

4.4 Metodo S.C.S.

Il metodo di Soil Conservation Service è una procedura che consente la ricostruzione delle piene nei bacini idrografici. Il metodo consente sia la semplice determinazione del volume della piena o della sua portata al colmo sia la completa ricostruzione dell'idrogramma di piena.

Per la determinazione del volume di piena il metodo si fonda sull'ipotesi che sia sempre valida la seguente relazione:

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

avendo indicato con V il volume di deflusso, con P_n la precipitazione netta, con W l'invaso del suolo, cioè il volume idrico effettivamente immagazzinato nel suolo, e con S il valore massimo del suddetto invasore.

La precipitazione netta si ottiene sottraendo alla precipitazione totale P le perdite iniziali I_a dovute all'immagazzinamento superficiale, imputabili per esempio, alla presenza sulla superficie del bacino di zone che, per la loro morfologia, consentono l'accumulo di volumi idrici, all'intercettazione operata dalla copertura vegetale presente e all'infiltrazione prima della formazione del deflusso. La precipitazione netta si ripartisce completamente tra il volume di deflusso superficiale e l'invaso del suolo:

$$P_n = V + W$$

Sostituendo il valore di W ricavato in precedenza, si ottiene:

$$V = \frac{P_n^2}{P_n + S}$$

Le perdite iniziali sono espresse dalla relazione in pratica costante per ogni tipo di bacino:

$$I_a = 0,2S$$

e tenendo conto che $P_n = P - I_a$, si ottiene:

$$V = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

L'applicazione dell'espressione ottenuta presuppone, oltre la conoscenza della precipitazione totale P la stima del massimo invaso S del suolo che, teoricamente, può assumere tutti i valori positivi compresi tra 0 (superficie perfettamente impermeabile) e infinito (nessuna formazione di deflusso superficiale).

La valutazione di S viene condotta mediante la seguente relazione:

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

in cui figura un parametro CN , denominato *curve number*, che assume valori compresi tra 100 e 0. Il CN rappresenta l'attitudine del bacino esaminato a

produrre deflusso e si stima, sulla base dei valori riportati in un'apposita tabella, in relazione alle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale presenti nel bacino. La stima del *CN* presuppone, inizialmente, la determinazione del gruppo idrologico di ciascun suolo ricadente nel bacino e, all'interno di ciascun gruppo, l'individuazione di aree omogenee per destinazione d'uso, sistemazione e condizione idrica. A ciascuna area omogenea, di nota superficie, viene attribuito l'appropriato *CN* sulla base di quelli riportati in letteratura; il valore di CN_b dell'intero bacino si ottiene come media pesata, con peso la superficie, dei valori stimati per le singole aree omogenee.

Per la stima del *CN* si distinguono i seguenti quattro gruppi idrologici denominati A, B, C e D.

Gruppo A: Bassa capacità di formazione del deflusso. Suoli con elevata infiltrabilità anche in condizioni di completa saturazione. Si tratta di sabbie o ghiaie profonde molto ben drenate. La conducibilità idrica alla saturazione è elevata.

Gruppo B: Suoli con modesta infiltrabilità se saturi. Discretamente drenati e profondi sono caratterizzati da una tessitura medio-grossa e da una conducibilità idrica non molto elevata.

Gruppo C: Suoli con bassa infiltrabilità se saturi. Sono per lo più suoli con uno strato che impedisce il movimento dell'acqua verso il basso (a

drenaggio impedito) oppure suoli con tessitura medio-fine e bassa infiltrabilità.

La conducibilità idrica è bassa.

Gruppo D: Suoli ad elevata capacità di formazione del deflusso.

Appartengono a questo gruppo i suoli ricchi di argilla con capacità rigonfianti, i suoli con uno strato di argilla presso la superficie, i suoli poco profondi su substrati impermeabili. La conducibilità idrica è estremamente bassa.

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suolo →			
	A	B	C	D
↓ Tipologia di Uso del Territorio	A	B	C	D
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m ² (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m ² (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m ² (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m ² (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m ² (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Tabella 5. Valori CN

Il metodo tiene anche conto delle condizioni di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento (Antecedent Moisture Conditions, AMC) e a tal fine va precisato che i valori di *CN* riportati si riferiscono a condizioni medie del parametro *AMC* denominate *AMCII*.

La definizione di *AMC* richiede la determinazione della precipitazione totale caduta nei cinque giorni precedenti l'evento in esame che consente di definire la condizione di umidità antecedente l'evento (*AMCI*, *AMCII*, *AMCIII*).

Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC)

Periodo vegetativo	Riposo vegetativo	AMC
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore di 35 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore di 13 mm	I
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento tra 35 e 53 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento tra 13 e 28 mm	II
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento maggiore di 53 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento maggiore di 28 mm	III

Tabella 6. Classi AMC

Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena e considerato che in occasione di queste ultime molto spesso il terreno del bacino in questione si presenta in condizioni di elevata umidità, si è preferito adottare il valore di CN corrispondente alla classe AMC III, legato a quella normale dalla relazione :

$$\text{CN III} = \text{CN II} / (0,43 + 0,0057 * \text{CN II})$$

Per il calcolo del CN, nel presente lavoro si è fatto uso del programma arcview e della mappa CN Puglia per i bacini del torrente Candelaro, Carapelle e Cervaro, mentre per i bacini idrografici del fiume Ofanto si sono utilizzate le mappe di permeabilità, uso del suolo e litologiche.

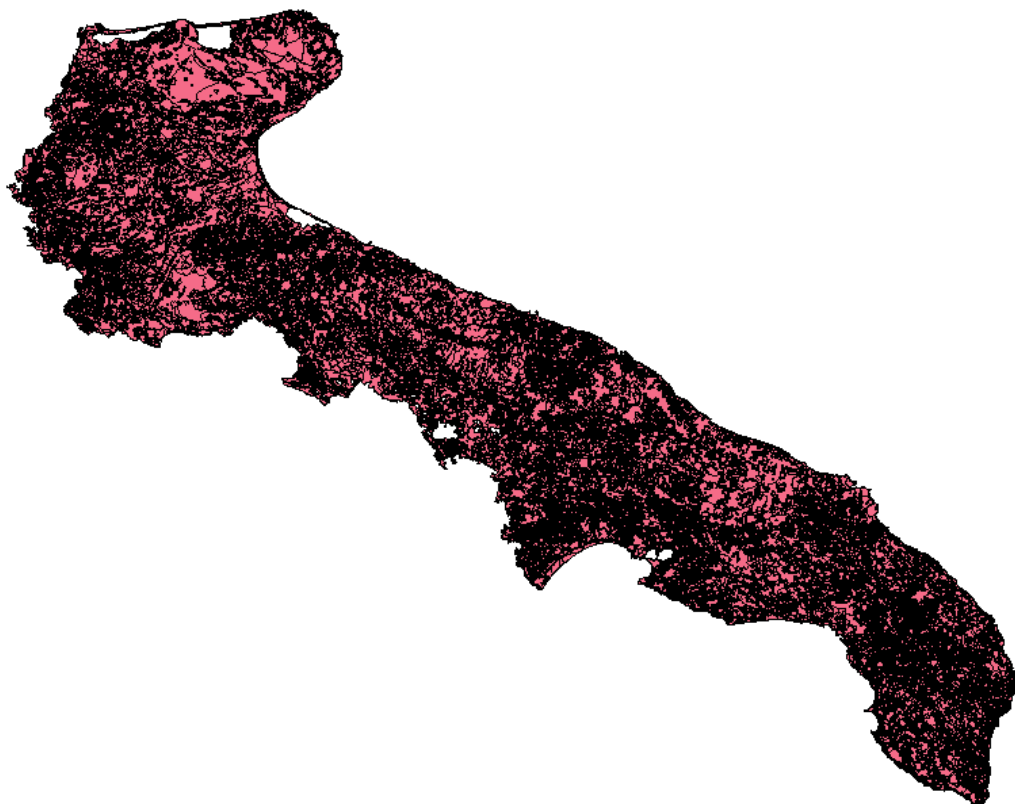


Figura 31. CN Puglia

Questo tema attraverso la funzione “Geoprocessing” – *Clip*, è stato applicato sul bacino. Nel caso in esame, ogni sottobacino scolante è stato analizzato suddividendo l’intera superficie, in base al tipo e all’uso del suolo, in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore del parametro stesso: si ottengono così varie sub-aree isoparametriche la cui somma fornisce la superficie complessiva del sottobacino. Per ogni sottobacino è stato ricavato poi un valore medio del parametro CN, ottenuto come “media pesata” dei valori singolari imposti sulle i-esime sub-aree:

$$CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + \dots + p_nCN_n$$

dove p_1, p_2, \dots, p_n sono le percentuali dell’area totale del bacino caratterizzate da un valore del parametro rispettivamente pari a CN_1, CN_2, \dots, CN_n .

4.5 Calcolo della portata al colmo

Per il calcolo della portata al colmo Q_p si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento) e il cui volume V_T ha la seguente espressione:

$$V_T = \frac{Q_p}{2}(t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

avendo indicato con t_b la durata dell’evento di piena.

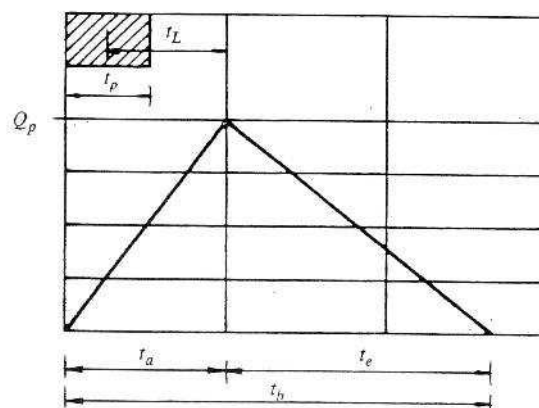


Figura 32. Idrogramma triangolare utilizzato per il calcolo delle portate al colmo con il metodo SCS

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37,5 % del volume totale V di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena t_b e pertanto:

$$t_b = 2,67 t_a$$

Utilizzando tali espressioni, esprimendo il volume di deflusso V in mm, il tempo t_a in ore, l'area A del bacino in km^2 , si ottiene:

$$Q_p = 0,208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di t_a , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata t_p pari al tempo di corrivazione del bacino idrografico e indicando con t_L il tempo di ritardo (distanza tra il baricentro dello istogramma e il picco dell'idrogramma triangolare), si effettua con la semplice relazione:

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

$$t_p = t_c = t_L/0,6$$

Per la determinazione del tempo di ritardo, espresso in ore, si utilizza la formula di Mockus:

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L è la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla displuviale espressa in km.

L'idrogramma unitario SCS relativo ad un volume di deflusso V pari a un millimetro, si costruisce a partire dall'idrogramma adimensionale di Mockus che è una curva adimensionale, ricavata da numerosi idrogrammi unitari ottenuti da idrogrammi di piena registrati in bacini di differente estensione e posizione geografica, che mette in relazione il rapporto tra la generica portata Q all'istante t e la portata al colmo Q_p che si verifica all'istante t_a (durata della fase di crescita) con la variabile adimensionale t/t_a . Per il suddetto idrogramma unitario il 37,5% del volume totale di deflusso, che corrisponde ovviamente all'intera area ricadente tra l'idrogramma e l'asse delle ascisse t/t_a , si verifica in corrispondenza della sola fase ascendente dell'idrogramma stesso. In altri termini il volume di deflusso corrispondente alla fase crescente dell'idrogramma è pari al 37,5% del volume totale di deflusso.

L'idrogramma triangolare già esaminato per il calcolo della portata al colmo di piena è, pertanto, una semplificazione dell'idrogramma di Mockus che è stata costruita facendo in modo che i due idrogrammi (triangolare e Mockus) abbiano la stessa portata al picco Q_p e sottendano la stessa area, cioè abbiano lo stesso volume totale di deflusso.

Idrogramma adimensionale di Mockus

t/t_a	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Q/Q_p	0,03	0,10	0,19	0,31	0,47	0,66	0,82	0,93
	0,99	1,00	0,99	0,93	0,86	0,78	0,68	0,56
t/t_a	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,5	5,0
Q/Q_p	0,46	0,39	0,33	0,28	0,207	0,147	0,107	0,077
	0,055	0,04	0,029	0,021	0,015	0,011	0,005	0,0

Tabella 14. Coordinate ideogramma unitario SCS adimensionalizzato di Mockus

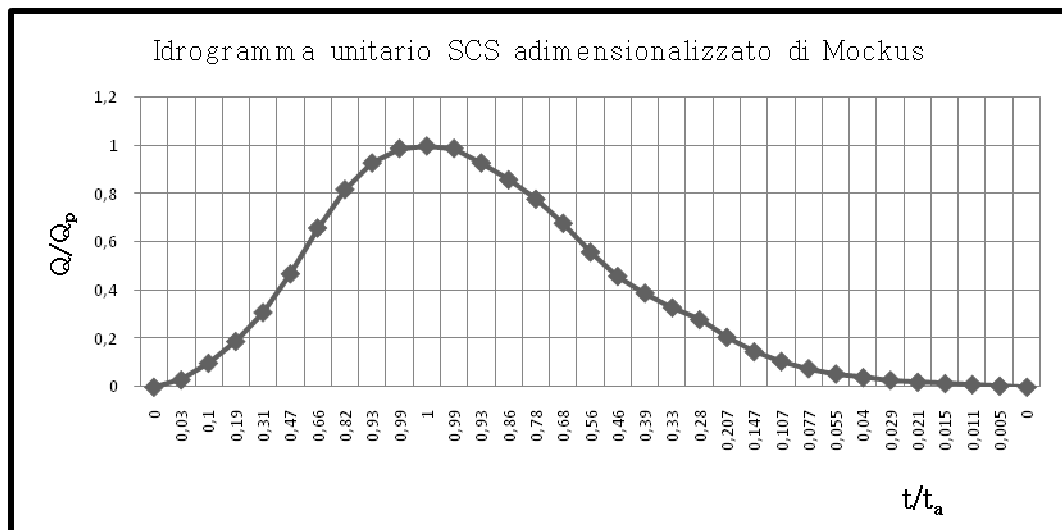


Figura 33. Idrogramma unitario SCS adimensionalizzato di Mockus

La portata al colmo Q_p dell'idrogramma unitario si ottiene ponendo $V=1$ e pertanto ha la seguente espressione:

$$Q_p = 0,208 \frac{A}{t_a}$$

La durata t_p della precipitazione che produce l'idrogramma unitario viene correlata al tempo di accumulo t_a dalla seguente relazione:

$$t_p = 0,2 t_a$$

Si ricavano infine le relazioni che legano il tempo di accumulo e la durata

t_p al tempo di ritardo:

$$t_a = \frac{t_L}{0,9}$$

$$t_p = \frac{t_L}{4,5}$$

Poiché le coordinate dell'idrogramma unitario di Mockus sono espresse in termini Q/Q_p e di t/t_a , per un particolare bacino occorre calcolare il tempo di

accumulo e poi il valore della portata al picco. La determinazione dell'idrogramma unitario di un bacino di note caratteristiche (A , L , s , CN) consiste, in definitiva, nell'amplificare l'ascissa e l'ordinata dell'idrogramma unitario di Mockus mediante due fattori, rispettivamente pari a t_a e Q_p , che sono specifici del bacino esaminato.

Per ciascun bacino idrografico ci si è determinati l'idrogramma di piena unitario attraverso i seguenti passaggi:

- calcolo del t_L

- calcolo della durata dell'evento di pioggia che mette in crisi il bacino

$$t_p = t_c = t_L / 0.6$$

- calcolo della durata della fase di crescita dell'idrogramma $t_a = t_L / 0.9$

- calcolo della durata della precipitazione che provoca un deflusso unitario

$$t_p = t_L / 4.5$$

- calcolo della portata al colmo dell'idrogramma di piena unitario

$$Q_p = 0.208 A / t_a$$

Utilizzando i valori calcolati per la portata di picco Q_p e per il tempo di accumulo t_a e i rapporti Q/Q_p e t/t_a della tabella 13, si ottiene l'idrogramma unitario del bacino considerato.

Nel caso più complesso in cui l'evento di pioggia è caratterizzato da una distribuzione cumulata della precipitazione nel tempo, relativa ad un certo evento, o sia disponibile la curva di probabilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, la ricostruzione dell'idrogramma necessita la preliminare determinazione degli incrementi di deflusso relativi agli intervalli di precipitazione di durata t_p , cioè pari alla durata della precipitazione che provoca l'idrogramma unitario. Amplificando le ordinate dell'idrogramma unitario di Mockus con ciascuno di tali incrementi di deflusso si ottengono una serie di idrogrammi le cui ordinate sommate, per ogni istante t , forniscono quelle dell'idrogramma della piena.