ALGORITMI di STIMA di alcune GRANDEZZE AGROMETEOROGLICHE

1. RADIAZIONE GLOBALE (R_g) giornaliera

Algoritmo Winslow et al. (2001)

Radiazione solare extraterrestre:

$R_{a(d)}=C*(24/\pi)*d_{(d)}*[\sin(\lambda)*\sin(\delta_{(d)})*\omega_s+ \cos(\lambda)*\cos(\delta_{(d)})*\sin(\omega_s)]$ (1)

Dove:

il pedice (d) indica il passo temporale (day)
C=4.921

$$d_{(d)} = 1 + 0.033 \cdot \cos(\frac{2\pi}{365} \cdot i)$$

i= numero giuliano dell'anno (1 è il primo di gennaio)

λ= latitudine (° o radianti), dipende cosa richiede la funzione sin o cos nel linguaggio di programmazione usato. Di solito vuole l'angolo in radianti:

[radianti]= [angolo in °] *π/180°.

$$\delta_{(d)} = 0.409 \cdot \sin(\frac{2\pi}{365} \cdot i - 1.39)$$

$$\omega_s = \arccos\left[-\tan(\lambda) \cdot \tan(\delta_{(d)})\right] \quad (2)$$

La radiazione solare globale potenziale (a cielo sereno):

$R_{so}=(0.75+2*10^{-5}*z)*R_a$ (3)

Dove:

z è l'altezza della stazione slm [m];

R_a la radiazione extraterrestre dell'eq (1).

E infine la radiazione globale giornaliera:

$$R_{g\,(d)} = S_d \cdot \tau \cdot D_{(d)} \cdot \left[1 - \beta \cdot \frac{e_s(Tmin_{(d)})}{e_s(Tmax_{(d)})}\right] \qquad (4)$$

Dove:

S_d o R_{so} Radiazione solare potenziale eq (3)

τ Trasmissività

La trasmissività a cielo sereno τ (è un parametro caratteristico del sito, si calcola avendo a disposizione un anno almeno di dati di radiazione e il calcolo va fatto una volta sola).

Per ciascun giorno si calcola il rapporto:

$$tt_{(d)} = \frac{G_{x\,(d)}}{S_{(d)}} \qquad (5)$$

Dove G_x è il valore di radiazione globale misurato.

Per stimare il valore di τ si effettua la media dei 5 valori più alti ottenuti.

Se non si ha a disposizione uno storico di dati anziché una media dei max valori annuali dell'eq (5), si inserisce un valore di riferimento pari a 0.75.

$$D_{(d)} = \left[1 - \frac{\left(\frac{DL_{(d)}}{2} - \frac{\pi}{4}\right)^2}{2 \cdot \left(\frac{DL_{(d)}}{2}\right)^2}\right]^{-1}$$

$$DL_{(d)} = \frac{24}{\pi} \cdot \omega_s$$

ω_s dall'eq (2)

$$\beta = \max\left(1.041, \frac{23.753 \cdot \Delta T}{T + 273.16}\right)$$

ΔT = escursione termica media dell'anno (T max $_{(giorno)}$ - T min $_{(giorno)}$)

T = temperatura media dell'anno

$$e_s(Tmin) = 0.6108 \cdot e^{\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min}+237.3}}$$

$$e_s(Tmax) = 0.6108 \cdot e^{\frac{17.27 \cdot T_{max}}{Tmax+237.3}}$$

2. RADIAZIONE NETTA (R_n) giornaliera

metodo FAO

R_n giornaliera viene stimata a partire da quella globale. Non avendo a disposizione un radiometro globale prendiamo il valore stimato dall'algoritmo (4) della sezione 1.

Radiazione solare netta a onda corta (R_{ns}) [MJ m^{-2} $giorno^{-1}$]

$R_{ns} = (1-\alpha) R_g$ (1)

α albedo [] (pari a 0.23 per un tappeto erboso di riferimento),

Radiazione solare netta a onda lunga (R_{nl}) [MJ m^{-2} $giorno^{-1}$]:

$$R_{nl} = \sigma\left[\frac{T_{maxK}^4 + T_{minK}^4}{2}\right](0.34 - 0.14\sqrt{e_a})\left(1.35\frac{R_s}{R_{so}} - 0.35\right) \quad (2)$$

σ costante Stefan-Boltzmann [4.903 10^{-9} MJ K^{-4} m^{-2} day^{-1}],

Tmax, K temperatura massima assoluta giornaliera [K =°C + 273.16],

Tmin, K temperatura minima assoluta giornaliera [K = °C+ 273.16],

e_a pressione di vapore attuale [kPa] eq (2) della sezione 3.

Rs/Rso è il rapporto tra la radiazione globale e quella potenziale (deve essere limitata <= 1.0), dalle equazioni (4) e (1) della sezione 1.

R_s o R_g [MJ m-2 day-1], equazioni (4) nell'algoritmo della sezione 1.

Rso o $S_{(d)}$ [MJ m-2 day-1], equazione (1) nell'algoritmo della sezione 1.

E infine la radiazione netta complessiva sarà [MJ m^{-2} $giorno^{-1}$]:

$R_n = R_{ns} - R_{nl}$ (3)

3. EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE (ET_0) giornaliera

Algoritmo Penman-Monteith, metodo FAO

$$ET_0 = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T+273} \cdot u \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u)} \qquad (1)$$

dove,

ET_0 (mm) è l'evapotraspirazione;

$R_n \left(MJ/m^2\right)$ è la radiazione netta giornaliera, dall'equazione (3) della sezione 2.;

G $\left(MJ/m^2\right) \approx 0$ è il flusso di calore nel suolo;

$\Delta\left(KPa/°C\right) = \frac{4098 \cdot e_s(T)}{(T+237.3)^2}$ è la pendenza della curva di pressione;

u(m/s) è la velocità del vento medio giornaliero;

T(°C) è la temperatura media dell'aria;

$\gamma(\text{KPa/°C}) = 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} \approx 0.163/\lambda$ è la costante psicometrica;

P la pressione in kPa;

$\lambda(MJ/Kg) = 2.5 - 0.00236 \cdot T$ è il calore di vaporizzazione;

$e_s(T)(KPa) = 0.61 \cdot \exp(\frac{17.27 \cdot T}{T+237.3})$ è la pressione di vapore saturo;

$e_a(KPa) = e_s(T) \cdot \frac{RH}{100}$ è la pressione di vapore (sarebbe meglio fare la media tra quella minima e quella massima giornaliera) ovvero:

$$e_a(\text{KPa}) = \frac{0.611 \cdot \exp(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min}+237.3}) \cdot RH_{max} + 0.611 \cdot \exp(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max}+237.3}) \cdot RH_{min}}{2 \cdot 100} \qquad (2)$$

RH è l'umidità media giornaliera;

RH_{max} è l'umidità massima giornaliera;

RH_{min} è l'umidità minima giornaliera;

T_{min} è la temperatura minima giornaliera;

T_{max} è la temperatura massima giornaliera.

4. TEMPERATURA BULBO UMIDO (T_w)

$$T_w = T_d + \frac{T - T_d}{1 + \frac{L^2 \cdot s}{R_v \cdot C_p \cdot T^2}} \text{-273.15} \qquad (1)$$

dove

$R_v = 0.119 \, cal/Kg°K$ è la costante del gas per l'aria umida,

$C_p = 0.24 \, cal/Kg°K$ è il calore specifico a pressione costante,

T_w (°C) è la temperatura di bulbo umido,

T_d (°K) è la temperatura di rugiada,

T (°K) è la temperatura media dell'aria (bulbo secco),

s(Kg/Kg) è l'umidità specifica,

*L(*cal/Kg*)* è il calore latente di evaporazione o sublimazione.

I valori utili per ricostruire la temperatura di bulbo umido variano a seconda che ci sia acqua o ghiaccio.

Di seguito verranno riportati le formule e i valori per T > 0 e T<=0.

a) Per T>0

La temperatura misurata dalle stazioni in °C deve essere convertita in °K:

$T(K) = T(°C) + 273.1$

Il calore di evaporazione dell'acqua vale:

$L = 597 \, cal/Kg$

La formula per ottenere T_d , ovvero la Temperatura di bulbo asciutto, è data da:

$$T_d = \frac{237.3 \cdot \log \frac{e}{6.1}}{7.5 - \log \frac{e}{6.1}} + 273.15 \qquad (2)$$

dove *e(mbar)* è la pressione di vapore. Essa si ricava nel modo seguente:

$$e = \frac{RH \cdot e_0(T)}{100}$$

dove *RH(%)* è l'umidità relativa e $e_0(T)$ è la tensione di vapore saturo alla temperatura T calcolata con la formula:

$$e_0(T) = 6.11 \cdot 10^{\frac{7.5 \cdot T}{237.3 + T}}$$

Il dato di umidità specifica è calcolato con la seguente equazione:

$$s = \frac{0.622\,e}{P - 0.378\,e}$$

con P pressione atmosferica (generalmente si può porre 1000 mbar).

Si possono dunque sostituire i valori trovati di *T*, T_d, *L* ed *s* nell'equazione (1) e trovare la temperatura di bulbo umido.

b) Per T<=0

Il calcolo della temperatura di bulbo umido per T<=0 è analogo al caso precedente, ma alcune grandezze assumono valori differenti.

La temperatura misurata dalle stazioni in °C deve essere convertita in °K:

$$T(K) = T(°C) + 273.15$$

Il calore di sublimazione vale:

$$L = 677\ cal/K$$

La formula per ottenere T_d è la seguente:

$$T_d = \frac{2665 \log\left(\frac{e}{6.1}\right)}{9.5 \log\left(\frac{e}{6.1}\right) + 273} \qquad (3)$$

La tensione di vapore saturo alla temperatura T è calcolata per mezzo dell'equazione:

$$e = \frac{RH \cdot e_*(T)}{100}$$

$$e_*(T) = 6.1 \cdot 10^{\frac{9.5 \cdot (T - 273.15)}{T - 7.65}}$$

Si possono dunque sostituire i valori trovati di *T*, T_d, *L* ed *s* nell'equazione (1) e trovare la temperatura di bulbo umido.

5. TEMPERATURA DI RUGIADA (T_d)

Sulla base dell'equazione di Murray

Nel caso T>0

$$T_d = \frac{237.3 \cdot \log \frac{e}{6.1}}{7.5 - \log \frac{e}{6.1}} + 273.15$$

Dove:
e = Pressione di vapore (hPa),
e_a = Pressione di vapore saturo (hPa)

$$e = \frac{RH \cdot e_*(T)}{100}$$

$$e_*(T) = 6.11 \cdot 10^{\frac{7.5 \cdot (T - 273.15)}{T - 35.85}}$$

Per T<=0

$$T_d = \frac{2663 \cdot \log \frac{e}{6.1}}{9.5 - \log \frac{e}{6.1}} + 273.15$$

Dove:
e = Pressione di vapore (hPa),
e_a = Pressione di vapore saturo (hPa)

$$e = \frac{RH \cdot e_*(T)}{100}$$

$$e_*(T) = 6.1 \cdot 10^{\frac{9.5 \cdot (T - 273.15)}{T - 7.65}}$$

6. BAGNATURA FOGLIARE (Bf)

Metodo CART (Classification And Regression Tree) (Kim, K.S., Taylor S.E., Gleason, M.L., Koehler, K.J., 2002)

$$DPD = T - T_{dew}$$

Dove:
DPD = depressione oraria di temperature dal punto di rugiada (°C),
T = temperatura oraria (°C),
T_{dew} = temperatura del punto di rugiada (°C).

$$RWS = WS \cdot \frac{(Ln(C_h - Z_p) - Ln(Z_0))}{(Ln(h_a - Z_p) - Ln(Z_0))}$$

Dove:
WS = velocità del vento oraria [m/s],
C_h = altezza della vegetazione (parametro esterno) [m],
Z_p = altezza di spostamento zero (assunta essere 2/3 di C_h) [m],
Z_0 = altezza di rugosità (assunta essere 1/10 di C_h) [m],
h_a = altezza dell'anemometro [m].

$$WS_{adj} = (1.6064 \cdot \sqrt{T} + 0.0036 \cdot T^2 + 0.1531 \cdot RH - 0.4599 \cdot RWS \cdot DPD - 0.0035 \cdot T \cdot RH)$$

Dove:
RH = umidità dell'aria oraria

$$RH_{adj} = (0.7921 \cdot \sqrt{T} + 0.0046 \cdot RH - 2.3889 \cdot RWS - 0.0390 \cdot T \cdot RWS + 1.0613 \cdot RWS \cdot DPD)$$

Calcolo della Bagnatura fogliare (BF):

Bf= 60

se

(DPD<4.7 & RWS <2.5 & WS_{adj}>14.5)

oppure

(DPD<4.7 & RWS >=2.5 & RH>= 87.8 & RH_{adj}>37)

Altrimenti Bf=0