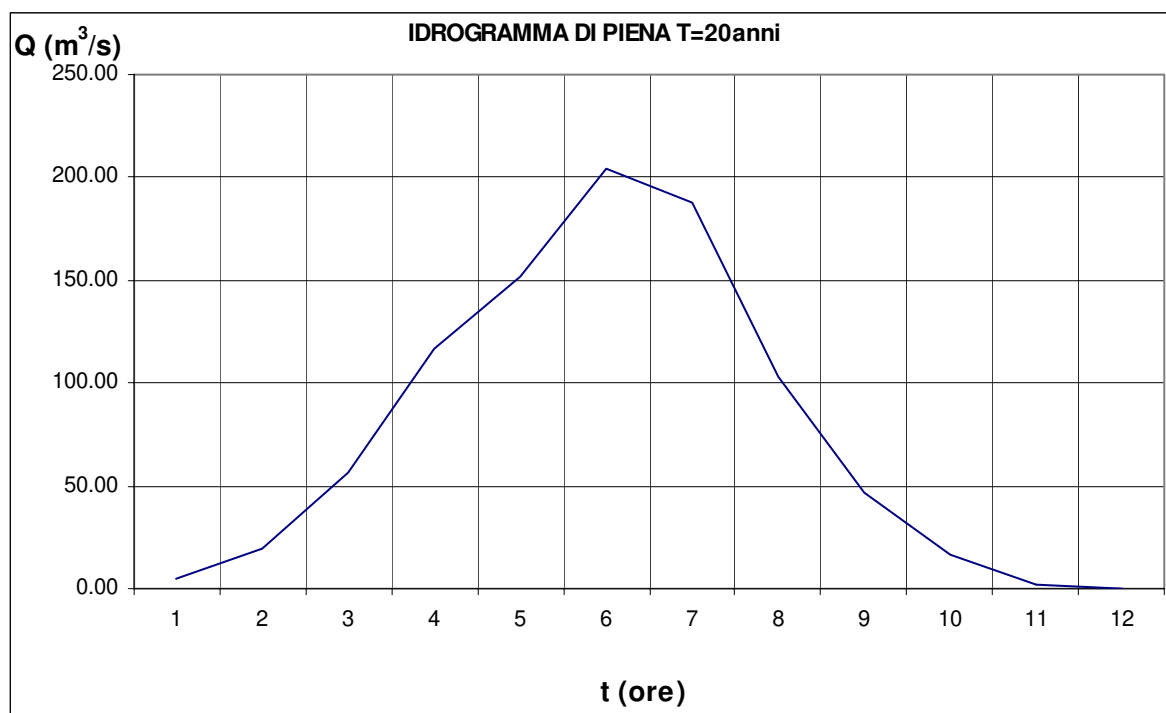
$$Q_8 = 102,67 \quad m^3 / s$$

$$Q_9 = 47,15 \quad m^3 / s$$

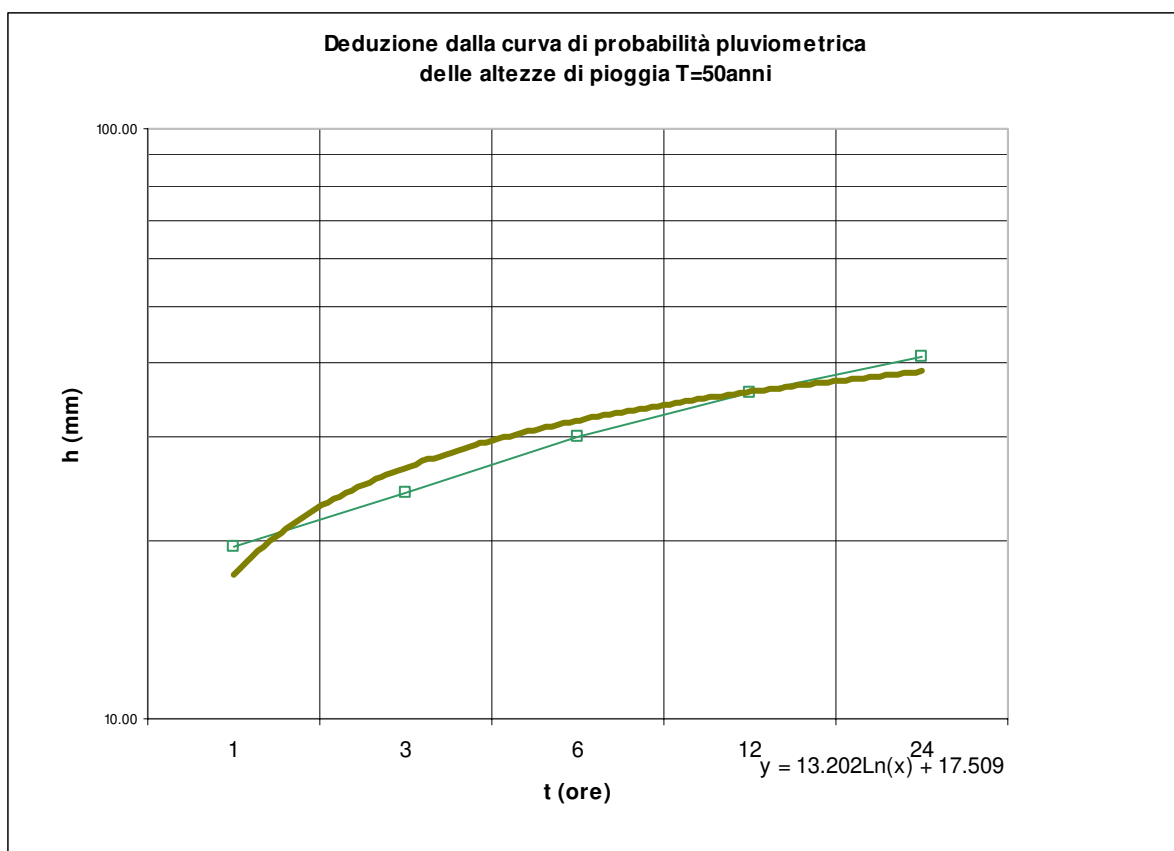
$$Q_{10} = 17,01 \quad m^3 / s$$

$$Q_{11} = 2,38 \quad m^3 / s$$

$$Q_{12} = 0 \quad m^3 / s$$

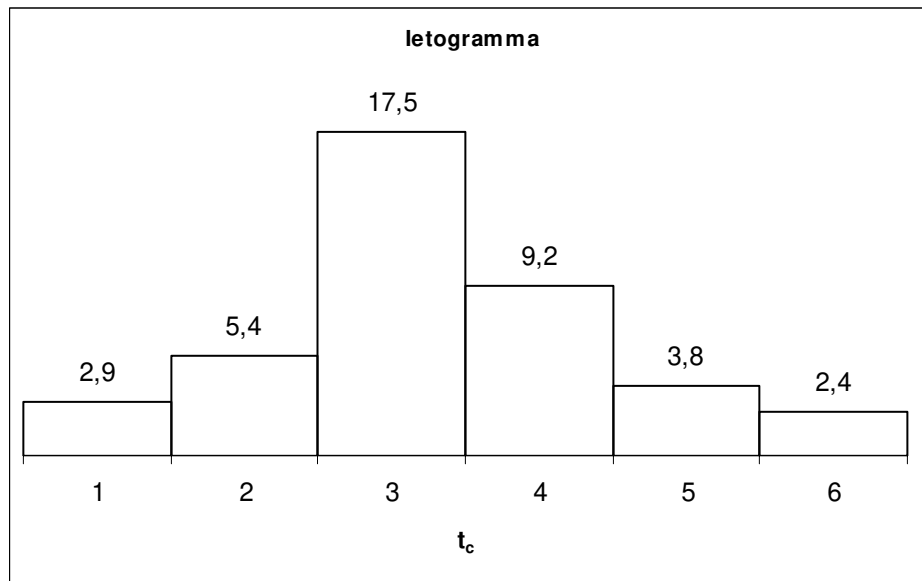


5.2.4.4. Idrogramma di pioggia per T=50anni

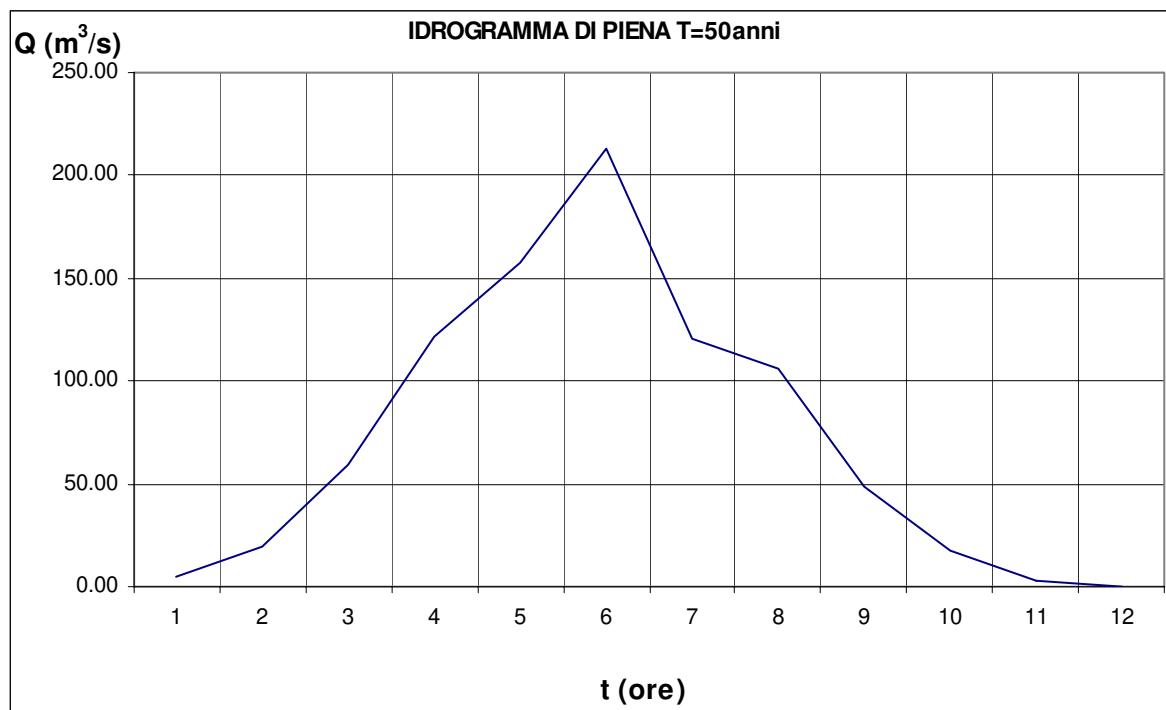


Δt	h_m
1	17.51
2	26.66
3	32.01
4	35.81
5	38.76
6	41.16

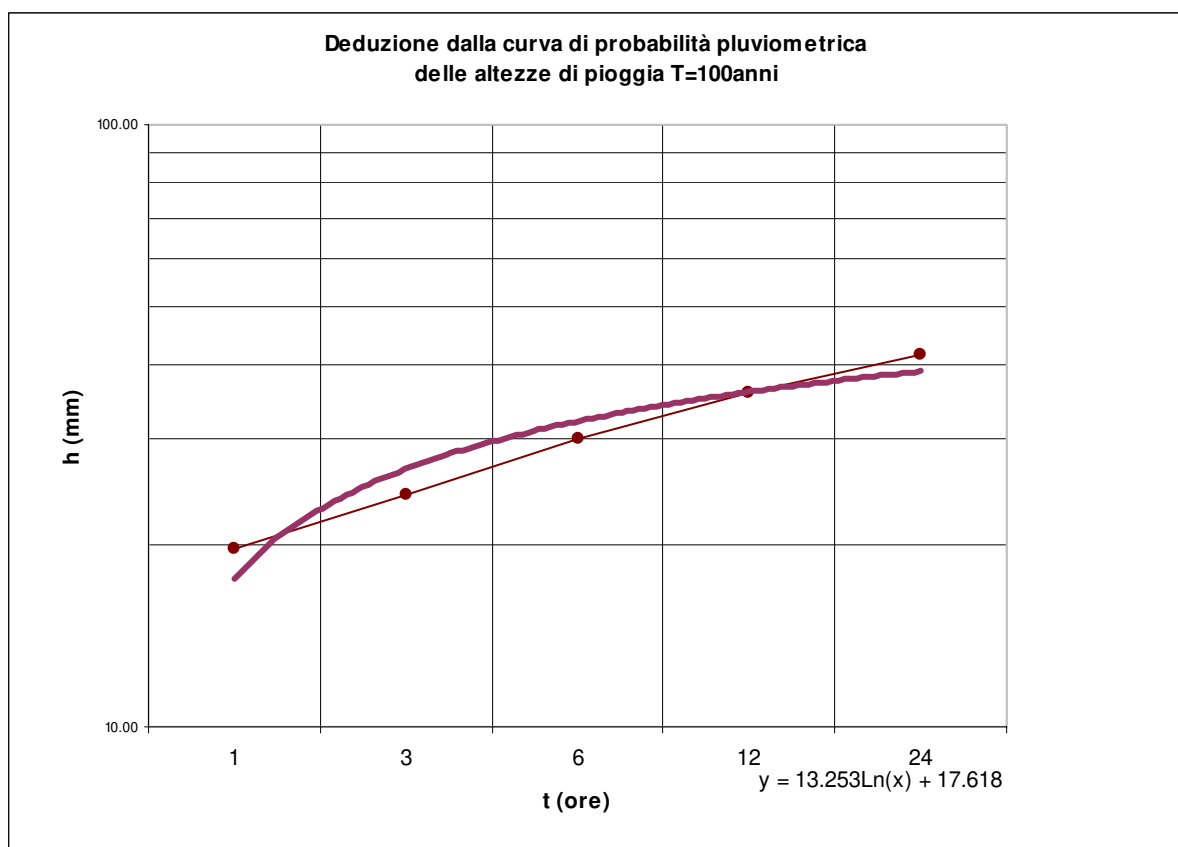
Tabella 5.7 Altezze di pioggia per T=50anni



$Q_1 = 4,80 \quad m^3 / s$
 $Q_2 = 19,86 \quad m^3 / s$
 $Q_3 = 58,88 \quad m^3 / s$
 $Q_4 = 121,19 \quad m^3 / s$
 $Q_5 = 157,17 \quad m^3 / s$
 $Q_6 = 212,63 \quad m^3 / s$
 $Q_7 = 120,32 \quad m^3 / s$
 $Q_8 = 106,46 \quad m^3 / s$
 $Q_9 = 48,83 \quad m^3 / s$
 $Q_{10} = 17,62 \quad m^3 / s$
 $Q_{11} = 2,46 \quad m^3 / s$
 $Q_{12} = 0 \quad m^3 / s$

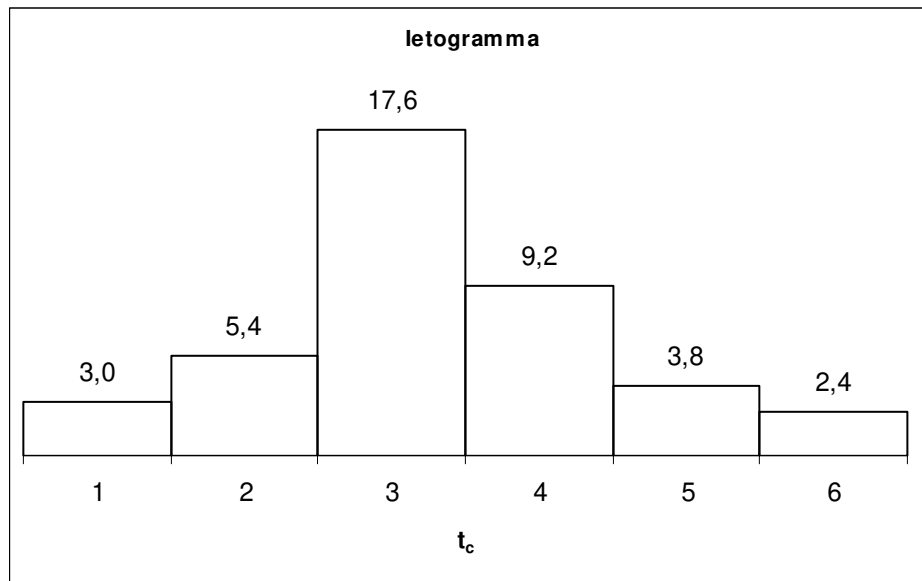


5.2.4.5. Idrogramma di pioggia per $T=100$ anni



Δt	h_m
1	17.62
2	26.80
3	32.18
4	35.99
5	38.95
6	41.36

Tabella 5.8 Altezze di pioggia per $T=100$ anni



$$Q_1 = 4,91 \quad m^3 / s$$

$$Q_2 = 11,37 \quad m^3 / s$$

$$Q_3 = 60,20 \quad m^3 / s$$

$$Q_4 = 123,95 \quad m^3 / s$$

$$Q_5 = 160,68 \quad m^3 / s$$

$$Q_6 = 217,49 \quad m^3 / s$$

$$Q_7 = 199,54 \quad m^3 / s$$

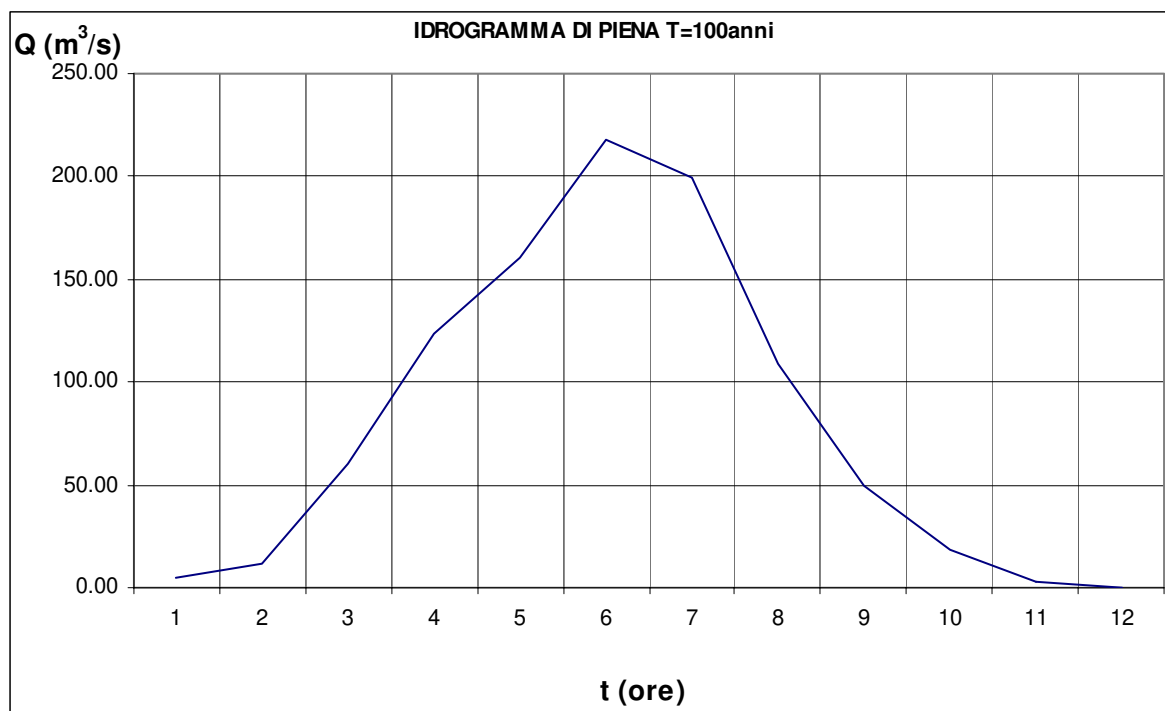
$$Q_8 = 108,78 \quad m^3 / s$$

$$Q_9 = 49,87 \quad m^3 / s$$

$$Q_{10} = 18,00 \quad m^3 / s$$

$$Q_{11} = 2,52 \quad m^3 / s$$

$$Q_{12} = 0 \quad m^3 / s$$



5.3 CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO DA INONDAZIONI

Le portate determinate consentono di effettuare delle valutazioni sintetiche sull'effettivo rischio da inondazione che potrebbe verificarsi nelle zone estuarine del F. Palma.

Un primo confronto con le indicazioni preesistenti non può prescindere dall'esame della "Carta del Rischio Idrogeologico" redatta dall'Assessorato Regionale al Territorio e Ambiente nell'ambito dei "Piani Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico". In particolare si confronta il Fg. 642 "Licata" 1/50.000 agg. Ottobre 1999.

In queste elaborazioni si evinceva che il territorio in attenzione era stato ritenuto non interessato dal "Rischio Idraulico".

Tuttavia nel territorio comunale di Palma di Montechiaro ricadono alcune aree interessate dal Piano straordinario per l'assetto idrogeologico ed individuate con D. A. n. 543 del 25.07.2002; tali aree sono distinte in:

R3 – Aree potenzialmente soggette a fenomeni di frana a rischio elevato;

R4 – Aree potenzialmente soggette a fenomeni di frana o di natura idraulica a rischio molto elevato.

Nelle aree classificate a rischio si applicano le disposizioni limitative contenute delle Norme di salvaguardia allegate al D.A. n. 298/41 del 4.7.2000 come modificate con gli articoli 7 ed 8 del D.A. n. 543 del 25.07.2002 e succ..

Ai fini della valutazione del rischio effettivo che le opere previste dal PRP possano subire valgano le seguenti considerazioni.

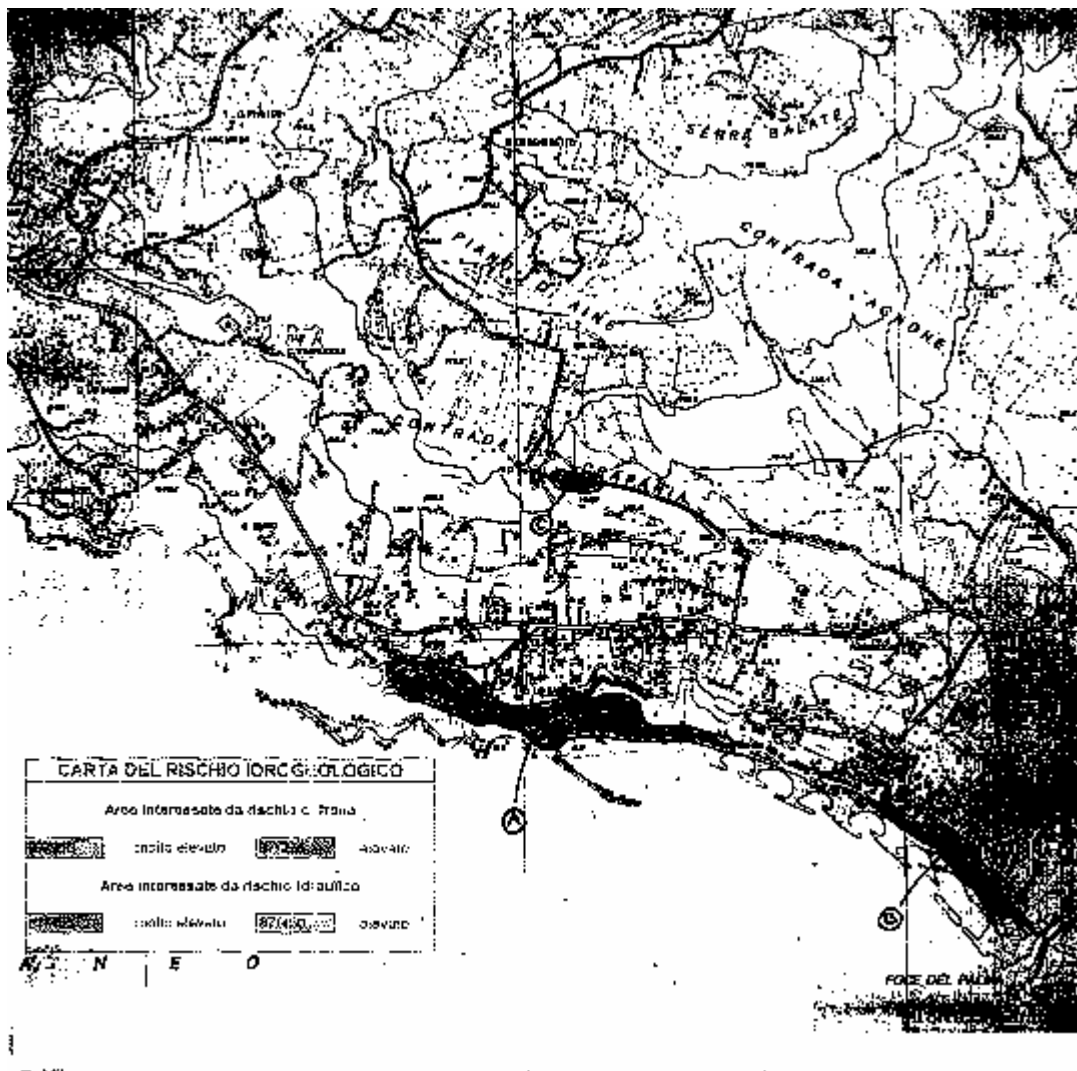
Le opere di cui si tratta per le parti a terra e non marittime, relativamente al "Rischio Idraulico", insistono solo marginalmente sulla sponda destra idraulica della foce del F. Palma. In tale posizione è previsto infatti solo un parcheggio per autoveicoli a quota minima di +1.5 m sul livello di massima marea.

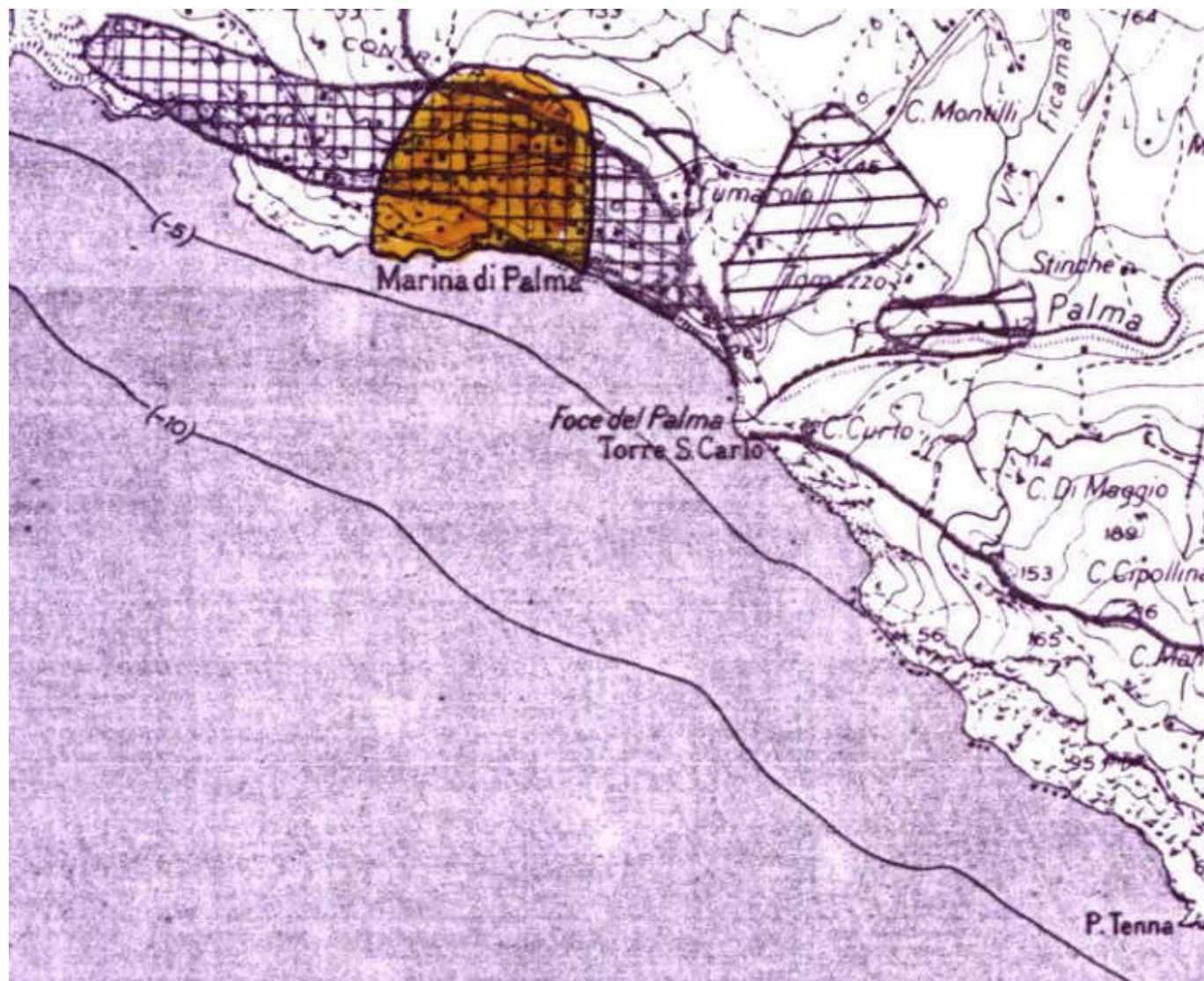
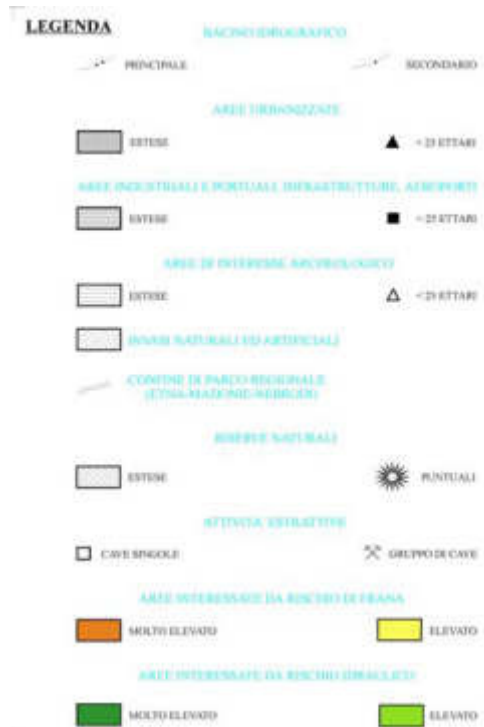
La portata fluviale massima alla foce, calcolata con $T_r = 100$ anni, è pari a 220 m³/s.

Trattandosi di portata alla foce, ovvero effluente direttamente al mare, l'effetto di innalzamento istantaneo del livello idrico non potrebbe superare che poche decine di centimetri, sicuramente al di sotto della quota cui insistono le opere.

DECRETO 7 maggio 2001. N. 277/41

Modifica del decreto 4 luglio 2000, concernente piano straordinario per l'assetto idrogeologico relativamente al comune di Palma di Montechiaro.





6 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA SOLIDA

Per la determinazione della portata media di materiale solido che il fiume Palma trasporta annualmente alla foce, operiamo prima di tutto con il calcolo della perdita di suolo di tutto il bacino, e, successivamente a questo valore affliggiamo un coefficiente di resa solida, che esprime l'efficienza del trasporto dei sedimenti lungo i versanti e gli elementi del reticolo idrografico.

6.1.1 STIMA DELLA PERDITA DI SUOLO

Per la determinazione della perdita di suolo utilizziamo l'equazione di Wischmeier e Smith che tiene conto, per l'interpretazione del processo erosivo, di una relazione tra fattori climatici, topografici e colturali, questi ultimi sia al tipo di utilizzazione che di lavorazione del terreno.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

in cui:

- A è la perdita di suolo annua specifica espressa in t/ha;
- R è il fattore climatico o indice di aggressività della pioggia, per facilitare le applicazioni molte nazioni hanno predisposto le carte delle isoerodenti, cioè delle cartografie in cui sono riportate le linee a eguale valore dell'indice di aggressività R (crf. Figura 6.1)

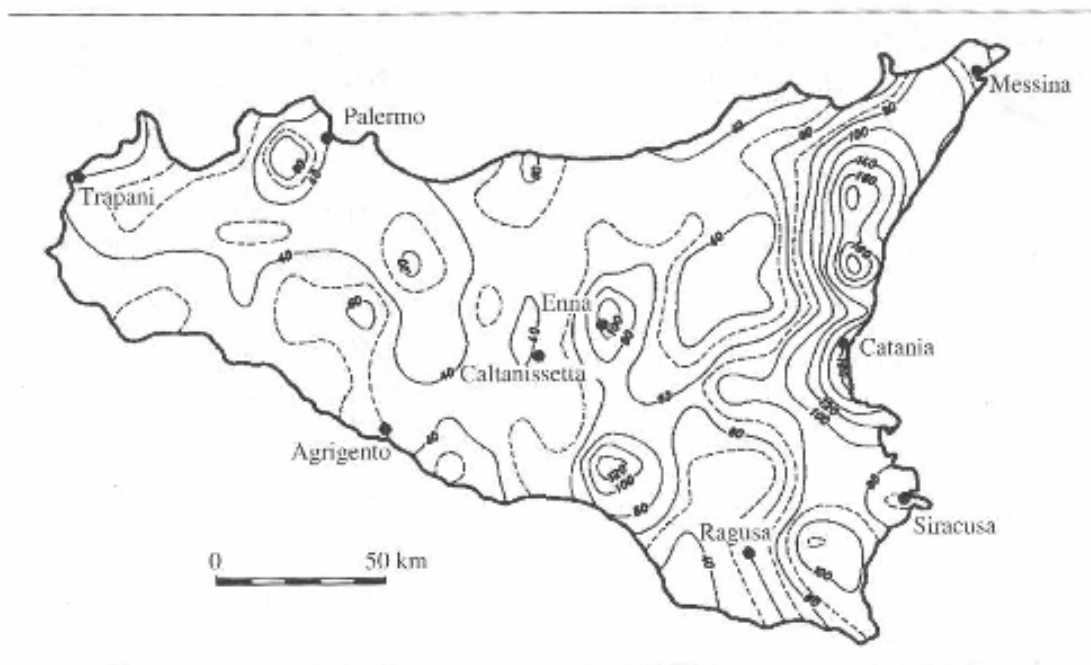


Figura 6.1 Carta delle isoerodenti del territorio Siciliano - (Vito Ferro-La sistemazione dei bacini idrografici, editore:McGraw Hill, 2001)

nel nostro caso il valore di riferimento di R è pari a 40.

- K è il fattore di erodibilità del suolo. In particolare i valori più bassi di K sono relativi ai terreni derivati da calcari duri (0,08 - 0,27), quelli più elevati ai suoli su marne (0,25 - 0,50), mentre sulle arenarie, sui depositi alluvionali e sui detriti si hanno valori medio-elevati compresi tra 0,20 e 0,36.

- L è la lunghezza della pendice

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.1} \right)^m$$

dove:

λ è la lunghezza libera della pendice, cioè la lunghezza della linea di massima pendenza del piano inclinato compreso tra in punto in cui comincia a manifestarsi il ruscellamento e il punto dove cambia la livelletta;

m assume il valore 0.2 se la pendenza s è minore dell'1% m=0.3 se 1%<s<3%, m=0.4 se 3%<s<5% e m=0.5 per valori della pendenza maggiori del 5%.

- S è il fattore della pendenza della pendice:

$$S = \frac{0.43 + 0.30s + 0.043s^2}{6.613}$$

- C è il fattore colturale che per la zona I (cfr.Figura 6.2) è pari a 0.36 (cfr. Tabella 6.1).

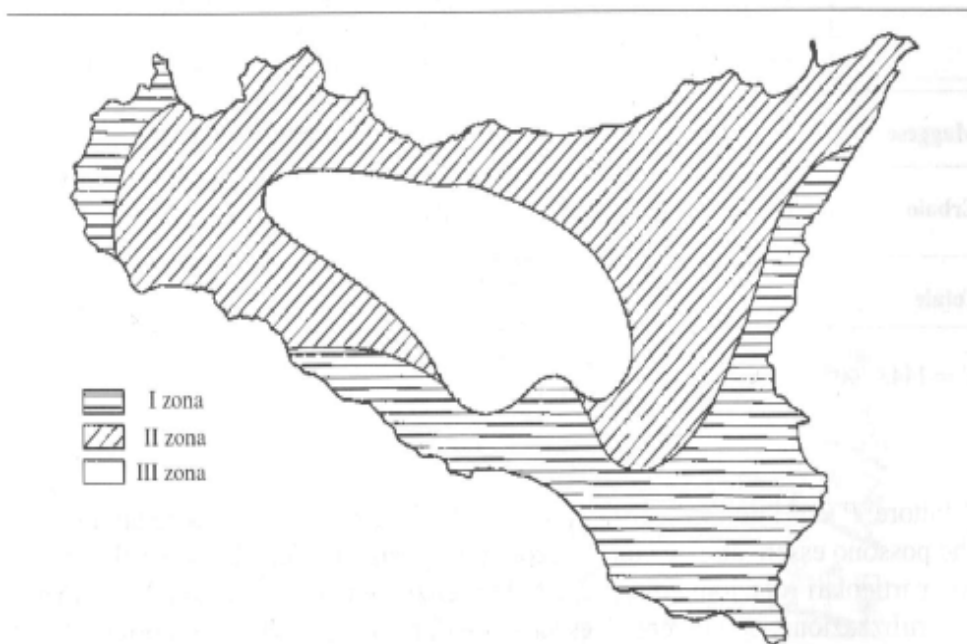


Figura 6.2 Zone omogenee a cui corrisponde un'unica distribuzione dell'indice di aggressività nell'anno - (V. Ferro – "La sistemazione dei bacini idrografici", editore: McGraw Hill, 2001)

Coltura		Intervallo di tempo di ogni fase	R progressivo	R parziale	Rapporto perdita di suolo	Prodotti parziali	ΣC
Frumento	0	15.7/15.11	84.0	64.0	0.65	41.60	61.8
	1	15.11/15.12	95.0	11.0	0.70	7.70	
	2	15.12/15.4	14.0	25.0	0.45	11.25	
	3	15.4/15.6	17.9	3.9	0.15	0.58	
	4	15.6/1.8	21.3	3.4	0.20	0.68	
Fava	0	1.8/1.12	91.1	69.8	0.23	16.05	26.5
	1	1.12/1.1	0.0	8.9	0.40	3.56	
	2	1.1/1.2	5.1	5.1	0.43	2.19	
	3	1.2/1.6	17.5	12.4	0.30	3.72	
	4	1.6/15.7	19.8	2.3	0.45	1.03	
Frumento	0	15.7/15.11	84.0	64.0	0.42	27.00	48.4
	1	15.11/15.12	95.0	11.0	0.60	6.60	
	2	15.12/15.4	14.0	25.0	0.40	10.00	
	3	15.4/15.6	17.9	3.9	0.15	0.58	
	4	15.6/15.10	59.8	41.9	0.10	4.19	
Maggese	0	15.10/1.11	77.8	17.9	0.42	7.52	7.52
Erbaio	4	1.11/15.7	19.8	42.0	0.01	0.42	0.42
Totale				400.0			144.6
$C = 144.6/400 = 0.36$							

Tabella 6.1 Calcolo del fattore culturale - (Vito Ferro-La sistemazione dei bacini idrografici, editore Mc-Graw Hill., 2001)

- P è il fattore di pratiche antierosive, per la sua determinazione ci rifaremo ai valori tabellati (cfr. Tabella 4.1)

s [%]	Lavorazione secondo le isoipse	Impianto di colture a fasce alternate o gradonamento
1.1- 2.0	0.60	0.30
2.1- 7.0	0.50	0.25
7.1-12.0	0.60	0.30
12.1-18.0	0.80	0.40
18.1-24.0	0.90	0.45

Tabella 6.2 Valori del fattore P - (Vito Ferro-La sistemazione dei bacini idrografici, editore Mc-Graw Hill., 2001)

Applicando la suddetta formula si calcola l'apporto di perdita di suolo di ciascun tipo di suolo.

Suolo	Pendenza	m	λ	L (m)	S	P	K	A (t/ha anno)	Sup. (ha)	A _{tot} (t/anno)
1	26%	0,5	261	3,44	0,080	0,80	0,08	0,254	1173,48	297,82
6	20%	0,5	245	3,33	0,077	0,80	0,08	0,236	6441,86	1522,15
11	17%	0,5	454	4,53	0,075	0,40	0,20	0,394	28108,71	11068,57
12	18%	0,5	470	4,61	0,076	0,40	0,35	0,706	46071,14	32530,29
13	15%	0,5	224	3,18	0,074	0,40	0,35	0,477	6341,50	3026,02
16	21%	0,5	100	2,13	0,078	0,80	0,18	0,332	1242,30	413,04
17	13%	0,5	230	3,23	0,073	0,70	0,20	0,476	13541,00	6452,20
20	25%	0,5	165	2,73	0,080	0,80	0,08	0,200	573,00	114,88
22	9%	0,5	300	3,68	0,071	0,40	0,30	0,452	16221,00	7338,25

Tabella 6.3 Indici riferiti alle tipologie dei suoli

Sommando i diversi contributi, che apportano i relativi tipi di suoli, si ha il totale di perdita di suolo relativo all'intero bacino idrico:

$$A_{Tot} = 62763.2 \text{ t}$$

per cui, se consideriamo un valore approssimativo del peso specifico pari a $\gamma = 2600 \text{ kg/m}^3$ otteniamo il volume complessivo di perdita di suolo

$$V = 24139.7 \text{ m}^3$$

6.1.2 RESA SOLIDA DEL BACINO

La resa solida del bacino la possiamo esprimere tramite il coefficiente di resa solida SDR_w , relazione proposta dall'American Society of Civil Engineers, il quale risulta essere influenzato da molti fattori quali:

- il tipo di erosione;
- le caratteristiche del sistema idrografico di trasporto dei sedimenti;
- le caratteristiche del bacino stesso.

$$SDR_w = k S_w^n$$

in cui S_w è la superficie del bacino espressa in km^2 , k e n sono due costanti numeriche; da studi fatti su bacini idrografici siciliani è stato caratterizzato un valore di k pari a 5.371 e un valore di n uguale a -0.6953.

Utilizzando questi valori otteniamo un valore del coefficiente di resa solida pari a $SDR_w = 0.1925 \cong 0.19 = 19\%$

In definitiva il totale della portata solida, che il fiume Palma riversa in corrispondenza della foce, è il 19% del totale della perdita di suolo.

$$\text{Portata solida} = 24139.7 \text{ m}^3 \times 19\% = 4586.5 \text{ m}^3$$