

Precipitazioni

Lo studio delle precipitazioni è di fondamentale importanza per i progetti in quanto da esse dipendono le disponibilità idriche superficiali e sotterranee.

Da esse dipendono, infatti, i deflussi e i livelli dei corsi d'acqua, i volumi idrici disponibili, i livelli degli invasi naturali e delle falde, e, in particolare, le portate di piena e di magra.

Le precipitazioni devono essere misurate con una rete di stazioni sufficientemente e opportunamente distribuite nel territorio (v. 1.1).

I dati raccolti devono poi essere elaborati statisticamente e probabilisticamente (v. capp. 2 e 3) per potere individuare la distribuzione spaziale e temporale dei valori delle precipitazioni, e i probabili valori futuri di notevole intensità.

I più importanti dati, normalmente raccolti nelle reti pluviometriche dei vari servizi idrologici nazionali e internazionali, riguardano le precipitazioni giornaliere (v. 1.1) misurate ogni 24 ore e le registrazioni continue.

Da queste registrazioni continue vengono ricavate le precipitazioni di notevole intensità (v. 1.2) di varia durata.

Elaborando statisticamente i valori delle precipitazioni giornaliere vengono ricavati, per il periodo di osservazione, i valori medi, massimi e minimi giornalieri, mensili e annui nelle stazioni della rete.

I valori misurati ed elaborati sono pubblicati negli annali dei servizi idrologici di quasi tutti i Paesi del mondo, oppure sono conservati e pubblicati a cura di varie organizzazioni private, locali o internazionali, che hanno costituito una loro rete di stazioni di misura.

Elaborando probabilisticamente i valori delle precipitazioni di notevole intensità si ricavano le relazioni che permettono di formulare previsioni sui valori particolarmente intensi, in funzione della durata e per un prefissato tempo di ritorno T_r (v. cap. 3).

Va specificato che il tempo di ritorno T_r è l'intervallo massimo di tempo, in anni, che può trascorrere probabilisticamente affinché il valore di una precipitazione o di un'altra grandezza idrologica possa essere uguagliato o superato.

Anche i valori delle precipitazioni di notevole intensità, registra-

ti, vengono riportati nei vari annali idrologici, mentre le elaborazioni probabilistiche devono essere quasi sempre svolte dai singoli ingegneri idrologi per i progetti ai quali collaborano.

Ulteriori elaborazioni dei dati raccolti vengono compiute dai vari servizi idrologici, università e organizzazioni sotto forma di studi e pubblicazioni di notevole interesse.

1.1 Misura delle precipitazioni

Le precipitazioni piovose vengono misurate con i pluviometri e con i pluviografi.

I *pluviometri* sono recipienti, in genere cilindrici, aperti nella parte superiore ove, attraverso una “bocca di cattura”, entra la precipitazione.

Una volta al giorno, sempre alla stessa ora (alle ore 9.00 per il Servizio idrografico italiano), l’acqua raccolta nel pluviometro viene versata in un recipiente graduato e viene così determinata l’altezza di precipitazione avvenuta nelle 24 ore precedenti.

Questa misura giornaliera consente solamente di stabilire la quantità totale di precipitazione giornaliera nella stazione di misura. Non permette però di individuare l’intensità della pioggia caduta in un intervallo di tempo inferiore alle 24 ore.

I *pluviografi* sono apparecchi che registrano in continuazione, con una punta scrivente su apposita carta, le precipitazioni che avvengono durante un certo periodo di tempo (un giorno, una settimana o un tempo più lungo). La carta è fissata su un cilindro rotante a velocità costante comandato da orologeria e viene sostituita quando il cilindro ha compiuto una rotazione completa nel periodo di tempo prefissato.

Il diagramma risultante, chiamato pluviogramma, permette di accertare l’intensità della pioggia, cioè quanti millimetri di pioggia sono caduti in periodi brevi, di pochi minuti o di poche ore.

Questi strumenti possono anche essere costruiti con caratteristiche tecniche tali da essere in grado di trasmettere i dati raccolti a una centrale operativa situata a una prefissata distanza.

Possono inoltre essere gestiti localmente da un apparato elettronico con un proprio software che permette la registrazione e la rappresentazione dei dati di pioggia.

Da segnalare che gli apparecchi di misura devono essere ubicati opportunamente, in luoghi privi di ostacoli che riducano o addirittura impediscano l’ingresso della pioggia attraverso la bocca di cattura.

Il Servizio idrografico italiano affida ogni stazione a un singolo osservatore, dalla cui “diligenza” dipende la bontà dei dati raccolti.

1.1.1 Dati di precipitazione pubblicati dal Servizio idrografico italiano

Negli Annali idrologici, volume primo, il Servizio idrografico italiano pubblica annualmente, per le stazioni di misura delle precipitazioni della rete nazionale, una serie di tabelle, di cui di seguito si illustrano i contenuti.

In tabella I vengono riportati i seguenti valori:

- la quantità di pioggia (in mm) caduta giornalmente;
- i totali mensili e annui di precipitazione (in mm);
- il numero mensile e annuo di giorni piovosi;
- la quota sul mare della stazione (in m s.m.).

In tabella II sono indicati i “Totali annui e il riassunto dei totali mensili delle quantità di precipitazione” (in mm).

La tabella III espone le “Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi”, cioè le massime precipitazioni annuali (in mm) con durata di una, tre, sei, dodici e ventiquattro ore consecutive.

Nella tabella IV si riportano i “Massimi valori annui registrati per 1, 2, 3, 4 e 5 giorni consecutivi”.

In tabella V sono riportate le “Precipitazioni di notevole intensità e breve durata registrate ai pluviografi”, ovvero il valore (in mm), la durata (in ore e minuti) e la data delle precipitazioni di maggiore intensità e di breve durata (qualsiasi durata ma generalmente inferiore alle tre ore) registrate dai pluviografi.

La tabella VI, riguardante il “manto nevoso”, espone alcuni valori di un altro tipo di precipitazione, cioè della precipitazione nevosa.

Essa espone, per le stazioni di osservazione nevosa e per i mesi di gennaio, febbraio, marzo, aprile, maggio, ottobre, novembre e dicembre l'altezza dello strato (in cm) presente nei giorni 10, 20 e 31, il numero dei giorni di precipitazione nevosa e di permanenza della neve sul suolo.

Il Servizio idrografico italiano ha redatto inoltre la Pubblicazione n. 24 – Fascicolo VII – *Precipitazioni medie mensili e annue e numero di giorni piovosi per il trentennio 1921-1950* riguardante numerosissime stazioni della rete nazionale. In questa pubblicazione, per ogni stazione sono indicate le precipitazioni medie mensili e annue (in mm) e il numero di giorni piovosi per tutti i mesi del trentennio, oltre che le precipitazioni medie del periodo (in mm).

Nella Pubblicazione n. 24 – Fascicolo XIII – *La Carta della precipitazione media annua in Italia per il trentennio 1921-1950*

vengono illustrate varie caratteristiche delle precipitazioni medie annue e mensili nel territorio con riferimento all'ubicazione, all'altitudine, alla latitudine e ad alcuni aspetti statistici.

È importante segnalare che, con i dati raccolti in 2372 stazioni, si è potuta realizzare la *Carta delle isoiete medie annue per il trentennio 1921-1950 per l'intero territorio nazionale*.

Le isoiete sono linee, tracciate sopra una mappa di scala qualsiasi, che uniscono luoghi con uguale altezza di precipitazione avvenuta in un determinato periodo di tempo; su tali mappe possono essere indicate anche le posizioni delle stazioni di misura.

La *Carta della precipitazione media annua in Italia per il trentennio 1921-1950* è stata realizzata su scale 1:500.000 e 1:1.000.000.

In questa carta le isoiete medie annue che individuano gli intervalli di riferimento hanno i seguenti valori (in mm): 500, 750, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, 3000.

1.2 Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per durata inferiore a 24 ore e annual series e partial series

Lo studio delle precipitazioni intense e di durata inferiore a 24 ore è quanto mai importante per la progettazione delle opere idrauliche, interessando direttamente il valore della portata di piena di un corso d'acqua naturale o artificiale e quindi il dimensionamento delle opere stesse (organi di scarico delle dighe, traverse, attraversamenti stradali e ferroviari, canali di drenaggio, fognature, difese fluviali ecc.).

Per il calcolo della portata di piena (v. cap. 6) è importante ricercare la massima precipitazione h_{\max} (in mm) che può avvenire per un determinato tempo di ritorno T_r in anni (v. cap. 3) e per una durata pari al tempo di concentrazione T_c (v. 6.1 e 6.2).

In alcuni casi è importante anche ricercare la massima precipitazione probabile PMP (v. 1.7).

La ricerca della massima precipitazione h_{\max} si effettua normalmente ricavando le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica, cioè le curve che correlano, per vari determinati tempi di ritorno T_p , l'altezza di pioggia h (in mm) con la durata della precipitazione T (in ore) mediante una relazione del tipo:

$$h = f(T)$$

Il metodo per determinare le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica è descritto nel paragrafo 3.3.

Come dati da elaborare devono essere considerate le serie di valori massimi annuali delle precipitazioni intense di breve durata,

registrati in stazioni pluviografiche, relativi all'intero periodo di osservazione.

Come già esposto (v. 1.1.1), il Servizio idrografico italiano riporta negli Annali idrologici (Tabella III) i valori delle massime precipitazioni annuali con durata di una, tre, sei, dodici e ventiquattro ore. Per ognuna di queste durate si ottengono delle serie di valori massimi annuali chiamate *annual series*.

Da segnalare che potrebbero essere elaborate, con risultati pressoché analoghi, le serie dei valori massimi registrati nel periodo per pari durata, senza tenere conto degli anni nei quali detti valori si sono avuti.

Queste serie sono chiamate *partial series* e possono contenere più valori registrati nello stesso anno. Si deve però avere l'avvertenza di utilizzare valori indipendenti tra loro, che non appartengano allo stesso evento. In questo caso si utilizzerebbe solo il valore più alto.

Anche in Paesi in via di sviluppo sono frequentemente disponibili valori massimi annuali di precipitazioni intense, con durate non necessariamente coincidenti con quelle del Servizio idrografico italiano.

In questi stessi Paesi, spesso, in alternativa possono essere consultati i pluviogrammi relativi a vari anni di osservazione per diverse stazioni pluviografiche, in particolar modo per gli aeroporti.

Si può per esempio segnalare come, in Costa Rica, l'Istituto meteorológico nacional pubblici per parecchi pluviografi del territorio nazionale i valori massimi annuali di pioggia con durata di 5, 10, 15, 30, 60, 120 e 360 minuti.

Le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica risultano con buona approssimazione del tipo:

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

essendo:

- T la durata (in ore);
- h la precipitazione (in mm);
- a la massima precipitazione h (in mm) con durata T di un'ora relativa al tempo di ritorno T_r (anni) considerato; per $T = 1$ ora, risulta infatti $h = a$;
- n un esponente di valore minore di 1.

Secondo i dati raccolti ed elaborati dall'autore, in Italia e in vari altri Paesi in epoche diverse, il valore di a , cioè della massima precipitazione di un'ora per tempi di ritorno di 10 e di 50 anni, è risultato quello indicato nella tabella 1.1.

Tabella 1.1
Precipitazione
massima (in mm)
di un'ora in alcune
località italiane
ed estere per
 $T_r = 10$ anni
e 50 anni.

Località	Tempo di ritorno	
	$T_r = 10$	$T_r = 50$
Auronzo, Veneto	29	37
Coggiola, Piemonte	58	75
Pettinengo, Piemonte	61	83
S. Stefano d'Avet, Liguria	42	53
Bobbio, Emilia	38	49
Ferriere, Emilia	48	54
Pitigliano, Toscana	54	71
S. Fiora, Toscana	55	76
Manciano, Toscana	47	63
Castel del Piano, Toscana	41	53
Borgo San Lorenzo, Toscana (Mugello)	35	47
Triana, Toscana	46	63
Pomonte, Toscana	47	63
Mondolfo, Italia, Marche	36	46
Roma	58	81
Civitavecchia, Lazio	40	47
Tuscania, Lazio	43	52
Viterbo, Lazio	49	65
San Biagio Saracinesco, Lazio	42	56
Sette Frati, Lazio	40	49
Picinisco, Lazio	36	47
Bolsena, Lazio	55	74
Orte, Lazio	42	54
Poggio Mirteto, Lazio	64	85
Tivoli, Lazio	45	59
Campeda, Sardegna	28	37
Santu Lussurgiu, Sardegna	38	50
Avellino, Campania	34	45
Monte Vergine, Campania	68	84
Pietrapaola, Calabria	51	71
Rossano, Calabria	42	56
Carlopoli, Calabria	53	71
Albi, Calabria	49	64

⇒

Kampala, Uganda (Lago Victoria)	51	68
Nyanguge, Tanzania (Lago Victoria)	73	97
Bunda, Kenia (Lago Victoria)	58	74
Kisumu, Kenia (Lago Victoria)	74	92
Bondo Water Supply, Kenia (Lago Victoria)	54	71
Kabwe, Zambia (Central)		71
Nizwa, Rustaq e Saiq in Oman		64
Palmar Sur, Costa Rica (Costa Oceano Pacifico)	95	115
Zona de L'Avana, Cuba (media di 6 pluviografi)	82	108
Zona d'Oriente, Cuba (media di 43 pluviografi)	78	103
Ilave, Perù (Lago Titicaca)	28	37
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia	73	94
Kombolcha, Etiopia	42	55
Bahir Dar, Etiopia	48	58
Niteroi, Brasile	65	75
Pemba, Zanzibar	60	80
Bujumbura, Burundi	70	93
Kisozi, Burundi	52	63
Luvironza, Burundi	46	56

A Roma, la V Ripartizione del Comune considera nei progetti di fognatura, in 111,6 mm la precipitazione massima in un'ora senza specificare il tempo di ritorno a cui questo valore compete. Questo valore è stato ottenuto dall'inviluppo di tutte le precipitazioni registrate nel periodo 1892-1953, la cui relazione $h = f(T)$ risulta:

$$h = 111,6 \cdot T^{0,63}$$

Secondo la Relazione della Commissione del Comitato dei Ministri per il Mezzogiorno, per lo studio dei problemi derivanti dal dissesto idro-geologico dei corsi d'acqua della Calabria (aprile 1955), la curva inviluppo di tutte le precipitazioni intense registrate nel passato in Calabria ha la seguente relazione:

$$h = 115 \cdot T^{0,60}$$

Nel testo *Handbook of Applied Hydrology* di Ven Te Chow (sezione 9-48), sono riportati i valori delle precipitazioni massime orarie registrate in sei città degli Stati Uniti (tabella 1.2).

Tabella 1.2
Precipitazioni
massime orarie
(in mm) registrate
in sei città degli
Stati Uniti.

Boston, Massachussets	46
Chicago, Illinois	71
Atlanta, Georgia	82
Denver, Colorado	56
Seattle, Washington	20
Los Angeles, California	38

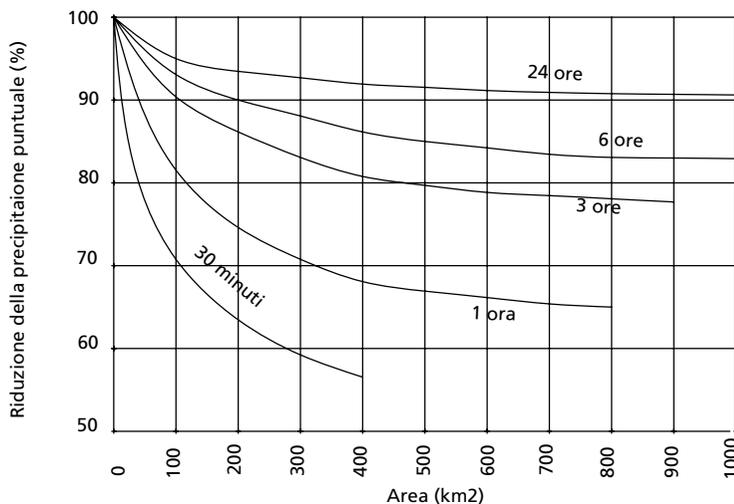
Per il litorale del Sahel tunisino, nella zona di Scusse vengono considerati come massimi il valore orario di 36 mm e l'intensità di 70 mm/ora in 15 minuti. Va considerato che i valori risultanti dalla relazione $h = f(T)$ si riferiscono al solo luogo puntiforme ove si trova il pluviografo della stazione di misura. Qualora si intenda estendere tali valori a un'area circostante al pluviografo, ovvero considerare il valore medio della precipitazione caduta sull'area, è necessario adottare un coefficiente correttivo che riduce i valori di precipitazione proporzionalmente all'area. Il Bulat*, esperto russo, in seguito a sue ricerche sperimentali condotte a Cuba, ha indicato la seguente espressione (par. 6.1) del coefficiente correttivo m :

$$m = 1/(1 + 0,001 \cdot (A - 40)^{0,8})$$

ove A è l'area del bacino (in km^2).

In *Handbook of Applied Hydrology* (sezione 9-57), è riportato un grafico ricavato dall'US Weather Bureau indicante la riduzione percentuale del valore della precipitazione puntuale del pluviografo in funzione dell'area del bacino (sino a 400 miglia quadrate, cioè sino a 1036 km^2) per differenti durate della precipitazione, come è illustrato nella figura 1.1.

Figura 1.1
Riduzione della
precipitazione
puntuale nel
pluviografo
per definire la
precipitazione
media nel bacino
per varie durate.



* Il Bulat ha esposto le ricerche empiriche nella pubblicazione *Recomendaciones para calcular el escurrimiento máximo en los ríos de Cuba*, La Habana, 1966.

La formula proposta dal Bulat e il grafico indicato da Ven Te Chow devono essere considerati come risultati sperimentali indicativi, validi soprattutto per le zone dove sono stati ricavati.

Il valore riduttivo dovrebbe essere sempre frutto di esperienze nella zona in cui si intende operare.

Quasi sempre, considerando durate comprese in un intervallo di tempo tra zero e 24 ore, non si ottiene un'unica relazione $h = f(T)$ valida per l'intero intervallo. Vengono invece ottenute più relazioni $h = f(T)$ relative a minori intervalli.

Per esempio in Costa Rica, per il pluviografo di Palmar Sur, situato nella regione meridionale, versante Oceano Pacifico, confinante con Panama, si sono ottenute le espressioni, relative a differenti intervalli di tempo T , elencate di seguito.

Tempo di ritorno T_r (in anni)	Intervallo di tempo T (in minuti)			
	5 ÷ 10	10 ÷ 30	30 ÷ 60	60 ÷ 360
10	$h = 114,8 \cdot T^{0,69}$	$h = 112,2 \cdot T^{0,67}$	$h = 95,5 \cdot T^{0,43}$	$h = 95,5 \cdot T^{0,24}$
50	$h = 144,5 \cdot T^{0,69}$	$h = 128,8 \cdot T^{0,625}$	$h = 115 \cdot T^{0,47}$	$h = 115 \cdot T^{0,256}$

Interessante inoltre considerare come in zone aride, quali quelle presenti in Algeria, Sudan, Arabia Saudita e in molti altri Paesi, accada spesso che le massime precipitazioni orarie registrate siano superiori alla precipitazione media annua.

Per esempio in Sudan, a Port Sudan, si ha una precipitazione media annua di circa 80 mm, mentre si sono registrate precipitazioni orarie dell'ordine di 100 mm. Ciò è dovuto al fatto che nel calcolo della precipitazione media annua sono presenti anche i valori uguali a zero o molto bassi di vari anni con precipitazione nulla o molto scarsa. Inoltre in queste zone aride le precipitazioni avvengono come norma di rado, però con forte intensità e breve durata.

Un altro esempio tipico riguarda le precipitazioni della regione dell'Hoggar in Algeria, ove le precipitazioni medie annue sono dell'ordine di pochi millimetri e la quasi totalità degli eventi di pioggia ha durata inferiore a 20 minuti con una forte intensità che dà luogo a notevoli scorrimenti superficiali su corsi d'acqua temporanei e di lunghezza limitata.

Da segnalare come in Tunisia, a Kairouan, il 46% delle precipitazioni giornaliere sia inferiore a 5 mm e solo il 6% sia maggiore di 20 mm. Ciò comporta che solo una bassa percentuale delle precipitazioni è in grado di provocare scorrimenti superficiali, essendo le basse precipitazioni destinate a dar luogo quasi esclusivamente a evaporazione, spesso non arrivando nemmeno a toccare il suolo.

È ancora da rilevare come in Arabia Saudita, secondo informazioni ottenute localmente, nei pressi di Abbah sono stati misurati

105 mm di pioggia in un'ora, mentre il valore medio annuo della precipitazione è risultato di 353 mm per il periodo 1955/56-1964/65.

Spesso si utilizza come curva segnalatrice di possibilità pluviometrica la relazione intercorrente tra l'intensità di pioggia i (misurata in mm/ora) e la durata T (in ore).

Questa relazione è:

$$i = a / T^{(1-n)}$$

dove a e n indicano gli stessi valori della relazione già esaminata:

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

Le stesse elaborazioni sopra descritte possono essere eseguite anche per durate superiori a 24 ore (v. 1.3). In questo caso i dati da elaborare sono soprattutto quelli misurati una volta al giorno in stazioni pluviometriche e possono riguardare, per esempio, anche valori massimi mensili e annuali.

1.3 Precipitazioni massime di uno o più giorni consecutivi in Italia e valori eccezionali nel mondo

Il Servizio idrografico italiano nella sua Pubblicazione n. 25 *Precipitazioni massime con durata da uno a cinque giorni consecutivi* (dicembre 1963) ha raccolto i valori massimi misurati in numerosissimi pluviometri del territorio nazionale nel trentennio 1921-1951 per durate di uno, due, tre, quattro e cinque giorni consecutivi, indipendentemente dall'anno della misura.

Va in proposito fatto presente che le cinque serie di valori esposti per ogni pluviometro nella Pubblicazione n. 25 non sono serie annuali (annual series), cioè corrispondenti ad anni diversi del periodo di osservazione, ma partial series (v. 1.2) che possono anche contenere più valori dello stesso anno. Dalla Pubblicazione n. 25, riguardante il territorio veneto di competenza dell'Ufficio idrografico del magistrato alle acque di Venezia, comprendente le zone molto piovose del Friuli, risulta che i valori massimi assoluti di precipitazione registrati sono stati quelli riportati di seguito.

Durata di giorni consecutivi	Precipitazione (in mm)	Stazione pluviometrica
1	617	Oseacco
2	780	Chievolis
3	840	Frasseneit
4	870	Chievolis e Frasseneit
5	1003	Chievolis

Nella tabella 1.3 sono riportati alcuni valori eccezionali di precipitazione registrati nel mondo per differenti durate.

Sono riportate inoltre, in progressive durate, le precipitazioni da 1 a 96 ore avvenute a Baguio nelle Filippine il 17 luglio 1911, considerate tra i maggiori eventi mondiali.

Durata (in ore)	Precipitazione (in mm)	Località	Data
0,017	38	Barot, Guadalupe	Nov 26 1970
0,083	63	Porta Bello, Panama	Nov 29 1911
0,133	126	Fussen, Bavaria	Mag 25 1920
0,250	198	Plumb Point, Jamaica	Mag 12 1916
0,333	205	Curtea de Arges, Romania	Giu 7 1889
0,500	280	Sikeshugou, Hebel, Cina	Lug 3 1974
0,700	305	Holt, Mo, USA	Giu 22 1947
1,000	401	Shangdi, Inner Mongolia, Cina	Lug 3 1974
1,200	440	Gaojiahe, Gansu, Cina	Ago 12 1985
2,000	489	Yujiawanzi, Hebel, Cina	Lug 19 1975
2,500	550	Bainaobao, Hebel, Cina	Giu 25 1972
2,750	559	D'Hanis, Tex, USA	Mag 31 1935
3,000	600	Duan Jiazhuang, Hebel, Cina	Giu 28 1973
4,500	782	Smethport, Penn, USA	Lug 18 1942
6,000	840	Muduocaidang, Inner Mongolia, Cina	Ago 1 1977
10,000	1400	Muduocaidang, Inner Mongolia, Cina	Ago 1 1977
18,000	1589	Foc Foc, Reunion	Gen 7-8 1966
20,000	1697	Foc Foc, Reunion	Gen 7-8 1966
22,000	1780	Foc Foc, Reunion	Gen 7-8 1966
24,000	1825	Foc Foc, Reunion	Gen 7-8 1966
48,000	2467	Aurere, Reunion	Apr 8-10 1958
72,000	3240	Grand Ilet, Reunion	Gen 24-27 1980
96,000	3721	Cherrapunji, India	Gen 12-15 1974
120,000	3951	Comerson, Reunion	Gen 23-27 1980
144,000	4303	Comerson, Reunion	Gen 22-27 1980
168,000	4653	Comerson, Reunion	Gen 21-27 1980

Tabella 1.3
Precipitazioni
eccezionali
registrate
nel mondo.

Precipitazione (mm) a Baguio (Filippine) nei giorni dal 17 al 20 luglio 1911

1	118		
2	208		
3	280		⇒

6	472		
12	788		
24	1216		
48	1695		
72	2038		
96	2239		

In *Handbook of Applied Hydrology* (sezione 9-47) di Ven Te Chow viene indicata la curva inviluppo delle massime precipitazioni mondiali con durata sino a 24 mesi.

L'espressione analitica, secondo Jennings, è la seguente:

$$h = 15,3 \cdot T^{0,486} \quad \text{con } h \text{ in pollici e } T \text{ in ore}$$

$$h = 388,62 \cdot T^{0,486} \quad \text{con } h \text{ in mm e } T \text{ in ore}$$

Risulta così che in alcune località della Terra possono attendersi precipitazioni con valori (in mm) prossimi a quelli sotto elencati.

388,6	in 1 ora
1.300	in 12 ore
1.821	in 24 ore (superato alle isole Reunion con 1825 mm)
2.550	in 48 ore (2 giorni)
3.106	in 72 ore (3 giorni) (superato alle isole Reunion con 3240 mm)
3.572	in 96 ore (4 giorni)
3.981	in 120 ore (5 giorni)
4.350	in 144 ore (6 giorni)
4.688	in 168 ore (7 giorni)
9.510	in 720 ore (30 giorni) (verificatosi a Cherrapunji, India)
22.718	in 4.320 ore (6 mesi) (verificatosi a Cherrapunji, India)
44.862	in 17.520 ore (2 anni)

Nel mondo, da segnalare la registrazione di parecchi alti valori giornalieri di precipitazione, come per esempio quello riscontrato a Tapatoca in Honduras con 1182 mm.

Valori assolutamente eccezionali sono quelli verificatisi nelle isole francesi Reunion dell'Oceano Indiano (tab. 1.3) con 1825 mm in 24 ore, 2467 mm in due giorni, 3240 mm in tre giorni, 3951 mm in 5 giorni, 4303 mm in sei giorni, 4653 mm in sette giorni.

1.4 Determinazione del volume di afflusso meteorico su un bacino

La determinazione del volume di afflusso meteorico (in m^3) verificatosi su un bacino in un determinato intervallo di tempo interessa vari progetti di opere idrauliche, quali quelli di serbatoi per dighe, reti di drenaggio, reti irrigue, attraversamenti stradali e ferroviari ecc.

I due metodi più comunemente applicati sono descritti di seguito e sono quelli che utilizzano le isoiete e i poligoni di Thiessen.

Va tenuto presente che, come sarà meglio specificato nel paragrafo 1.4.3, per una corretta applicazione dei due metodi, le precipitazioni attribuite ai vari pluviometri devono avere un uguale grado di attendibilità.

1.4.1 Metodo delle isoiete

Le isoiete (v. 1.1.1) sono le linee di uguale altezza di precipitazione avvenuta sopra uno specifico territorio in un determinato periodo di tempo, tracciate sopra una mappa di scala qualsiasi.

Una mappa con isoiete si presenta come un piano quotato.

La determinazione del volume di precipitazione caduto su uno specifico bacino per il quale è stata realizzata una carta con isoiete si effettua sommando i volumi di precipitazione corrispondenti alle fasce di bacino incluse tra due isoiete.

Ognuno di questi volumi (in m^3) è dato dalla semisomma dei valori delle isoiete (in m) limitanti la striscia moltiplicata per la superficie della striscia (in m^2).

Generalmente vengono prodotte le carte delle isoiete mensili e annue.

Di grande interesse sono anche le isoiete relative a eventi meteorici eccezionali per i quali si vuole conoscere il volume di afflusso meteorico.

Un esempio di particolare interesse è quello relativo a precipitazioni di forte intensità che hanno provocato notevoli portate di piena.

Come già specificato (v. 1.1.1), il Servizio idrografico italiano ha prodotto la *Carta delle isoiete medie annue di tutto il territorio nazionale relativa al trentennio 1921-1950*.

1.4.2 Metodo dei poligoni di Thiessen

Per la determinazione del volume di afflusso meteorico in un bacino viene anche utilizzato il metodo dei poligoni di Thiessen.

Nella mappa, ove sono ubicate le stazioni di misura delle precipitazioni che si trovano entro il bacino o molto vicino a esso, si trac-

ciano tutte le mediane tra i punti che individuano due stazioni, ossia si tracciano le linee rette normali a ogni segmento congiungente due stazioni e passanti per il punto medio di questo segmento. Con l'intersezione di tali mediane si vengono così a determinare in planimetria dei poligoni, racchiudenti ognuno una stazione e l'area di competenza di questa stazione.

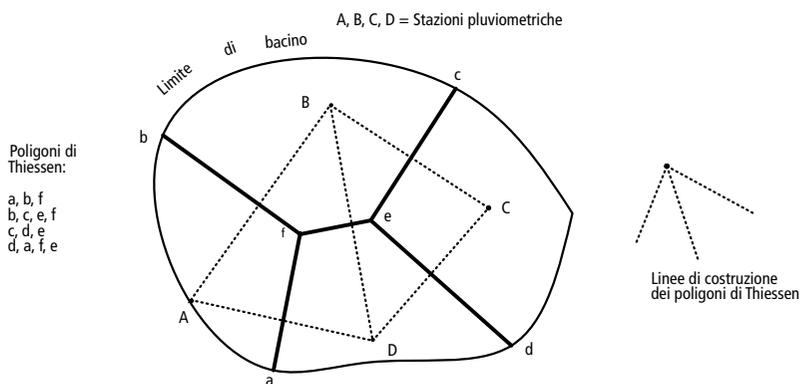
Per ogni area di competenza di un poligono, il volume di precipitazione (in m^3) è dato dal prodotto dell'area (in m^2) facente parte del bacino, per la precipitazione (in m) misurata al pluviometro contenuto in questa area.

Dalla somma dei volumi dei singoli poligoni si ottiene il valore del volume di precipitazione nell'area interessata.

I poligoni di Thiessen, a differenza delle isoiete, permettono una facile utilizzazione del computer, rimanendo fisse, e quindi memorizzabili, le aree dei vari poligoni che possono così essere utilizzate per la determinazione del volume di afflusso meteorico per differenti durate di precipitazione e per differenti tempi di ritorno.

Nella figura 1.2 è descritta la costruzione dei poligoni di Thiessen nel caso di quattro stazioni di misura delle precipitazioni situate entro un bacino e indicate con le lettere A, B, C e D.

Figura 1.2
Poligoni di Thiessen:
esempio.



Le linee di costruzione sono tratteggiate, mentre i quattro poligoni di Thiessen sono individuati con linea continua dai loro lati rettilinei e dalla linea rappresentante il limite del bacino.

Più precisamente, i quattro poligoni di Thiessen sono compresi tra i seguenti punti:

- per la stazione A: a, b, f;
- per la stazione B: b, c, e, f;
- per la stazione C: c, d, e;
- per la stazione D: d, a, f, e.

1.4.3 Doppia cumulata (Double Mass Curve)

Per la corretta costruzione di una carta delle isoiete medie annue, medie mensili o relative ad altri intervalli di tempo è necessario che per tutte le stazioni pluviometriche utilizzate ci si riferisca agli stessi anni di osservazione. È inoltre necessario che i valori delle medie siano accettabili (v. 2.3).

Spesso però possono mancare, per una o più stazioni, alcuni valori della serie interessata.

Al fine di dare a ogni stazione lo stesso numero di valori, si usa completare artificialmente la serie incompleta di dati pluviometrici di una stazione con il metodo della doppia cumulata (*Double Mass Curve*), correlando i valori del suo periodo disponibile, ma incompleto, con i valori di una o più stazioni vicine aventi simili caratteristiche pluviometriche e serie complete.

Considerando per esempio una serie annua, per ciascun anno in un piano cartesiano si pongono in ordinata i valori (in mm) della somma progressiva delle precipitazioni annue della stazione incompleta e in ascissa i valori (in mm) della somma progressiva della media delle precipitazioni annue delle stazioni, prese a riferimento, aventi ciascuna una serie completa.

Si ottiene così una serie di punti allineati secondo una retta, chiamata doppia cumulata, sino al valore corrispondente all'ultimo termine della somma progressiva della serie incompleta.

Tale retta viene prolungata e su di essa vengono proiettati verticalmente i valori successivi della somma progressiva della serie completa.

Le ordinate dei punti proiettati sulla retta (doppia cumulata) costituiscono i valori mancanti della somma progressiva della serie incompleta.

Si ottengono in tal modo artificialmente per la stazione incompleta le precipitazioni di completamento.

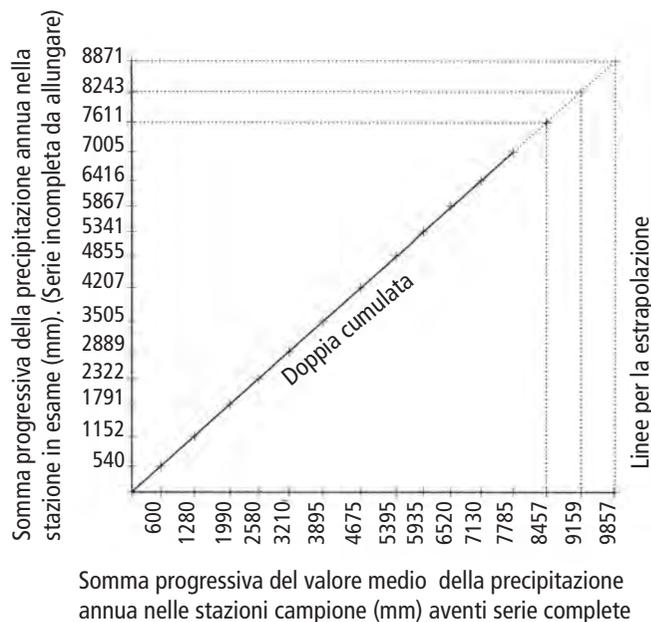
Un esempio di tale elaborazione è riportato nella figura 1.3 ove è posta in ascissa la somma progressiva di quindici valori medi di precipitazioni annue di un gruppo di stazioni aventi ciascuna una serie completa di valori pluviometrici nel periodo considerato. I valori (in mm) sono: 600, 680, 710, 590, 630, 685, 780, 720, 540, 585, 610, 655, 672, 702, 698.

In ordinata è posta la somma progressiva di dodici precipitazioni annue di una stazione il cui periodo di osservazione ha lo stesso inizio di quello del gruppo di stazioni in ascissa, ma è mancante di valori per gli ultimi tre anni. I valori (in mm) sono: 540, 612, 639, 531, 567, 616, 702, 648, 486, 526, 549, 589.

Dalla figura 1.3 si può osservare come per gli ultimi tre anni della stazione in esame le precipitazioni risultano, in progressione, le seguenti:

$$7611 - 7005 = 606 \text{ mm} \quad 8243 - 7611 = 632 \text{ mm} \quad 8871 - 8243 = 628 \text{ mm}$$

Figura 1.3
Doppia cumulata.
Determinazione
di precipitazioni
annue mancanti
in una stazione
pluviometrica.



1.5 Mass Curve

Mass Curve è il nome che viene dato alla rappresentazione grafica della somma progressiva di grandezze idrologiche, avendo posto, in un piano cartesiano, il tempo in ascissa e la stessa grandezza idrologica in ordinata. Varie sono le applicazioni della mass curve che risultano molto utili. Per esempio con la costruzione della mass curve correlante precipitazione e tempo di una stazione pluviometrica, appare evidente un eventuale spostamento di tale stazione in un'altra località. Infatti in questo caso risulta graficamente chiaro che dalla data dello spostamento la retta rappresentante la mass curve cambia di direzione, essendo in genere differenti le precipitazioni nella nuova località, anche se questa non è molto lontana dalla precedente.

Due altre importanti applicazioni della mass curve riguardanti precipitazioni e deflussi sono quelle descritte nel seguito.

Per quanto riguarda le precipitazioni (in mm) su un bacino o su un'altra area di studio, risulta quanto mai utile la costruzione, per ogni stazione pluviografica presente, di mass curve (minuti o ore, mm) riguardanti un intero evento. Infatti dalle mass curve si possono ricavare le precipitazioni verificatesi, per qualsiasi durata, nel territorio e di conseguenza per tali durate si possono tracciare su una mappa le corrispondenti isoiete (in mm) e i corrispondenti valori (in mm) nei poligoni di Thiessen.

Come ulteriore conseguenza può quindi anche essere calcolato il volume di precipitazione ($m^3 \cdot 10^6$) sull'area di studio per qualsiasi durata.

Per quanto riguarda i deflussi, una importante applicazione è la costruzione grafica che permette di determinare il volume del serbatoio ($\text{m}^3 \cdot 10^6$) necessario per la regolazione totale dei deflussi in arrivo ($\text{m}^3 \cdot 10^6$) in una sezione fluviale, cioè per garantire una portata costante Q (m^3/s) in uscita dal serbatoio per tutto il periodo di osservazione.

Si utilizzano a tale scopo le registrazioni disponibili di una stazione idrometrografica locale per realizzare una mass curve correlante deflusso ($\text{m}^3 \cdot 10^6$) e tempo (giorni, mesi, anni).

Quindi si congiungono con una linea retta il punto iniziale, cioè l'origine degli assi cartesiani, e il punto terminale della mass curve.

La pendenza di tale retta, ossia il rapporto tra l'ordinata e l'ascissa del punto terminale della mass curve, rappresenta la portata costante Q .

Si tracciano poi due altre linee rette parallele alla linea retta di congiunzione e tangenti alla mass curve superiormente e inferiormente.

La distanza tra queste due tangenti, considerata in senso verticale e cioè secondo l'asse delle ordinate, rappresenta il volume (in $\text{m}^3 \cdot 10^6$) necessario per la regolazione dei deflussi.

Le aree comprese tra la mass curve e la linea retta di congiunzione e che si trovano al di sopra di tale linea retta, costituiscono i volumi di accumulo d'acqua nel serbatoio quando la somma dei deflussi in arrivo è maggiore dei deflussi erogati dal serbatoio con portata media costante.

Le aree comprese tra la mass curve e la linea retta di congiunzione e che si trovano al di sotto di tale linea retta, costituiscono i volumi d'acqua che devono essere forniti dal serbatoio quando la somma dei deflussi in arrivo è minore dei deflussi che devono essere erogati dal serbatoio con portata costante.

Nella figura 1.4 si è rappresentato un esempio della sopra descritta costruzione grafica.

La serie dei deflussi annui ($\text{m}^3 \cdot 10^6$) presa in considerazione, si riferisce a un ipotetico periodo di 15 anni 1980-1994 ed è la seguente:

630, 750, 530, 400, 680, 595, 600, 920,
1200, 900, 500, 400, 350, 500, 1043.

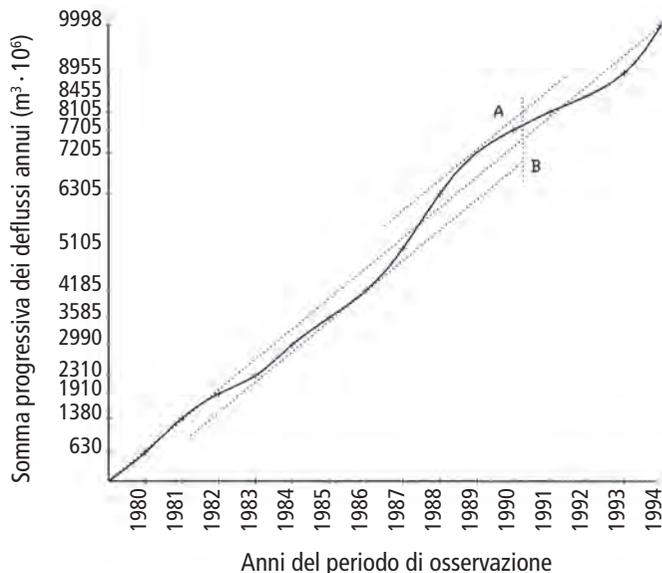
La mass curve è rappresentata con segno continuo, mentre la linea retta congiungente l'origine delle coordinate al punto terminale della mass curve e le due tangenti parallele alla linea congiungente sono rappresentate con segno tratteggiato.

Il volume necessario per la regolazione totale dei 15 deflussi annui è individuato dal segmento verticale A-B, al quale corrispondono 1029 milioni di m^3 .

La portata media costante, risultato della regolazione, è data dal rapporto:

$$9998 \cdot 10^6 / (15 \cdot 86400 \cdot 365) = 21,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Figura 1.4
Mass Curve
e definizione
del volume
necessario
per la regolazione
totale dei deflussi
annui del periodo
(A-B = 1029 milioni
di m³).
Portata media
costante
= 21,1 m³/s.



1.6 Depth-Area-Duration (DAD) Analysis *

La Depth-Area-Duration (DAD) Analysis ha come scopo quello di individuare il valore medio delle massime altezze di precipitazione che in una regione si sono verificate su aree di varia dimensione e per differenti durate. Spesso la ricerca è riferita solo a determinate stagioni dell'anno. I risultati finali dell'analisi sono riportati in tabelle del tipo della tabella 1.4 nella quale si è indicato il valore medio (in mm) delle precipitazioni massime su determinate aree (10, 100, 200, 500, 1000, 2000 e 5000 km²) per durate di 6, 12, 18 e 24 ore.

L'analisi si effettua utilizzando le registrazioni ricavate in tutte le stazioni pluviografiche funzionanti nella regione durante un evento meteorico (storm) eccezionale. Queste registrazioni possono dare con buona probabilità almeno uno dei massimi valori di precipitazione per le varie aree e durate. Per ciascuna stazione pluviografica si costruisce la mass curve (v. 1.5), cioè la somma progressiva della precipitazione durante l'evento eccezionale, avendo posto in ascissa il tempo (in ore) e in ordinata la precipitazione (in mm).

Dalle mass curve si ricavano tutti i valori di precipitazione che si sono registrati in ogni stazione per le durate T_i prese in esame.

Per ogni durata T_i (in ore) i valori delle precipitazioni, ricavati dalle mass curve di ogni stazione della regione, vengono posti su una mappa di scala opportuna, in corrispondenza dell'ubicazione delle rispettive stazioni pluviografiche.

* Il paragrafo si basa sui seguenti lavori: Linsley et al. (1949), p. 79; . Linsley et al. (1958), p. 37; Ven Te Chow (1964), pp. 9-32.

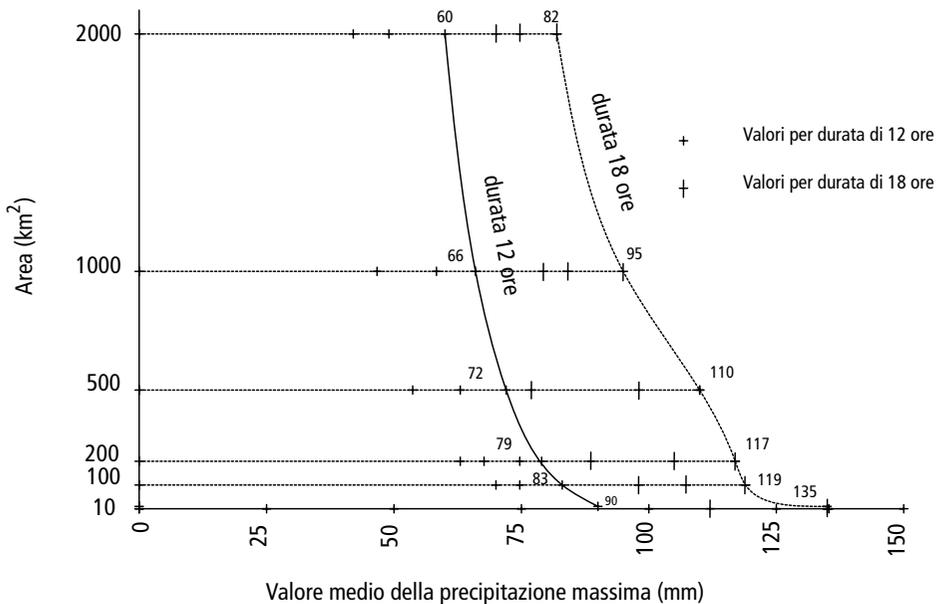
Si ricavano quindi tante carte delle isoiete quante sono le durate T_i prese in esame, le quali nella tabella 1.4 a pagina seguente corrispondono a 6, 12, 18 e 24 ore.

Tali carte rappresentano un evento ipotetico (hypothetical storm) essendo esse costruite con i valori di precipitazione registrati in stazioni diverse della regione. Con queste carte delle isoiete sono stati ricavati i massimi valori medi di precipitazione h_i (in mm) riportati nelle colonne della tabella in corrispondenza delle aree A_i prefissate.

Più in particolare, in ogni carta delle isoiete della regione realizzata, per una determinata durata T_i si calcolano i massimi valori medi h_i per varie aree A_i di superficie prefissata, che nella tabella 1.4 corrispondono a 10, 100, 200, 500, 1000, 2000 e 5000 km².

Il massimo valore medio h_i della precipitazione di prefissata durata T_i su ogni area A_i viene ricavato dalle carte delle isoiete calcolando il volume di precipitazione (v. 1.4.1) nell'area considerata A_i e dividendo poi tale volume per la stessa area A_i . Il massimo valore medio h_i (in mm), trovato per ogni area A_i (in km²) considerata e per ogni durata T_i , si pone su una linea orizzontale di ordinata pari ad A_i in un piano cartesiano avente come ascissa h (mm) e come ordinata A (km²). Per l'insieme di punti $(h_i; A_i)$ di differenti durate posti sulle linee orizzontali di ordinata A_i si traccia la linea involucro dei punti aventi pari durata T_i . Valori come quelli della tabella 1.4 o di analoghe tabelle, sono normalmente rappresentati, anche graficamente, con linee involucro in un piano cartesiano con coordinate h (in mm) e A (in km²). Ogni linea involucro corrisponde a una delle durate T_i prese in esame e sottende tutti i massimi valori medi h_i posti sulla linea orizzontale di ordinata A_i aventi durata T_i .

Figura 1.5
Valore medio della precipitazione massima (mm) in funzione dell'area (km²) e della durata (ore).



Nella figura 1.5 è rappresentato un esempio di due linee involuppo relative rispettivamente a durata di 12 e di 18 ore. I numeri utilizzati sono presi dalle colonne seconda e terza della tabella 1.4.

Una delle più importanti applicazioni della Depth-Area-Duration Analysis riguarda la ricerca della Precipitazione Massima Probabile (PMP) descritta nel paragrafo 1.7.

Tabella 1.4
Esempio di valore medio della precipitazione massima h (mm) su una regione per prefissate aree A (km^2) e durate T (ore).

Area A (km^2)	Durata T della precipitazione (ore)			
	6	12	18	24
10	70	90	135	152
100	65	83	119	145
200	60	79	117	138
500	58	72	110	130
1000	55	66	95	120
2000	53	60	82	105
5000	48	55	74	89

1.7 Precipitazione Massima Probabile (PMP)*

Per progetti di particolare importanza, soprattutto per quelli riguardanti le dighe, viene spesso ricercata la massima probabile altezza di precipitazione (Probable Maximum Precipitation, PMP), per determinate durate, fisicamente compatibile con la zona geografica interessata. In pratica, nei progetti, la zona geografica da considerare comprende il bacino in cui si intende realizzare l'opera e la durata che interessa è quella che può provocare la massima portata di piena (Probable Maximum Flood PMF), durata cioè pari al tempo di concentrazione (v. cap. 6) del bacino. La ricerca del PMP si basa sul presupposto che il valore massimo della precipitazione, registrato per una certa durata, potrebbe essere stato più elevato se durante l'evento l'umidità atmosferica avesse raggiunto il suo valore massimo possibile. Da ciò deriva che, per valutare il PMP corrispondente a una certa durata e a una determinata area, è fondamentale possedere i corrispondenti valori massimi dell'umidità relativa.

Le misure di precipitazione vengono effettuate con i pluviografi, mentre il valore di umidità viene ricavato utilizzando le misure del punto di rugiada (dew point).

Per le zone con orografia poco o moderatamente pronunciata (Non Orographic Regions), cioè piuttosto pianeggianti con picco-

* Il paragrafo si basa sui seguenti lavori: Ven Te Chow (1964), pp. 9-62; Linsley et al. (1949), p. 591; Ponce (1989), p. 453; Lotti e Associati, P.M.P. Resoconto della giornata di lavoro (1979).

le o moderate variazioni di quota dei terreni, una metodologia ampiamente applicata nella definizione del PMP prevede innanzi tutto l'utilizzo di linee inviluppo realizzate con la Depth-Area-Duration Analysis (v. 1.6) del tipo di quelle riportate nella figura 1.5. Per individuare tali linee si utilizzano i massimi valori di precipitazione registrati da varie stazioni pluviografiche nella regione interessata o anche esternamente a essa, se i loro valori possono essere trasportati, cioè se la regione di provenienza è meteorologicamente omogenea alla regione interessata. Dalla linea inviluppo corrispondente alla durata che interessa si ricava il valore massimo della precipitazione media, registrata nel periodo, per un'area pari a quella dello studio progettuale. Questo valore viene successivamente moltiplicato per un coefficiente di aggiustamento (moisture-adjustment factor) il quale può essere definito come rapporto tra la massima umidità totale, misurata nella regione in una colonna atmosferica di sezione unitaria durante gli anni del periodo di osservazione, e l'umidità totale misurata in una colonna simile durante l'evento meteorico.

Il valore del PMP, ricavato nelle varie zone geografiche, è stato utilizzato dall'U.S. Weather Bureau-Corps of Engineers per ricavare serie di mappe (Generalized Charts of Maximum Possible Precipitation) estese a gran parte del territorio degli Stati Uniti, cioè quello a est del meridiano 105 W, con isoiete di probabile massima precipitazione. Ogni mappa della serie si riferisce a una durata e a un'area prefissate.

Le durate considerate sono di 6, 12, 24 e 48 ore, mentre le aree considerate sono di 10, 200 e 500 miles². Queste serie di mappe vengono comunque considerate utili solo per studi preliminari.

Per le *aree con orografia molto pronunciata* (Orographic Regions) non è possibile applicare la metodologia sopra descritta.

La trasposizione è molto limitata dalla mancanza di caratteristiche orografiche simili nelle aree vicine e gli studi da compiere sono probabilmente più efficaci se orientati esclusivamente sugli eventi osservati nello stesso bacino. Non sono da escludere comunque controlli basati su considerazioni empiriche e statistiche.

È utile sottolineare che, per la determinazione del PMP secondo la metodologia sopra descritta, un grande ostacolo anche economico è costituito dal notevole numero di dati da raccogliere, di strumenti da utilizzare e di personale altamente specializzato da impiegare. Per questo motivo molto spesso si ricorre alla stima statistica.

1.7.1 Stima statistica della PMP*

Per la stima della PMP puntuale, cioè valida per la sola località della stazione pluviografica, viene anche utilizzata la formula statistica

* Il paragrafo si basa sul seguente lavoro: Ponce (1989), p. 454.

della frequenza, riferita a una serie di valori massimi annuali di precipitazione con determinata durata:

$$h_M = h_m + K_M \cdot S_n$$

ove:

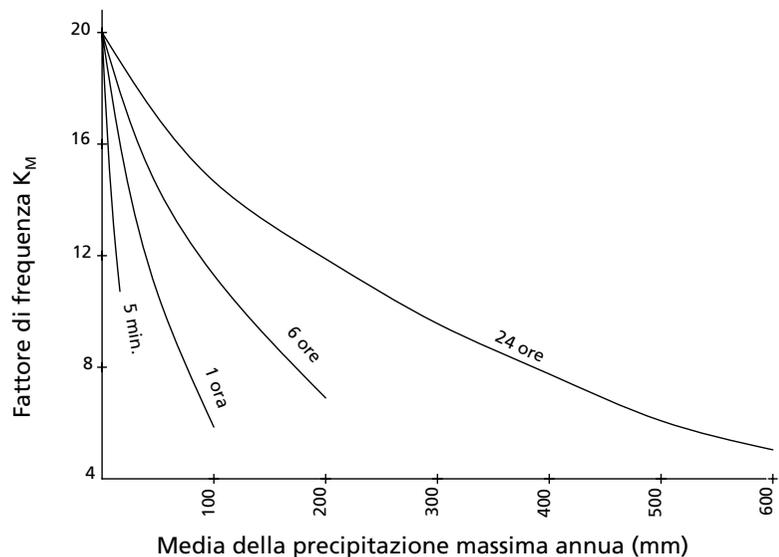
- h_M è il massimo valore di precipitazione (in mm), cioè la PMP;
- h_m è il valore medio della serie (in mm) di valori massimi annuali di determinata durata;
- S_n è il valore dello scarto quadratico medio della serie considerata;
- K_M è il fattore di frequenza ed è dato dal numero di scarti quadratici medi S_n che deve essere aggiunto al valore medio h_m per ottenere il valore massimo di precipitazione h_M .

Secondo gli studi di Hershfield il valore di K_M può essere ricavato in funzione del valore medio annuo h_m (in pollici o mm) e della durata dell'evento meteorico, come rappresentato nella figura 1.6.

In un primo suo studio iniziale su 2600 stazioni, 90% delle quali situate negli USA, Hershfield valutò in 15 un valore appropriato di K_M .

In un secondo tempo lo stesso autore ha accertato che K_M varia in funzione della durata dell'evento meteorico e del valore medio delle precipitazioni massime annuali, come appare dalla figura 1.6.

Figura 1.6
Stima statistica
del P.M.P. Fattore
di frequenza K_M .



Va segnalato che per bacini di superficie maggiore di 25 km² il valore della PMP, essendo un valore puntuale, va ridotto secondo una appropriata relazione sperimentale tra durata dell'evento meteorico e superficie del bacino (v. 1.2 e figura 1.1).

1.8 Precipitazione efficace

Per precipitazione efficace, o *rainfall excess*, si intende quella parte di precipitazione che dà adito a scorrimento idrico superficiale e partecipa completamente al deflusso.

Un'altra parte di precipitazione (*rainfall loss*) va persa ai fini dello scorrimento in quanto viene intercettata dalla vegetazione, si infiltra nel terreno, si raccoglie in depressioni del suolo (v. 6.5.1), evapora.

In una sezione di corso d'acqua, assieme al deflusso dovuto alla precipitazione efficace e al deflusso già esistente prima della precipitazione efficace, è presente anche un flusso di base (*base runoff*) dovuto alle acque sotterranee (v. cap. 5).

Si può affermare inoltre che il volume di un'onda di piena, depurato del flusso di base, delle perdite di evaporazione, della *rainfall loss* e del deflusso già esistente prima della precipitazione efficace, coincide con il volume della precipitazione efficace (v. cap. 5).

L'individuazione del valore della parte di precipitazione su un bacino che scorre sul terreno come precipitazione efficace è quindi un problema molto importante per lo studio del deflusso dei corsi d'acqua, in particolar modo per lo studio del deflusso di piena.

1.9 Precipitazioni medie annue in Italia e in Europa e pubblicazioni della FAO

Come già illustrato (v. 1.1.1), i dati sulle precipitazioni medie annue in Italia possono essere reperiti negli Annali Idrologici e in almeno altre due pubblicazioni del Servizio: la n. 24 – Fascicolo VII e la n. 24 – Fascicolo XIII.

Da quest'ultima pubblicazione (p. 15) si può osservare come le più alte precipitazioni medie annue in Italia durante il trentennio 1921-1950 si sono registrate nei bacini dell'Isonzo, del Serchio e del Tagliamento. I sei maggiori valori sono risultati i seguenti.

Località	Precipitazione media annua trentennio 1921-1950 (in mm)	Altitudine (m s.m.)	Bacino
Musi	3313	633	Isonzo
Uccea	3186	663	Isonzo
Orto di Donna	3109	1100	Serchio
Campogrina	3002	850	Serchio
Coritis	2939	641	Tagliamento

Una nota posta nella Pubblicazione n. 24 – Fascicolo XIII (p.

15), pubblicata nel 1961, segnala che nella stazione di Uceea, nell'anno 1960 erano caduti 6103 mm di pioggia, che rappresenterebbero di gran lunga il massimo valore annuale registrato in Italia.

Nell'Italia continentale le più basse precipitazioni medie annue si sono registrate nelle regioni Puglia e Basilicata, con i seguenti sei valori.

Località	Precipitazione media annua trentennio 1921-1950 (in mm)	Altitudine (m s.m.)	Bacino
Torremaggiore	493	169	Candelaro
Foggia	454	74	Candelaro
Cerignola	494	124	Salso-Salpi
Manfredonia	426	2	Salso-Salpi
Barletta	475	30	Murge
Taranto	445	15	Penisola Salentina

Nelle isole di Sicilia e Sardegna, ove la piovosità media generale è rispettivamente di 730 mm e 760 mm, le più basse precipitazioni medie annue registrate sono quelle di seguito riportate.

Località	Regione	Precipitazione media annua trentennio 1921-1950 (in mm)
Trapani	Sicilia	495
Milo	Sicilia	490
Agrigento	Sicilia	463
Pietraperzia	Sicilia	443
Gela	Sicilia	442
Cozzo Spadaro	Sicilia	365
Villasor	Sardegna	410
Decimomannu	Sardegna	498
Pula	Sardegna	447
Sa Pira	Sardegna	476
Cagliari	Sardegna	431

Nella Pubblicazione n. 24 – Fascicolo XIII sono anche riportate le precipitazioni medie annue ricavate con i dati disponibili per il secolo 1851-1950 riguardanti le città di Milano, Venezia, Genova, Parma, Modena, Bologna, Firenze, Perugia, Roma, Napoli e Palermo. I corrispondenti valori quelli che seguono.

Città	Precipitazione media annua per il secolo 1851-1950 (in mm)
Milano	994
Venezia	748
Genova	1271
Parma	749
Modena	669
Bologna	678
Firenze	851
Perugia	933
Roma	836
Napoli	867
Palermo	694

Normalmente, considerando il valore medio annuo delle precipitazioni, si usa così definire il clima di una regione:

- per valori minori di 400 mm il clima è arido;
- per valori maggiori di 400 mm e minori di 750 mm il clima è semi-arido;
- per valori maggiori di 750 mm il clima è umido.

Le precipitazioni medie mensili e annue e il numero medio mensile e annuo di giorni piovosi nei vari paesi del mondo sono disponibili in Internet a cura della World Meteorological Organization (WMO) per il trentennio 1961-1990. Esse riguardano un numero piuttosto grande di stazioni per ogni Paese.

Le precipitazioni medie annuali nelle principali capitali o città europee sono risultate quelle elencate di seguito.

Capitale o città	Precipitazione media annua per il trentennio 1961-1990 (in mm)
Amsterdam	780
Atene	368
Berlino	584
Bruxelles	820
Bucarest	595
Budapest	516
Copenaghen	525
Dublino	733
Helsinki	615



Istambul	678
Tallinn (Estonia)	675
Lisbona	751
Londra	611
Lubiana	1368
Madrid	427
Milano	943
Mosca	691
Oslo	763
Parigi	644
Praga	526
Riga (Lettonia)	633
Roma	733
Sofia	571
Stoccolma	539
Varsavia	520
Vienna	621
Vilnius (Lituania)	683
Zurigo	1086

La FAO ha pubblicato negli *Agroclimatological data* le precipitazioni medie mensili e annue di un gran numero di stazioni di misura dei seguenti continenti:

- Africa (Volume 1: *Countries north of the equator*, 1988 e Volume 2: *Countries south of the equator*, 1984);
- Asia (Volume 1 e Volume 2, 1987);
- America Latina e Caraibi (Volume unico, 1985).