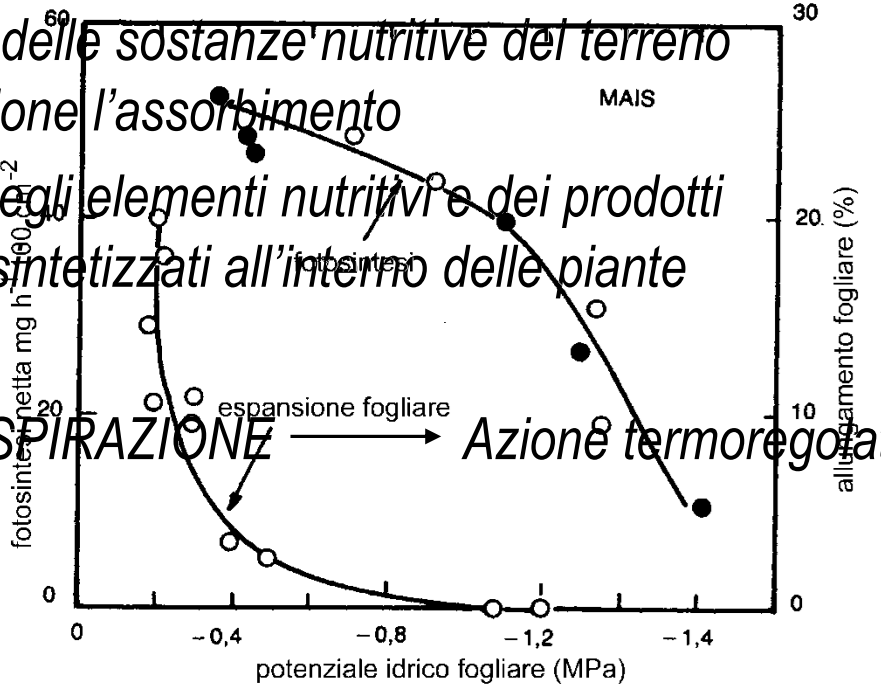
CONSUMI IDRICI DELLE COLTURE

Importanza dell'acqua per la pianta

- ✓ *È reagente nella sintesi fotosintetica e in tutti i processi idrolitici*
- ✓ *Regola la moltiplicazione e l'espansione cellulare*
- ✓ *È solvente delle sostanze nutritive del terreno permettendone l'assorbimento*
- ✓ *È veicolo degli elementi nutritivi e dei prodotti metabolici sintetizzati all'interno delle piante*

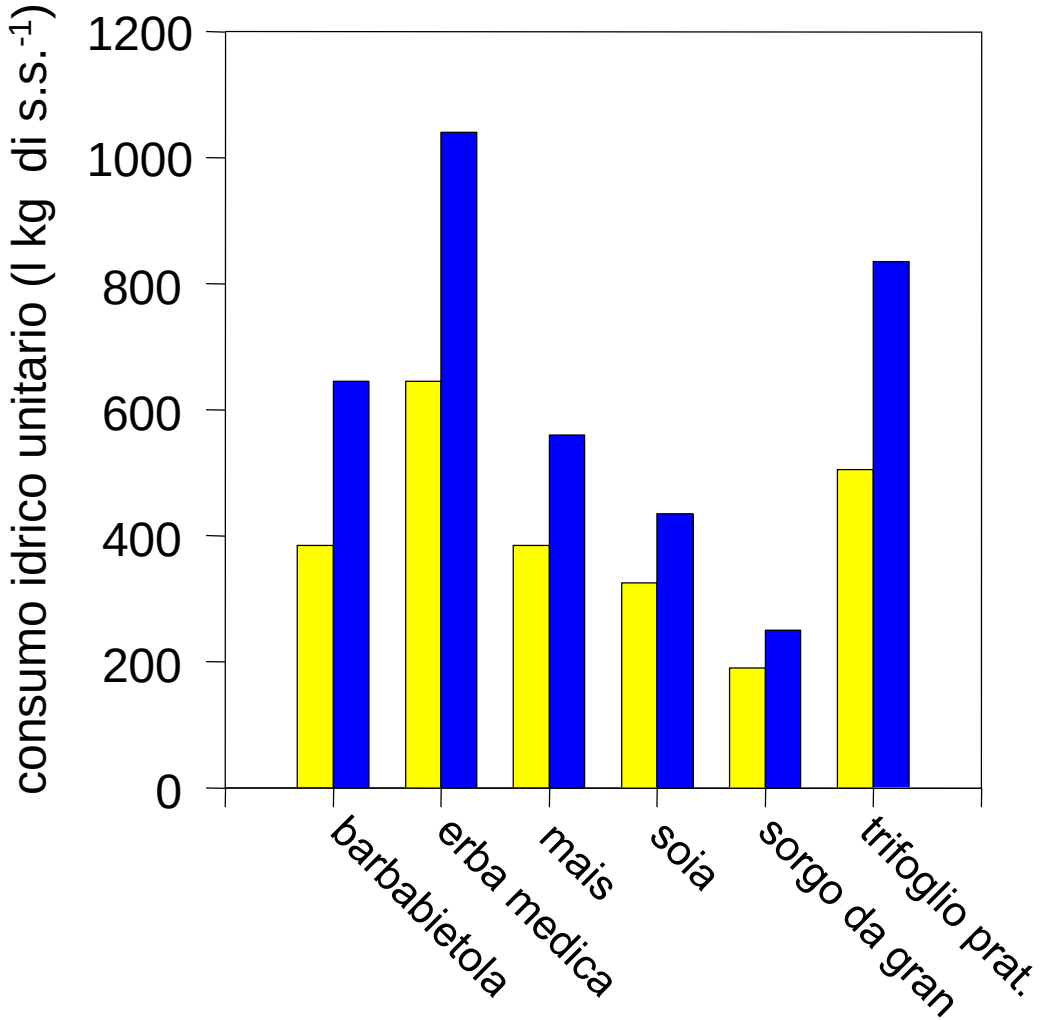
TRASPIRAZIONE → *Azione termoregolatrice*



Relazione tra potenziale idrico, espansione fogliare e fotosintesi in piante di mais (Kramer, 1983)

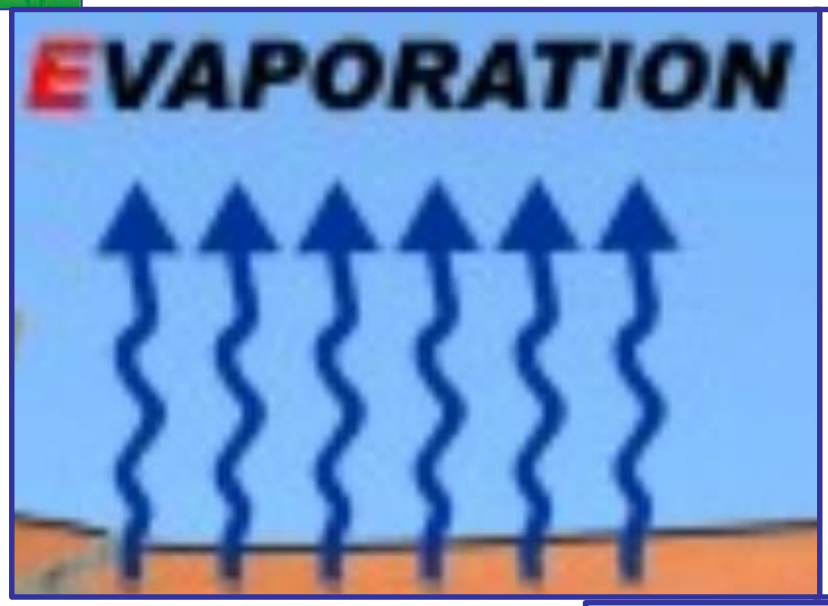
PRIMI STUDI SUI CONSUMI IDRICI DELLE COLTURE

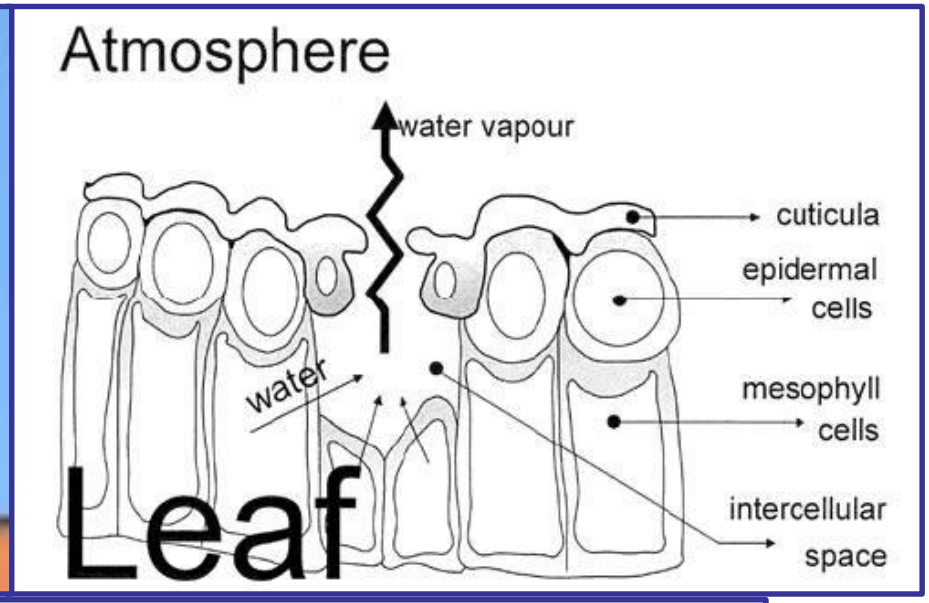
Consumo idrico unitario o coefficiente di traspirazione → $\frac{\text{Quantità d'acqua utilizzata}}{\text{Sostanza secca prodotta}}$



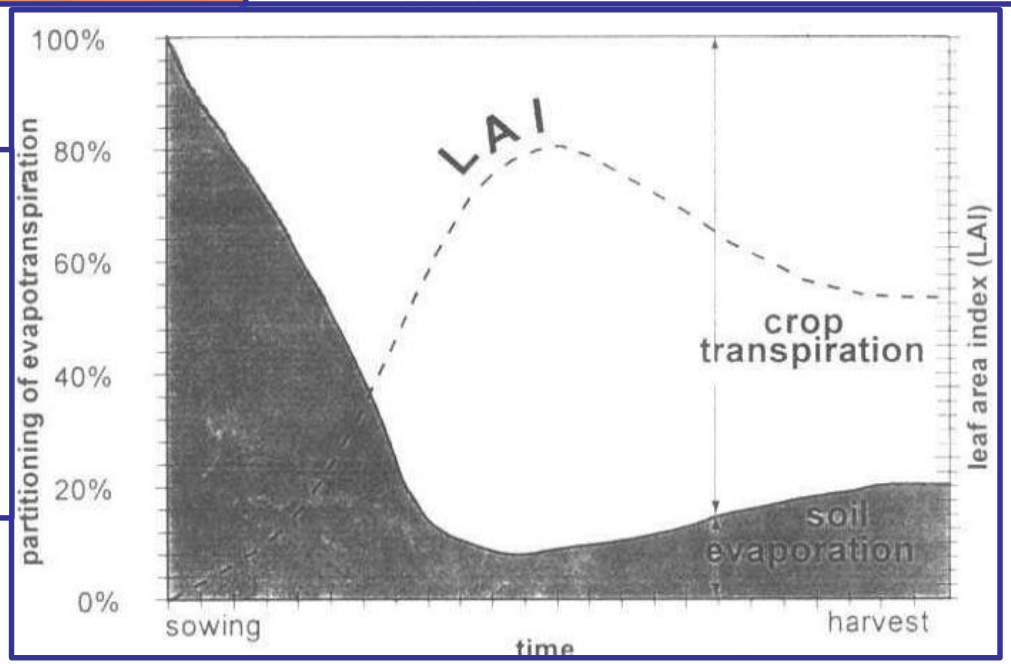
Consumi idrici unitari di alcune delle principali colture erbacee

EVAPOTRASPIRAZIONE





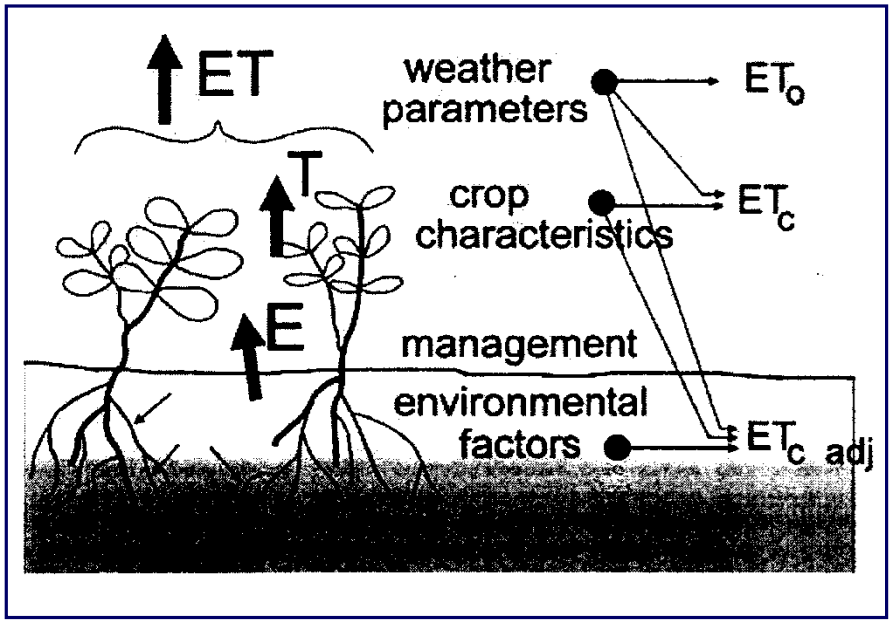
Il contributo di ciascuno di questi processi varia in funzione dello stato di crescita della coltura.



EVAPOTRASPIRAZIONE

Consumo idrico

- *Acqua costituzionale*
- *Acqua traspirata*
- *Acqua evaporata*



Fattori che condizionano i consumi idrici delle colture

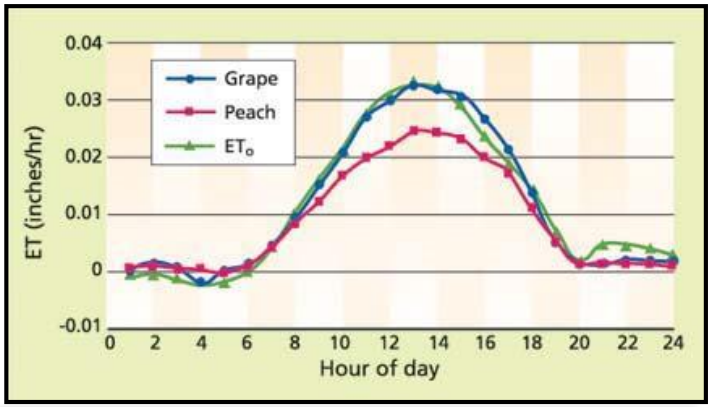
- *Colturali*
- *Pedologici*
- *Climatici*

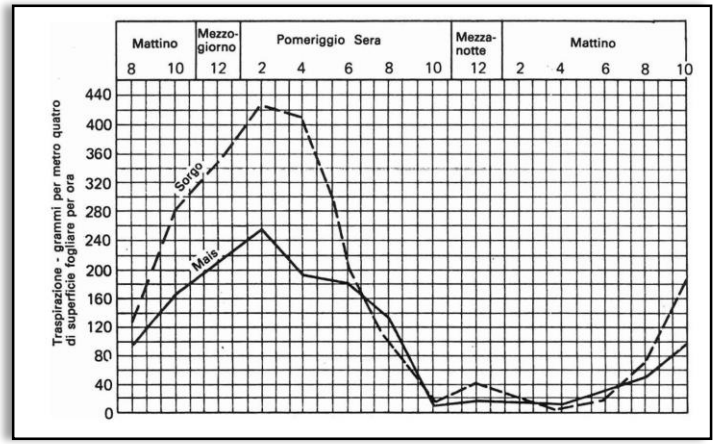
CAUSE DI VARIABILITÀ COLTURALI

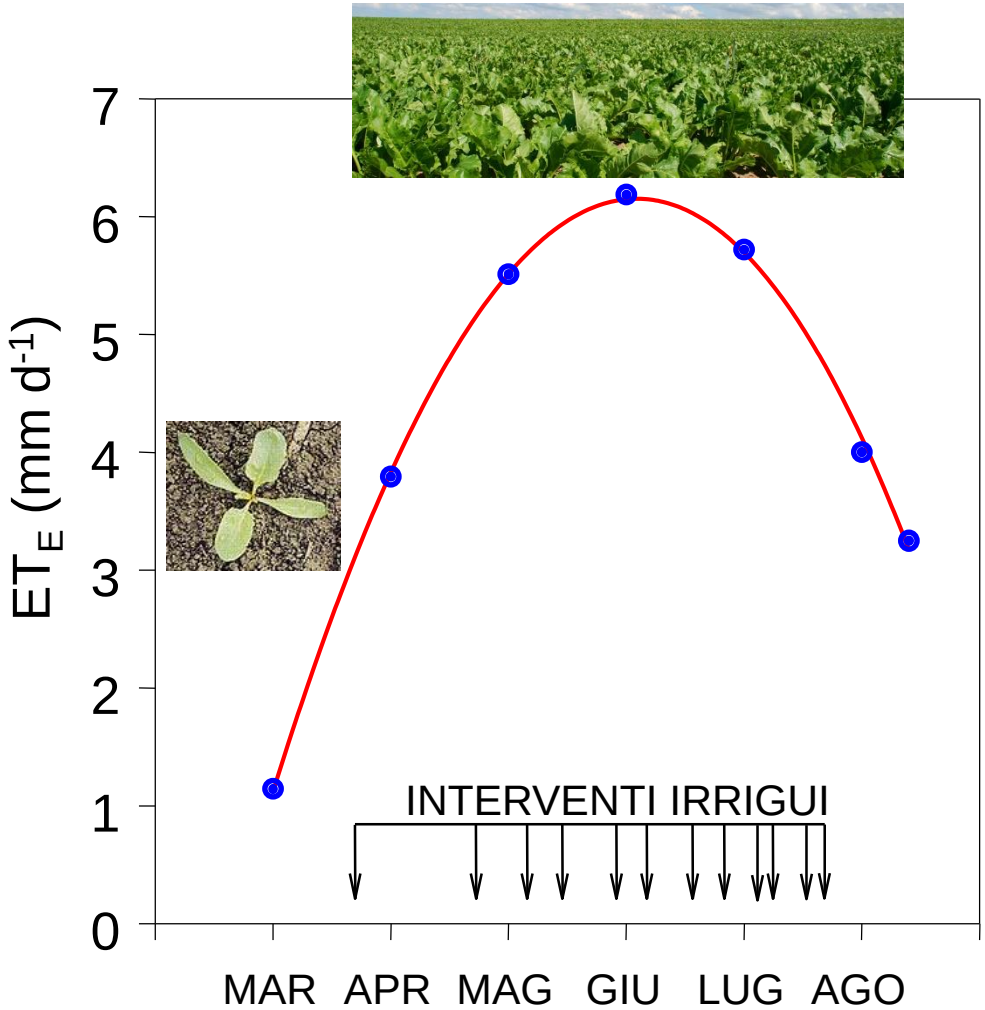
Specie

Varietà

Stadio di sviluppo







Variazione di ETE in funzione dello stadio di sviluppo di una coltura di barbabietola da zucchero a semina primaverile (Istituto di Agronomia di Bari)

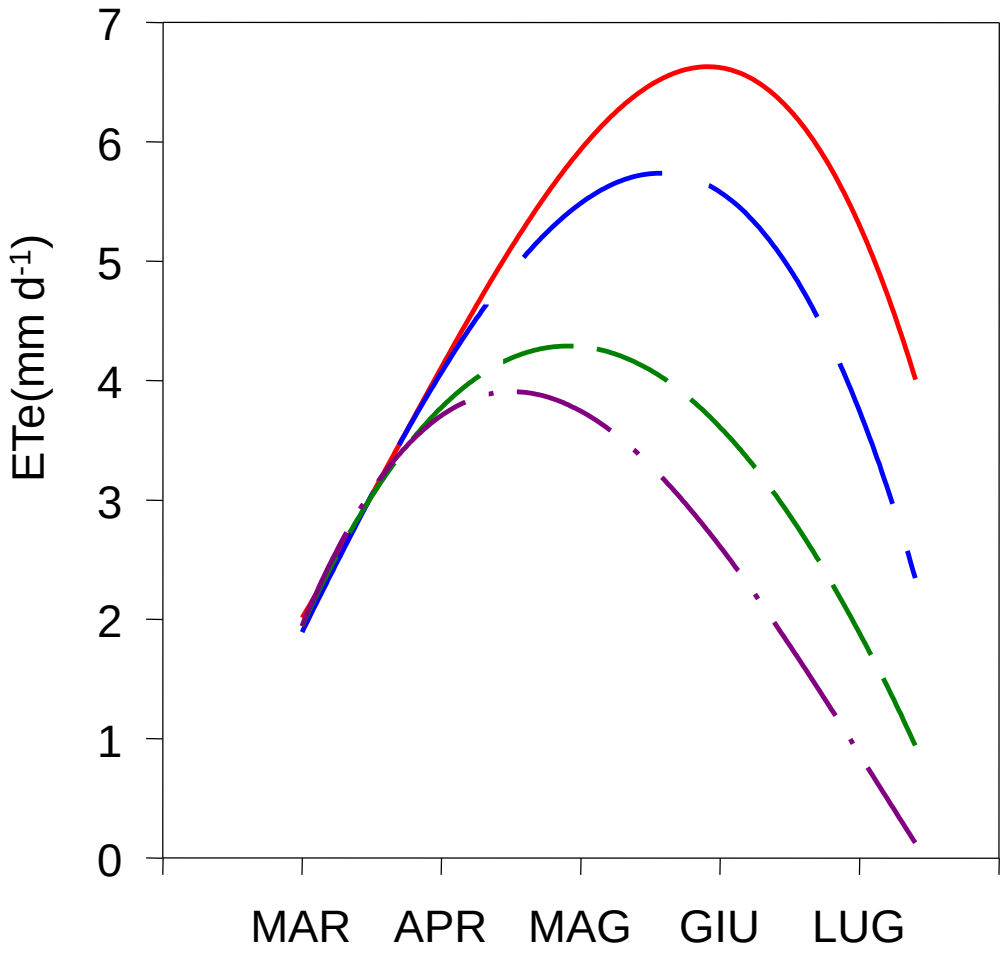
CAUSE DI VARIABILITÀ PEDOLOGICHE E AGRONOMICHE

Caratteristiche fisiche

Presenza di sali

Contenuto di umidità

Fittezza (*n° piante* m^{-2})



Andamento dei consumi idrici di una coltura di barbabietola a semina primaverile in condizioni idriche prossime alla capacità di campo, al punto di appassimento, ed in situazioni intermedie

CAUSE DI VARIABILITA' CLIMATICHE

Radiazione solare

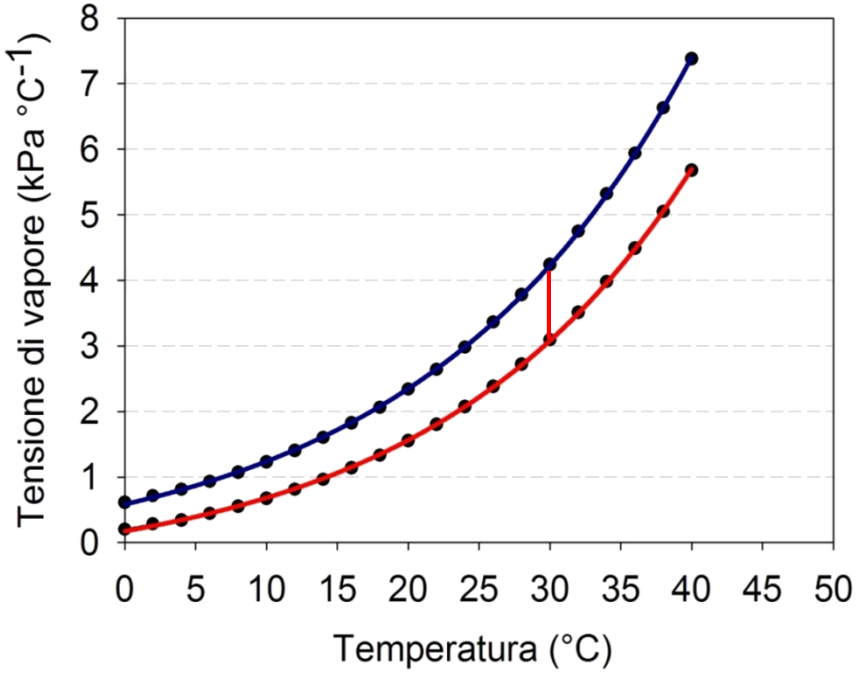
Temperatura

Ventosità

Umidità dell'aria

Il processo è tanto più rapido quanto maggiore è la differenza fra l'umidità presente nell'atmosfera *(pressione di vapore effettiva)* e quella che l'atmosfera potrebbe contenere a saturazione *(pressione di saturazione)*. Questa differenza la abbiamo definita come:

deficit di pressione di vapore



STIMA DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE

Metodi diretti

Bilancio idrico

ET_a - evapotranspirazione
P - precipitazioni
R - ruscellamento
ΔW - variazione cont. idrico suolo

I - irrigazione
D - percolazione
A_f - apporti di falda

$$ET_a = I + P + A_f - D - R \pm \Delta W$$

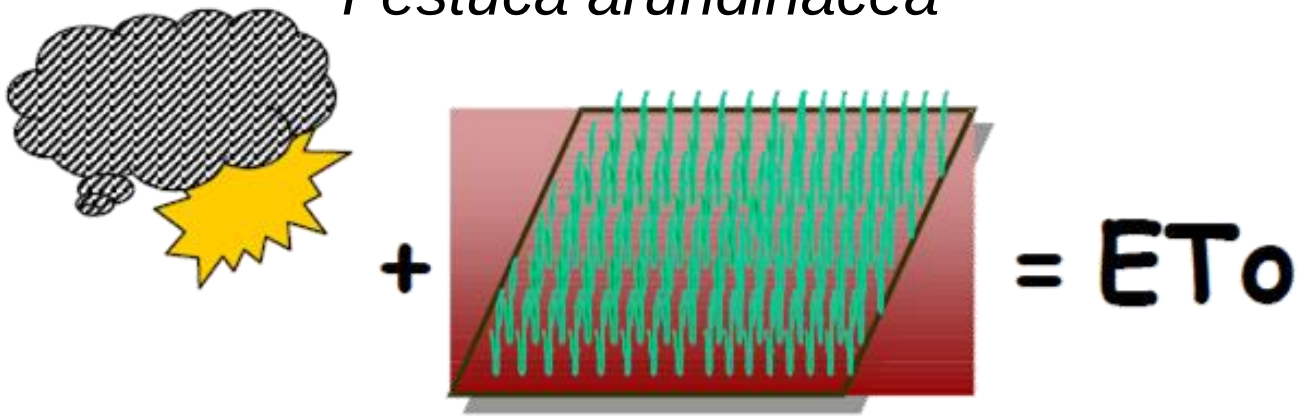
EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE (ET_P)

Quantità d'acqua evapotraspirata, in un determinato intervallo, da un terreno ***ben rifornito d'acqua*** *e coperto da una coltura di taglia* ***bassa, fitta, uniforme*** *e in* ***piena attività vegetativa****.*

Allevata in condizioni tali che: la qualità dell'acqua, le caratteristiche del terreno, la disponibilità di elementi nutritivi, attacchi di patogeni e insetti non limitino la produzione

Evapotraspirazione potenziale di riferimento (ET_0)

Festuca arundinacea



STIMA DI ET_0

Metodi indiretti

Metodi empirici di relazione tra l'evapotraspirazione misurata ed uno o più fattori del clima

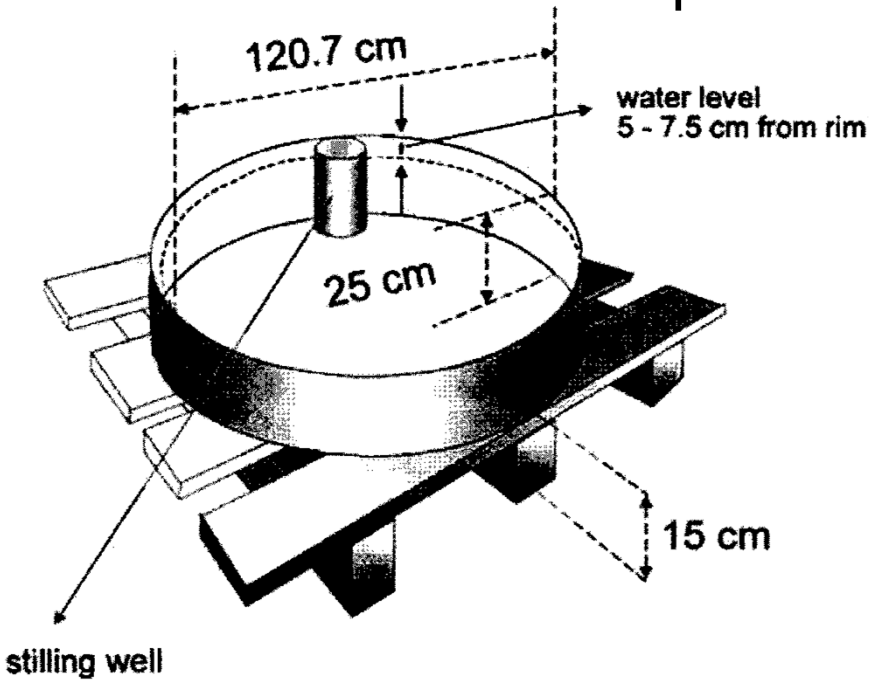
Metodo	Tempe-ratura	RH.	Vento	Eliofa-nia relativa	Radia-zione globale	Radia-zione netta	Radia-zione. astron.	Evapo-rato
Thornthwaite	X							
Blaney-Criddle	X	(X)	(X)	(X)			X	
Radiazione solare	X	(X)	(X)	(**)	X			
Hargreaves	X						X	
Turc	X	(*)		(**)	X			
Penman	X	X	X	X		(X)		
Evaporimetro		(X)	(X)					X

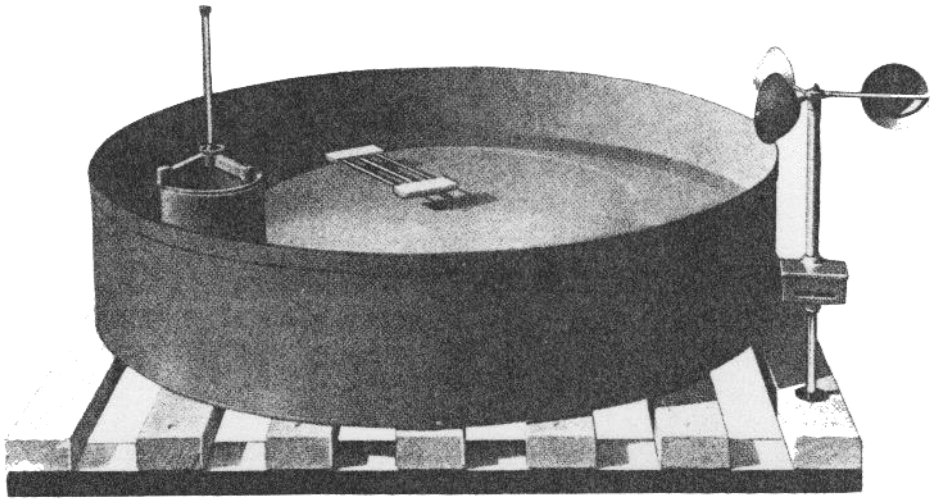
X = Valori misurati (*) = per umidità inferiore al 50%

(X) = Valori stimati (**) = in assenza del dato della radiazione globale

STIMA DI ET_0

Evaporimetro di classe A





Ubicazione dell'evaporimetro

Prato irrigato e sfalciato

Terreno nudo

Relazione tra ET_0 ed evaporazione da evaporimetro

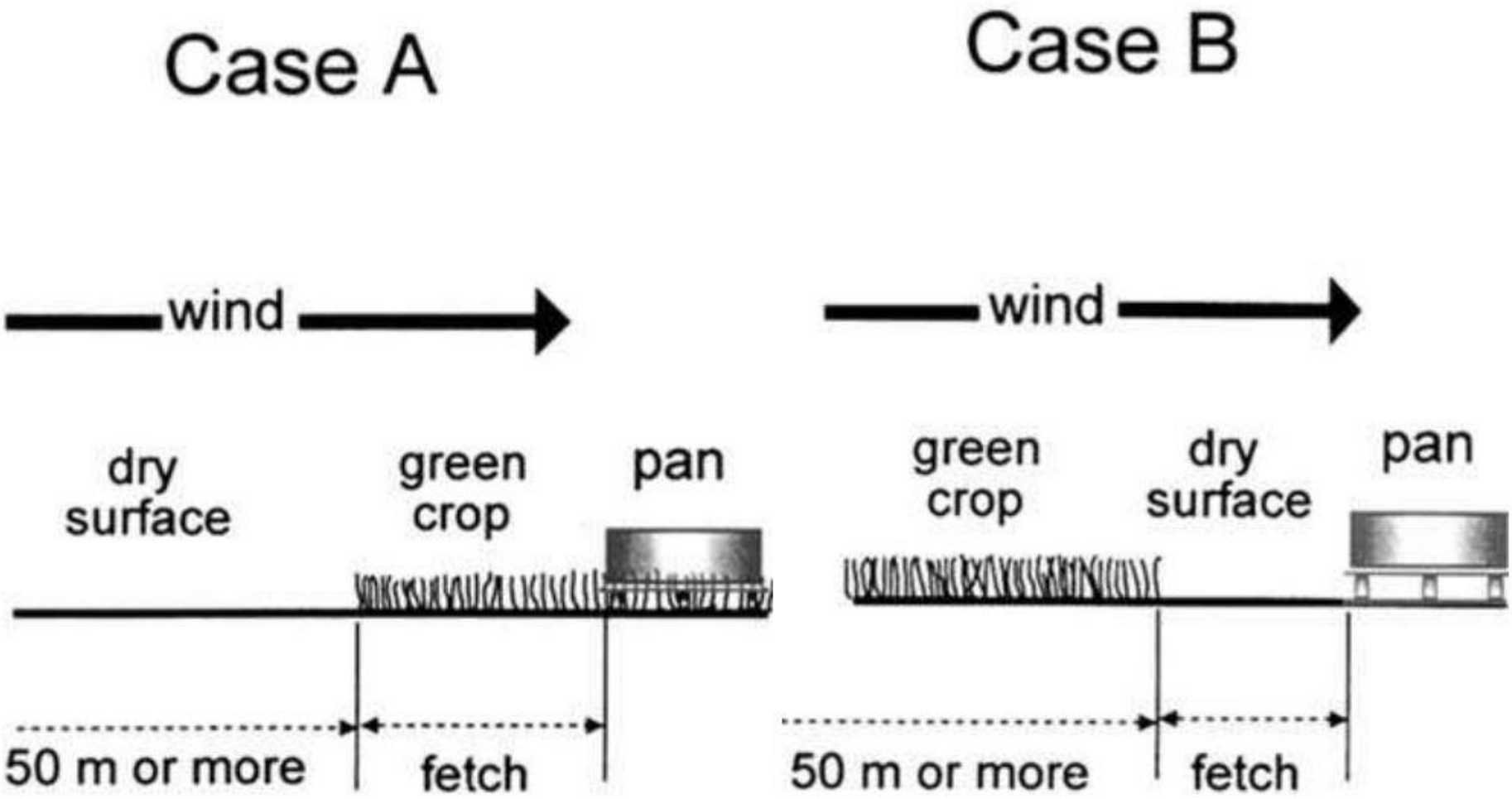
$$ET_0 = E \times Kp$$

E = evaporato

Kp = coefficiente di vasca

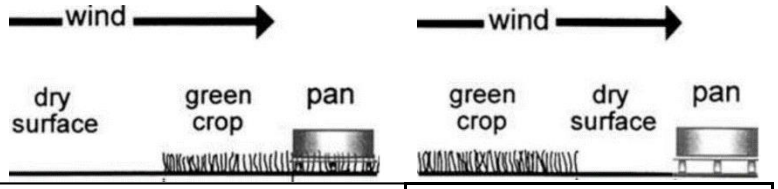
STIMA DI ET_0

Two cases of evaporation pan siting and their environment



CONVERSIONE DELL'EVAPORAZIONE IN ET_0

Coefficienti (Kp) per evaporimetro pan di Classe A



		Su prato			Su terreno nudo		
Veloc. Vento m s^{-1}	D*	Umidità relativa (%)			Umidità relativa (%)		
		<40	40-70	> 70	<40	40-70	> 70
	1	0,55	0,65	0,75	0,70	0,80	0,85
<2	10	0,65	0,75	0,85	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	0,55	0,65	0,75
	1	0,50	0,60	0,65	0,65	0,75	0,80
2-5	10	0,60	0,70	0,75	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	0,50	0,60	0,65
	1	0,45	0,50	0,60	0,60	0,65	0,70
5-8	10	0,55	0,60	0,65	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,70	0,45	0,50	0,60
	1	0,40	0,45	0,50	0,50	0,60	0,65
>8	10	0,45	0,55	0,60	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	0,40	0,45	0,50

D* = Distanza tra l'evoporimetro e i bordi del prato o del terreno lavorato, sulla direzione del vento.

CONVERSIONE DELL'EVAPORAZIONE IN ET_0

Pan coefficients (K_p) for Class A pan for different pan siting and environment and different levels of mean relative humidity and wind speed (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24)

Class A pan	Case A: Pan placed in short green cropped area				Case B: Pan placed in dry fallow area			
	RH mean (%) →	low < 40	medium 40 - 70	high > 70	RH mean (%) →	low < 40	medium 40 - 70	high > 70
Wind speed ($m\ s^{-1}$)	Windward side distance of green crop (m)				Windward side distance of dry fallow (m)			
Light	1	.55	.65	.75	1	.7	.8	.85
< 2	10	.65	.75	.85	10	.6	.7	.8
	100	.7	.8	.85	100	.55	.65	.75
	1000	.75	.85	.85	1000	.5	.6	.7
Moderate	1	.5	.6	.65	1	.65	.75.	.8
2-5	10	.6	.7	.75	10	.55	.65	.7
	100	.65	.75	.8	100	.5	.6	.65
	1000	.7	.8	.8	1000	.45	.55	.6.
Strong	1	.45	.5	.6	1	.6	.65	.7
5-8	10	.55	.6	.65	10	.5	.55	.65
	100	.6	.65	.7	100	.45	.5	.6
	1000	.65	.7	.75	1000	.4	.45	.55
Very strong	1	.4	.45	.5	1	.5	.6	.65
> 8	10	.45	.55	.6	10	.45	.5	.55
	100	.5	.6	.65	100	.4	.45	.5
	1000	.55	.6	.65	1000	.35	.4	.45

EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE DELLE COLTURE (ET_C)

ET_0

Kc

ETc

Scelta del Kc

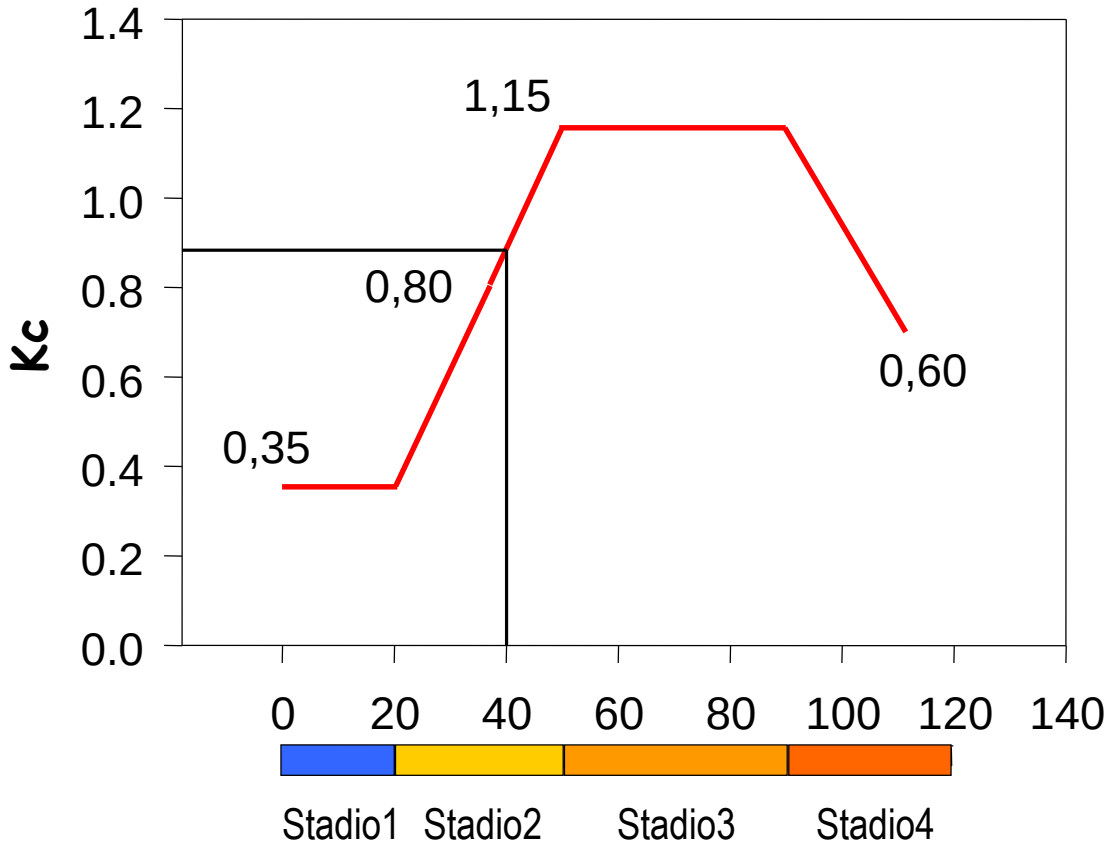
Stadi del ciclo delle colture

- ✓ **Iniziale** — germinazione, emergenza, 10% di copertura del terreno
- ✓ **Di copertura** — fino ad un grado di copertura del 70 – 80%
- ✓ **Di pieno sviluppo** — grado di copertura massimo
- ✓ **Finale** — riempimento dei semi, senescenza, maturazione

$$ETo \times K_c = ETc$$

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

COEFFICIENTI COLTURALI (Kc)



$$ET_c = ET_0 \times Kc$$

COEFFICIENTI COLTURALI (Kc)

Table 18 Crop Coefficients (kc)

CROP	Crop Development stages				Total growing period
	Initial	Crop development	Mid-season	At harvest	
Banana					
tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.75-0.85	0.7 -0.8
subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	0.85-0.95
Bean					
green	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.85-0.95	0.85-0.9
dry	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.25-0.3	0.7 -0.8
Cabbage	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Cotton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.65-0.7	0.8 -0.9
Grape	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.55-0.7	0.55-0.75
Groundnut	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.55-0.6	0.75-0.8
Maize					
sweet	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	0.95-1.1	0.8 -0.95
grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Onion					
dry	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.8 -0.9
green	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pea, fresh	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	0.95-1.1	0.8 -0.95
Pepper, fresh	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Potato	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.7 -0.75	0.75-0.9
Rice	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	1.05-1.2
Safflower	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorghum	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soybean	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.4 -0.5	0.75-0.9
Sugarbeet	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.6 -0.7	0.8 -0.9
Sugarcane	0.4 -0.5	0.7 -1.0	1.0 -1.3	0.5 -0.6	0.85-1.05
Sunflower	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.35-0.45	0.75-0.85
Tobacco	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.2	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomato	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.6 -0.65	0.75-0.9
Water melon	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.05	0.65-0.75	0.75-0.85
Wheat	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.2 -0.25	0.8 -0.9
Alfalfa	0.3 -0.4			1.05-1.2	0.85-1.05
Citrus					
clean weeding					0.65-0.75
no weed control					0.85-0.9
Olive					0.4 -0.6

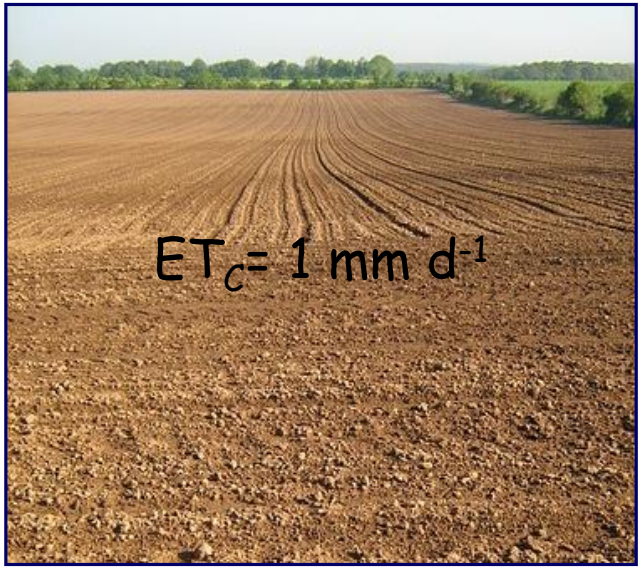
First figure : Under high humidity (RHmin >70%) and low wind (U <5 m/sec).
Second figure: Under low humidity (RHmin <20%) and strong wind (>5 m/sec).

COEFFICIENTI COLTURALI (Kc)

Coefficienti colturali (Kc) per lo stadio intermedio e lo stadio finale

UR	ALTA				RIDOTTA			
Vento (m s^{-1})	0 - 5		5 - 8		0 - 5		5 - 8	
Stadio	3	4	3	4	3	4	3	4
Specie								
Arachide	0,95	0,55	1,00	0,55	1,05	0,60	1,10	0,60
Avena	1,05	0,25	1,10	0,25	1,15	0,20	1,20	0,20
Barbabietola	1,05	0,90	1,10	0,95	1,15	1,00	1,20	1,00
Carota	1,00	0,70	1,05	0,75	1,10	0,80	1,15	0,85
Cipolla	0,95	0,75	0,95	0,75	1,05	0,80	1,10	0,85
Cotone	1,00	0,70	1,05	0,75	1,10	0,80	1,15	0,85
Fagiolo	0,95	0,85	0,95	0,85	1,10	0,90	1,05	0,90
Frumento	1,05	0,25	1,10	0,25	1,15	0,20	1,20	0,20
Girasole	1,05	0,40	1,10	0,40	1,15	0,35	1,20	0,35
Lino	1,00	0,25	1,05	0,25	1,10	0,20	1,15	0,20
Mais	1,05	0,55	1,10	0,55	1,15	0,60	1,20	0,60
Patata	1,05	0,70	1,10	0,70	1,15	0,75	1,20	0,75
Peperone	0,95	0,80	1,10	0,85	1,05	0,85	1,10	0,90
Pisello	1,05	0,95	1,10	1,00	1,15	1,05	1,20	1,10
Pomodoro	1,05	0,60	1;10	0,60	1,20	0,65	1,25	0,65
Soia	1,00	0,45	1,05	0,45	1,10	0,45	1,15	0,45
Sorgo	1,00	0,50	1,05	0,50	1,10	0,55	1,15	0,55
Zucca	0,90	0,70	0,90	0,70	0,95	0,75	1,00	0,80

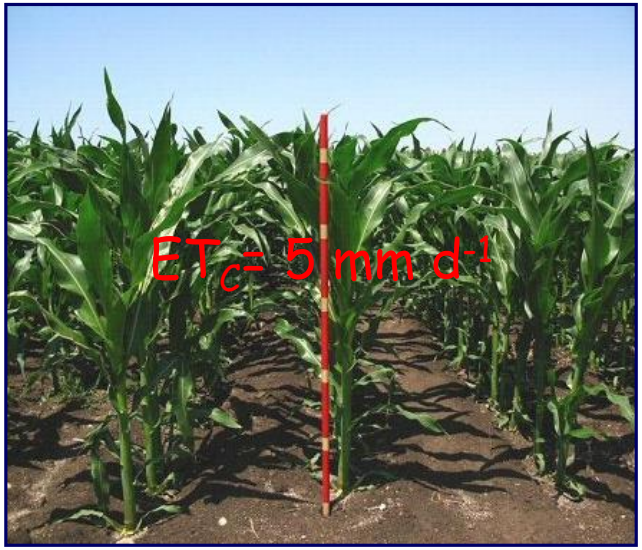
COEFFICIENTI COLTURALI (Kc)



$$Kc = \frac{1}{3}$$

$$Kc = \frac{2}{5}$$

COEFFICIENTI COLTURALI (Kc)



$$Kc = \frac{5}{6}$$

$$Kc = \frac{8}{7}$$

COEFFICIENTI COLTURALI (Kc)

$$Kc = \frac{3}{6}$$

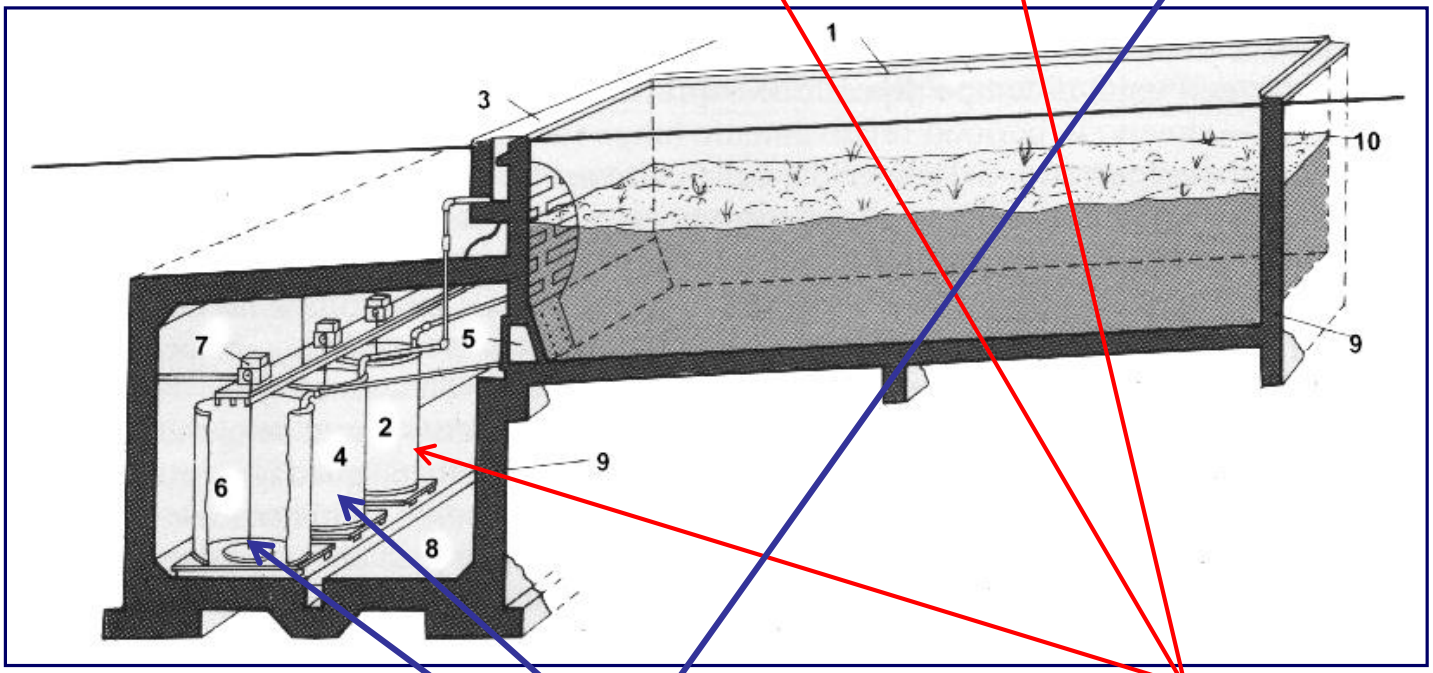
$$Kc = \frac{ETc}{ET_0}$$

STIMA DEL COEFFICIENTE COLTURALE (Kc)

LISIMETRO

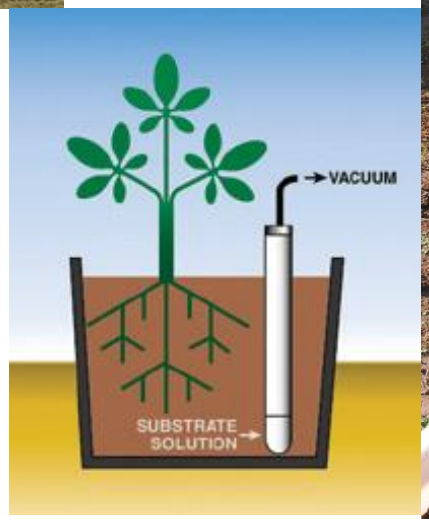
Bilancio idrico $ET = pioggia + Irrig. - Perdite \pm \Delta w$

Uso di lisimetri



$$Kc = \frac{ET_c}{ET_0}$$

Sezione di un lisimetro: 1. Doccia di misura dell'acqua di precipitazione; **2. Recipiente di raccolta dell'acqua di precipitazione**; 3. Doccia di raccolta del deflusso superficiale e coperchio; **4. Recipiente di raccolta del deflusso superficiale**; 5. Collettore dell'acqua di percolazione; **6. Recipiente di raccolta dell'acqua di percolazione**; 7. Trasmettitore del livello dell'acqua; 8. Tunnel dei collettori; 9. Pareti e pavimenti di calcestruzzo; 10. Vegetazione all'interno del lisimetro ed intorno ad esso.


VACUUM
SUBSTRATE SOLUTION

DURATA DELLE FENOFASI

Valori di K_c (FAO 56)

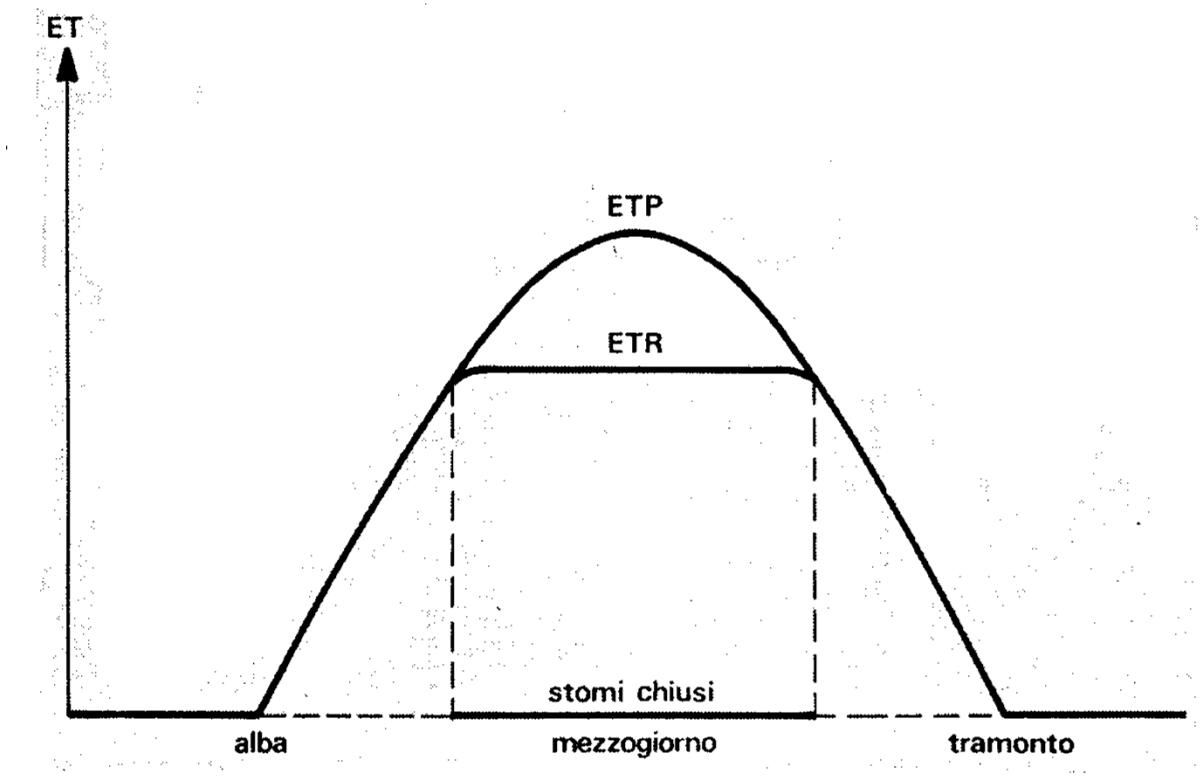
durata delle diverse fasi

Coltura	L_{ini}	L_{dev}	L_{mid}	L_{late}
Solanacee	25-30	35-45	40-45	20-30
Cucurbitacee	20-25	30-35	25-30	15-20
Radici & Tuberi	15-30	25-35	20-50	10-50
Legumi	20	30-35	30-35	10-25
Oleaginose	22	35	45	25
Cereali	20-30	25-140	25-60	10-30

EVAPOTRASPIRAZIONE REALE (ET_a)

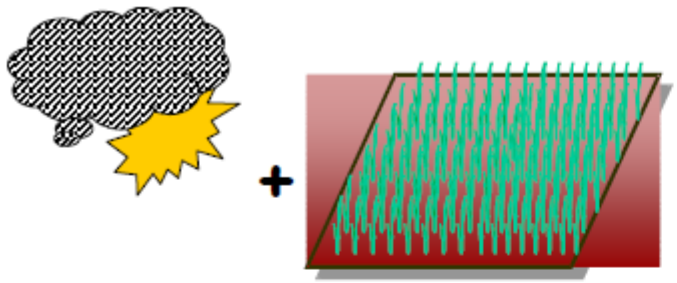
ET_c ⟶ richiesta evapotraspirativa dell'atmosfera

ET_a ⟶ offerta da parte della vegetazione

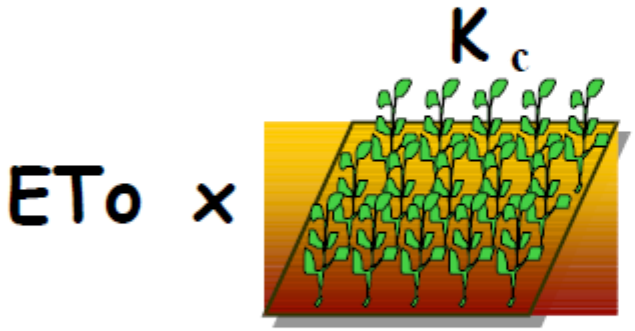


Condizione ottimale ⟶ $ET_a = ET_c$

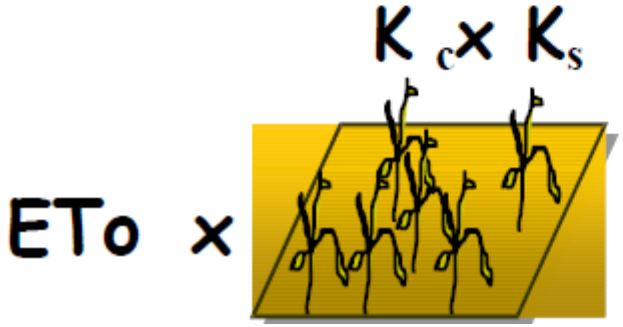
EVAPOTRASPIRAZIONE REALE (ET_a)



ET_o dati meteo



$$ET_c = ET_o \times K_c$$



$$ET_a = ET_c \times K_s$$

STIMA DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE REALE (ET_a)

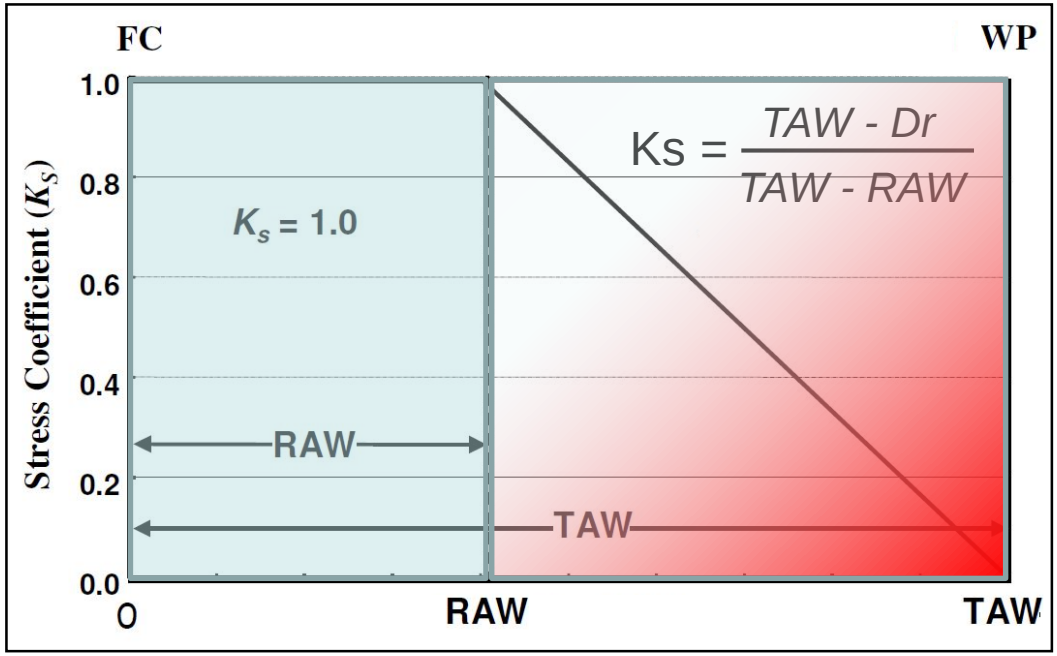
Ks = coefficiente di stress

Tiene conto degli effetti dello stress idrico sui fenomeni di traspirazione

Ks

= 1 terreno in ottime condizioni di rifornimento idrico

< 1 condizioni limitanti di rifornimento idrico del suolo



FC = Field Capacity (mm)
WP = Wilting Point (mm)
TAW = Total Available Soil Water (mm)
RAW = Readily Available Soil Water (mm)
Dr = Cumulative depth of evapotranspiration (depletion) (mm)

FC = Capacità di Campo (mm)
WP = Punto di appassimento (mm)
TAW = Acqua disponibile (mm)
RAW = Acqua facilmente utilizzabile (mm)
Dr = Quantità di acqua consumata rispetto alla capacità di campo (depletion) (mm)

$ET_a = ET_c$

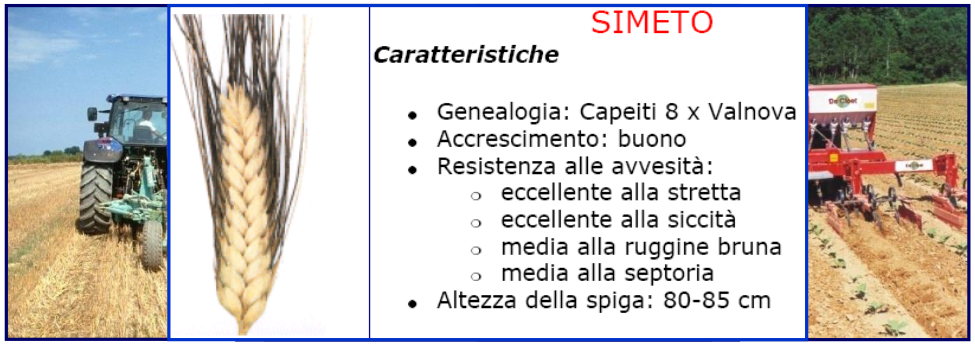
Incremento di ETa → aumento delle riserve idriche

irrigazione

lavorazioni

ammendamenti organici

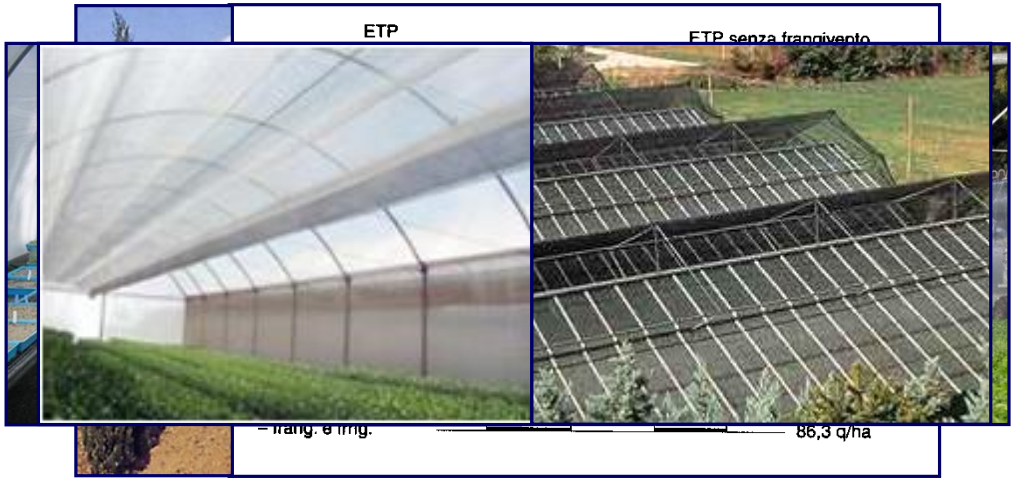
scelta di genotipi idonei



Riduzione di ETc → riduzione dell'apporto di energia

ombreggiamento

irrigazione nebulizzante

(mist irrigation)

frangivento