

PROGETTO CNR ENERGY+: IL NETWORK DELLE STAZIONI METEO

Autore:

S. Di Cristofalo¹, e-mail: salvatore.dicristofalo@cnr.it

¹C.N.R. - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero – Uos di Capo Granitola

SOMMARIO

PREMESSA	3
INTRODUZIONE	4
CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE	6
PLUVIOMETRO	7
SENSORI TEMPERATURA E UMIDITÀ DELL'ARIA IN SCHERMO SOLARE PASSIVO	7
ANEMOMETRO PER LA RILEVAZIONE DI VELOCITÀ E DIREZIONE DEL VENTO.	8
RADIAZIONE SOLARE	9
CONSOLLE, CON SENSORE BAROMETRICO INTEGRATO	9
DATA LOGGER	11
PARAMETRI DERIVATI	12
PRESSIONE BAROMETRICA	13
WIND CHILL	15
INDICE DI CALORE	17
PUNTO DI RUGIADA (DEW POINT)	19
EVAPOTRASPIRAZIONE (ET)	20
FRUIZIONE DEI DATI	23
CONCLUSIONI	24
RINGRAZIAMENTI	25
BIBLIOGRAFIA	25
SITOGRAFIA	25

PREMESSA

Il progetto CNR ENERGY+ è uno dei progetti vincitori (1° classificato) del Premio Innovazione del CNR, istituito nel 2013 in occasione delle celebrazioni per i 90 anni del CNR.

Gli autori del progetto² si sono posti come obiettivo il miglioramento del servizio di Energy Management del CNR con la partecipazione dei dipendenti; gli interventi riguardano essenzialmente due aspetti:

- Azioni di carattere tecnologico, cioè attività di monitoraggio dei consumi, diagnosi energetiche e raccolta dati su edifici e impianti;
- Azioni riguardanti il fattore umano, in grado di stimolare un comportamento attento e consapevole del personale che utilizza le strutture.

Per quanto riguarda l'aspetto tecnologico, il progetto fornisce strumenti per migliorare il monitoraggio dei consumi energetici delle utenze del CNR e facilitare la raccolta dei dati di interesse energetico su fabbricati, impianti, laboratori, modalità d'uso delle strutture. Queste informazioni sono indispensabili per effettuare diagnosi energetiche approfondite delle utenze e per predisporre un piano di interventi per l'efficientamento energetico. Per agevolare il monitoraggio dei consumi e la raccolta dei dati energetici è stato realizzato un portale (www.energia.cnr.it) con una piattaforma dedicata, attraverso la quale gli Energy manager e i referenti degli Istituti possono inserire direttamente via web i dati di tutte le utenze. In questo senso il portale funge da "ufficio virtuale" degli Energy Manager e rappresenta uno strumento di lavoro, che vuole facilitare la collaborazione tra diversi uffici dell'Ente.

Inoltre, il portale ha anche una seconda funzione riguardante il fattore umano, perché rappresenta uno strumento per informare e coinvolgere il personale, allo scopo di stimolare la partecipazione attiva al risparmio energetico anche attraverso i buoni comportamenti individuali.

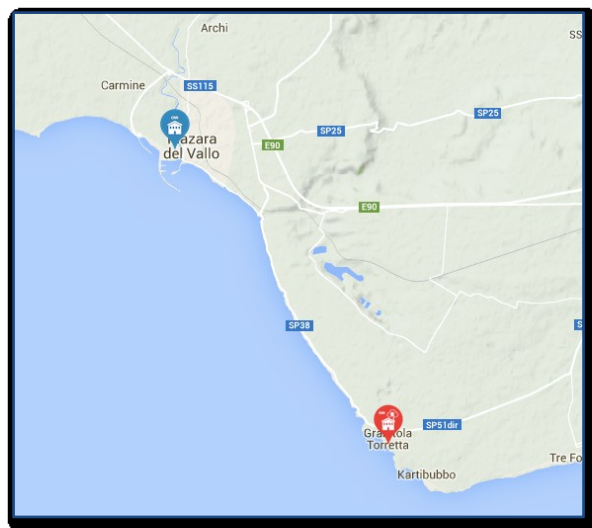
² S. Di Cristofalo, V. Delle Site

INTRODUZIONE

Nell'ambito del progetto CNR ENERGY+ sono state installate 8 stazioni meteorologiche tipo Davis, distribuite sul territorio Italiano presso le seguenti sedi del CNR:

Istituto per l'Ambiente marino
Costiero (IAMC) U.O.S. di Capo
Granitola (TP)

coordinate geografiche:
37.573011, 12.658199



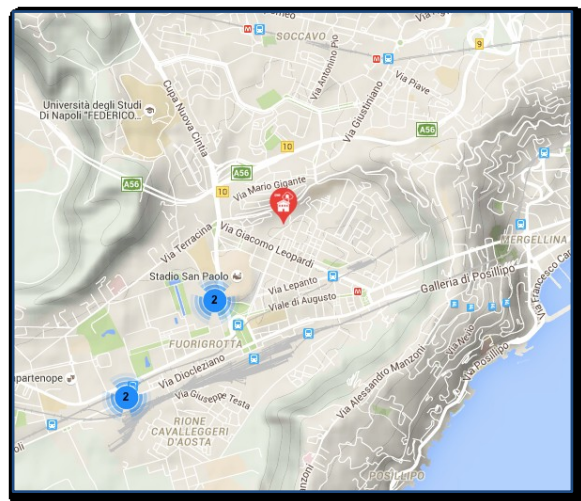
Area della Ricerca di Palermo

coordinate geografiche:
38.165383, 13.309887



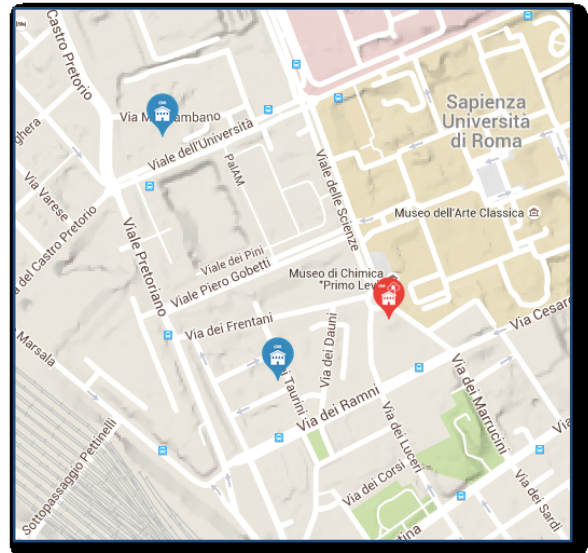
Istituto di Ricerche sulla
Combustione (IRC) Distaccamento
Sperimentale Via Metastasio (NA)

coordinate geografiche:
40.831445, 14.197310



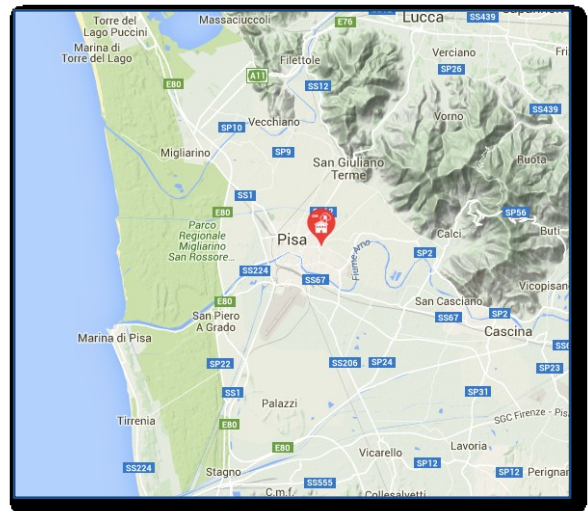
Sede Centrale del CNR Roma

coordinate geografiche:
41.900759, 12.512515



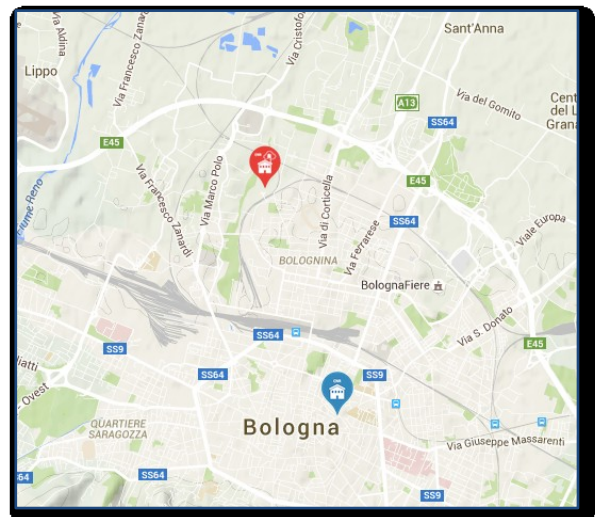
Area della Ricerca di Pisa

coordinate geografiche:
43.718814, 10.422731



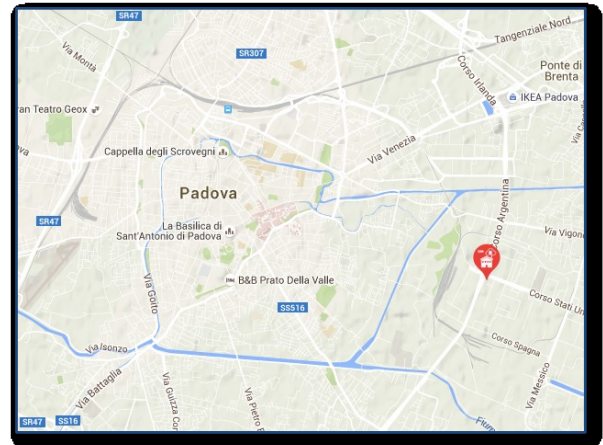
Area della Ricerca di Bologna

coordinate geografiche:
44.522248, 11.338354



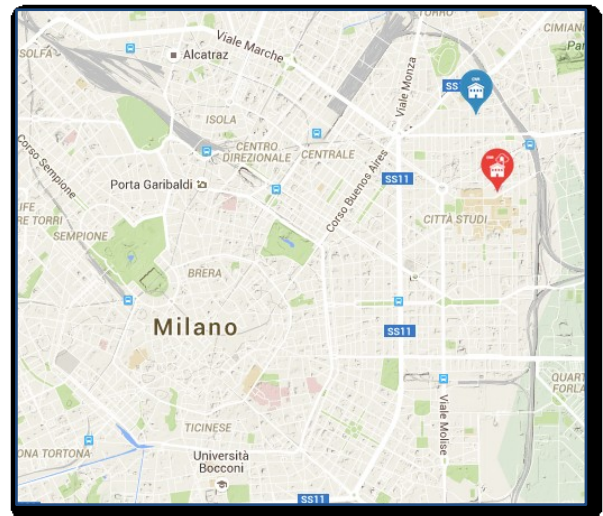
Area della Ricerca di Padova

coordinate geografiche:
45.394769, 11.929009



Area della Ricerca di Milano 1 - via Bassini

coordinate geografiche:
45.479744, 9.232198

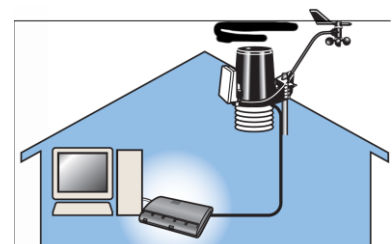


CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE

Le stazioni installate sono della società Davis modello Vantage, tutte con la medesima configurazione hardware per rendere omogeneo il network. In esterno, il blocco sensori integrato che combina temperatura e umidità (in schermo solare passivo), pluviometro, anemometro e radiazione solare è collegato alla consolle interna tramite cavo Rj11 entro una lunghezza di circa 30 metri. A sua volta la consolle è inserita in rete LAN mediante cavo Rj45 per la ricezione e trasmissione dei dati. La scansione dei dati avviene ogni 10 minuti, come scelta di configurazione, ma è possibile inserire un tempo differente. I dati possono essere memorizzati in un buffer, archiviati e analizzati attraverso il software in dotazione.

La figura a fianco mostra il blocco dei sensori integrato collegato alla consolle tramite una connessione via cavo.

Attraverso il software in dotazione, la consolle cablata Weather Envoy fornisce un modo semplice e veloce per il trasferimento dati meteo al computer locale o in rete; ha, inoltre, on



board sensori per misurare la temperatura e umidità interna e, attraverso un barometro, la pressione atmosferica.

L'alimentazione avviene grazie ad un adattatore di rete elettrica in dotazione e batteria di backup al litio.

PLUVIOMETRO

Il pluviometro adottato soddisfa le linee guida del World Meteorological Organization (WMO). La pioggia entra nel cono di raccolta, passa attraverso un filtro detriti ed è raccolta in un cucchiaio a ribalta del secchio di ribaltamento. La misura avviene con chiusura di un contatto elettrico al momento in cui vi è un incremento di 0,2 mm sul totale raccolto. L'acqua piovana drena poi attraverso gli scarichi sulla base del collettore.



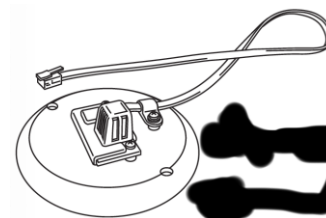
Di seguito la scheda tecnica.

Resolution and Units	0.01" or 0.2 mm (user-selectable) (1 mm at totals \geq 2000 mm)
Daily/Storm Rainfall Range	0 to 99.99" (0 to 999.8 mm)
Monthly/Yearly/Total Rainfall Range	0 to 199.99" (0 to 6553 mm)
Rain Rate	0 to 96" (0 to 2438 mm)
Accuracy	For rain rates up to 2"/hr (50 mm/hr): \pm 3% of total or +0.01" (0.25 mm) (0.01" = one tip of the bucket), whichever is greater For rain rates from 2"/hr (50 mm/hr) to 4"/hr (100 mm/hr): \pm 3% of total or +0.01" (0.25 mm) (0.01" = one tip of the bucket), whichever is greater
Update Interval	20 to 24 seconds
Storm Determination Method	0.02" (0.5 mm) begins a storm event, 24 hours without further accumulation ends a storm event
Current Display Data	Totals for Past 15-min
Current Graph Data	Totals for Past 15-min, Past 24-hour, Daily, Monthly, Yearly (start date user-selectable) and Storm (with begin date); Umbrella is displayed when 15-minute total exceeds zero
Historical Graph Data	Totals for 15-min, Daily, Monthly, Yearly (start date user-selectable) and Storm (with begin and end dates)
Alarms	High Threshold from Latest Flash Flood (15-min. total, default is 0.50", 12.7 mm), 24-Hour Total, Storm Total,
Range for Rain Alarms	0 to 99.99" (0 to 999.7 mm)

SENSORI TEMPERATURA E UMIDITÀ DELL'ARIA IN SCHERMO SOLARE PASSIVO

La temperatura e l'umidità relativa dell'aria esterna sono misurati tramite due sensori protetti da polvere, sporczia e acqua da un filtro a membrana.

Il sensore di umidità è un condensatore a film sottile. Uno strato di dielettrico polimerico assorbe molecole di acqua dall'aria attraverso un elettrodo metallico sottile, che causa una variazione di capacità proporzionale all'umidità relativa. Il sensore di temperatura è invece un termistore di precisione a filo di platino che produce una variazione di resistenza proporzionale alla temperatura. Le letture di umidità relativa e di temperatura sono input per il calcolo del punto di rugiada. Per la protezione dei sensori dalla radiazione solare diretta e da altre fonti di calore irradiate e riflesse, viene usato



uno schermo solare passivo, composto da una serie di 8 piatti per garantire il massimo flusso d'aria.

Di seguito la scheda tecnica.

Outside Temperature (sensor located in ISS)	
Resolution and Units	Current Data: 0.1°F or 1°F or 0.1°C or 1°C (user-selectable) nominal °C is converted from °F rounded to nearest 1°C Historical Data and Alarms: 1°F or 1°C (user-selectable)
Range	-40° to +150°F (-40° to +65°C)
Sensor Accuracy	±1°F (±0.5°C) above 20°F (-7°C), ±2°F (±1°C) under 20°F (-7°C) (see Fig. 1)
Radiation Induced Error (Passive Shield)	+4°F (2°C) at solar noon (insolation = 1040 W/m ² , avg. wind speed ≤ 2 mph (1 m/s)) (reference: RM Young Model 43408 Fan-Aspirated Radiation Shield)
Radiation Induced Error (Fan-Aspirated Shield)	+0.6°F (0.3°C) at solar noon (insolation = 1040 W/m ² , avg. wind speed ≤ 2 mph (1 m/s)) (reference: RM Young Model 43408 Fan-Aspirated Radiation Shield)
Update Interval	10 to 12 seconds
Current Display Data	Instant (user-adjustable offset available)
Current Graph Data	Instant; Daily, Monthly, Yearly High and Low
Historical Graph Data	Hourly Readings; Daily, Monthly, Yearly Highs and Lows
Alarms	High and Low Thresholds from Instant Reading

ANEMOMETRO PER LA RILEVAZIONE DI VELOCITÀ E DIREZIONE DEL VENTO.

L'anemometro usato è costituito da un magnete a stato solido che gira su cuscinetti sigillati, mentre per la direzione è usata una banderuola a potenziometro, dotato di tre coppette e banderuola con punta in ottone per una misura più accurata della direzione.

I componenti sono robusti, resistenti a elevate intensità di vento, ma allo stesso tempo sensibili alle brezze leggere.

La banderuola misura la direzione del vento suddividendo in 16 parti (22,5°) la rosa dei venti. La misura della velocità ha una risoluzione di 0,1 m/sec con un range operativo di 0.5 to 89 m/s.



Di seguito la scheda tecnica.

Wind Direction	
Range	0 - 360°
Display Resolution	16 points (22.5°) on compass rose, 1° in numeric display
Accuracy	±3°
Update Interval	2.5 to 3 seconds
Current Graph Data	Instant Reading (user adjustable); 10-min. Dominant; Hourly, Daily, Monthly Dominant
Historical Graph Data	Past 6 10-min. Dominants on compass rose only; Hourly, Daily, Monthly Dominants
Wind Speed	
Resolution and Units	1 mph, 1 km/h, 0.5 m/s, or 1 knot (user-selectable) Measured in mph; other units are converted from mph and rounded to nearest 1 km/hr, 0.1 m/s, or 1 knot.
Range	2 to 180 mph, 2 to 156 knots, 1 to 80 m/s, 3 to 290 km/h
Update Interval	Instant Reading: 2.5 to 3 seconds, 10-minute Average: 1 minute
Accuracy	±2 mph (2 kts, 3 km/h, 1 m/s) or ±5%, whichever is greater
Maximum Cable Length	540' (165 m) (Note that maximum wind speed reading decreases as length of cable from anemometer to ISS increases.)
Current Display Data	Instant
Current Graph Data	Instant Reading; 10-minute and Hourly Average; Hourly High; Daily, Monthly and Yearly High with Direction of High
Historical Graph Data	10-min. and Hourly Averages; Hourly Highs; Daily, Monthly and Yearly Highs with Direction of Highs
Alarms	High Thresholds from Instant Reading and 10-minute Average

RADIAZIONE SOLARE

Il Sensore di radiazione solare, o piranometro solare, misura la radiazione globale come somma delle componenti diretta e diffusa sul piano orizzontale.

Il trasduttore del sensore che converte la radiazione incidente in corrente elettrica è un fotodiode al silicio con ampia risposta spettrale. Dalla tensione di uscita del sensore, la console calcola e visualizza l'irraggiamento solare, 1.67 mV per W/m².



Di seguito la scheda tecnica.

Resolution and Units	1 W/m ²
Range	0 to 1800 W/m ²
Accuracy	±5% of full scale (Reference: Eppley PSP at 1000 W/m ²)
Drift	up to ±2% per year
Cosine Response	±3% for angle of incidence from 0° to 75°
Temperature Coefficient	-0.067% per °F (-0.12% per °C); reference temperature = 77°F (25 °C)
Update Interval	50 seconds to 1 minute (5 minutes when dark)
Current Graph Data	Instant Reading and Hourly Average; Daily, Monthly High
Historical Graph Data	Hourly Average, Daily, Monthly Highs
Alarm	High Threshold from Instant Reading

CONSOLE, CON SENSORE BAROMETRICO INTEGRATO

La console cablata riceve i segnali dai trasduttori esterni, esegue lo storage degli stessi sul datalogger e il loro trasferimento sul computer locale o in rete utilizzando il software WeatherLink® in dotazione.



La console comprende sensori per misurare la temperatura, l'umidità interna e la pressione atmosferica. A esso si collega il blocco sensori integrato per registrare temperatura e umidità esterna, precipitazioni, velocità/direzione del vento e la radiazione solare. La console è alimentata da un adattatore di rete elettrica in dotazione con batteria al litio di backup.

Di seguito la scheda tecnica.

Operating Temperature	0° to +140°F (-18° to +60°C)
Storage Temperature	-22° to +158°F (-30° to +70°C)
Current Draw, Wireless	0.90 mA average, 20 mA peak, (plus 0.125 mA for each optional wireless transmitter in use) at 4 to 6 VDC
Current Draw, Cabled	10 mA average, 15 mA peak at 4 to 6 VDC
AC Power Adapter	5 VDC, 200 mA, regulated
Batteries	3 AA-cells
Backup Battery Life, Wireless	up to 4 months
Backup Battery Life, Cabled	up to 1 month
Connectors	Modular RJ-11
Cable Type	4-conductor, 26 AWG
Housing Material	UV-resistant PVC plastic
Dimensions (length x width x height)	6.5" x 1.5" x 3.75" (165 mm x 38 mm x 95 mm)
Weight (with batteries)	0.58 lbs. (0.26 kg)

Barometric Pressure (sensor located in Envoy)

Resolution and Units	Measured in 0.01" Hg. Other units are converted from Hg and rounded to nearest 0.1 mm, 0.1 hPa, 0.1 mb.
Corrected Range	26.00" to 32.00" Hg, 660.0 to 810.0 mm Hg, 880.0 to 1080.0 hPa/mb
Uncorrected Range	16.00" to 33.50" Hg, 406.0 to 850.0 mm Hg, 542.0 to 1130.0 hPa/mb
Elevation Range	-1500' to +15,300' (-460 m to 4670 m)
Uncorrected Reading Accuracy	±0.03" Hg (±0.8 mm Hg, ±1.0 hPa/mb) (at room temperature)
Sea-Level Reduction Equation Used	United States Method employed prior to use of current "R Factor" method
Equation Source	Smithsonian Meteorological Tables
Equation Accuracy	±0.01" Hg (±0.3 mm Hg, ±0.3 hPa/mb)
Elevation Accuracy Required	±10' (3m) to meet equation accuracy specification
Overall Accuracy	±0.04" Hg (±1.0 mm Hg, ±1.4 hPa/mb)
Trend (change in 3 hours)	Change ±0.06" (2.0 hPa/mb, 1.5 mm Hg) = Rapidly Change ±0.02" (0.7hPa/mb, 0.5 mm Hg) = Slowly
Trend Indication	5 position arrow: Rising (rapidly or slowly), Steady, or Falling (rapidly or slowly)
Update Interval	1 minute
Current and Historical Data	Based on WeatherLink display
Alarms	High Threshold from Current Trend for Storm Clearing (Rising Trend) Low Threshold from Current Trend for Storm Warning (Falling Trend)
Range for Rising and Falling Trend Alarms	0.01 to 0.25" Hg (0.1 to 6.4 mm Hg, 0.1 to 8.5 hPa/mb)

Humidity

Inside Relative Humidity (sensor located in Weather Envoy)

Resolution and Units	1%
Range	1 to 100% RH
Accuracy	±3% from 1% to 90%; ±5% from 90% to 100%
Update Interval	1 minute
Current and Historical Data	Based on WeatherLink display
Alarms	High and Low Threshold from Instant Reading

Temperature

Inside Temperature (sensor located in Weather Envoy), or with external temperature probe

Resolution and Units	Current Data: 0.1°F or 1°F or 0.1°C or 1°C.°(nominal). Celsius is converted from Fahrenheit and rounded to the nearest 0.1° or 1°C. Historical Graph Data and Alarms: 1°F or 1°C. Celsius is converted from Fahrenheit and rounded to the nearest 1°C.
Range	
Inside	0° to +140°F (-18° to +60°C)
External Temperature Probe	-40° to +150°F (-40° to +65°C)
Sensor Accuracy	±1°F (±0.5°C) typical
Update Interval	1 minute
Current and Historical Data	Based on WeatherLink display
Alarms	High and Low Thresholds from Instant Reading

DATA LOGGER

Il data logger WeatherLinkIP connette la console Envoy a una connessione ethernet per il trasferimento dati a un pc locale o sulla rete internet. Il datalogger concede la possibilità di inviare i dati acquisiti a un web server fornito dalla Davis Instruments. In tal modo si usufruisce di una pagina web dedicata con possibilità di storage dati.

WeatherLink Data Logger specifiche.

Data Logger Specifications

Network Interface

Network Interface	10Base-T half duplex
Connector	RJ45
Communication Standards	ARP, UDP, TCP, ICMP, TFTP, DHCP, HTTP
IP Address Configuration	DHCP/Manual Static IP Address Configuration

Hardware Specifications

Power	5VDC from console, 0.5 watts maximum consumption
Operating Temperature	+14° to 140° F (-10° to 60° C)
Console Communication Baud Rate	19200 serial connection

Data Logger Archived Data

The data logger stores up to 2560 archive records (one 52-byte record per archive interval) for later transfer to your computer. The archive records are stored in 128K of non-volatile memory; protecting the data even if the console loses power. Maxima, minima, averages, and totals are taken over the archive interval.

Archive Record Data	Time/Date of Record, Inside Temperature (last or avg.), Outside Temperature (last or avg.), Maximum Air Temperature, Minimum Air Temperature, Wind Direction (dominant), Wind Speed (average), Maximum Wind Speed, Rainfall (total), Rain Rate, Inside Humidity (last), Outside Humidity (last), Barometric Pressure (last), Solar Radiation, Hi Solar Radiation, UV, Hi UV, Evapotranspiration, Forecast, Leaf Temperature (2), Leaf Wetness (2), Extra Humidity (2), Extra Temperature (2), Soil Temperature (4), Soil Moisture (4), Wind Samples, Wind Tx, Length of Archive Interval, ISS Reception
Archive Interval	User-selectable from the following intervals (in minutes): 1, 5, 10, 15, 30, 60, or 120
Archive Storage Capacity (the amount of time before the archive is completely filled):	
1 Minute Archive Interval	42 hours
5 Minute Archive Interval	8 days
10 Minute Archive Interval	17 days
15 Minute Archive Interval	28 days
30 Minute Archive Interval	53 days
60 Minute Archive Interval	106 days
120 Minute Archive Interval	213 days
Download	Data is automatically uploaded to WeatherLink.com (see below for details). Using the WeatherLink software, data may be transferred automatically from the data logger to your computer up to once an hour using the Auto Download command. Data can be transferred more frequently, from once a minute to once every two hours, to support Internet uploading and other data sharing features. Only new archive data is transferred during the download.

Data Logger Auto Uploads to WeatherLink.com

Current Conditions Upload Interval	Every 60 seconds
Archive Record Upload Interval	Every 60 minutes
Website Archive Record Storage Capacity	10240 archive records (4 times the storage capacity of the data logger)

Note: The data logger storage capacity is not affected by the IP upload interval. The data logger still stores the same amount of data for download into the WeatherLink software. If network communication is interrupted and the current conditions and archive records are not being uploaded to WeatherLink.com, the data is still archived on the data logger. When communication is reestablished, all the records not uploaded due to communication loss are automatically uploaded to the website.

PARAMETRI DERIVATI

Tramite i sensori a bordo del blocco integrato, come già specificato, la stazione meteorologica permette l'acquisizione diretta della temperatura e umidità dell'area esterna e dell'ambiente interno dove è ubicata la consolle; calcola l'indice di calore (heatindex) ovvero la stima del disagio fisiologico causato dalla presenza di alte temperature ed elevati tassi di umidità; l'indice di raffreddamento (Wind chill) ovvero quel fenomeno per il quale, in presenza di vento, la sensazione di temperatura percepita dal nostro organismo risulta essere inferiore rispetto alla temperatura effettiva dell'aria e, altresì, la temperatura del punto di rugiada.

Il barometro interno consente di ottenere anche il trend della pressione atmosferica, mentre la direzione del vento è restituita anche in gradi sessagesimali sulla rosa dei venti con la possibilità di avere il valore della velocità del vento istantaneo e mediato.

Il sensore di radiazione è configurato sull'unità di misura W/m^2 e misura la radiazione globale come somma delle componenti diretta e diffusa sul piano orizzontatale.

Nella sezione precipitazioni è prevista la registrazione del rapporto della quantità specifica di pioggia (mm/hour), il totale giornaliero, mensile e annuale oltre l'evapotraspirazione (ET) ovvero la quantità d'acqua (riferita all'unità di tempo) che dal terreno passa nell'aria allo stato di vapore per effetto congiunto della traspirazione, attraverso le piante, e dell'evaporazione, direttamente dal terreno.

Per ultimo la stazione restituisce anche una previsione del tempo meteorologico per le successive 12/24 ore.

In basso un summary dei dati di una stazione di esempio e le caratteristiche principali delle variabili derivate.

Station Summary	Current	Today's Highs		Today's Lows	
Outside Temp	19.7 C	21.3 C	11:28	15.3 C	04:17
Outside Humidity	67%	82%	04:22	54%	11:29
Inside Temp	30.6 C	30.8 C	00:00	30.4 C	07:07
Inside Humidity	33%	33%	14:14	30%	00:00
Heat Index	20.0 C	20.6 C	11:08		
Wind Chill	20.0 C			15.6 C	03:16
Dew Point	13.3 C	13.9 C	13:33	11.1 C	00:31
Barometer	1020.6mb	1025.0mb	00:00	1020.6mb	14:53
Bar Trend	Falling Rapidly				
Wind Speed	0.9 m/s	6.3 m/s	11:51		
Wind Direction	S 180°				
Solar Radiation	79 W/m ²	624 W/m ²	12:49		
UV Radiation	n/a	0.0 Index	n/a		
12 Hour Forecast	Increasing clouds and warmer. Precipitation possible within 12 to 24 hours. Windy.				
Wind	2 Minute	10 Minute			
Average Wind Speed	0.7 m/s	0.9 m/s			
Wind Gust Speed		2.2 m/s			
Rain	Rate	Day	Storm	Month	Year
Rain	0.0mm/Hour	0.0mm	0.0mm	31.5mm	849.6mm
Last Hour Rain	0.0mm				
ET		1.47mm		38.1mm	1262.6mm

PRESSIONE BAROMETRICA

Resolution and Units	0.01" Hg, 0.1 mm Hg, 0.1 hPa/mb (user-selectable)
Range	16.00" to 32.50" Hg, 410 to 820 mm Hg, 540 to 1100 hPa/mb
Elevation Range	-999' to +15,000' (-600 m to 4570 m) (Note that console screen limits entry of lower elevation to -999' when using feet as elevation unit.)
Uncorrected Reading Accuracy	±0.03" Hg (±0.8 mm Hg, ±1.0 hPa/mb) (at room temperature)
Sea-Level Reduction Equation Used	United States Method employed prior to use of current "R Factor" method
Equation Source	Smithsonian Meteorological Tables
Equation Accuracy	±0.01" Hg (±0.3 mm Hg, ±0.3 hPa/mb)
Elevation Accuracy Required	±10' (3m) to meet equation accuracy specification
Overall Accuracy	±0.03" Hg (±0.8 mm Hg, ±1.0 hPa/mb)
Trend (change in 3 hours)	Change 0.06" (2 hPa/mb, 1.5 mm Hg) = Rapidly Change 0.02" (.7hPa/mb, .5 mm Hg)= Slowly
Trend Indication	5 position arrow: Rising (rapidly or slowly), Steady, or Falling (rapidly or slowly)
Update Interval	1 minute or when console BAR key is pressed twice
Current Display Data	Instant
Current Graph Data	Instant, 15-min., and Hourly Reading; Daily, Monthly, High and Low
Historical Graph Data	15-min. and Hourly Reading; Daily, Monthly Highs and Lows
Alarms	High Threshold from Current Trend for Storm Clearing (Rising Trend) Low Threshold from Current Trend for Storm Warning (Falling Trend)
Range for Rising and Falling Trend Alarms	0.01 to 0.25" Hg (0.1 to 6.4 mm Hg, 0.1 to 8.5 hPa/mb)

Il peso dell'aria di cui è composta la nostra atmosfera esercita una pressione sulla superficie della terra. Questa pressione è nota come pressione atmosferica. Generalmente, più aria si trova al di sopra di una superficie, maggiore è la pressione atmosferica, ovvero la pressione atmosferica cambia con l'altitudine: la pressione atmosferica è maggiore a livello del mare che sulla cima di una montagna.

Al fine di facilitare un confronto tra località a differenti altitudini, la pressione atmosferica è generalmente riportata alla pressione a livello del mare equivalente, nota come pressione barometrica.

Le stazioni misurano la pressione atmosferica ma, introducendo l'altitudine dei siti di ubicazione il software di configurazione calcola i fattori di correzione necessari per tradurre la pressione atmosferica in pressione barometrica sul livello del mare.

Poiché la pressione barometrica cambia anche in funzione delle condizioni meteo locali, diventa utile strumento per le previsioni meteorologiche: alta pressione è generalmente associata a bel tempo, mentre bassa pressione è generalmente associata a tempo cattivo. In generale si preferisce analizzare il trend della pressione barometrica: pressione in aumento indica il miglioramento delle condizioni meteorologiche, mentre caduta di pressione indica un peggioramento delle stesse.

La formula seguente ci restituisce la pressione atmosferica riportata a livello del mare.

$P_{SL} = P_s * (R)$, dove:

P_{SL} è la pressione a livello del mare,

P_s è la lettura non corretta rilevata dal barometro della stazione

R è il rapporto di riduzione, che viene determinato come segue:

$$R = 10^{[Z/(122.8943111*(T + 460 + L + C))]}.$$

Dove,

Z è l'altitudine del sito

T è la media tra l'attuale temperatura esterna e la temperatura delle precedenti 12 ore,

L è il gradiente tipico, o diminuzione della temperatura con altezza (della "colonna fittizia d'aria"), calcolato $L = 11 Z/8000$,

C dipende dal punto di rugiada e dall'altitudine della stazione.

Le stazioni del network evidenziano il trend della pressione barometrica (higher, lower, steady) dalle ultime tre ore, con aggiornamento ogni 15 minuti, secondo la seguente tabella descrittiva.

Rapid rise	se la pressione aumenta	$\geq 0.06''$
Slow rise	indicato se la pressione è in aumento tra	$\geq 0.02''$ and $< 0.06''$
Steady	Indicato se la pressione cambia	$< 0.02''$
Slow fall	indicato se la pressione è in diminuzione tra	$\geq 0.02''$ and $< 0.06''$
Rapidfall	indicato se la pressione è in diminuzione tra	$\geq 0.06''$

REFERENCE

"Smithsonian Meteorological Tables". Smithsonian Institution Press, Washington, DC, 4th Ed.1968.

"Federal Standard Algorithms for Automated Weather Observing Systems used for Aviation Purposes". Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, Washington, DC, 1988

WIND CHILL

Wind Chill (Calculated)

Resolution and Units	1°F or 1°C (user-selectable)
Range	-110° to +135°F (-79° to +57°C)
Accuracy	±2°F (±1°C) (typical)
Update Interval	10 to 12 seconds
Source	United States National Weather Service (NWS)/NOAA
Equation Used	Osczevski (1995) (adopted by US NWS in 2001)
Variables Used	Instant Outside Temperature and 10-min. Avg. Wind Speed
Current Display Data	Instant Calculation
Current Graph Data	Instant Calculation; Hourly, Daily and Monthly Low
Historical Graph Data	Hourly, Daily and Monthly Lows
Alarm	Low Threshold from Instant Calculation

Il Wind Chill è un indice che misura la temperatura che percepiamo sulla pelle per effetto del vento. Esprime, infatti, la capacità di togliere calore al corpo umano, perciò è una misura del tasso di calore perso dal corpo. La ventilazione rende più rapida l'evaporazione e, a sua volta, l'evaporazione è un processo che assorbe calore (al contrario della condensazione).

Per un essere umano sono diversi i fattori che influenzano la sensibilità alla temperatura: età, corporatura, stato di salute, ecc. Tuttavia, per il meccanismo "intrinseco" appena spiegato, a differenza degli indici di calore questo indice descrive davvero la reale temperatura avvertita dal corpo in funzione della temperatura dell'aria e della velocità del vento. Il vento, accrescendo l'evaporazione, aumenta, di conseguenza, l'asportazione di calore corporeo e, alla presenza di basse temperature, crea condizioni di forte disagio da freddo.

Per il calcolo è impiegata un'equazione empirica che tiene conto della temperatura dell'aria e della velocità del vento secondo la "formula di Osczevski e Bluestein" rappresentata mediante la seguente equazione:

$$WC = (13.12 + 0.6215 * T_a) - (11.37 * v^{0.16}) + (0.3965 * T_a * v^{0.16})$$

Qui la temperatura T_a è espressa in °C, mentre la velocità del vento v è espressa in km/h.

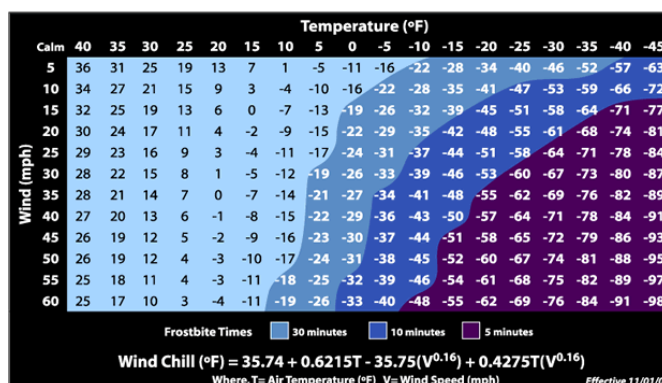
Quando vi sono condizioni di calma di vento e le temperature si aggirano su valori relativamente bassi, cioè intorno a 0°C, situazioni abbastanza frequenti nelle regioni italiane durante i mesi invernali, anche l'umidità gioca un ruolo molto importante sullo stato di benessere dell'uomo poiché produce un sottilissimo velo d'acqua sull'epidermide. La cute, essendo più calda, provoca l'evaporazione di questa pellicola d'acqua con un considerevole aumento del disagio da freddo. Tuttavia tale disagio non può essere valutato tramite questa equazione poiché essa è valida solo per velocità del vento superiori o uguali a 4.68 km/h.

I valori di windchill sono da interpretare secondo la seguente tabella:

Wind chill	Disagio
Da 4 a -6°C	FREDDO , impressione sgradevole;
Da -7°C a -17°C	MOLTO FREDDO , impressione molto sgradevole;
Da -18°C a -28°C	GELIDO , congelamento possibile. La pelle esposta può gelare in 5 minuti. Evitare l'attività all'aperto;
Da -29°C a -56°C	ESTREMAMENTE FREDDO , congelamento probabile. La pelle esposta può gelare in un minuto. L'attività all'aperto è pericolosa;
Oltre -56°C	GELATO , congelamento sicuro. La pelle esposta può gelare in 30 secondi.

In basso la windchill chart così come riportato dal National Weather Service del National Oceanic and Atmospheric Administration in cui in ascisse vi sono le temperature in gradi °F e in ordinate la velocità del vento in mph.

Wind Chill Chart



REFERENCES

"Media Guide to NWS Products and Services", National Weather Service Forecast Office, Monterey, CA, 1995.

Steadman, R.G., 1979: The Assessment of Sultriness, Part I: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. Journal of Applied Meteorology, July 1979

INDICE DI CALORE

Heat Index (calculated)

Resolution and Units	1°F or 1°C (user-selectable) °C is converted from °F rounded to nearest 1°C
Range	-40° to +165°F (-40° to +74°C)
Accuracy	±3°F (±1.5°C) (typical)
Update Interval	10 to 12 seconds
Source	United States National Weather Service (NWS)/NOAA
Formulation Used	Steadman (1979) modified by US NWS/NOAA and Davis Instruments to increase range of use
Variables Used	Instant Outside Temperature and Instant Outside Relative Humidity
Current Display Data	Instant Calculation
Current Graph Data	Instant Calculation; Daily, Monthly High
Historical Graph Data	Hourly Calculations; Daily, Monthly Highs
Alarm	High Threshold from Instant Calculation

L'Indice di Calore, chiamato anche "Heat Index" (HI) o "Apparent Temperature" (AT), è un indice biometeorologico calcolato in gradi Fahrenheit (°F) per stimare, come altri indici, il disagio fisiologico causato dalla presenza di alte temperature ed elevati tassi di umidità. Tanto più è alta l'umidità (relativa) tanto più l'organismo ha difficoltà nello smaltire il calore (perché è più difficoltosa l'evaporazione del sudore). Lo strato d'acqua che rimane sulla pelle ostruisce i pori e forma una specie di isolamento tra il corpo e l'ambiente e si può arrivare, nei casi più estremi, al colpo di calore.

$$HI = -42.379 + (2.04901523 * T) + (10.14333127 * RH) - (0.22475541 * T * RH) - (0.00683783 * T^2) - (0.05481717 * RH^2) + (0.00122874 * T^2 * RH) + (0.00085282 * T * RH^2) - (0.00000199 * T^2 * RH^2)$$

dove T_a = temperatura dell'aria (°F) e UR = umidità relativa espressa in percentuale (%). I coefficienti numerici sono stati ottenuti da ulteriori calcoli che tengono conto di: pressione di vapore, velocità effettiva del vento, dimensioni di un uomo, temperatura interna del corpo, tasso di sudorazione.

La formula usa la temperatura in °F con un intervallo di applicabilità dell'Indice di Calore, valido solo per temperature ≥ 80 °F (27°C) ed umidità relativa $\geq 40\%$, senza tener conto della radiazione solare diretta, né del vento. Di solito si percepisce una gradevole sensazione in presenza di un vento leggero, ma non sempre si ha un effetto positivo. Per esempio d'estate i venti "migliori" sono quelli caldi e secchi piuttosto che caldi e umidi. Alcuni studi hanno mostrato un effetto benefico del vento fino a 33°C; oltre i 34°C, invece, la presenza del vento aumenta la sensazione di malessere.

Inoltre, con temperature > 42 °C, non importa più il valore dell'umidità relativa: l'indice fornirà comunque una condizione di "elevato pericolo".

In basso la tabella di Heatindex così come riportato dal National Weather Service del National Oceanic and Atmospheric Administration in cui nelle colonne sono riportati i valori di umidità e nelle righe vi sono le temperature in gradi °F. Valori di Heatindex superiori a 105°F (41°C) possono risultare pericolosi.

Heat Index Table
Relative Humidity (%) vs. Temperature (°F)

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
125°	123	131	141												
120°	116	123	130	139	148										
115°	111	115	120	127	135	143	151								
110°	105	108	112	117	123	130	137	143	150						
105°	100	102	105	109	113	118	123	129	135	142	149				
100°	95	97	99	101	104	107	110	115	120	126	132	138	144		
95°	90	91	93	94	96	98	101	104	107	110	114	119	124	130	136
90°	85	86	87	88	90	91	93	95	96	98	100	102	106	109	113
85°	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	95	97
80°	75	76	77	77	78	79	79	80	81	81	82	83	85	86	86
75°	70	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78

REFERENCES

Steadman, R.G., 1979: The Assessment of Sultriness, Part I: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. Journal of Applied Meteorology, July 1979

"Media Guide to NWS Products and Services", National Weather Service Forecast Office, Monterey, CA, 1995.

Quayle, R.G. and Steadman, R.G., 1998: The Steadman Wind Chill: An Improvement over Present Scales. Weather and Forecasting, December 1998

PUNTO DI RUGIADA (DEW POINT)

Il punto di rugiada è la temperatura alla quale occorre raffreddare l'aria affinché saturi il vapore in essa contenuta.

Il punto di rugiada è un parametro importante per prevedere la formazione di rugiada, brina e nebbia. Per esempio, in giornate fredde, nelle ore dopo il tramonto, quando il valore del punto di rugiada e della temperatura sono vicini tra loro è molto probabile la formazione di nebbia durante la notte. Il punto di rugiada è anche un buon indicatore del contenuto di vapore acqueo effettivo dell'aria, a differenza di umidità relativa, che prende come riferimento la temperatura dell'aria.

Un alto valore del punto di rugiada indica elevato contenuto di vapore con la maggiore possibilità di pioggia e forti temporali e, all'opposto, basso valore del punto di rugiada indica basso contenuto di vapore.

Per calcolare il punto di rugiada si può usare la formula semplificata di Goff&Gratch, usata dal World Meteorological Organization per la saturazione del contenuto di vapore nell'aria.

$$T_d = (243.12 * (\ln A) - 440.) / (19.43 - \ln A)$$

$$A = RH * 0.01 * 6.112 * \exp [(17.62 * T) / (T + 243.12)]$$

Dove:

T è la temperatura dell'aria in °C;

RH è l'umidità relativa.

REFERENCES

"Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation". World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 6th Ed. 1996.

"Smithsonian Meteorological Tables". Smithsonian Institution Press, Washington, DC, 4th Ed. 1968.

EVAPOTRASPIRAZIONE (ET)

Consiste nella quantità d'acqua (riferita all'unità di tempo) che dal terreno passa nell'aria allo stato di vapore per effetto congiunto della traspirazione, attraverso le piante, e dell'evaporazione, direttamente dal terreno.

L'evapotraspirazione è una variabile o grandezza fisica usata in agrometeorologia importante per i monitoraggi tecnici della crescita delle piante e l'utilizzo di acqua per l'irrigazione.

Il concetto ingloba due processi nettamente differenti, in quanto l'evaporazione esulerebbe a rigore dalla coltura, tuttavia non è possibile attualmente scorporare i due fenomeni e trattarli distintamente in modo attendibile. D'altra parte ai fini pratici interessa il consumo effettivo sia per evaporazione sia per traspirazione.

L'unità di misura è il mm (millimetro), inteso come altezza della massa d'acqua evaporata e traspirata, in tal modo, essendo un fenomeno climatico inverso a quello delle precipitazioni, per convenzione si usa il millimetro in modo da rendere la grandezza direttamente comparabile con le precipitazioni. In ogni modo, tenuto conto che una massa liquida di 1 mm d'altezza, che si estende su una superficie di 1 ha occupa il volume di 10 m^3 , 1 mm di evapotraspirazione equivale ad un consumo di $10 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Questa variabile agrometeorologica torna utile sia come indice dei consumi idrici delle colture e, quindi, per la gestione razionalizzata dell'acqua irrigua, sia per la comparazione del potere evaporante dell'atmosfera in ambienti fisicamente diversi tra loro oppure nello stesso ambiente ma in periodi differenti oppure, altresì, nello stesso ambiente con colture differenti. E ancora può tornare utile per valutare la vocazione di un appezzamento di terreno ad ospitare una determinata coltura.

L'evapotraspirazione è la risultante del concorso di più fattori dipendenti dalla natura del terreno, dal clima, dalla specie agraria, dalla tecnica colturale. Questi fattori non possono essere considerati distintamente in quanto l'evapotraspirazione è la risultante complessa delle loro interrelazioni.

Per stabilire l'evapotraspirazione potenziale nelle varie parti del Mondo la FAO ha stabilito un ET standard di riferimento, ovvero ET_0 . La coltura di riferimento è il prato di Festuca arundinacea. L'adozione di queste condizioni standard fa in modo che l'evapotraspirazione dipenda esclusivamente dal potere evaporante dell'atmosfera in quanto tutti gli altri fattori sono stati normalizzati.

Il software della stazione meteo calcola ET_0 utilizzando i dati storici archiviati di temperatura media, umidità, velocità del vento, radiazione solare e la pressione atmosferica finale.

Inoltre, il software utilizza la latitudine, longitudine, e impostazioni di fuso orario impostati al momento della installazione e configurazione della stazione.

Le variabili che entrano a far parte del calcolo di ET_0 sono:

T temperatura media dell'aria

- U velocità media del vento
- R_n radiazione solare
- H umidità relativa
- P pressione atmosferica

Il calcolo di ET₀ si esegue tramite la formula:

$$ET_0 = W * \frac{R_n}{\lambda} + (1 - W) * (e_a - e_d) * F$$

in cui:

W = fattore di ponderazione che esprime il contributo relativo della componente radiazione

$$W = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} ;$$

$$\Delta = \frac{e_a}{T_K} * \left(\frac{6790.4985}{T_K} - 5.02808 \right)$$

con T_k temperatura dell'aria in gradi °K

γ = psychometric constant

$$\gamma = 0.000646 * (1 + 0.000946 * T_C) * P_{kPa};$$

con T_c temperatura dell'aria in gradi °C

λ = calore latente di vaporizzazione

$$\lambda = 694.5 * (1 - 0.000946 * T_C);$$

R_n = radiazione solare media

e_a pressione del vapore acqueo saturo, in kPa

$$e_a = 0.6108 * e^{\left(\frac{17.27 * T_C}{T_C + 237.3} \right)}$$

e_d = vapore acqueo effettivamente presente

$$e_d = e_a * \frac{H}{100}$$

F = funzione del vento che indica il contributo dell'energia eolica a ET. Ci sono due funzioni, una per giorno (radiazione > 0) e una per la notte.

$$R_n > 0 \quad F_d = 0.030 + 0.0576 * U_{m/s}$$

$$R_n = 0 \quad F_n = 0.125 + 0.0439 * U_{m/s}$$

Possono riscontrarsi differenze dei valori di ET_0 mostrati dalle stazioni installate con altre fonti a causa delle differenti misure dei sensori e dei valori di radiazione netta calcolata.

REFERENCES

General reference on ET

Jensen, M .E., Burman, R. D., Allen, R. G., Editors (1990) "Evapotranspiration and irrigation water requirements." ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No 70.

Paper describing CIMIS' equations and methodology:

Snyder, R. L., Pruitt, W. O. (1992). "Evapotranspiration Data Management in California" Irrigation&Drainage Session Proceedings/Water Forum '92 EE, HY, IR, WR, div/ASCE

Paper describing net radiation:

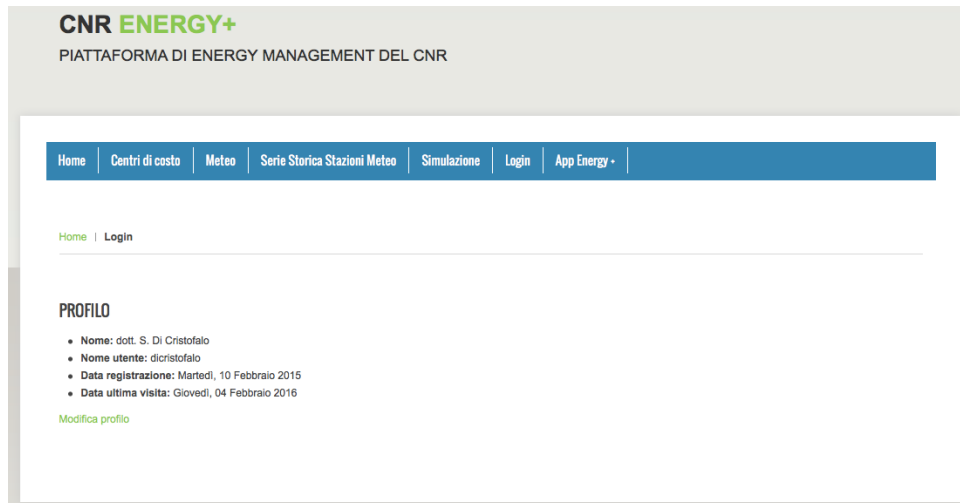
Dong, A, Grattan, S. R., Carroll, J. J., Prashar, C. R. K. (1992). "Estimation of net radiation overwell-wateredgrass." J. of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 118, No. 3 ASCE

FRUIZIONE DEI DATI

Il portale dedicato alle attività del progetto risponde all'indirizzo www.energia.cnr.it.

L'accesso alla rete delle stazioni meteorologiche è possibile attraverso login dalle due sezioni:

- Energy audit --- Rete Stazioni Meteo
- Piattaforma Energy +



In entrambe le sezioni, dalla mappa geografica, si sceglie la stazione meteo da cui è possibile vedere i parametri meteorologici principali.

In basso la lista delle stazioni e un esempio di presentazione.

The screenshot displays the 'STAZIONE METEO PALERMO' page. It features a navigation bar and a header with the CNR ENERGY+ logo. The main content is divided into two columns. The left column, titled 'NETWORK DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE', contains a table listing various meteorological stations. The right column, titled 'DATI METEO', provides detailed information for the Palermo station, including its location, activation date, and current weather data.

Stato	Nome	Centro di costo	Data Attivazione
🇮🇹	Palermo	AREA RICERCA PALERMO	Lunedì, 02 Febbraio 2015
🇮🇹	Capo Granitola	IAMC - UOS Capo Granitola	Lunedì, 02 Marzo 2015
🇮🇹	Roma	SEDE CENTRALE - Roma	Lunedì, 02 Marzo 2015
🇮🇹	Bologna	AREA RICERCA BOLOGNA	Lunedì, 02 Marzo 2015
🇮🇹	Padova	AREA RICERCA PADOVA	Lunedì, 02 Marzo 2015
🇮🇹	Napoli	IRC - Sede via Metastasio	Lunedì, 02 Marzo 2015
🇮🇹	Pisa	AREA RICERCA PISA	Giovedì, 23 Aprile 2015
🇮🇹	Milano	AREA RICERCA MILANO 1 - VIA BASSINI	Giovedì, 30 Aprile 2015

STAZIONE METEO PALERMO

Centro di costo: AREA RICERCA PALERMO

Descrizione: Stazione situata presso l'Area della Ricerca CNR di Palermo, coordinate ge

Data Attivazione: Lunedì, 02 Febbraio 2015

Ultimo Aggiornamento: Giovedì, 04 Febbraio 2016 10:00

DATI METEO

- 12.7 °C Temperatura
- 5.0 m/s 40 "Northeast" Velocità e direzione del vento
- 260 W/m² Radiazione solare
- 64 % Umidità
- 1023 mbar Pressione
- 0.0 mm Pioggia
- 6.1 °C Punto di rugiada
- 12.2 °C Indice di calore

CONCLUSIONI

Considerate le esigue risorse del progetto Energy+, l'attuale lavoro rappresenta solo la fase preparatoria di una eventuale prosecuzione basata sulla possibilità di offrire in rete alla comunità scientifica la banca dati registrata dalle otto stazioni meteorologiche del CNR.

La possibilità di estendere il network ad altre unità dislocate nel territorio potrebbe essere interessante e reso possibile grazie al crescente interesse dei parametri meteorologici come variabili di input per l'analisi delle performance degli edifici.

L'intenzione è di sviluppare, altresì, un tool per la previsione della produzione da fonti rinnovabili a partire dalle previsioni meteorologiche a breve e medio periodo.

RINGRAZIAMENTI

Per questo lavoro si ringrazia Vincenzo delle Site del DIITET – CNR che nell'ambito del progetto Energy+ ha contribuito allo sviluppo del network.

BIBLIOGRAFIA

- Derived variables in Davis weather products - Application note n. 28 Davis Instruments
- Steadman, R.G., 1979: The Assessment of Sultriness, Part I: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. Journal of Applied Meteorology, July 1979
- Steadman, R.G., 1979: The Assessment of Sultriness, Part II: Effects of Wind, Extra Radiation and Barometric Pressure on Apparent Temperature. Journal of Applied Meteorology, July 1979.

SITOGRAFIA

- www.energia.cnr.it
- <http://climetua.fis.ua.pt>
- <http://www.water.ca.gov>
- <http://www.centrometeo.com>
- <http://westjuneau.com> by David Kent
- <http://www.vantagevue.com>
- www.davisnet.com