

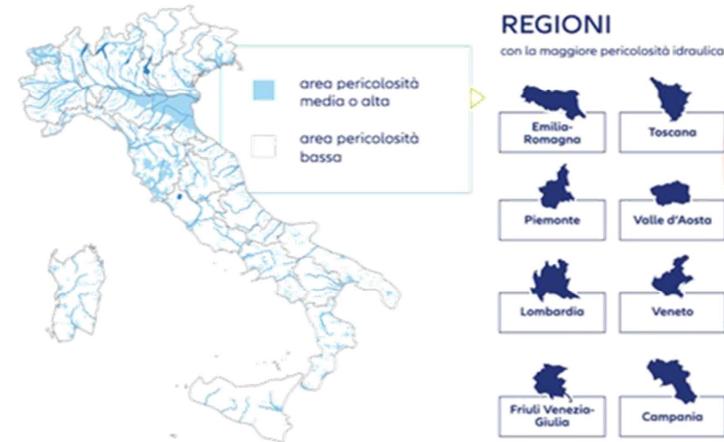


## Corso di formazione su RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO

### Idrogramma di piena

Giuseppe Bolzoni  
Emergency Manager

## Pericolosità idraulica in Italia



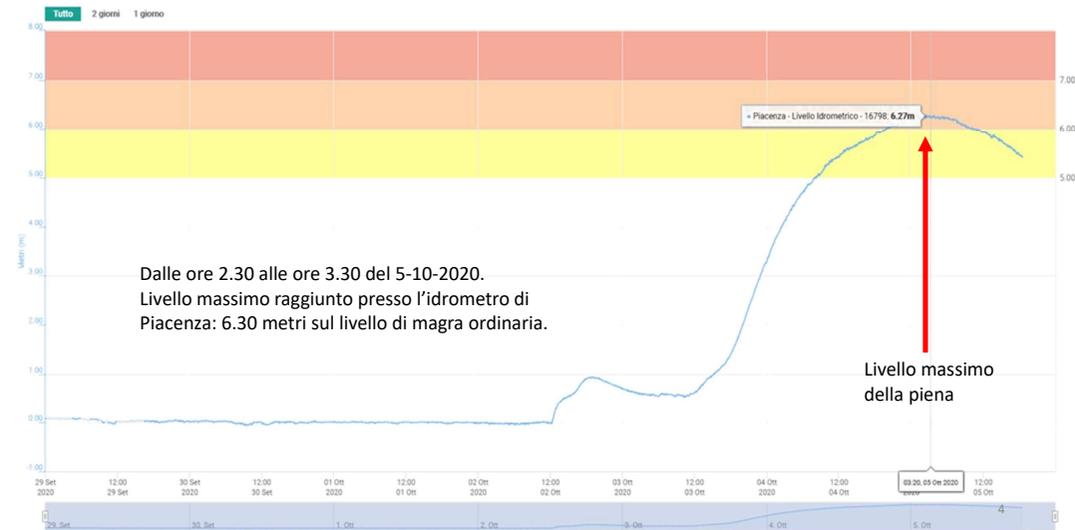
Fonte: ISPRA 2018

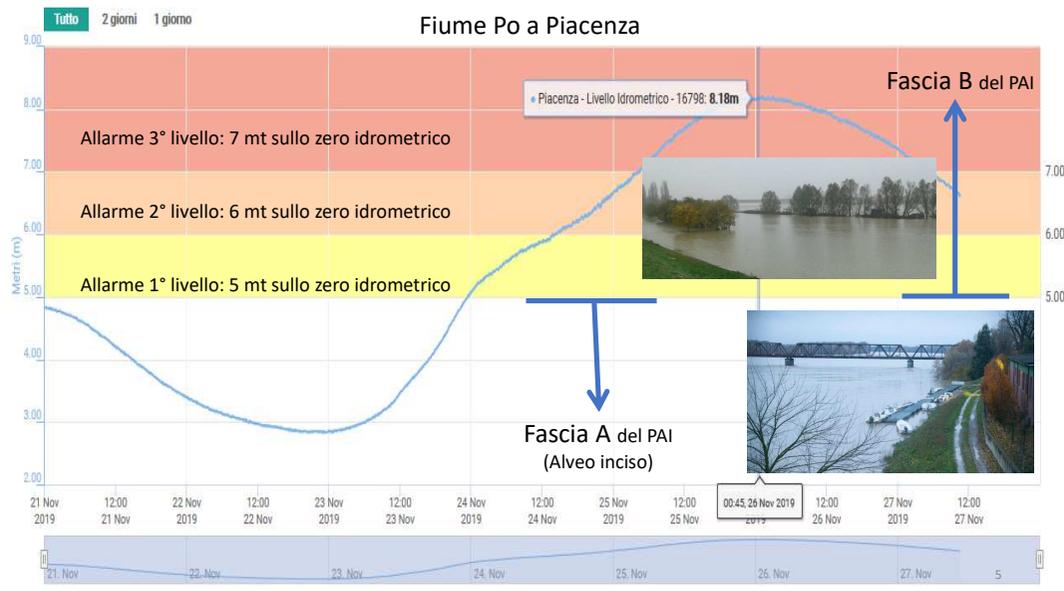
## Pluviometria e valutazione delle piene

- ✓ Valutazione delle piene;
- ✓ Analisi dell'idrogramma di piena.



## Andamento tipico di un idrogramma di piena





Centralina per la misurazione automatica del livello del fiume Po sul ponte della via Emilia a Piacenza (Funziona a onde radio. Misura ogni 5 minuti durante la piena).

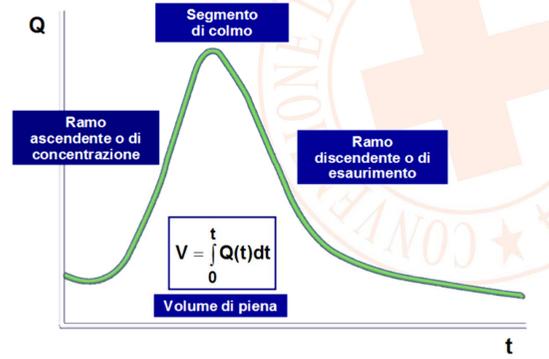


Asta idrometrica su un pilone del ponte della ferrovia a Piacenza

### L'evento di piena: IDROGRAMMA

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

**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

### ✓ 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 sostenibile del territorio, studi ecologici, ecc.

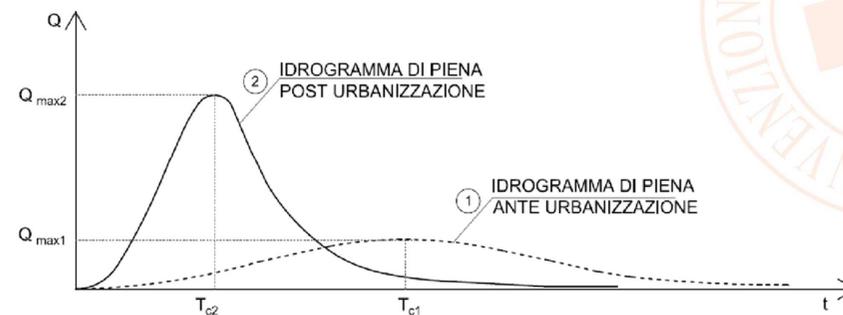


Piena del lago Maggiore

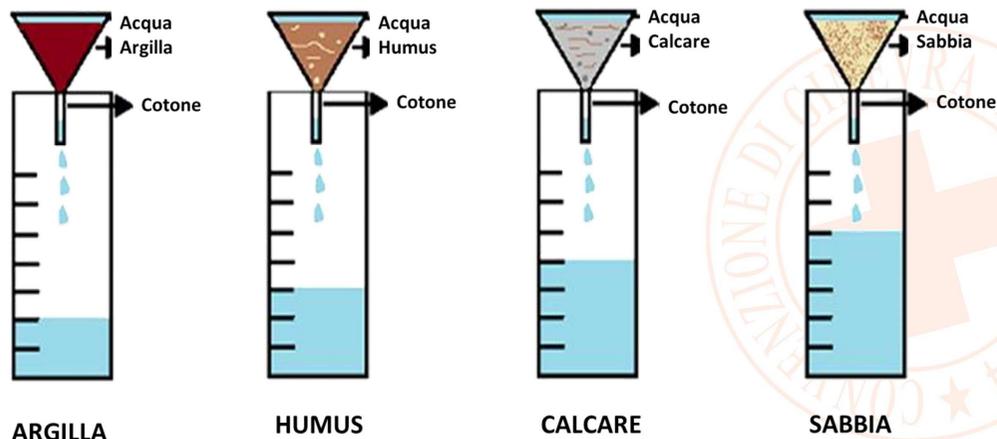
9

## Smaltimento delle acque meteoriche

Il contributo idrico fornito dalle precipitazioni viene tradizionalmente suddiviso, in ambito tecnico, in due componenti: la prima che contribuisce al deflusso superficiale, la seconda che evapora, oppure si infiltra alimentando il deflusso profondo. L'entità di dette componenti dipende dalle caratteristiche climatiche, del suolo, dalla morfologia superficiale e da altre componenti. **Con l'impermeabilizzazione di un'area precedentemente ad uso agricolo, aumenta la portata di picco, aumenta il volume defluito e si accorciano i tempi di corrivazione**



10

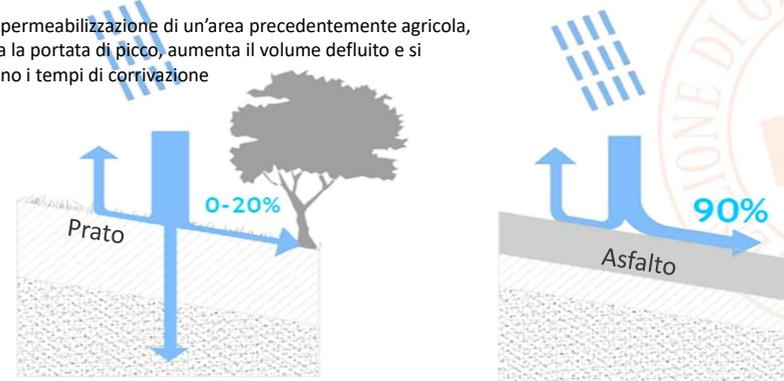


Permeabilità del suolo in funzione della sua composizione

11

Nei bacini idrografici naturali il deflusso superficiale è oltremodo variabile, con valori che si attestano attorno al 20%-60% del volume totale di precipitazione. Nel caso di bacini urbani in prevalenza impermeabilizzati, invece, detta percentuale può raggiungere il 90%.

Con l'impermeabilizzazione di un'area precedentemente agricola, aumenta la portata di picco, aumenta il volume defluito e si accorciano i tempi di corrivazione



Il deflusso superficiale costituisce una rilevante sollecitazione per i bacini di drenaggio urbano.

12

E' necessario mitigare gli impatti negativi che insistono sul ciclo dell'acqua:

- ✓ impatti sul regime idrico dei corsi d'acqua superficiali causati da immissioni di volumi idrici eccessivi in tempi brevi;
- ✓ sovraccarico del sistema fognario in caso di piogge intense;
- ✓ abbassamento della falda freatica dovuto alla impermeabilizzazione del suolo;
- ✓ impatti sulla qualità delle acque: in caso di sistema fognario misto gli impianti di depurazione non sono in grado di depurare la totalità dei volumi idrici recapitati.

**E' necessario introdurre il principio dell'invarianza idraulica che sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione programmata dell'uso del suolo in quell'area stessa.**

13

## Esempi di riqualificazione idraulica



Parco pubblico di Bagnolo in  
Piano - Reggio Emilia

Riqualificazione Spina 3  
Torino

14



Germania: bacino di raccolta  
per un lento deflusso delle  
acque meteoriche.

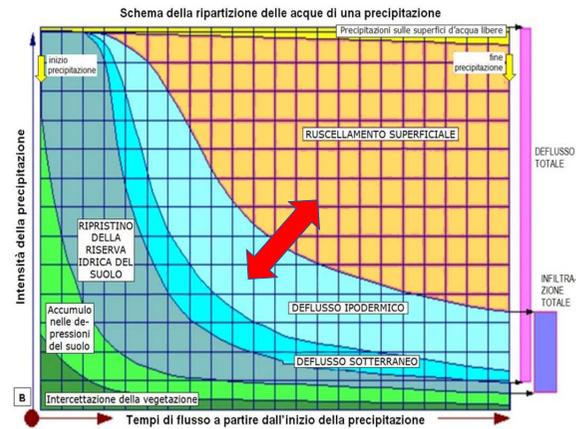
15



Roof garden (Giardino sul tetto)  
Trattiene l'acqua piovana e rallenta il deflusso verso lo scarico

16

## COMPONENTI DELL'IDROGRAMMA DI PIENA



Quattro componenti influenzano il fenomeno:

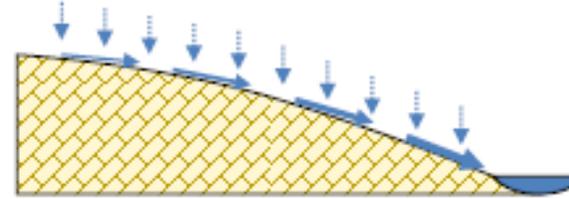
- ✓ **afflusso diretto** (precipitazione che cade su fiumi e laghi);
- ✓ **deflusso superficiale** (dovuto allo scorrimento dell'acqua piovana verso i bacini di deflusso);
- ✓ **deflusso ipodermico** (la parte del deflusso sottosuperficiale che scorre per vie parallele al pendio negli orizzonti del suolo poco profondi);
- ✓ **deflusso profondo**.

Il ruscellamento superficiale si modifica in funzione della copertura della superficiale

17

## L'IDROGRAMMA DI PIENA

1. **afflusso diretto** (precipitazioni che cadono su fiumi e laghi); 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 caratterizzato da terreni poco permeabili o molto umidi, dove l'intensità di pioggia supera l'infiltrazione potenziale.



Ambiente ad alto deflusso superficiale: Scarsa vegetazione e modesta capacità di infiltrazione del suolo.



18

## Effetti del deflusso superficiale rapido



Piena del Bisagno (Genova)

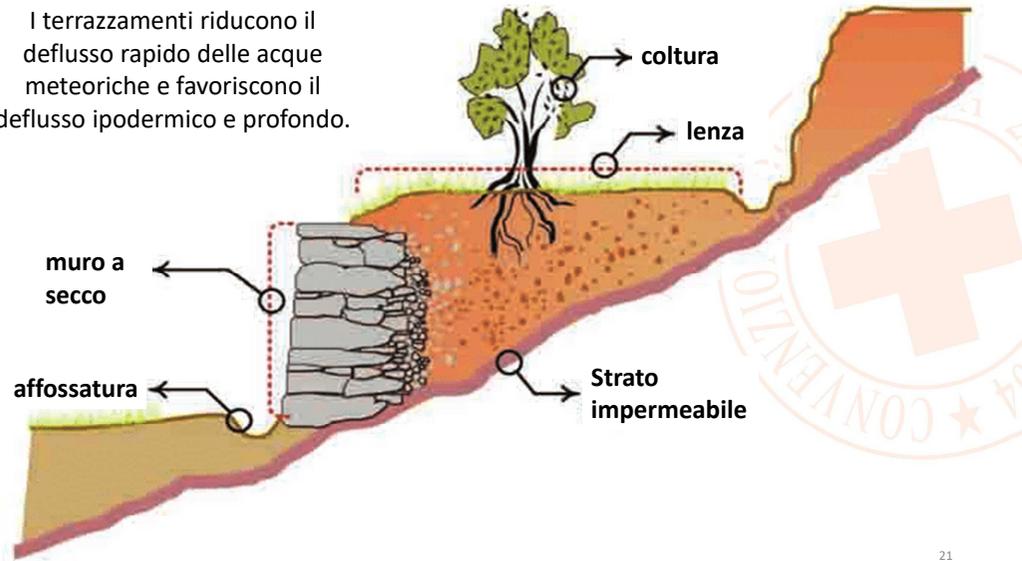
19



Briglie in cemento armato che favoriscono il deflusso rapido delle acque meteoriche

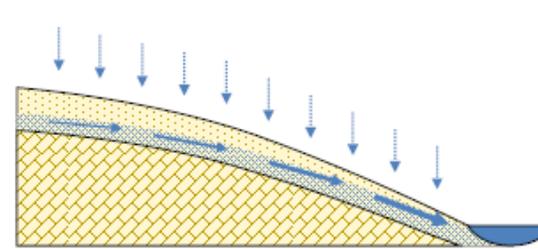
20

I terrazzamenti riducono il deflusso rapido delle acque meteoriche e favoriscono il deflusso ipodermico e profondo.



21

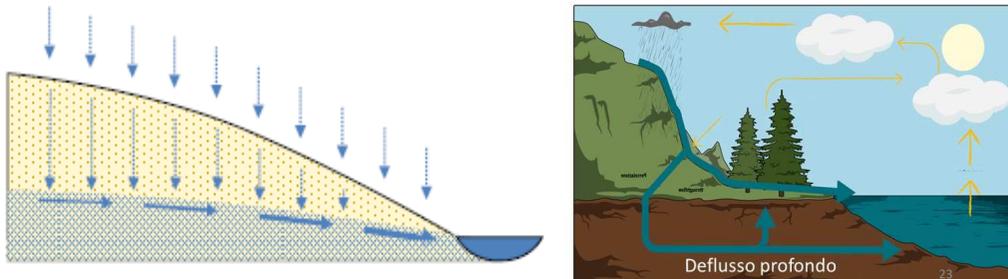
**3. Deflusso ipodermico** (la parte del deflusso sottosuperficiale che scorre per vie parallele al pendio nel suolo poco profondo). Esso ha luogo negli strati più superficiali del suolo, attraverso vie preferenziali di deflusso (spaccature, macropori, drenaggi artificiali). Soprattutto, se a modesta profondità è presente uno strato di bassa permeabilità; i deflussi ipodermici tornano in superficie dopo brevi percorsi e, pertanto, raggiungono la rete idrografica in tempi simili o appena più lunghi dei deflussi superficiali.



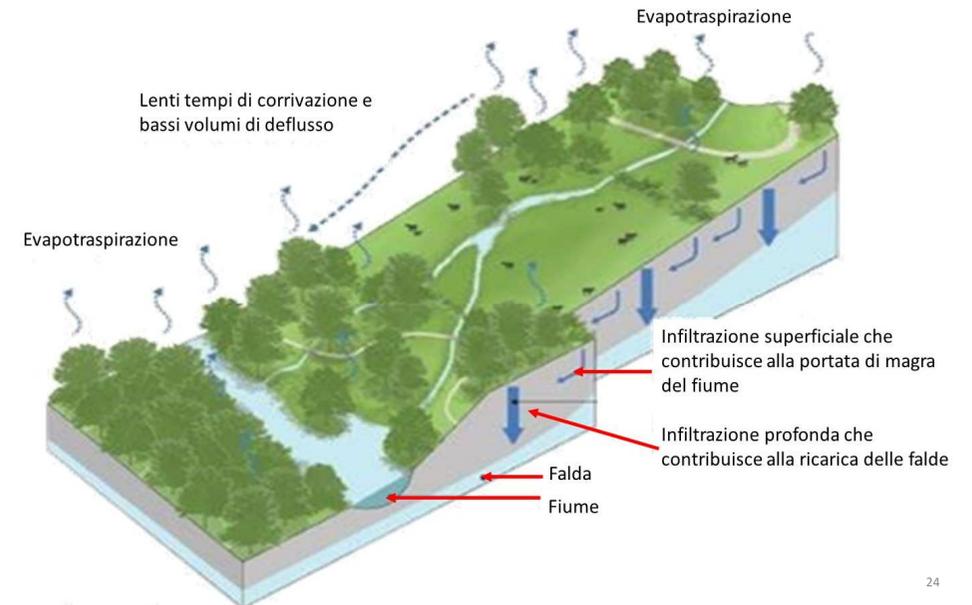
22

#### 4. deflusso profondo

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



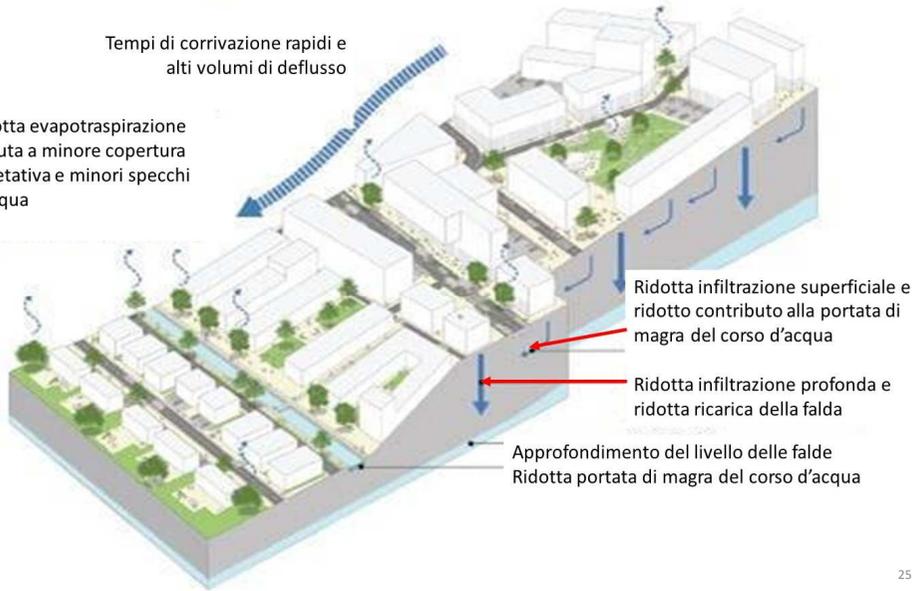
23



24

Tempi di corrivazione rapidi e alti volumi di deflusso

Ridotta evapotraspirazione dovuta a minore copertura vegetativa e minori specchi d'acqua

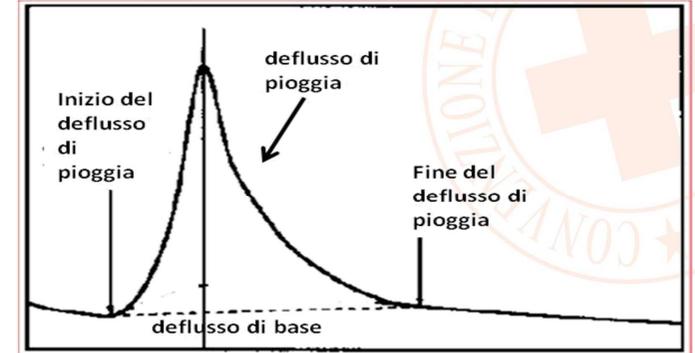


### Separazione delle componenti dell'idrogramma di piena

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



Tempo

### Esempi di copertura del suolo e relativo tipo di deflusso

Mais durante la stagione vegetativa



Mais durante la stagione non vegetativa

Uso del suolo	Tipo di copertura		Classe del suolo			
	Trattamento o pratica	Condizione idrologica	A	B	C	D
Maggessi	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	36	60	74	80
	a reggipoggio	cattiva	47	67	81	85
	a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
	a reggipoggio	buona	6	35	70	75
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	75
		buona	25	55	70	77
Aziende agricole		-	59	74	82	86
Strade sterrate		-	72	82	87	85
Str. pavimentate		-	74	84	90	92

### Esempi di copertura del suolo

Prato



Uso del suolo	Tipo di copertura		Classe del suolo			
	Trattamento o pratica	Condizione idrologica	A	B	C	D
Maggessi	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	36	60	74	80
	a reggipoggio	cattiva	47	67	81	85
	a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
	a reggipoggio	buona	6	35	70	75
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	75
		buona	25	55	70	77
Aziende agricole		-	59	74	82	86
Strade sterrate		-	72	82	87	85
Str. pavimentate		-	74	84	90	92

## 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
Maggessi	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
Grani piccoli	a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
	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
Legumi seminati folti o prati in rotazione	a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
	a re. e terrazze	buona	59	70	78	81
	a solchi diritti	cattiva	66	77	85	89
	a solchi diritti	buona	58	72	81	85
	a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
Pascoli	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
	cattiva	68	79	86	89	
	discreta	49	69	79	84	
Prati	buona	39	61	74	80	
	cattiva	47	67	81	88	
	discreta	25	59	75	83	
Boschi	buona	6	35	70	79	
	buona	30	58	71	78	
	cattiva	45	66	77	83	
Aziende agricole	discreta	36	60	73	79	
	buona	25	55	70	77	
	–	59	74	82	86	
Strade sterrate	–	72	82	87	89	
	–	74	84	90	92	

29



Grazie per l'attenzione

30