

Idraulica e Idrologia: Lezione 4

Agenda del giorno

Parte 1

- La struttura delle reti di misura (convenzionali e di telemisura);
- le fonti dei dati (struttura degli Annali idrologici).

Parte 2

- Valutazione delle piene: motivazioni dello studio
- Analisi dell'idrogramma di piena;
- Modelli di formazione del deflusso;
- Modello CN-SCS.

La rilevazione elettronica dei dati

L'avvento dell'elettronica, ed in particolare dei sistemi a microprocessore, ha consentito una fondamentale svolta nelle metodologie di acquisizione ed elaborazione dei dati.

Vantaggi:

Possibilità di effettuare un trattamento completo dei dati stessi, dal sistema di rilevamento alle elaborazioni più complesse, in maniera completamente automatica, eliminando così gran parte degli errori e delle imprecisioni dovute all'intervento degli operatori.

Un sistema elettronico di misura ed acquisizione di dati è costituito essenzialmente da tre parti:

- 1) **sensore**, che provvede a trasformare le variazioni della grandezza misurata in variazioni di una grandezza di tipo elettrico;
- 2) **sistema di controllo**, basato su microprocessore, che provvede alle seguenti funzioni:
 - acquisizione ad intervalli prestabiliti dei segnali provenienti dal sensore;
 - conversione della grandezza elettrica di tipo continuo (analogico) in forma numerica (digitale);
 - eventuale visualizzazione locale dei dati;
 - memorizzazione dei dati su supporto di memoria;
 - eventuale trasmissione dei dati;
- 3) **sistema di alimentazione**, che fornisce l'energia necessaria al funzionamento dell'intero apparato.

Le reti di rilevamento. Un esempio: le reti pluviometriche

Le osservazioni effettuate da un singolo pluviometro sono rappresentative di un'area più o meno ristretta all'intorno dello strumento. **Per conoscere la distribuzione delle piogge in una regione di qualche estensione è necessario installare più strumenti - una rete.**

Il numero dei pluviometri di cui è necessaria l'installazione dipende da:

- **uso delle osservazioni;**
- **distribuzione spaziale delle precipitazioni.**

Per quanto riguarda il primo punto: quanto minore è l'intervallo di aggregazione temporale delle piogge areali che si intendono stimare, tanto maggiore deve essere la densità di stazioni nella rete che si sta considerando (a parità di accuratezza della stima).

*Questo vuole dire che se per effettuare una stima di precipitazione media areale **giornaliera** può essere sufficiente un pluviometro ogni 100 km², per ottenere la stessa accuratezza di stima per le piogge medie areali **orarie** va installata una rete di densità maggiore (p. es.: uno strumento ogni 10 km²).*

La densità della rete pluviometrica italiana (tra le più fitte) è di circa uno strumento ogni 80 km², quella francese pari a 1 su 150 km², negli Stati Uniti pari a 1 su 700 km².

Le reti di rilevamento: Le reti di misure idrometriche

Anche per le reti di osservazione idrometrica sono state sviluppate delle norme relative alla densità minima accettabile per la maggior parte degli obiettivi posti dalla gestione delle risorse idriche.

WMO indica dei valori di densità idrometrica minima, nella forma di estensione massima dei bacini monitorati:

- **aree di pianura:** 1000-2500 km²
- **aree caratterizzate da orografia complessa:** 300-1000 km².

Tuttavia, in pratica, la densità di una rete idrometrica è in molti casi vincolata dalla disponibilità di sezioni adeguate per ospitare stazioni di misura idrometrica.

Il concetto di rete integrata pluvio-idrometrica è particolarmente importante per il caso di sistemi di previsione di piena (sistemi di monitoraggio in grado di alimentare modelli di previsione dei deflussi di piena).

Le reti di rilevamento: trasmissione dei dati

Per trasmissione dei dati si intende qui l'invio di informazioni alfanumeriche da una stazione remota (appartenente alla rete considerata) ad un stazione centrale di archiviazione ed elaborazione.

Tecnologie disponibili:

- **Linee telefoniche;**
- **frequenze radio VHF/UHF e microonde;**
- **satelliti geostazionari e polari;**
- **telemetria meteor-burst.**

La scelta fra queste tecnologie dipende da molti fattori, compresi:

- **tempo minimo ammissibile fra acquisizione del dato presso la stazione remota e suo invio alla stazione centrale;**
- **scala spaziale dell'applicazione;**
- **costi.**

Diffusione dei dati idrometeorologici

ANNALI IDROLOGICI (vedi sezione successiva)

Modalità convenzionale di diffusione delle osservazioni. E' scarsamente compatibile con le attuali possibilità di trasmissione ed archiviazione dei dati.

Fra le modalità classiche di diffusione dei dati, gli **ATLANTI IDROLOGICI** sono probabilmente fra quelle più apprezzabili

Si vedano gli esempi in Svizzera e Germania Federale:

Keller, R., 1979: *Hydrological Atlas der Bundesrepublik Deutschland*. Deutsches Forschungsgemeinschaft.

Homepage Atlante Idrologico Svizzero

http://www.hydrologie.unibe.ch/hades/index_en.html



La raccolta e diffusione dei dati in Italia - 1

La raccolta e diffusione dei dati idrologici è stata curata in Italia dal **Servizio Idrografico e Mareografico Italiano**, costituito nel 1917 dall'allora Ministero dei Lavori Pubblici con lo scopo di uniformare, organizzare e rendere disponibili le misurazioni pluviometriche, idrometriche e mareografiche in Italia. Prima di allora, tali misurazioni erano eseguite in maniera non coordinata da singole strutture che avevano svolto tale compito negli stati preunitari. Il Servizio idrografico ha anche proceduto, fino alla sua dismissione, alla pubblicazione dei cosiddetti Annali Idrologici, relativi ai vari compartimenti in cui era stato diviso il territorio.

Con il trasferimento di competenze dallo Stato alle Regioni, anche la struttura del Servizio Idrografico Italiano viene modificata. Infatti l'art. 92 del D.Lgs. 31 marzo 1998 n. 112 in materia di "*Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59*" dispone che gli Uffici periferici del Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali (DSTN) siano trasferiti alle Regioni ed incorporati nelle strutture operative regionali competenti in materia. Questo ha comportato che le competenze del Servizio Idrografico sono passate ad enti regionali (agenzie ARPA, oppure servizi tecnici regionali, oppure altri enti), e i precedenti Compartimenti che erano molto spesso sovraregionali sono stati così sostituiti da enti aventi estensione regionale.

La raccolta e diffusione dei dati in Italia - 2

Per quanto riguarda i servizi di Protezione Civile, la raccolta e diffusione dei dati idrometeorologici è curata attualmente dai Servizio Idrografici afferenti ai diversi Centri Funzionali.

Il Sistema Nazionale dei Centri Funzionali, promosso dal Dipartimento della protezione civile, dalle Regioni e dalle Province Autonome di Trento e Bolzano, rappresenta una rete di centri operativi per il “Sistema di allertamento” nazionale distribuito ai fini di protezione civile. Questo, tramite le attività di previsione, monitoraggio e sorveglianza in tempo reale degli eventi e dei conseguenti effetti relativi sul territorio, è di supporto alle decisioni delle autorità preposte all’allertamento delle diverse componenti del Servizio Nazionale di Protezione Civile e alle diverse fasi di gestione dell’emergenza in attuazione dei “Piani di emergenza di protezione civile” provinciali e comunali.

La [Direttiva emanata dal Presidente del Consiglio dei Ministri il 27 febbraio 2004](#), inserendosi nel contesto nazionale, detta gli indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale di tale sistema di allertamento; definisce i soggetti istituzionali e gli organi territoriali coinvolti nelle attività di previsione e prevenzione del rischio e di gestione dell’emergenza; stabilisce gli strumenti e le modalità con cui le informazioni relative all’insorgenza ed evoluzione del rischio idrogeologico ed idraulico, devono essere raccolte, analizzate e rese disponibili alle autorità coinvolte.

LA RETE DEI CENTRI FUNZIONALI

La rete dei Centri Funzionali è organizzato secondo un'articolazione territoriale regionale, descritta in figura.



Gli Annali Idrologici

Pubblicazioni fondamentali del 'vecchio' SIMN (Servizio Idrografico e Meteorografico Nazionale) erano gli **Annali Idrologici**. **La struttura dell'archiviazione dei dati è spesso conservata nelle nuove metodologie di archiviazione.**

Suddivisione in due fascicoli.

La **parte prima** si riferisce alla termometria, alla pluviometria e alla meteorologia e contiene i seguenti elementi:

Termometria: massime e minime temperature giornaliere; valori medi estremi delle temperature mensili;

Pluviometria: totali giornalieri mensili ed annuali; precipitazioni massime di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive; massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi; precipitazioni di notevole intensità e breve durata; manto nevoso;

Meteorologia: pressione atmosferica; umidità relativa; nebulosità; vento al suolo;

La **parte seconda** si riferisce ai dati relativi ai corsi d'acqua, e contiene le seguenti tabelle riguardanti:

Afflussi meteorici su alcuni bacini imbriferi;

Osservazioni idrometriche giornaliere;

Portate e bilanci idrologici;

Osservazioni freaticometriche;

Trasporto torbido;

Indagini, studi idrologici, ed eventi di carattere eccezionale (in questo capitolo conclusivo vengono descritti, qualora si verificano, i fenomeni eccezionali, come alluvioni o lunghi periodi di siccità).

Archivio Annali Idrologici: ISPRA Progetto Annali

<http://www.acq.isprambiente.it/annalipdf/>

ACQ: Annali - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti Aiuto

ACQ: Annali +

www.acq.isprambiente.it/annalipdf/

Google

Più visitati Come iniziare



SINTAI - Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine - CONSULTAZIONE ANNALI IDROLOGICI

Sceita dei contenuti

Annale Venezia anno 1988 - parte I

Anno	Parte I	Parte II
1983	X	X
1984	X	X
1985	X	X
1986	X	X
1987	X	X
1988	X	X

Parte I Parte II
DLoad I DLoad II

Scogli pagina
pagina 135
pagina 136

Tabella I - Osservazioni pluviometriche giornaliere

Anno 1988

PADOVA (Pr) Bacino: PIANURA FRA BRENTA E ADIGE (12 m. s.m.)												G I O R N O	LEGNARO (Pr) Bacino: PIANURA FRA BRENTA E ADIGE (7 m. s.m.)												
G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
»	-	-	48.8	-	-	-	-	-	-	-	4.8	1	-	-	-	6.6	-	7.6	-	-	0.2	-	-	1.4	
»	6.2	-	-	-	-	5.6	-	-	8.0	-	18.0	2	-	3.6	5.6	0.2	18.8	-	25.6	-	-	2.8	-	0.2	10.0
»	0.4	-	-	-	-	16.6	-	-	14.0	-	28.8	3	-	0.8	0.2	23.0	2.0	-	-	-	6.0	-	-	28.4	
»	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	4	1.4	0.2	3.0	6.3	0.2	-	7.4	-	-	-	-	-	
»	1.6	-	-	3.2	5.4	-	10.4	-	-	-	-	5	0.2	1.2	5.8	0.2	14.4	-	0.2	8.8	-	0.2	-	0.2	
»	3.0	0.6	-	8.2	40.4	-	-	-	4.4	-	-	6	-	0.2	0.2	10.4	6.0	4.9	-	-	2.0	2.8	-	-	
»	1.0	4.0	-	-	13.6	-	-	-	-	-	-	7	1.4	1.6	10.4	8.0	-	14.8	-	-	-	-	-	-	
»	1.0	-	-	-	21.8	-	-	-	-	-	-	8	-	1.0	8.0	1.7	-	13.4	-	-	-	-	-	-	
»	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	1.6	-	-	6.5	-	-	-	-	-	-	
»	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	0.2	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	
»	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	
»	16.0	-	-	2.8	-	-	-	-	-	-	-	12	-	9.0	-	-	5.2	-	-	-	-	-	-	-	
»	11.4	-	-	-	0.2	1.6	-	-	64.6	-	-	13	-	11.0	-	10.3	-	-	2.4	-	-	55.2	-	-	
»	-	-	-	0.6	36.4	-	-	18.0	1.0	-	-	14	0.2	-	10.3	0.4	0.4	33.8	-	-	7.2	-	-		
»	-	-	-	-	1.0	-	-	0.4	8.0	0.2	-	15	2.6	-	0.4	0.2	-	5.0	-	-	6.8	0.2	-		
»	-	-	-	5.0	-	-	33.0	7.2	-	-	-	16	7.8	-	0.2	-	6.0	3.9	0.4	-	3.8	-	0.2		

Il Servizio Idrografico e gli Annali Idrologici

Le osservazioni riportate negli Annali Idrologici costituiscono la base su cui si poggiano le elaborazioni idrologiche volte a risolvere i problemi tecnici più comuni.

La ragione di questo risiede nella difficoltà pratica ed economica di elaborare ogni volta le osservazioni contenute nei registri originali.

Tale difficoltà si è attenuata con la disponibilità sempre maggiore delle osservazioni in formato digitale.

Anche in questo caso, tuttavia, l'importanza degli Annali è significativa, in quanto non tutte le osservazioni sono reperibili in formato digitale (questo vale soprattutto per quelle più vecchie), e perché alcune tecniche idrologiche si rifanno alla tipologia di sintesi del dato riportata negli Annali (vedi, per es., il calcolo delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica).

Per questa ragione è importante conoscere la struttura degli Annali.

Annali Idrologici: Pluviometria (Precipitazioni di massima intensità)

La Tabella III riporta, per le sole stazioni munite di apparecchio registratore, i massimi annuali delle precipitazioni relativi a periodi con inizio in istanti qualsiasi, purché nell'anno a cui la tabella si riferisce, e durata, rispettivamente, pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

E' il caso di sottolineare che il massimo di 24 ore, che si riferisce ad un periodo con inizio in un istante qualsiasi, è generalmente diverso dalla massima altezza giornaliera, di cui non può mai essere minore.

I massimi annuali riportati in questa tabella vengono generalmente utilizzati per la costruzione delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica.

Tabella III. — Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi.

Anno 1973

BACINO E STAZIONE	INTERVALLO DI ORE														
	1			3			6			12			24		
	mm	INIZIO		mm	INIZIO		mm	INIZIO		mm	INIZIO		mm	INIZIO	
	giorno	mezz		giorno	mezz		giorno	mezz		giorno	mezz		giorno	mezz	
BACINI MINORI DAL CONFINE DI STATO ALL'ISONZO															
Basovizza	23.0	22	giu.	40.6	22	giu.	48.6	22	giu.	67.8	6	nov.	81.2	24	set.
Poggioreale del Carso	32.2	24	set.	41.2	22	giu.	48.6	22	giu.	77.6	22	giu.	103.2	22	giu.
Servola	22.8	24	set.	35.6	22	giu.	42.8	22	giu.	48.6	24	set.	68.2	24	set.
Trieste	28.6	24	set.	43.0	22	giu.	49.7	22	giu.	58.2	24	set.	86.7	24	set.
Alberoni	33.8	1	ott.	47.2	24	set.	51.6	24	set.	52.0	24	set.	76.2	24	set.
ISONZO															
Ucea	32.8	16	lug.	35.6	8	mag.	62.8	9	apr.	110.0	9	apr.	212.4	9	apr.
Gorizia	38.8	23	set.	58.8	1	ott.	96.8	1	ott.	120.4	1	ott.	129.4	1	ott.
Musi	50.2	30	set.	83.2	30	set.	113.0	30	set.	153.0	30	set.	185.2	30	set.
Ciseris	59.2	8	ago.	95.6	30	set.	109.6	30	set.	124.6	30	set.	144.8	30	set.
Cividale	32.8	22	lug.	64.4	22	lug.	69.2	22	lug.	69.8	22	lug.	84.8	22	lug.
DRAVA															
Sesto	22.6	29	giu.	37.6	29	giu.	37.6	29	giu.	39.6	31	ago.	47.0	25	set.
Tarvisio	30.2	12	lug.	30.8	12	lug.	34.6	9	apr.	61.0	9	apr.	98.6	9	apr.
Cave del Predil	30.2	9	apr.	50.0	9	apr.	91.6	9	apr.	153.2	9	apr.	199.8	9	apr.
TAGLIAMENTO															
Forni di Sopra	16.0	8	ago.	22.6	22	giu.	34.4	22	giu.	47.8	22	giu.	88.6	9	apr.
Sauris	21.8	16	set.	27.6	16	set.	40.0	22	giu.	75.2	22	giu.	95.8	22	giu.
La Maina	25.4	24	ago.	29.2	22	ago.	53.2	22	ago.	77.2	22	ago.	120.4	9	apr.
Ampezzo	27.0	25	ago.	41.2	22	giu.	45.2	22	giu.	83.2	22	giu.	115.4	9	apr.
Forni Avoltri	19.0	29	giu.	24.0	9	apr.	37.2	9	apr.	60.0	9	apr.	100.2	9	apr.
Ravascletto	12.2	22	giu.	21.6	22	giu.	39.0	22	giu.	59.2	22	giu.	78.0	22	giu.
Peseris	17.8	31	ago.	23.0	11	ago.	38.8	22	giu.	69.6	22	giu.	86.6	22	giu.
Timau	15.0	25	ago.	41.8	23	mag.	49.4	23	mag.	50.0	23	mag.	97.2	9	apr.
Avosacco	27.0	17	lug.	43.2	17	lug.	65.0	17	mag.	79.6	9	apr.	144.2	9	apr.
Paularo	18.4	17	lug.	28.8	17	lug.	47.6	17	lug.	71.6	9	apr.	123.2	9	apr.
Tolmezzo	28.2	1	ott.	31.2	1	ott.	46.8	9	apr.	79.6	9	apr.	101.6	9	apr.

Parte 2

- **Valutazione delle piene: motivazioni dello studio**
- **Analisi dell'idrogramma di piena;**
- **Modelli di formazione del deflusso;**
- **Modello CN-SCS.**

L'evento di piena: IDROGRAMMA

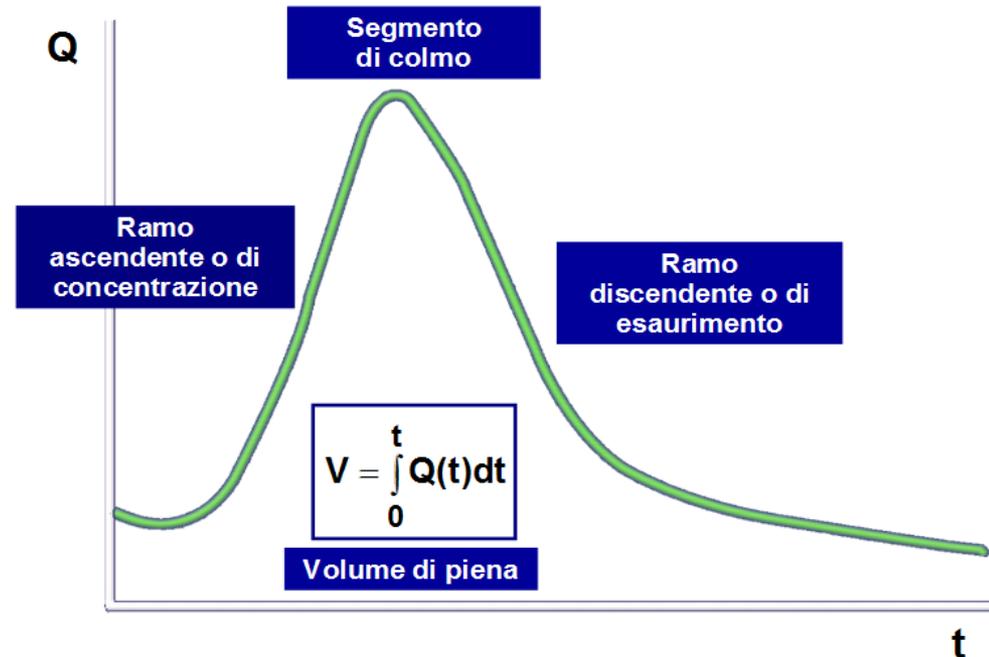
Piena: significativo e generalmente rapido aumento della portata di un corso d'acqua, dovuto ad un consistente **evento di pioggia** o allo **scioglimento di un rilevante manto nevoso**, seguito da una diminuzione, generalmente più lenta, e dal ritorno alle condizioni usuali.

Forma caratteristica dell'idrogramma (corrisponde ad un evento di pioggia all'incirca costante nel tempo ed uniforme nello spazio):

ramo ascendente (curva di **concentrazione**): la portata aumenta sempre più rapidamente;

colmo: si raggiunge il massimo dell'idrogramma;

ramo discendente o di **esaurimento** (o di recessione): diminuzione continua, ma progressivamente sempre più lenta della portata.



VALUTAZIONE DELLE PIENE: MOTIVAZIONI

Perché valutare le portate di piena?

Approccio classico tecnico-ingegneristico

Dimensionamento, verifica e gestione opere civili: dighe, opere di difesa fluviale, reti di drenaggio, opere stradali, ecc.

Approccio moderno tecnico-scientifico

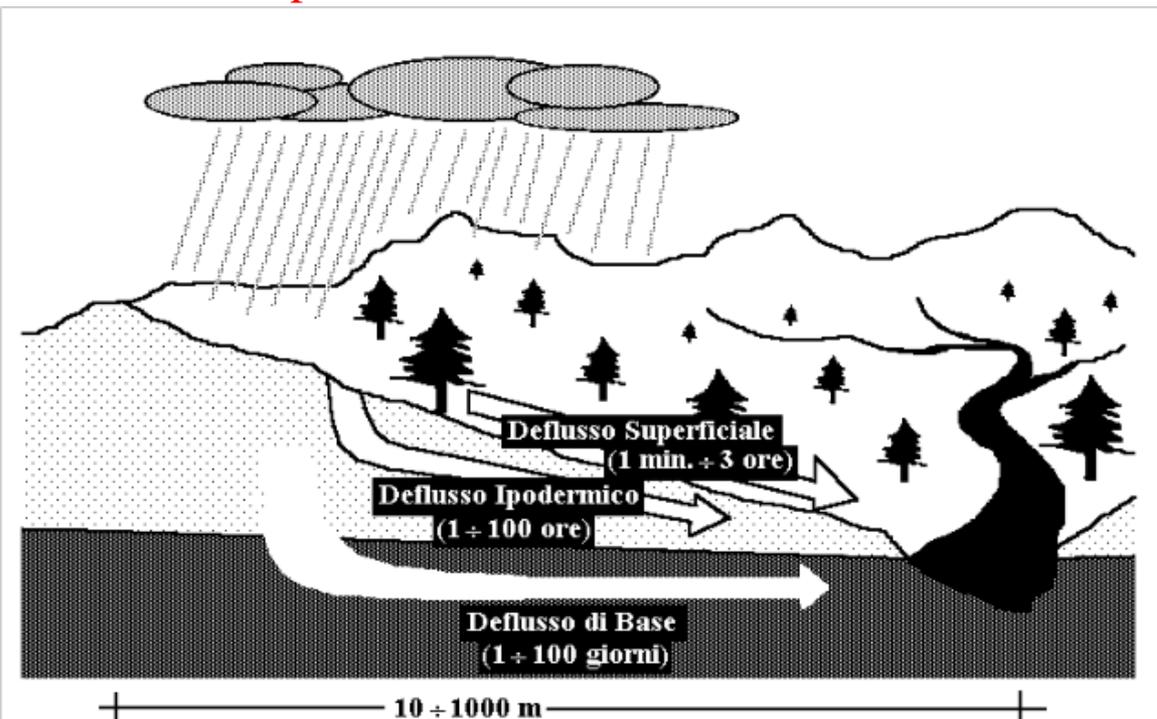
Conoscenza del fenomeno a fini scientifici e applicativi: gestione e sviluppo sostenibili del territorio, studi ecologici, ecc.

L'IDROGRAMMA DI PIENA

SEPARAZIONE DELLE COMPONENTI DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

Quattro componenti:

- afflusso diretto (precipitazione che cade sugli specchi liquidi);
- deflusso superficiale;
- deflusso ipodermico (la parte del deflusso sottosuperficiale che scorre per vie parallele al pendio negli orizzonti del suolo poco profondi);
- deflusso profondo.



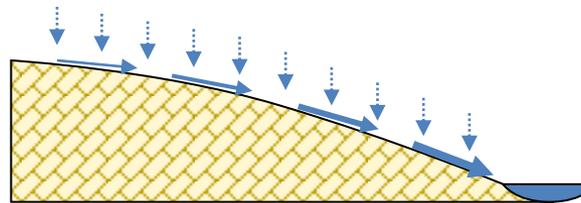
L'IDROGRAMMA DI PIENA

SEPARAZIONE DELLE COMPONENTI DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

Quattro componenti:

1. **afflusso diretto** (precipitazione che cade sugli specchi liquidi); di solito trascurabile in quanto la superficie dei suddetti specchi d'acqua raramente raggiunge il 5% dell'area totale del bacino;

2. **deflusso superficiale**; ha origine nelle zone del bacino caratterizzate da terreni poco permeabili o molto umidi, dove l'intensità di pioggia supera l'infiltrazione potenziale



Deflusso superficiale;

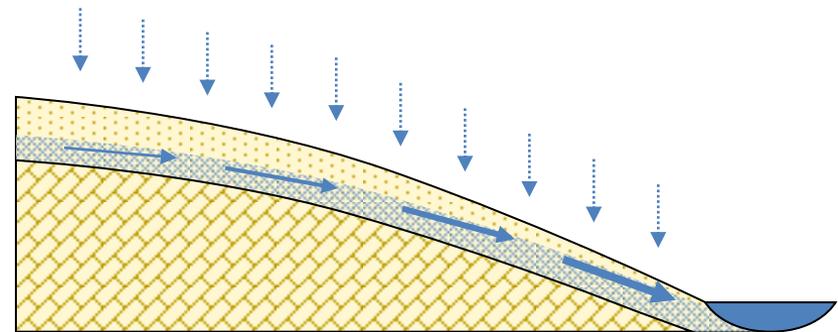
**Ambiente dominato da deflusso superficiale:
scarsa vegetazione; modesta capacità di
infiltrazione dei suoli.**

L'IDROGRAMMA DI PIENA

SEPARAZIONE DELLE COMPONENTI DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

3. deflusso ipodermico (la parte del deflusso sottosuperficiale che scorre per vie parallele al pendio negli orizzonti del suolo poco profondi);

ha luogo negli strati più superficiali del suolo, attraverso vie preferenziali di deflusso (spaccature, macropori, drenaggi artificiali), soprattutto se a modesta profondità è presente uno strato di bassa permeabilità; i deflussi ipodermici tornano a giorno dopo breve percorso e pertanto pervengono nella rete idrografica in tempi paragonabili a quelli dei deflussi superficiali



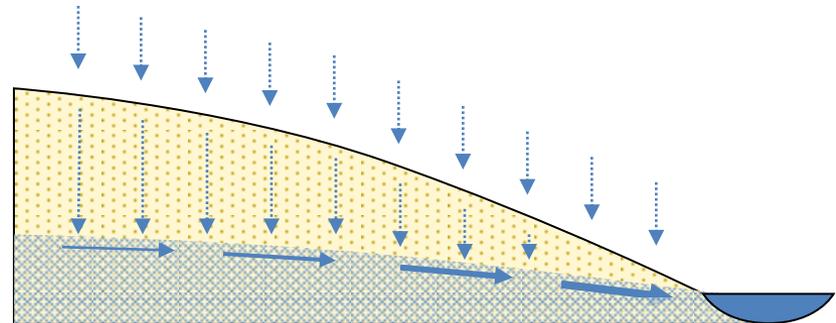
Deflusso ipodermico

Ambiente dominato da deflusso ipodermico: significativa copertura forestale; elevata pendenze.

L'IDROGRAMMA DI PIENA

SEPARAZIONE DELLE COMPONENTI DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

4. **deflusso profondo (di base)** Il deflusso di base è in gran parte dovuto allo scorrimento sotterraneo e, pertanto, è di solito caratterizzato da tempi molto lunghi: si manifesta anche mesi o anni dopo il termine delle precipitazioni che lo hanno originato, in quanto l'acqua può accumularsi nelle falde sotterranee e in grandi quantità, ed in esse si muove di solito lentamente. L'entità dei tempi di risposta è legata pertanto alle dimensioni degli acquiferi ed alla natura delle formazioni geologiche



Deflusso profondo

L'IDROGRAMMA DI PIENA

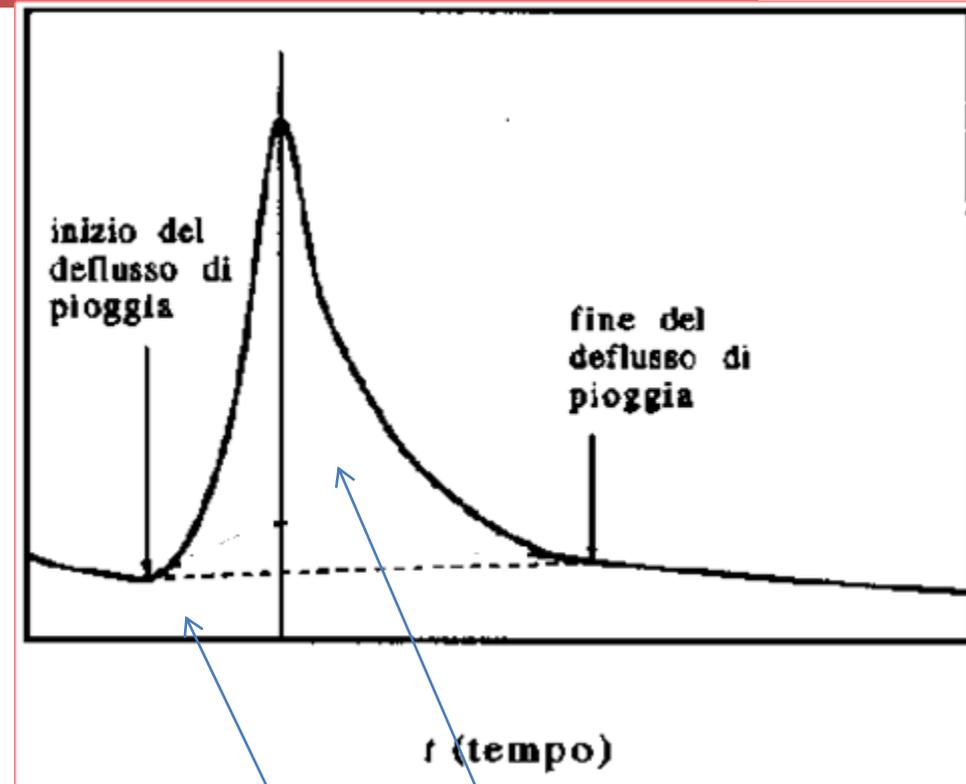
SEPARAZIONE DELLE COMPONENTI DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

Nella grande maggioranza dei casi di interesse pratico, si individuano due forme di deflusso molto diverse fra loro:

il **deflusso di base**
il **deflusso di pioggia**.

➤ **deflusso di base**: tempi molto lunghi di trasferimento (l'acqua si infiltra nel terreno e raggiunge - per percolazione attraverso le falde acquifere - la rete idrografica solo con grande ritardo);

➤ **deflusso di pioggia**: somma di afflusso diretto, deflusso superficiale e, almeno in parte, deflusso ipodermico.



Deflusso di base

Deflusso di pioggia.

L'IDROGRAMMA DI PIENA

SEPARAZIONE DELLE COMPONENTI DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

La separazione delle **due componenti dell'idrogramma** richiede l'individuazione di

- **istanti** in cui **comincia** e **finisce** il **deflusso di pioggia**,
- il **tracciamento della linea di separazione**, cioè la determinazione **dell'idrogramma del deflusso di base**.

L'idrogramma del deflusso di pioggia si determina allora per differenza.

Istante di inizio del deflusso di pioggia: si individua di regola senza grande incertezza, perché la curva di concentrazione inizia a salire in genere molto bruscamente.

Istante in cui termina il deflusso di pioggia: molto più incerto da definire.

Almeno due criteri:

1. **Fine del deflusso** quando la portata torna al valore iniziale (durata molto lunga del deflusso di pioggia);
2. **Fine del deflusso** quando la curva di esaurimento assume un andamento esponenziale (lineare in carta con ordinate in scala logaritmica), tipica del deflusso sotterraneo. (criterio di incerta applicazione, ma che fornisce valori più realistici della durata del deflusso di pioggia).

MODELLI COMPLETI E MODELLI DI PIENA

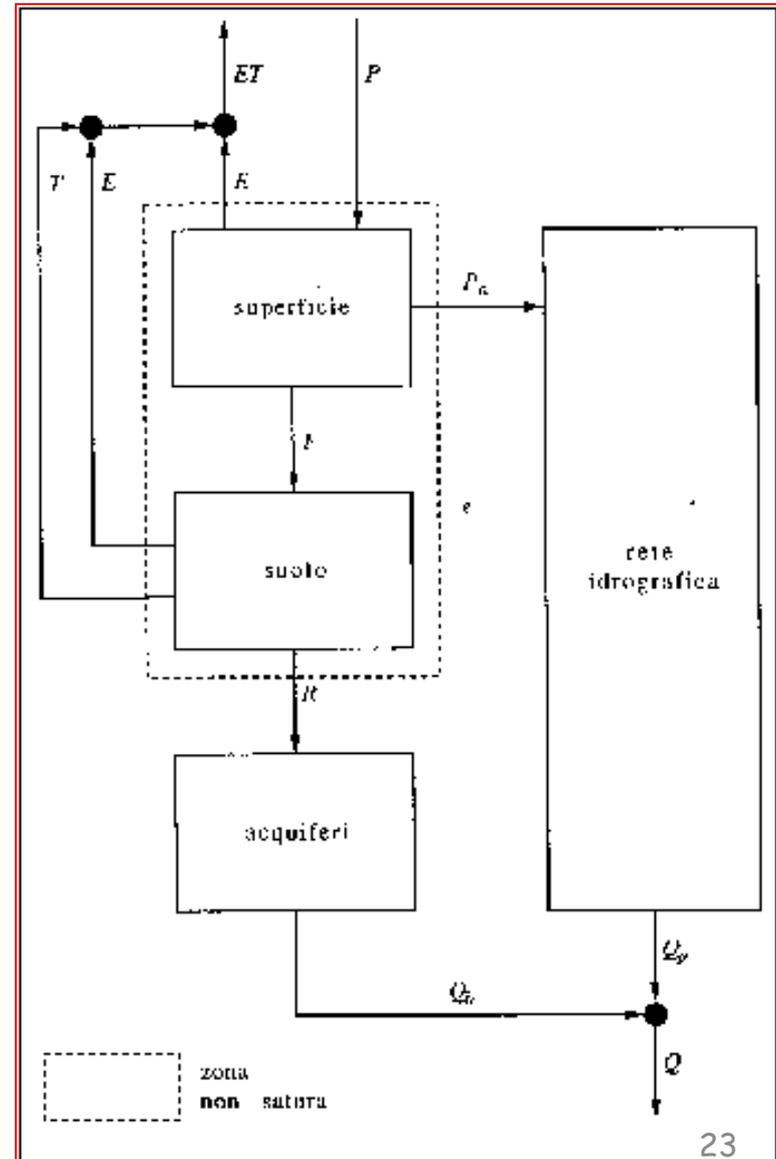
MODELLI COMPLETI

I processi che costituiscono il ciclo idrologico a scala di bacino si possono rappresentare con questo schema a blocchi,

blocchi \Rightarrow forme di immagazzinamento dell'acqua

linee \Rightarrow i processi che trasferiscono l'acqua da un blocco all'altro

P: pioggia lorda
P_n: pioggia netta
ET: evapotraspirazione
E: evaporazione
T: traspirazione
F: infiltrazione
R: ricarica alle falde
Q_b: deflusso di base
Q_p: deflusso di pioggia
Q: deflusso complessivo



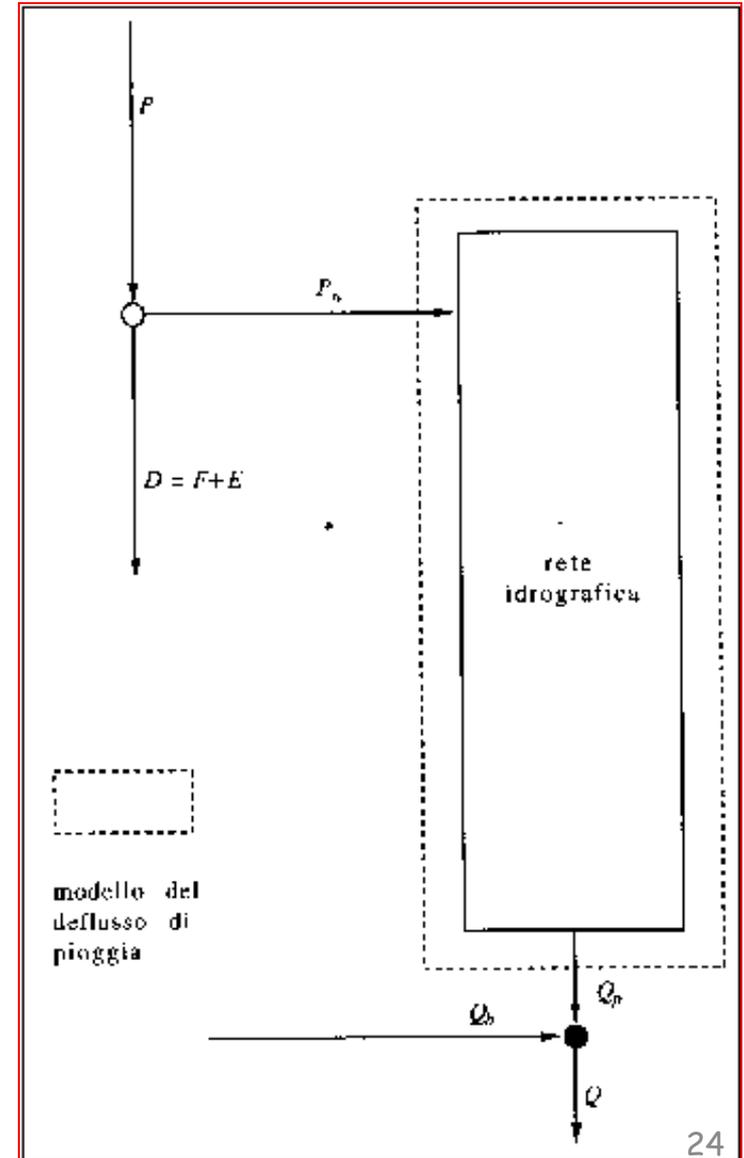
MODELLI COMPLETI E MODELLI DI PIENA

MODELLI DI PIENA (AD EVENTO)

Si introducono delle semplificazioni per descrivere solo quei processi i cui tempi caratteristici sono importanti durante l'evoluzione della piena.

Poiché i tempi caratteristici del fenomeno di filtrazione attraverso gli acquiferi sono molto lunghi rispetto a quelli della piena, il fenomeno della ricarica agli acquiferi viene trascurato.

P:	pioggia lorda
P_n :	pioggia netta
E:	evaporazione
F:	infiltrazione
D:	perdite
Q_b :	deflusso di base
Q_p :	deflusso di pioggia
Q:	deflusso complessivo



MODELLO CN - SCS

MODELLAZIONE DELLA FORMAZIONE DEL DEFLUSSO: METODO CN-SCS

I modelli di piena sono formati da due moduli

- 1- formazione del deflusso;
- 2- propagazione del deflusso lungo il reticolo idrografico.

Formazione del deflusso

Metodo CN-SCS

Il metodo, proposto dal Soil Conservation Service, assume che il volume specifico di *deflusso superficiale* P_e sia proporzionale alla *precipitazione cumulata lorda* P , depurata dall' *assorbimento iniziale* I_a , secondo il rapporto fra *volume specifico infiltrato* F e *volume specifico di saturazione del terreno* S : (tutti questi termini sono dati in mm)

$$P_e = (P - I_a) \frac{F}{S}$$

MODELLO CN - SCS

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

$$F = P - I_a - P_e$$

si ottiene

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Il volume specifico di saturazione S dipende dalla natura del terreno e dall'uso del suolo, globalmente rappresentati dal parametro CN , secondo la relazione

$$S = S_0 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

dove

CN: parametro compreso (teoricamente) fra 0 e 100, dove $CN=0$ quando tutta la precipitazione si infiltra, e $CN=100$ quando tutta la precipitazione si trasforma in deflusso superficiale. (In realtà l'intervallo di variazione è compreso generalmente fra 40 e 98, con qualche eccezione)

S_0 : è un fattore di scala (che riflette le unità di misura adottate e che per valori di S , F e P misurati in mm, è pari a 254 mm - ovvero 10 inches)

MODELLO CN - SCS

Il parametro I_a rappresenta un volume specifico di pioggia sottratto a priori al bilancio in esame, e descrive in modo globale diversi processi:

- *intercettazione da parte della vegetazione;*
- *accumulo nelle depressioni superficiali;*
- *imbibimento iniziale del terreno.*

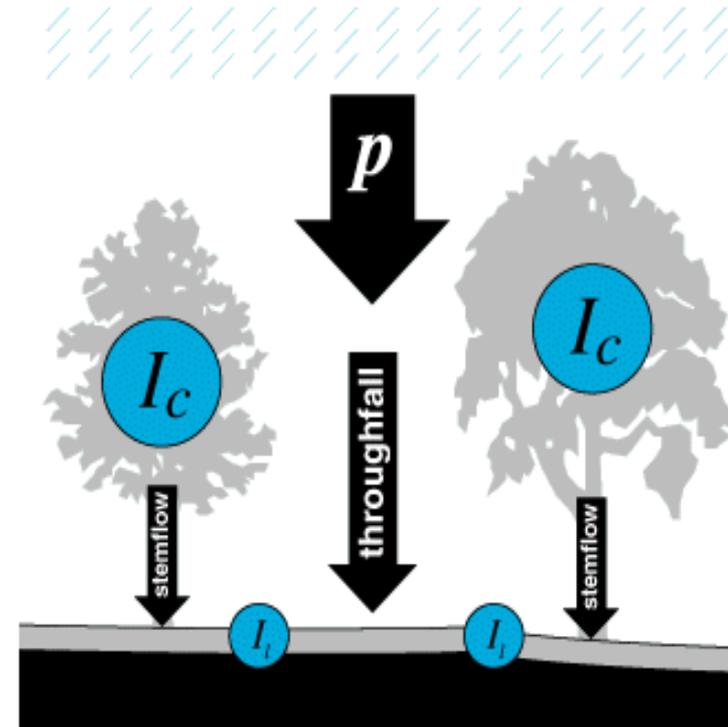
$$I_a = cS$$

dove c è generalmente variabile (nella letteratura USA) **da 0.1 a 0.2.**

Applicazioni in altri contesti hanno evidenziato come c sia variabile da **0.0 a 0.3.**

Di conseguenza, il modello utilizza un solo parametro, S , ovvero **CN**, per descrivere il processo di assorbimento.

La figura descrive il processo di intercettazione della pioggia da parte della vegetazione.



MODELLO CN - SCS

Di conseguenza, il modello utilizza un solo parametro, **S**, ovvero **CN**, per descrivere il processo di assorbimento

$$\text{se } c = 0.2 \text{ e } P \geq 0.2S$$

$$\Rightarrow P_e = \frac{P - 0.2S}{P + 0.8S}$$

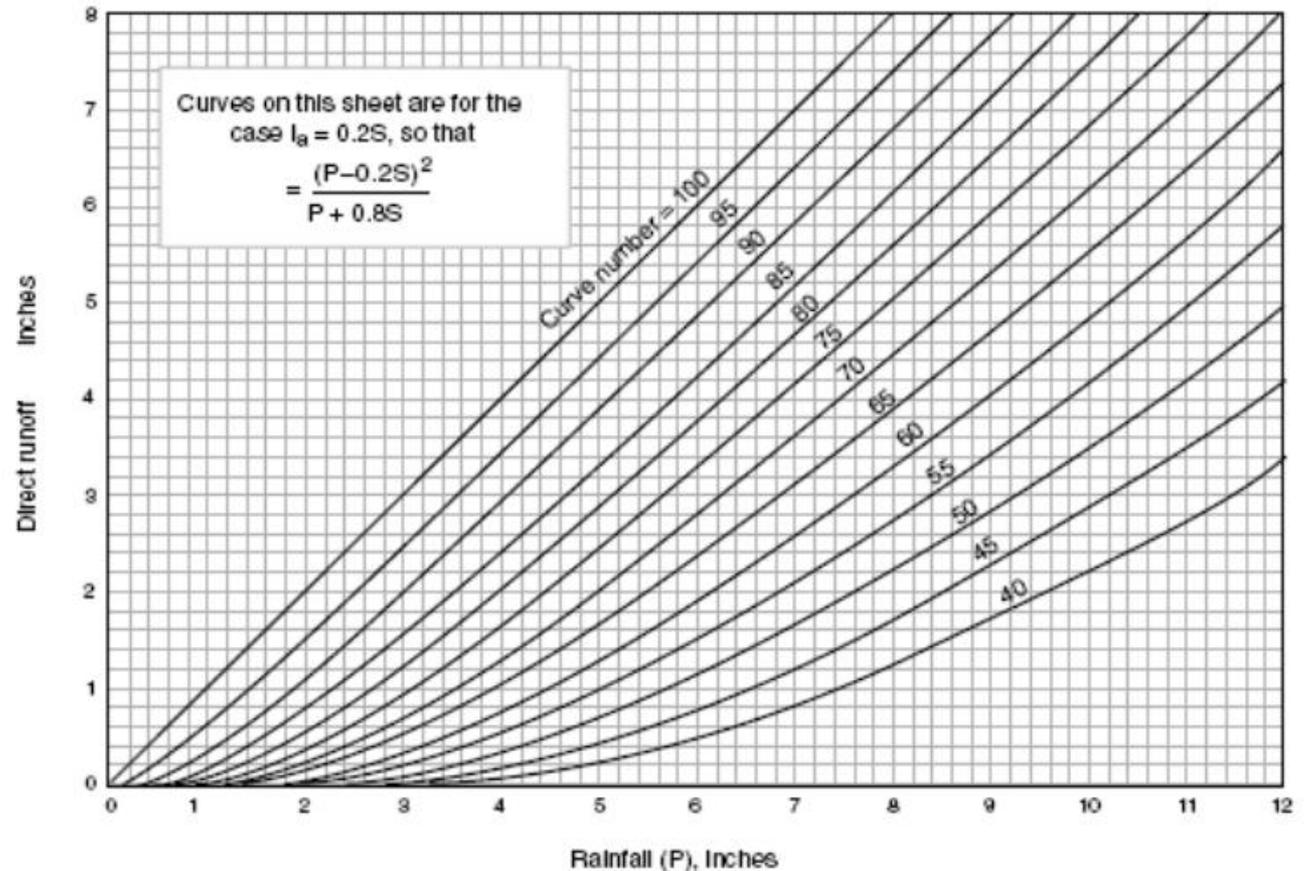
$$\text{se } c = 0.2 \text{ e } P < 0.2S$$

$$\Rightarrow P_e = 0$$

MODELLO CN - SCS

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

La figura restituisce il valore di deflusso assegnato il valore di CN e quello di pioggia



Parametro cn

Il parametro CN

CN varia in funzione di 4 diverse classificazioni:

- 1.- classificazione della possibilità di infiltrazione del suolo (**‘hydrologic soil group’**)
A, B, C e D (dove A indica i suoli a maggiore infiltrabilità e D quelli a minore infiltrabilità)
2. - **uso del suolo** (colture disposte a file, pascoli, boschi, etc.), **trattamento della superficie** (solchi dritti, solchi a reggipoggio, solchi a reggipoggio e terrazzamenti)
3. - **condizione di drenaggio** (cattiva, discreta, buona)
4. - **condizioni iniziali di saturazione dei suoli.**

Utilizzando valori tabellati, il parametro CN può essere quantificato per le diverse condizioni specificate sopra nelle classificazioni da 1 a 3 e per un valore medio di saturazione iniziale dei suoli (definito come AMC-II, dove AMC indica Antecedent Moisture Condition, condizione iniziale di saturazioni).

Esistono 3 diverse condizioni AMC (AMC-I, AMC-II e AMC-III, da potenziale di infiltrazione massimo a minimo), definite in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei cinque giorni precedenti l'evento.

Parametro CN

Valori del parametro CN per diverse combinazioni di suolo e di copertura: dalla tabella ⇒ si ricava CN(II) e si affina poi la stima di CN in funzione di AMC utilizzando le tabelle ↓

AMC categoria	Altezza di precipitazione nei 5 giorni antecedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione vegetativa
AMC-I	< 12.7	< 35.6
AMC-II	12.7-27.9	35.6-53.3
AMC-III	> 27.9	>53.3

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

Tipo di copertura	Classe del suolo					
		A	B	C	D	
Uso del suolo	Trattamento o pratica	Condizione idrologica				
Maggesi	a solchi dritti	-	77	86	91	94
Colture a solchi	a solchi dritti	cattiva	72	81	88	91
	a solchi dritti	buona	67	78	85	89
	a reggipoggio	cattiva	70	79	84	88
	a reggipoggio	buona	65	75	82	86
	a re. e terrazze	cattiva	66	74	80	82
	a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
Grani piccoli	a solchi dritti	cattiva	65	76	84	88
	a solchi dritti	buona	63	75	83	87
	a reggipoggio	cattiva	63	74	82	85
	a reggipoggio	buona	61	73	81	84
	a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
	a re. e terrazze	buona	59	70	78	81
Legumi seminati folti o prati in rotazione	a solchi dritti	cattiva	66	77	85	89
	a solchi dritti	buona	58	72	81	85
	a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
	a reggipoggio	buona	55	69	78	83
	a re. e terrazze	cattiva	63	73	80	83
	a re. e terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli		cattiva	68	79	86	89
		discreta	49	69	79	84
		buona	39	61	74	80
	a reggipoggio	cattiva	47	67	81	88
	a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
	a reggipoggio	buona	6	35	70	79
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	79
		buona	25	55	70	77
Aziende agricole		-	59	74	82	86
Strade sterrate		-	72	82	87	89
Str. pavimentate		-	74	84	90	92

CN - esempi di copertura

Mais stagione vegetativa



Mais stagione non vegetativa

Tipo di copertura	Classe del suolo		A	B	C	D	
	Usò del suolo	Trattamento o pratica					Condizione idrologica
Maggesi		a solchi diritti	-	77	86	91	94
Colture a solchi		a solchi diritti	cattiva	72	81	88	91
		a solchi diritti	buona	67	78	85	89
		a reggipoggio	cattiva	70	79	84	88
		a reggipoggio	buona	65	75	82	86
		a re. e terrazze	cattiva	66	74	80	82
		a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
Grani piccoli		a solchi diritti	cattiva	65	76	84	88
		a solchi diritti	buona	63	75	83	87
		a reggipoggio	cattiva	63	74	82	85
		a reggipoggio	buona	61	73	81	84
		a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
		a re. e terrazze	buona	59	70	78	81
Legumi seminati folti o prati in rotazione		a solchi diritti	cattiva	66	77	85	89
		a solchi diritti	buona	58	72	81	85
		a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
		a reggipoggio	buona	55	69	78	83
		a re. e terrazze	cattiva	63	73	80	83
		a re. e terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli			cattiva	68	79	86	89
			discreta	49	69	79	84
			buona	39	61	74	80
		a reggipoggio	cattiva	47	67	81	88
		a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
	a reggipoggio	buona	6	35	70	79	
Prati			buona	30	58	71	78
Boschi			cattiva	45	66	77	83
			discreta	36	60	73	79
			buona	25	55	70	77
Aziende agricole			-	59	74	82	86
Strade sterrate			-	72	82	87	89
Str. pavimentate			-	74	84	90	92

CN - esempi di copertura del suolo

Prato



Tipo di copertura	Classe del suolo					
	A	B	C	D		
Maggesi	a solchi diritti	-	77	86	91	94
Colture a solchi	a solchi diritti	cattiva	72	81	88	91
	a solchi diritti	buona	67	78	85	89
	a reggipoggio	cattiva	70	79	84	88
	a reggipoggio	buona	65	75	82	86
	a re. e terrazze	cattiva	66	74	80	82
	a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
Grani piccoli	a solchi diritti	cattiva	65	76	84	88
	a solchi diritti	buona	63	75	83	87
	a reggipoggio	cattiva	63	74	82	85
	a reggipoggio	buona	61	73	81	84
	a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
	a re. e terrazze	buona	59	70	78	81
Legumi seminati folti o prati in rotazione	a solchi diritti	cattiva	66	77	85	89
	a solchi diritti	buona	58	72	81	85
	a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
	a reggipoggio	buona	55	69	78	83
	a re. e terrazze	cattiva	63	73	80	83
	a re. e terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli		cattiva	68	79	86	89
		discreta	49	69	79	84
		buona	39	61	74	80
	a reggipoggio	cattiva	47	67	81	88
	a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
	a reggipoggio	buona	6	35	70	79
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	79
		buona	25	55	70	77
Aziende agricole		-	59	74	82	86
Strade sterrate		-	72	82	87	89
Str. pavimentate		-	74	84	90	92

CN - esempi di copertura del suolo

Colture a terrazzamento



Uso del suolo	Tipo di copertura		Classe del suolo			
	Trattamento o pratica	Condizione idrologica	A	B	C	D
Maggesi	a solchi dritti	-	77	86	91	94
Colture a solchi	a solchi dritti	cattiva	72	81	88	91
	a solchi dritti	buona	67	78	85	89
	a reggipoggio	cattiva	70	79	84	88
	a reggipoggio	buona	65	75	82	86
	a re. e terrazze	cattiva	66	74	80	82
	a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
Grani piccoli	a solchi dritti	cattiva	65	76	84	88
	a solchi dritti	buona	63	75	83	87
	a reggipoggio	cattiva	63	74	82	85
	a reggipoggio	buona	61	73	81	84
	a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
	a re. e terrazze	buona	59	70	78	81
Legumi seminati folti o prati in rotazione	a solchi dritti	cattiva	66	77	85	89
	a solchi dritti	buona	58	72	81	85
	a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
	a reggipoggio	buona	55	69	78	83
	a re. e terrazze	cattiva	63	73	80	83
	a re. e terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli		cattiva	68	79	86	89
		discreta	49	69	79	84
		buona	39	61	74	80
	a reggipoggio	cattiva	47	67	81	88
	a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
	a reggipoggio	buona	6	35	70	79
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	79
		buona	25	55	70	77
Aziende agricole		-	59	74	82	86
Strade sterrate		-	72	82	87	89
Str. pavimentate		-	74	84	90	92

Parametro cn per aree urbane

**Valori del parametro CN(II)
per diverse combinazioni di
suolo e di copertura per
aree urbane**

Tipo di copertura		Classe del suolo			
		A	B	C	D
Aree residenziali ⁽¹⁾					
Area media dei lotti	Area impermeabile (%)				
1/8 acro o meno	65	77	85	90	92
1/4 acro	38	61	75	83	87
1/3 acro	30	57	72	81	86
1/2 acro	25	54	70	80	85
1 acro	20	51	68	79	84
Parcheggi pavimentati, tetti, viali d'accesso ⁽²⁾		98	98	98	98
Strade urbane ed extraurbane					
pavimentate, a dorso di mulo e con fognatura ⁽³⁾		98	98	98	98
in ghiaia		76	85	89	91
sterrate		72	82	87	89
Aree commerciali e professionali (impermeabili per l'85%)		89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabili per il 72%)		81	88	91	93
Spazi aperti, prati, parchi, campi da golf, cimiteri etc.					
in buone condizioni: copertura erbosa sul 75% o più		39	61	74	80
in discrete condizioni: copertura erbosa sul 50+75%		49	69	79	84
<p>(1) Si assume che il deflusso dalla casa e dal viale di accesso sia diretto verso la strada, con una minima quantità di acqua del tetto diretta al prato, dove potrebbe aver luogo un'infiltrazione addizionale.</p> <p>(2) Si assume che le rimanenti aree permeabili (prato) si trovino nelle condizioni di un buon pascolo.</p> <p>(3) In alcuni climi particolarmente caldi degli Stati Uniti CN si può assumere uguale a 95.</p>					

Esercizio

Si calcoli il volume di deflusso (in mm ed in metri cubi) defluito da un bacino di estensione pari a 20 km^2 durante un evento di precipitazione caratterizzato dal seguente ietogramma (si riportano i valori di precipitazione media areale cumulata durante le singole ore):

ora 1: 20.0 mm

ora 2: 35.0 mm

ora 3: 15.0 mm

Per una precipitazione d'evento pari a 70 mm. Si utilizzi il metodo del CN (*curve number*), assumendo per CN un valore pari a 60.

$$S = 254 \left(\frac{100}{60} - 1 \right) = 169.3 \text{ mm}$$

$$I_a = 0.2S = 33.9 \text{ mm}$$

$$P_e = \frac{(70 - 33.9)^2}{70 + 135.4} \cong 6 \text{ mm}$$

ovvero

$$6 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^6 = 120 \times 10^3 \text{ m}^3$$