

**La gestione dei dati meteo
della stazione sismica marina multi-parametrica CFSB**

Sergio Guardato⁽¹⁾, Maurizio Vassallo⁽²⁾

⁽¹⁾*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano*

⁽²⁾*A.M.R.A. – Analisi e Monitoraggio dei Rischi Ambientali - Napoli*

Indice

Introduzione	5
La stazione meteo del sistema CUMAS	8
I sensori meteorologici	10
L'acquisizione e l'archiviazione locale dei dati meteo.....	13
Il database meteo	15
La visualizzazione dei dati meteo ed il sito Web	19
Conclusioni	26
Bibliografia	27

Introduzione

Nel mese di maggio 2008 è stata installata nel Golfo di Pozzuoli (Napoli) una stazione di monitoraggio multiparametrica equipaggiata con sensori geofisici ed oceanografici al fine di estendere a mare il sistema di monitoraggio dell'area vulcanica dei Campi Flegrei. La stazione è costituita da un modulo sottomarino, posizionato sul fondale ad una profondità di circa cento metri, connesso via cavo elettromeccanico ad una meda elastica galleggiante.

La figura 1 riporta una rappresentazione schematica del sistema.

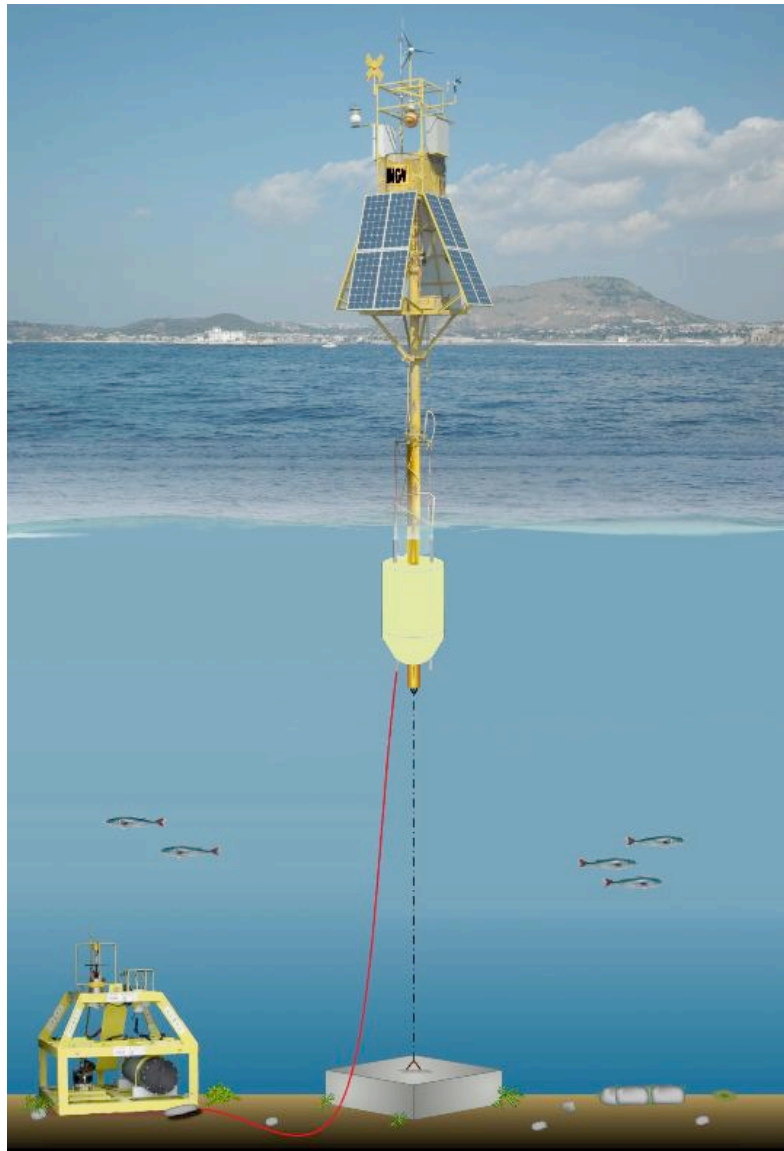


Figura 1. Rappresentazione schematica della strumentazione installata nel Golfo di Pozzuoli. La stazione sismica è identificata nella rete di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano con la sigla CFSB.

La boa, del tipo meda elastica, emerge per circa otto metri dalla superficie del mare ed è equipaggiata con: sistema di alimentazione completamente autonomo, sistema per la trasmissione dati, sensori di stato, stazione meteorologica ed un computer locale per la gestione di tutti gli apparati presenti.

Tutti i dati acquisiti sono trasmessi in tempo reale verso terra al centro di acquisizione dell'Osservatorio Vesuviano, dove vengono integrati con quelli provenienti dalle altre reti di monitoraggio di competenza. La stazione è identificata con la sigla CFSB (Campi Flegrei Sea-Bottom).

Il modulo sottomarino, denominato CUMAS (*Cabled Underwater Multidisciplinary Acquisition System*) [Iannaccone et al., 2009; Iannaccone et al., 2010], è costituito da una struttura metallica di forma tronco-piramidale che ospita i sensori e il *vessel* (cilindro di alluminio resistente a pressioni di circa 20 bar) contenente i sistemi di acquisizione e l'elettronica di controllo.

I sensori installati sul modulo sottomarino sono:

- sensore sismico a larga banda con sistema di auto-livellamento (*Güralp* CMG-40T OBS);
- idrofono a bassa frequenza (*SensorTech* SQ03);
- correntometro puntuale a tre componenti (*Falmouth Scientific* 3DACM);
- pressostato di precisione (*Paroscientific* serie 8000).

Nel cilindro di alluminio sono ospitati: un acquisitore *Kinometrics Quanterra* Q330 a sei canali con 24-bit di risoluzione e con memoria di massa esterna da 20 GB, data acquisition computer con Linux OS embedded (*Moxa* UC-7408). Inoltre sono presenti un sensore di heading e di tilt per il monitoraggio di eventuali movimenti del modulo e dei sensori che riportano lo stato del sistema (temperatura, tensione continua di esercizio, corrente assorbita, allarme intrusione acqua, ...).

Il cavo che collega il modulo sottomarino alla boa è di tipo elettromeccanico, utilizzato per la trasmissione dei dati, l'alimentazione elettrica e l'installazione/recupero del modulo stesso.

La boa (tipo meda elastica) è costituita da una zavorra di calcestruzzo del peso in aria di 17 tonnellate posta sul fondale, da un cavo di acciaio antitorsione connesso a un galleggiante in vetroresina con spinta di 7 tonnellate, un ripiano con due casse impermeabili contenenti le batterie (posto ad un paio di metri dal pelo dell'acqua), una torretta con una superficie di lavoro di 1.4 m² a circa 5 metri sul livello del mare con sistema di alimentazione autonomo e strumentazione di vario tipo. Il galleggiante di spinta, unito dal cavo antitorsione alla zavorra, impedisce movimenti orizzontali della boa e limita in parte quelli rotatori.

La boa è equipaggiata con diverse tipologie di apparecchiature, del tipo:

Sistema di alimentazione:

- 16 pannelli solari in silicio policristallino da 120 W ciascuno (*Helios Tech.*);
- 6 batterie al piombo-gel da 110 Ah (*Sonnenschein*);
- generatore eolico da 400 W massimi (*Air-X Marine*) a integrazione del sistema di alimentazione dei pannelli solari.

Sistema di trasmissione:

- Wireless bridge (*Cisco Aironet* serie 1300), operante nella banda 2.4 GHz, standard 802.11g, velocità di trasmissione di 54 Mbit/sec, con antenna omnidirezionale.

Sensori ausiliari:

- Stazione meteo composta da: sensore di velocità e direzione del vento, barometro, sensore di temperatura dell'aria e pluviometro;
- ricevitore GPS con antenna esterna per la sincronizzazione e marcatura temporale dei dati acquisiti dai sensori connessi [Guardato and Iannaccone, 2008];
- sensore di heading e tilt per il monitoraggio dei movimenti della meda;
- data acquisition embedded computer (*Moxa* UC7408) con sistema operativo Linux.

La boa è, inoltre, attrezzata con due tubi passacavi, che dalla torretta arrivano ad una profondità di 6 metri circa attraversando il galleggiante di spinta, per una agevole connessione ai sensori sottomarini.

Il sistema è installato al centro del Golfo di Pozzuoli, a circa 2.4 km a sud del porto cittadino (figura 2). Nella figura è mostrata la rete di sorveglianza sismica dell'area dei Campi Flegrei gestita dall'Osservatorio Vesuviano di Napoli, con le mappe topografiche e batimetriche. Le stazioni sismiche a terra sono indicate con dei triangoli, mentre il Centro di Acquisizione dell'Osservatorio Vesuviano è rappresentato con un quadrato. Il sistema CUMAS è rappresentato da una stella.

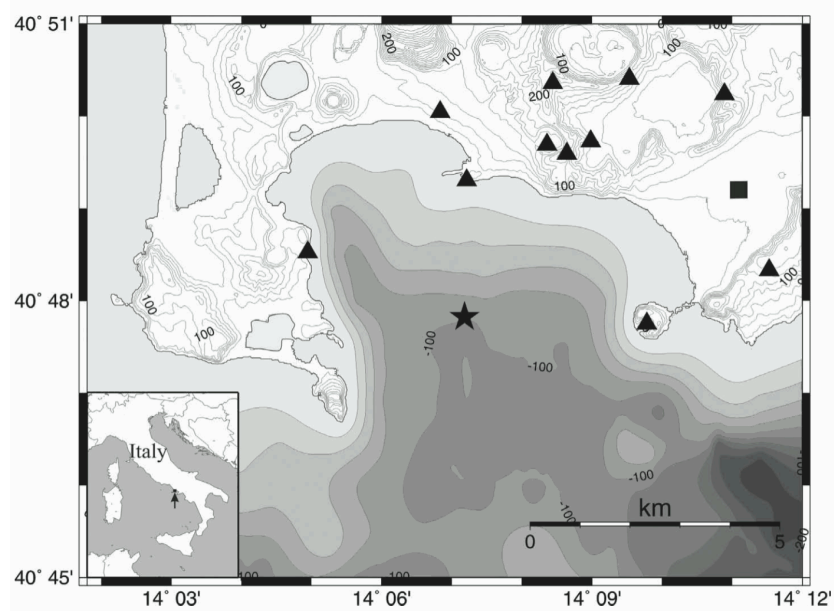


Figura 2. Ubicazione del sistema CUMAS (stella). I triangoli rappresentano alcune stazioni sismiche della rete di monitoraggio dei Campi Flegrei.

Nel presente rapporto, dopo una breve descrizione della stazione meteorologica installata sulla boa, vengono presentati il sistema di gestione ed archiviazione dei dati meteo in un database MySQL ed il sito Web sviluppato presso l'Osservatorio Vesuviano.

1. La stazione meteo del sistema CUMAS

La stazione meteo installata nel sito CFSB del sistema CUMAS si compone di un acquisitore (datalogger) e di quattro strumenti meteorologici.

Lo schema di collegamento dei sensori meteorologici con l'acquisitore, e di questo con la CPU Moxa - d'ora in avanti chiamata semplicemente CPU - ed il resto dell'elettronica costituente parte del sistema di superficie, è illustrato nella figura 3.

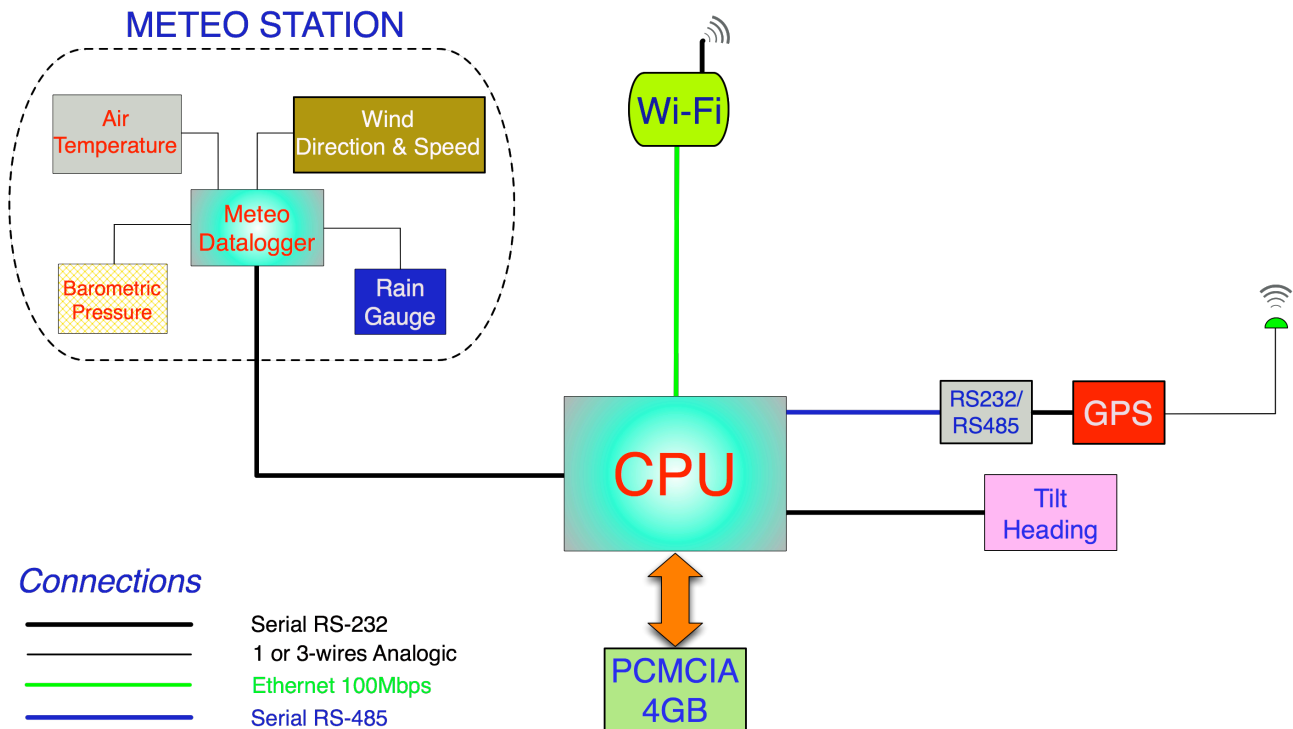


Figura 3. Schema delle connessioni tra datalogger, CPU ed altri sistemi.

L'acquisitore dei dati meteo è il modello CR200 della *Campbell Scientific, Inc.* Esso è equipaggiato con a bordo un convertitore analogico-digitale a 12 bit funzionante ad una frequenza di campionamento massima di 1 Hz. La tensione continua di alimentazione del dispositivo può essere compresa tra i 7 V ed i 16 V. Il consumo in energia si aggira intorno ai 3 mA@12 V. Il campo di temperatura di funzionamento va dai -40 °C ai +50 °C.

Lo scambio dei dati e dei comandi avviene attraverso una porta seriale installata a bordo del datalogger, con standard di comunicazione RS-232, da collegare ad un PC usando il protocollo di comunicazione proprietario chiamato PAKBUS, una variazione semplificata del protocollo Internet.

I dati acquisiti dal datalogger sono memorizzati all'interno di una memoria di tipo Flash non volatile, con una capacità di 512 kB, in strutture dati a 4 bytes per ogni campione ed organizzati in forma tabellare. Il programma dell'acquisitore risiede nella stessa memoria e per esso sono destinati 6.5 kB.

Il datalogger, visibile in figura 4, si compone di:

- cinque ingressi analogici (del tipo single-ended) protetti contro le scariche elettrostatiche ed i transienti di sovratensione;
- un ingresso in tensione continua, ed uno in bassa tensione alternata, utilizzabili per il conteggio del numero di impulsi;
- due uscite digitali;
- due canali d'eccitazione (a 2.5 V e 5 V).

Sui cinque canali analogici d'ingresso l'intervallo di misura in tensione ricopre una dinamica che va da 0 mV a 2500 mV con una risoluzione pari a 0.6 mV.

L'accuratezza sulle misure è pari a $\pm (1\% \text{ lettura} + 2.4 \text{ mV di offset})$ su tutto il range di temperatura di funzionamento (*worst-case*). Questo parametro determina un rumore per l'ADC interno pari a 8-LSB corrispondenti a circa 5 mV. Infatti, se consideriamo una lettura di una tensione continua d'ingresso molto piccola, diciamo di poco superiore a 0.6 mV, l'ADC convertirebbe questo segnale ad 1-LSB. L'accuratezza su questa misura è pari dunque a $\pm 2.406 \text{ mV}$ corrispondenti, appunto, a poco più di 8-LSB (3-bits) non risolvibili. Di fatto questa limitazione comporta che la risoluzione effettiva dell'ADC, estesa su tutto il range di temperatura di funzionamento, sia pari a 9-bits.

I cinque canali analogici possono essere configurati individualmente, attraverso la programmazione del datalogger, come ingressi o uscite digitali con le seguenti caratteristiche:

- VIO (stato alto): 2.1 V ÷ 3.3 V
- VIO (stato basso): <0.9 V
- VO (stato alto): 3.3 V (senza carico)
- corrente di carico: 220 $\mu\text{A}@2.7 \text{ V}$
- massima tensione tollerabile in ingresso: 4 V.

Il clock interno presenta un'accuratezza relativamente bassa con una deriva di qualche minuto al mese.

Infine, il datalogger è racchiuso in un contenitore d'alluminio le cui dimensioni fisiche d'ingombro sono 14 x 17.6 x 5.1 cm, e con una massa pari a 250 g circa.

Per le caratteristiche tecniche complete si faccia riferimento al datasheet del dispositivo (<http://www.campbellsci.com/cr200>).



Figura 4. Il datalogger CR200 della stazione meteo.

2. I sensori meteorologici

Gli strumenti meteorologici che compongono la stazione meteo del sito CFSB, la cui struttura fuori acqua è riportata in parte nella figura 5 che segue, consistono in:

- sensore barometrico per la misura della pressione atmosferica;
- pluviometro;
- sensore di temperatura dell'aria;
- sensore per la misura della direzione e della velocità del vento.

Segue una descrizione sintetica della sensoristica di equipaggiamento della stazione meteo; per ulteriori approfondimenti si rimanda ai siti Web dei rispettivi produttori.

Il sensore barometrico dedicato alla misura della pressione atmosferica dell'aria (situato ad un'elevazione di 6 m, s.l.m.) è il modello TP800 della ditta *Tecno. EL*.

L'elemento sensibile del trasduttore di pressione è costituito da una sottile lamina di Silicio di tipo piezoresistivo, sulla quale viene diffuso un ponte di resistenze. Per effetto della pressione atmosferica la lamina, che costituisce un lato di una piccola camera dentro la quale è stato fatto il vuoto, si deforma causando una variazione nell'equilibrio del ponte. Tale variazione di tensione, con costante di trasduzione pari a 0.04 hPa/mV, opportunamente condizionata (da 0 V a 5 V), costituisce il segnale di pressione.

Il sensore è dotato di compensazione in temperatura (da -25 °C a + 85 °C) su tutto il range di misura (850 ÷ 1050 hPa) con un'accuratezza di ± 0.1% del fondo scala.

La tensione di alimentazione può variare da 9 V a 30 V continui con un assorbimento tipico di 15 mA.

Le dimensioni del contenitore, il cui corpo è in acciaio inox AISI 316, sono di 20 x 130 mm.

Il sensore per la misura della direzione e della velocità del vento è uno *Young Wind Monitor* (Mod. 05106) per applicazioni marine della *Campbell Scientific, Inc.*

Il range delle velocità del vento capaci di essere misurate dallo strumento si estende da 0 a 100 m/s (360 km/h) con un'accuratezza sulla misura di velocità pari all'1% della lettura effettuata. Il sensore presenta un'inerzia meccanica di resistenza interna tale da consentirgli la rotazione dell'albero rotore solo per velocità del vento di poco superiore a 1.1 m/s (circa 4 km/h).

Il segnale d'uscita per la misura della velocità del vento corrisponde ad una bassa tensione alternata composta da tre impulsi per ogni rivoluzione completa dell'albero rotore. Più propriamente, ad un segnale in uscita alternato di 90 Hz corrisponde una velocità di rotazione di 30 giri al secondo (1800 rpm), pari ad una velocità del vento di 8.8 m/s.

La direzione del vento viene misurata attraverso un potenziometro lineare (10 kΩ) collegato meccanicamente al supporto trasversale dell'anemometro.

Il range della direzione del vento misurabile dallo strumento è omnidirezionale dal punto di vista meccanico, ma è limitato a 355° dal punto di vista elettrico a causa dell'apertura di 5° intorno allo zero dello strumento (corrispondente ad una direzione del vento con provenienza da Nord), imposta dalla natura elettromeccanica intrinseca del cursore del potenziometro.

Il segnale d'uscita per la misura della direzione del vento corrisponde ad una tensione continua misurata ai capi di un partitore resistivo alimentato con una tensione di eccitazione proveniente dal datalogger ad esso connesso.

Lo strumento possiede sul corpo una tacca di riferimento che indica la direzione di orientamento del sensore verso il Nord, operazione da effettuare al momento dell'installazione con l'ausilio di una bussola magnetica.

La temperatura dell'aria è misurata con un termistore LTN NR3 con termocoppia Mod. TT-500-A della ditta *Tecno. EL*. Il campo di misura è di -30 °C ÷ +70 °C con una costante di trasduzione di 0.118 °C/mV (opportunamente calibrato), una risoluzione di 0.1 °C ed un'accuratezza di ± 0.2 °C.

Il sensore è installato all'interno di un contenitore a tenuta stagna schermato contro la radiazione solare. Il segnale di uscita è del tipo 4-20 mA.

Infine, la quantità di pioggia caduta viene rilevata con un pluviometro dotato di vaschetta basculante con contatto *reed* impulsivo, mod. E.M. ARG100 della *Environmental Measurements LTD*, che possiede una sensibilità di 0.2 mm di H₂O.



Figura 5. Sommità della struttura fuori acqua della stazione CFSB.

Per la misura della direzione di provenienza del vento occorre fare qualche considerazione in merito.

La meda elastica di CUMAS è una struttura semirigida formata da un palo metallico lungo circa 20 metri, a sezione circolare e con un diametro pari a 22 cm, ancorato sul fondale marino per mezzo di un cavo meccanico antitorsione. Il palo e la relativa torretta, con piattaforma posta fuori acqua contenente la strumentazione meteo ed altre apparecchiature, è mantenuto in posizione verticale da un galleggiante (a forma di pera) lungo all'incirca 3 m e largo quasi altrettanto, che rimane completamente sommerso. La struttura fuori acqua è dotata di faro notturno e di miraglio per la rilevazione radar.

Le caratteristiche strutturali della meda elastica consentono al pilone poca libertà di movimento in senso orizzontale garantendo però l'elasticità, con l'automatico riposizionamento della meda in caso d'urto con mezzi di trasporto marini di grosse dimensioni.

Pur tuttavia la meda-boua ruota su se stessa, pertanto si rende necessaria la correzione della direzione del vento acquisita rispetto alla misura di heading della meda elastica.

Per l'acquisizione di quest'ulteriore informazione si è fatto uso di un sensore digitale di tilt ed heading della *Falmouth Scientific* (Ostar Compass). Il sensore è connesso, tramite collegamento seriale rispondente allo standard di comunicazione RS-232, ad una porta seriale della CPU. Mediante il software di gestione globale dei parametri di acquisizione per la parte di superficie del sistema CUMAS, questi dati sono scritti in un file di stato e salvati nella scheda PCMCIA di memoria esterna collegata alla CPU, con una frequenza di campionamento pari ad 1Hz.

Durante la fase d'installazione della stazione meteo a bordo della torretta fuori acqua della meda, si è preventivamente provveduto ad orientare la direzione del Nord dell'anemometro (0 gradi dello strumento) con il Nord, o zero, del sensore di heading.

Lo schema che segue in figura 6 illustra meglio la configurazione ed è utile per comprendere l'operazione di correzione della direzione del vento rispetto all'heading della meda.

Dalla figura si osserva che sussistono le seguenti relazioni tra gli angoli:

$$WD_{eff} = WD + Hd$$

dove con WD si è indicato l'angolo rappresentativo della direzione di provenienza del vento misurata con l'anemometro (rispetto all'heading), con Hd la lettura dell'heading della meda (entrambe in gradi e misurate in senso orario rispetto alla direzione fissa N), mentre WD_{eff} rappresenta la direzione di provenienza effettiva del vento rispetto al Nord geografico. Quest'ultima viene convertita nella corrispondente rappresentazione della rosa dei venti a secondo in quale dei dodici settori va a ricadere l'angolo WD_{eff} . Si noti che se WD_{eff} è maggiore di 360° occorre sottrarre un angolo giro.

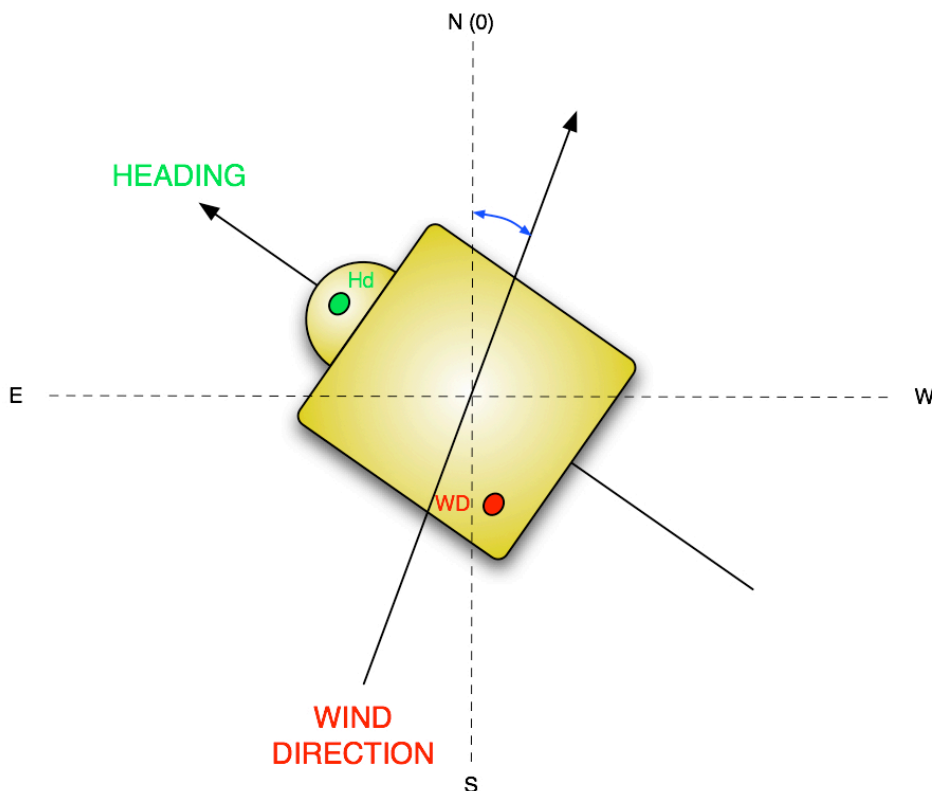


Figura 6. Calcolo della direzione di provenienza effettiva del vento.

3. L'acquisizione e l'archiviazione locale dei dati meteo

Il datalogger CR200 della stazione meteo comunica, attraverso la sua porta seriale, con la CPU. Il linguaggio di programmazione necessario per l'acquisizione dei dati dal datalogger è il *CRBasic*, un linguaggio sviluppato dal produttore del dispositivo. Esso è libero e se ne può scaricare la documentazione descrittiva sul sito Internet del produttore.

La programmazione del dispositivo invece, avviene attraverso software proprietario a pagamento. I programmi destinati a questo compito sono denominati *PC400* e *LoggerNet*. Entrambi consentono sia la programmazione del datalogger che l'acquisizione dei dati, in tempo reale e non, con diversi strumenti software disponibili per l'analisi dei dati.

Per ovviare alla limitazione offerta dal *CRBasic*, è stata scritta per la CPU un'applicazione auto-consistente in linguaggio C, denominata *CRmeteo*. Ogni applicazione, costituita da uno o più files sorgenti, viene sviluppata per la CPU usando il cross-compiler (Windows Toolchain) per processori con architettura *XScale* per la produzione dell'eseguibile in ambiente Linux.

L'applicativo *CRmeteo* viene lanciato in esecuzione all'avvio del sistema operativo, e poi gira continuamente in background, con run-level pari a S60. Il software apre una porta seriale della CPU con i seguenti parametri: *baud-rate* 9600 bps, *one start-bit*, *one stop-bit*, *no-parity* e *no hardware control*.

Per prima cosa il programma provvede a mandare l'acquisitore nella modalità <<SDI12 Terminal Mode>> inviando, in successione, una serie di cinque caratteri <CR> (Carriage Return) intervallati da una pausa temporale di 500 ms. Se l'operazione fallisce essa viene tentata nuovamente. In caso di esito positivo l'acquisitore risponde con la stringa di sette caratteri "<CR><LF>CR2XX" seguita dal prompt '>' [CR200 Series Datalogger, Operator's Manual, 2007].

Dopo che l'acquisitore è entrato con successo nella modalità <<Terminal>> viene creato, se non esiste, nella memoria PCMCIA esterna alla CPU, un file meteo orario. In esso le nuove stringhe ricevute saranno inserite in successione. Il nome del file è nel formato *YyyyMmDdHh.mto*: ad esempio 2009081412.mto, per il file meteo creato alle ore 12 del 14 agosto 2009 e chiuso alle ore 13 della stessa data. La data e l'ora di apertura del file vengono ricavati dal tempo di sistema sincronizzato esternamente con le informazioni del GPS. Il ricevitore GPS è collegato ad un'altra porta seriale di tipo RS-485 della CPU stessa [Guardato and Iannaccone, 2008].

A questo punto la CPU prende possesso del canale di comunicazione con l'acquisitore ed invia sulla porta seriale i due caratteri "5<CR>", con cadenza al minuto, chiedendo in tal modo all'acquisitore di fornire in uscita i dati meteo acquisiti in tempo reale ($T_c = 10$ s) e salvati nella propria tabella "Public Value" di memoria.

L'acquisitore risponde, generalmente, con una stringa del tipo:

```
<CR><LF>"TOA5","CR200Series","CR2xx","","v04","3009.CR2","62164","Meteo","2008-08-14 12:01:00",13.84,3.65,268.71,0.20,22.84,1012.41
```

In questa stringa sono contenute diverse informazioni. Il primo campo, costituito da 40 caratteri, è un header contenente informazioni circa la tabella di memoria letta dall'acquisitore (TOA5), la serie costruttiva del dispositivo (CR200Series), il modello (CR2xx), la versione del firmware installata (v04) ed il programma caricato in memoria dell'acquisitore (3009.CR2). Il campo successivo rappresenta il numero del record di dati in memoria (62164).

A seguire, compare il nome della tabella di memoria (Meteo) e poi il timestamp con cui l'acquisitore CR200 marca i dati meteo. Gli altri restanti sei campi rappresentano, rispettivamente, le letture della tensione delle batterie di sistema (V), la velocità del vento (m/s), la direzione di provenienza del vento non corretta (in gradi), l'eventuale quantità di pioggia caduta (mm d'acqua), la temperatura dell'aria (°C) e la pressione atmosferica (hPa). Il contenuto di questa stringa viene copiato in una struttura dati predisposta, denominata *typeCR200*, e così definita:

```
struct {
    char    header[_CR200_TS_LEN];           //CR200
    char    timestamp[_CR200_TS_LEN/2];     //GPS - CPU
    char    bat[PREC];
    char    wind_s[PREC];
    char    wind_d[PREC];
    char    rain_g[PREC];
    char    atemp[PREC];
    char    apress[PREC];
}typeCR200;
```

dove le costanti CR200_TS_LEN e PREC assumono, rispettivamente, il significato della massima lunghezza della stringa (fissata a 40 bytes) e la precisione di lettura (2 punti decimali).

La struttura dati viene opportunamente manipolata ed in particolare non viene preso in considerazione l'intero campo header, mentre quello corrispondente al timestamp dell'acquisitore meteo viene sostituito con il timestamp corretto della CPU sincronizzata con il tempo del GPS.

A questo punto il programma *CRmeteo* esegue delle medie sulle letture e poi appende i dati sequenzialmente nel file meteo orario scrivendo, ogni minuto, una riga di stringa del tipo:

```
2008/08/14-12:01:00<TAB>13.84<TAB>3.65<TAB>268.71<TAB>0.20<TAB>22.84<TAB>1012.41
```

terminata con i caratteri <CR><LF>.

Giunti alla fine dell'ora il file meteo orario viene chiuso e salvato ed uno nuovo viene aperto e sottoposto allo stesso tipo di operazioni viste sino ad ora.

Uno script di *shell* che gira sulla CPU, denominato *meteo_check.sh*, viene lanciato ogni venti minuti dal *crontab* di sistema per la verifica della corretta comunicazione e dello scambio di dati e comandi tra la CPU ed il datalogger. In particolare esso controlla che l'applicazione *CRmeteo* figuri tra i processi attivi in regolare esecuzione sulla CPU. Se il processo non è attivo, allora esso viene mandato in esecuzione; se è bloccato, la qual cosa viene anche verificata controllando il numero di righe presenti nell'attuale file meteo orario rispetto ai minuti trascorsi nell'ora attuale ed alle righe di dati che ci si aspetta siano in esso presenti, allora esso viene terminato e rilanciato, garantendo che non vengano persi parecchi minuti di dati meteo se qualcosa non dovesse andare per il verso giusto.

Quest'ultimo script di *shell* crea un file di *log* dove viene tenuta traccia di tutta l'attività di monitoraggio relativa al processo di comunicazione tra datalogger e CPU, con la scrittura in esso degli eventuali messaggi di blocco e riavvio del processo.

Un altro script di *shell*, denominato *sendMeteoFiles.sh*, viene eseguito una volta ogni ora con il *crontab* di sistema. Questo serve ad inviare i files meteo orari dalla CPU al computer installato nella sala di sorveglianza sismica dell'Osservatorio Vesuviano di Napoli. La macchina a terra è denominata *pccumas* e risponde all'indirizzo pubblico <http://pccumas.ov.ingv.it/index.html> (IP: 193.106.115.65). Su di essa vi è installato un sistema operativo Debian-Linux.

Lo script *sendMeteoFiles.sh* crea un file di *log* locale dove viene conservata traccia di tutta l'attività di monitoraggio relativa al processo di invio dei files meteo orari dalla CPU al computer presente in sala, anche qui con lo scopo che non vengano persi "per strada" dei dati meteo se qualcosa dovesse andare storto nella comunicazione Wi-Fi.

Una volta che i files meteo orari sono giunti al computer *pccumas* vengono eseguite una serie di azioni sequenziali, prima del loro inserimento in un database di tipo MySQL e della successiva visualizzazione sul sito Web per l'elaborazione.

Ogni ora un nuovo script di *shell*, denominato *hours2db.sh*, viene eseguito con il *crontab* di sistema andando a popolare il database MySQL dei dati meteo leggendo i files meteo orari che sono stati trasferiti. Più precisamente questo script lancia un ulteriore script eseguibile, scritto in Perl (vers. 5.6.8), denominato *meteo2db.pl*. Questo crea nel database MySQL, se non esiste, una tabella giornaliera del tipo T_YyyyMmGG, oppure se esiste accoda i nuovi dati, e contestualmente aggiorna le tabelle di riepilogo T_DAYS ed MT_DAYS descritte in dettaglio nel prossimo paragrafo.

In questa fase avviene anche il calcolo della direzione di provenienza effettiva del vento corretta con l'heading della boa marina.

4. Il database meteo

Sul computer *pccumas* del Centro di Monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano è stato creato un database di MySQL in grado di archiviare i dati meteo acquisiti in remoto dal datalogger al quale sono collegati gli strumenti meteorologici. La struttura del database consiste in un certo numero di tabelle contenenti dati (Figura 7). Le tabelle giornaliere contenenti i dati meteo vengono create ad opera di uno script eseguibile scritto in Perl - che fa uso massiccio del modulo DBI di interfaccia a database - denominato *meteo2db.pl*. Questo script prende come parametro in ingresso il nome del file meteo orario *YyyyMmDdHh.mto* e crea, se non esiste, una tabella nella quale va a scrivere i dati meteo giornalieri.

La tabella prende il nome dal corrispondente file meteo orario (es. T_20090814) sul quale agisce lo script; essa contiene tredici campi (i campi delle tabelle del database sono mostrati nella Tabella 1). I campi denominati 'sampledate', 'samptime' ed il campo 'wdrose' sono di tipo stringa (varchar) di lunghezza fissa, rispettivamente di 10, 8 e 3 caratteri, mentre gli altri campi (jsecs_f2k, batvoltage, windvel, winddir, heading, wdcorr, raingauge, airtemp, airpress) sono di tipo numerico a doppia precisione (double), ed infine il campo 'id' di tipo intero. Tutti i campi, tranne 'id' e 'wdrose', possono prendere il valore "Null" di *default* e non hanno nessuna chiave. Il solo campo 'id' è invece una chiave primaria (Key=PRI) di tipo auto incremento utilizzata per le ricerche.

Il campo 'sampledate' contiene la data del campione meteo nel formato *Yyyy/Mm/Dd*; il campo 'samptime' contiene il tempo GPS del campione meteo acquisito nel formato *Hh:mm:ss*.

Il nome dei restanti campi (Field) dovrebbe essere auto-esplicativo; in particolare, il campo denominato 'jsecs_f2k' indica il numero dei secondi giuliani trascorsi dal 01/01/2000. Il campo 'winddir' contiene la direzione di provenienza del vento (in gradi, non corretta); 'wdcorr' contiene (sempre in gradi) la direzione di provenienza del vento corretta con l'heading della meda, ed infine il campo 'wdrose' contiene la rappresentazione della direzione effettiva di provenienza del vento nella notazione della "rosa dei venti" (es. NNE).

I dati meteo vengono inseriti nella tabella giornaliera aggiungendo ad essa i nuovi valori successivi con *query* di database cicliche.

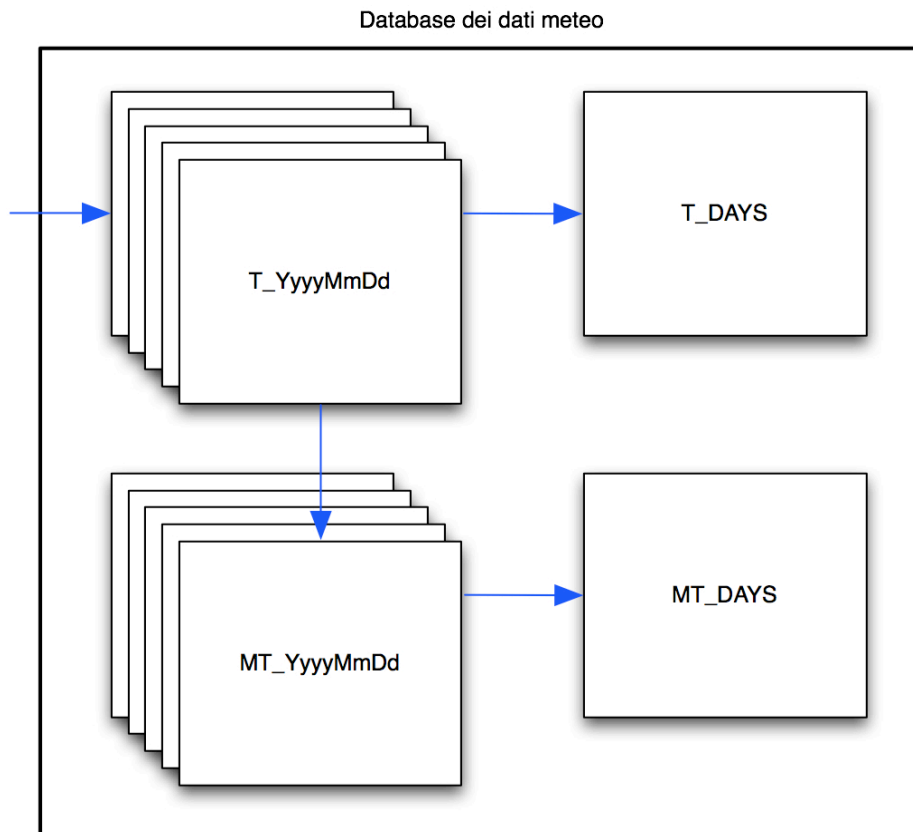


Figura 7. Struttura del database dei dati meteo.

Contestualmente alla creazione, o all'aggiornamento della tabella giornaliera, viene creata - se non esiste - una tabella di riepilogo di nome T_DAYS. Se questa esiste allora viene aggiunto in essa un solo valore (record) al giorno.

La tabella è composta da nove campi, di cui quattro (dateoffile, gtime_start, gtime_stop, tablename) sono di tipo stringa e di lunghezza fissa, rispettivamente di 10, 8, 8 e 10 caratteri; gli altri cinque campi sono numerici del tipo intero (numofsamples, percofday, id) e del tipo a doppia precisione (jf2k_start, jf2k_stop).

Tutti i campi, tranne 'id', possono prendere il valore "Null" di default e non hanno nessuna chiave. Il solo campo 'id' è invece una chiave primaria (Key=PRI) di tipo auto incremento utilizzata per le ricerche.

Il campo 'dateoffile' contiene la data relativa al file meteo giornaliero nel formato *Yyyy/Mm/Dd*. I campi 'jf2k_start' e 'jf2k_stop' contengono il numero dei secondi giuliani trascorsi dal 01/01/2000 relativi al primo ed ultimo campione di dati meteo contenuti nel file meteo giornaliero. I campi 'gtime_start' e 'gtime_stop' contengono invece i tempi GPS, nel formato *Hh:mm:ss*, relativi al primo ed ultimo campione di dati contenuti nel file meteo giornaliero.

Il campo 'tablename' contiene il nome della tabella giornaliera dei dati meteo già presente nel database (es. T_20090814), mentre il campo 'numofsamples' contiene il numero di campioni acquisiti nel giorno considerato (sino ad un massimo di 8640 campioni, corrispondenti appunto al numero di secondi in un giorno/10 s). Infine, il campo 'percofday' rappresenta la percentuale di campioni contenuti nel file meteo giornaliero rispetto agli 8640 campioni attesi.

T_YyyyMmDd	T_DAYS	MT_YyyyMmDd	MT_DAYS
sampledate	dateoffile	dateofdata	dateofdata
sampletime	jf2k_start	jf2k_start	datetimecreated
jsecs_f2k	gtime_start	jf2k_stop	numofsamples
batvoltage	jf2k_stop	mbatvoltage	jf2k_start
windvel	gtime_stop	mwindvel	jf2k_stop
winddir	tablename	maxwindv	mbatvoltage
heading	numofsamples	timemaxwindv	mwindvel
wdcorr	percofday	mwinddir	maxwindv
wdrose	id	prevwinddir	timemaxwindv
raingauge		rainfall	mwinddir
airtemp		mairtemp	prevwinddir
airpress		minairtemp	rainfall
id		timeminta	mairtemp
		maxtemp	minairtemp
		timemaxtemp	timeminta
		mairpress	maxtemp
		minap	timemaxtemp
		timeminap	mairpress
		maxap	minap
		timemaxap	timeminap
		id	maxap
			timemaxap
			id

Tabella 1. Riepilogo dei campi delle tabelle del database.

Un ulteriore script in Perl, denominato *sqlmedie.pl*, si occupa della creazione delle tabelle delle medie dei dati, per ovvie ragioni di efficienza e visualizzazione degli stessi su Web. I records di queste tabelle giornaliere rappresentano le medie dei campioni meteo acquisiti su un intervallo di trenta minuti ($T_e = 30$ min), corrispondenti a medie effettuate su 180 campioni ($T_e * 60 * 1 \text{ sample}/T_e$). La tabella prende il nome dal corrispondente file meteo orario (es. MT_20090814) sul quale agisce lo script.

Essa è composta da 21 campi, di cui otto (dateofdata, timemaxwindv, mwinddir, prevwindir, timeminta, timemaxtemp, timeminap, timemaxap) sono di tipo stringa e di lunghezza fissa (rispettivamente di 10, 5, 3, 3, 5, 5, 5 e 5 caratteri); tutti i restanti campi (jf2k_start, jf2k_stop, mbatvoltage, mwindvel, maxwindv, rainfall, mairtemp, minairtemp, maxtemp, mairpress, minap, maxap) sono numerici del tipo a doppia precisione, ad esclusione del solo campo 'id' che è del tipo intero.

Tutti i campi, tranne 'id', possono prendere il valore "Null" di default e non hanno nessuna chiave. Il solo campo 'id' è invece una chiave primaria (Key=PRI) di tipo auto incremento utilizzata per le ricerche.

Il campo 'dateofdata' contiene la data relativa al file meteo giornaliero considerato nel formato *Yyyy/Mm/Dd*. Il significato dei campi 'jf2k_start' e 'jf2k_stop' è lo stesso di quello visto in precedenza per la tabella giornaliera di riepilogo *T_YyyyMmDd*.

I campi 'mbatvoltage', 'mwindvel', 'mwinddir', 'mairtemp' ed 'mairpress' contengono, rispettivamente, le medie delle letture effettuate su mezz'ora di dati per i parametri relativi al livello di tensione delle batterie di alimentazione, la velocità e la direzione del vento (corretta), la temperatura e la pressione dell'aria. Le unità di misura sono, rispettivamente, V, m/s, notazione rosa dei venti, hPa.

In particolare, il campo 'rainfall' rappresenta la quantità totale di pioggia eventualmente caduta nell'arco dei trenta minuti considerati (in mm di acqua); il campo 'mwinddir' è il campo di tipo carattere contenente la direzione di provenienza del vento nella notazione della rosa dei venti, corretto rispetto all'heading della boa. Viene salvato in tabella anche il campo 'prevwinddir' contenente la direzione di provenienza prevalente del vento nella mezz'ora di dati considerata.

I campi presenti a coppia come 'maxwindv' e 'timemaxwv', 'minairtemp' e 'timeminta', 'maxtemp' e 'timemaxtemp', 'minap' e 'timeminap', 'maxap' e 'timemaxap', rappresentano - rispettivamente - la folata di vento (massima velocità) rilevata nella mezz'ora e l'orario GPS corrispondente (nel formato *Hh:mm*), i valori minimi e massimo della temperatura e della pressione dell'aria con gli orari di campionamento nello stesso formato.

L'archiviazione su database di questi dati aggiuntivi fornisce un'ulteriore insieme di informazioni che possono tornare molto utili nella visualizzazione grafica di valori massimi e minimi per i parametri misurati, velocizzando ed ottimizzando gli algoritmi software di ricerca da Web.

Anche in questo caso viene creata - se non esiste - una tabella di riepilogo delle medie giornaliere di nome *MT_DAYS*. Se questa esiste allora viene aggiunto in essa un solo record al giorno contenente i valori medi, ed altre informazioni, sulle variabili meteo calcolate rispetto al numero totale di campioni raccolti nel giorno. Essa è composta da 23 campi. La sua struttura è del tutto simile a quella vista per la tabella di decimazione *MT_YyyyMmDd*, tranne per il fatto che adesso le informazioni in essa contenute rappresentano le medie rispetto al numero totale di campioni raccolti nel giorno.

Sono presenti solo due campi aggiuntivi: il campo numerico di tipo intero, denominato 'numofsamples', che contiene il numero di campioni raccolti nel giorno considerato, e 'datetimecreated', un campo di testo con la sola funzione di rappresentare un'informazione di log che riporta quando è stata creato il record nella tabella (nel formato della data di sistema sul quale è installato il database MySQL).

La tabella *MT_DAYS* ritorna molto utile, come vedremo tra breve, per la ricerca dei valori da visualizzare in formato grafico sulle pagine Web mediante l'ausilio di query MySQL eseguite considerando periodi temporali molto estesi.

Per chiarezza, viene riportato nella figura 8 il diagramma a blocchi che sintetizza il flusso dei dati e le elaborazioni fin qui descritte.

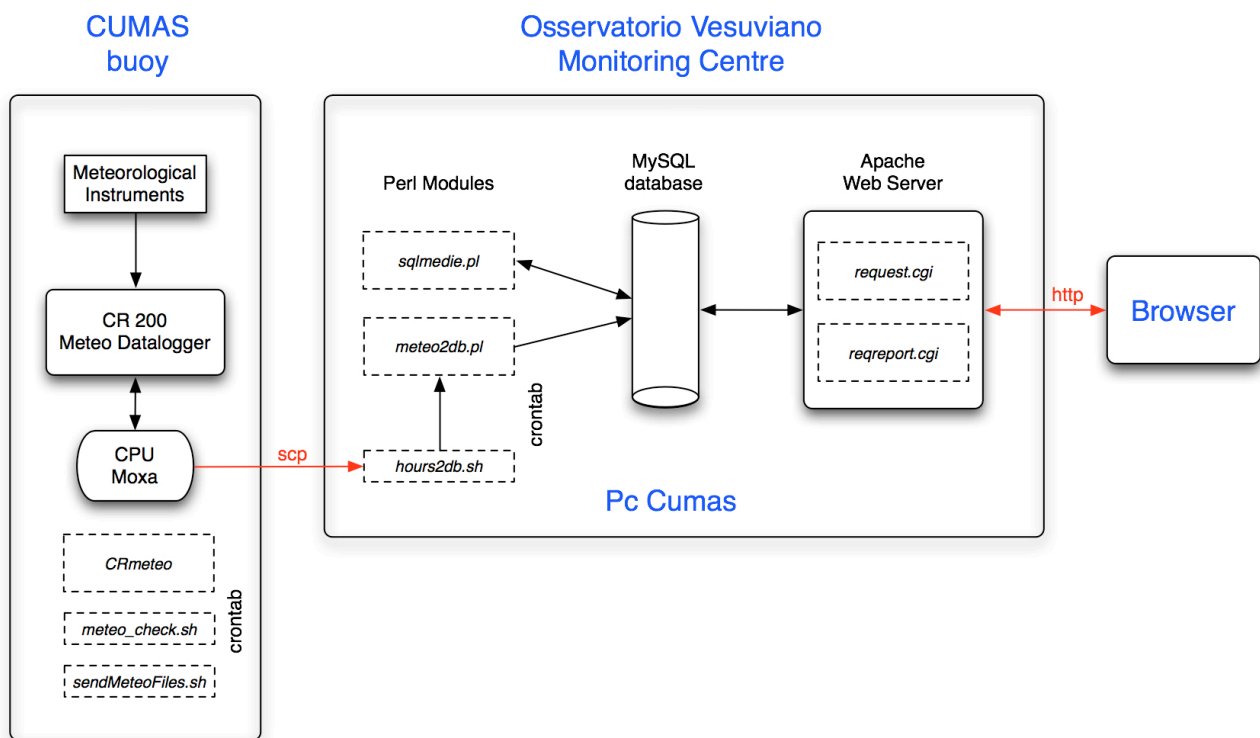


Figura 8. Diagramma a blocchi del flusso dei dati e delle elaborazioni.

5. La visualizzazione dei dati meteo ed il sito Web

Lo sviluppo e la creazione di un sito Web dedicato alla visualizzazione dei dati meteo sono state delle richieste indispensabili a completamento del lavoro di stesura del software di gestione dei dati meteo. A tale scopo, sfruttando il sito Web preesistente del sistema CUMAS, si è pensato di collocare il sito Web relativo ai dati meteo della stazione CFSB all'interno delle pagine *html* del sistema.

L'*home-page* del sito dedicato a CUMAS è rappresentata nella figura 9 (è riportata soltanto la versione in lingua italiana). La pagina contiene una breve descrizione del sistema con accenni ad un nuovo sistema temporaneamente installato (mini-CUMAS). Quest'ultimo (interamente progettato da S. Guardato), è stato installato in seguito al recupero del modulo sottomarino CUMAS (avvenuto nel mese di Luglio 2009) per far fronte alle operazioni di manutenzione straordinarie, ed attualmente si trova nei laboratori dell'Osservatorio Vesuviano.

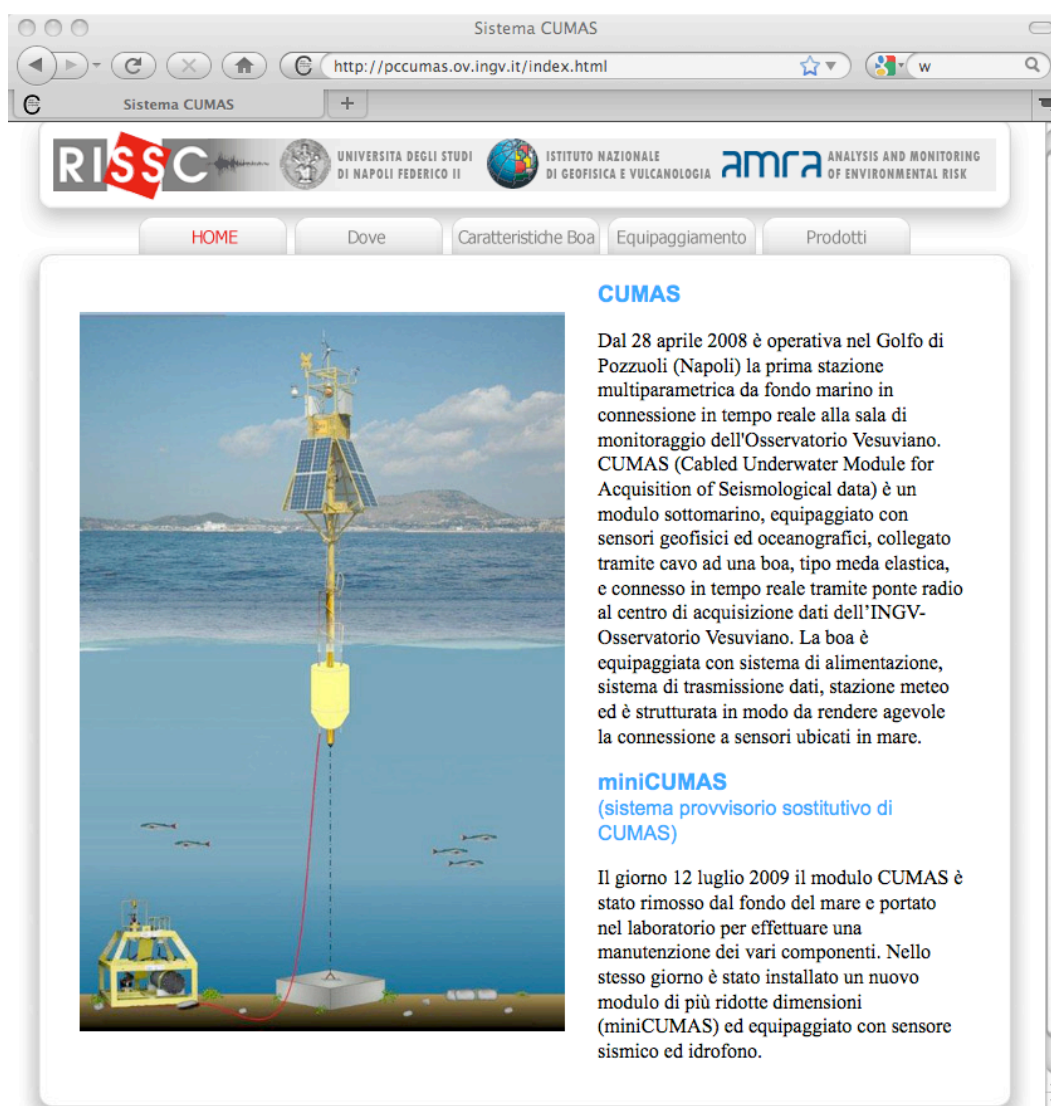


Figura 9. Home-page del sistema CUMAS (<http://pccumas.ov.ingv.it>).

La pagina Web contiene diversi *tab* che descrivono il sistema in maggiore dettaglio. Scegliendo il tab "Prodotti" si accede ad una pagina contenente i *link* ad altre pagine (figura 10). In particolare da qui si può accedere alla pagina esterna dell'*helicorder* del software *EarthWorm* - installato sulla macchina *pccumas* - relativa alla visualizzazione dei dati sismologici, oceanografici e di stato del sistema.

La stessa pagina mostra il link a *GetWave* [Iannaccone et al., 2010], un *wrapper* del programma *waweman2disk*, da dove è possibile scaricare le tracce in formato SAC per ogni parametro e canale.

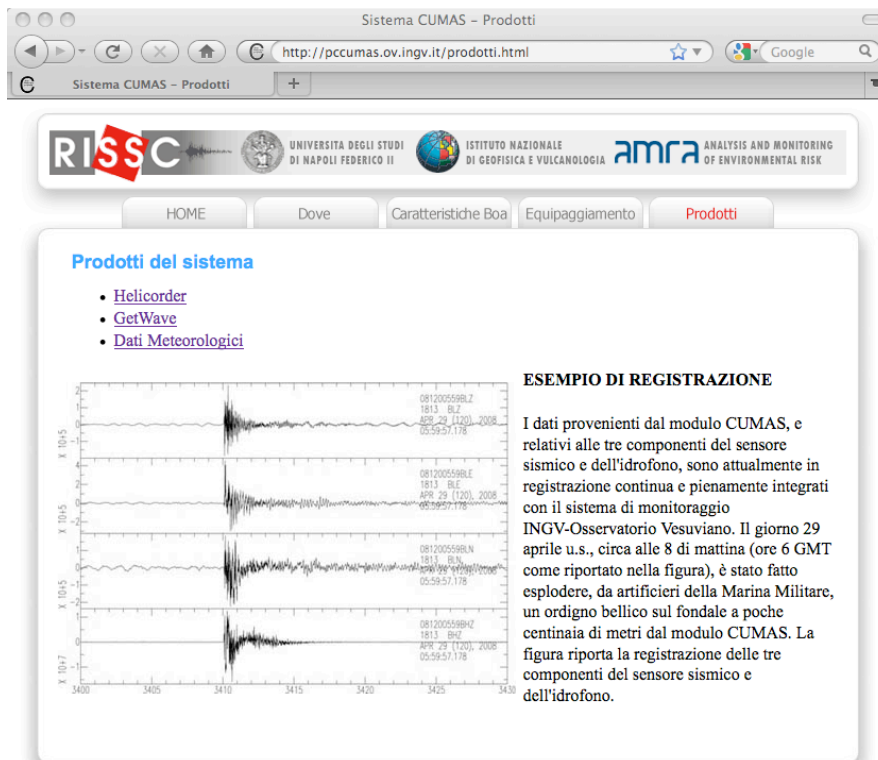


Figura 10. La pagina dei prodotti del sistema CUMAS.

Il link ai dati meteorologici consente l'apertura dell'home-page dei dati meteo della stazione CFSB (figura 11). In essa sono riportate le informazioni geografiche della stazione CFSB.

Il link "Tempo Reale" indirizza alla pagina Web contenente, in forma tabellare, le informazioni di primo impatto sui principali parametri acquisiti nell'ultima ora corrente di dati (figura 12). Sono anche riportati i valori medi registrati nel giorno precedente.

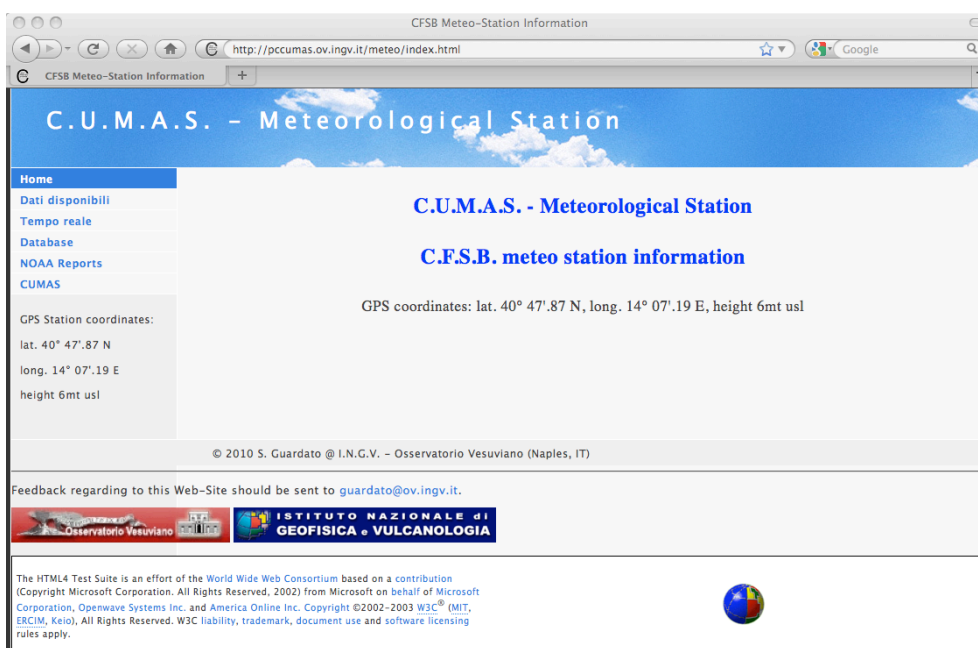


Figura 11. Home-page dei dati meteo della stazione CFSB.

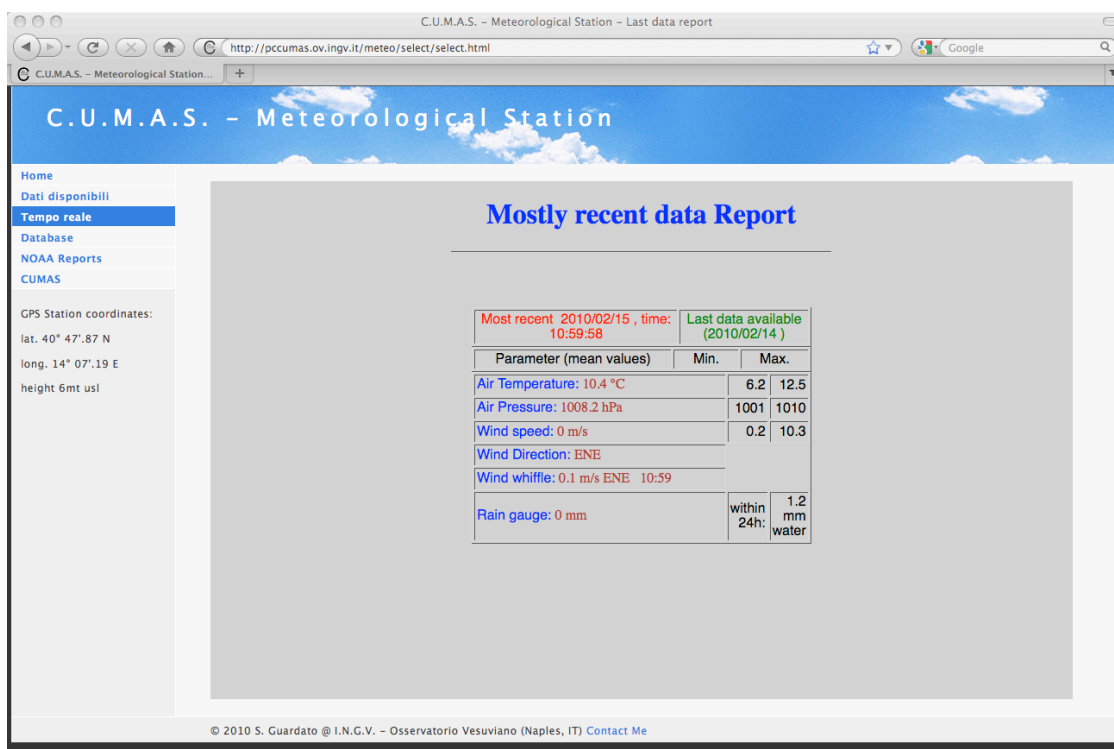


Figura 12. Pagina Web delle informazioni meteo in tempo reale.

Scegliendo dal menù collocato a sinistra delle pagine Web le singole voci si viene indirizzati alla visualizzazione delle altre pagine del sito. In particolare, scegliendo dal menù la voce "Dati disponibili" si ha accesso alla pagina di riepilogo riportata nella figura 13.

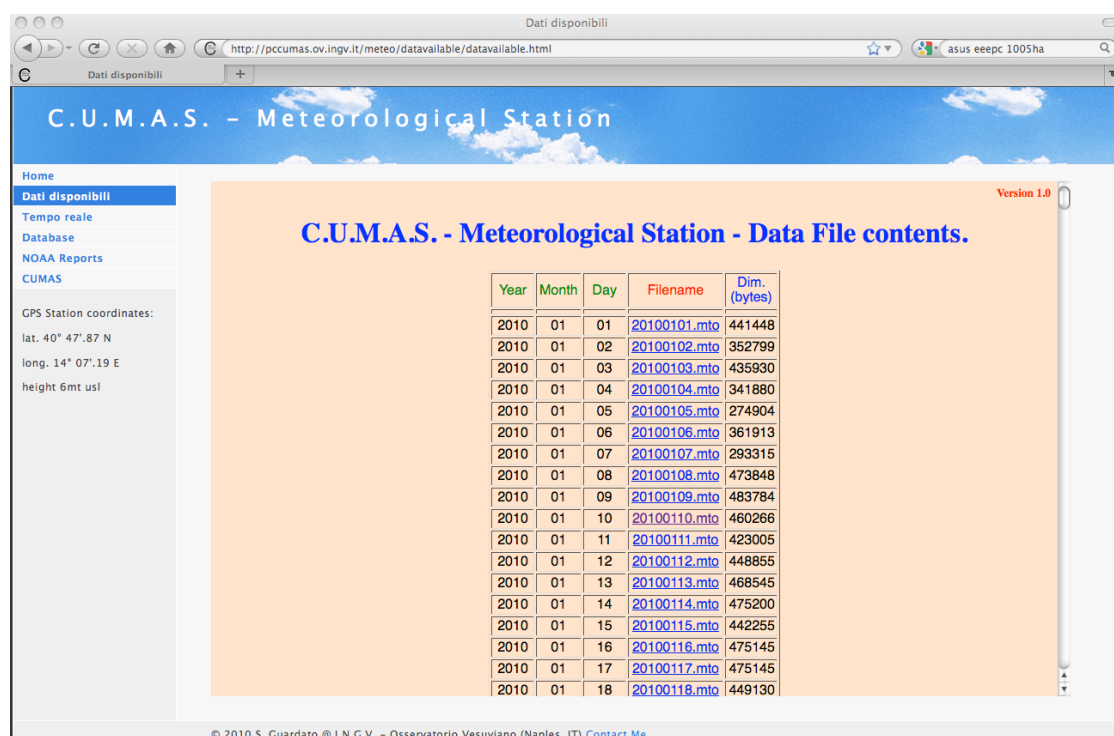


Figura 13. Pagina Web di riepilogo dei file meteo disponibili.

In questa pagina è possibile scorrere l'elenco intero dei files meteo giornalieri collezionati dalla stazione (dal 23/10/2008). Le voci sui nomi dei file sono singolarmente "clickabili"; scegliendo una di esse si potranno visualizzare a video, con la possibilità di effettuare il *download*, i dati meteo originali dell'acquisitore meteo.

Scegliendo dal menù la voce "Database" si ha accesso alla pagina relativa alle ricerche nel database, riportata nella figura 14.

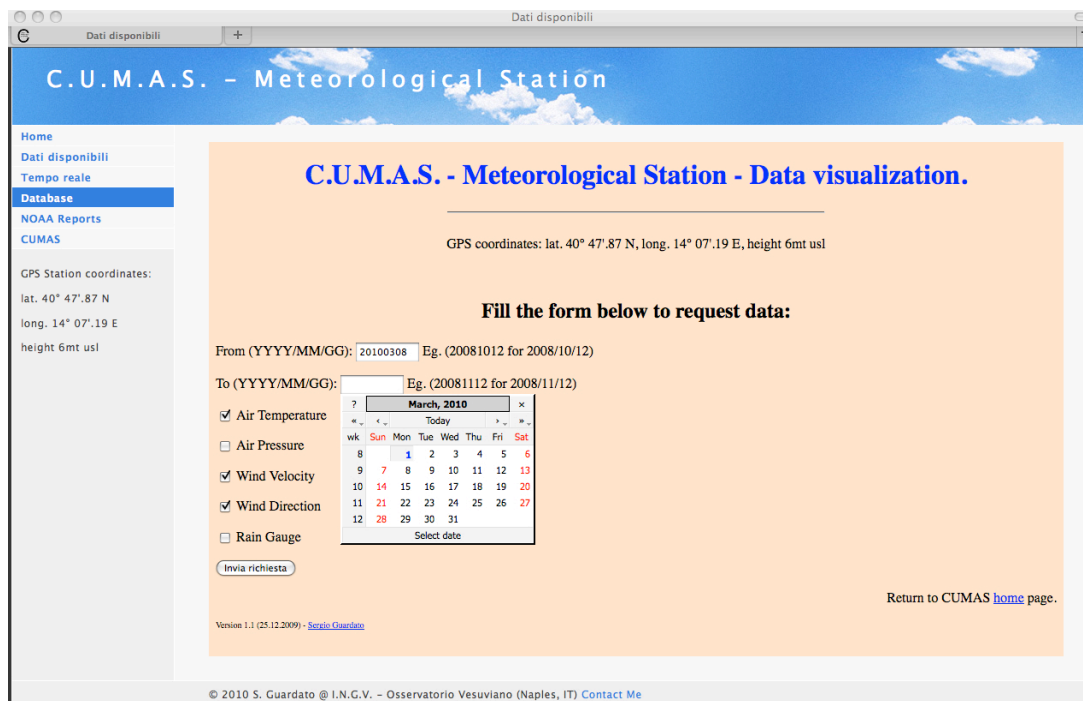


Figura 14. La pagina Web per la richiesta dei dati dal database.

Il *form* prevede il riempimento dei campi relativi alla data di inizio e fine ricerca e la selezione di uno o più variabili meteo da visualizzare. Una volta compilato il form si può inviare la richiesta delle informazioni su Web.

Uno script CGI risponde alla query inoltrata dalla pagina Web. Lo script esegue il "parsing" della stringa QUERY_STRING proveniente dalla pagina Web con il metodo GET. Dalla stringa in questione si prelevano le informazioni relative alle date ed alle variabili meteo da visualizzare.

Dopo una serie di controlli, viene aperta la pagina di visualizzazione mostrata nella figura 15. Ogni grafico è liberamente scaricabile in formato grafico PNG, alla risoluzione di 800x600 pixels.

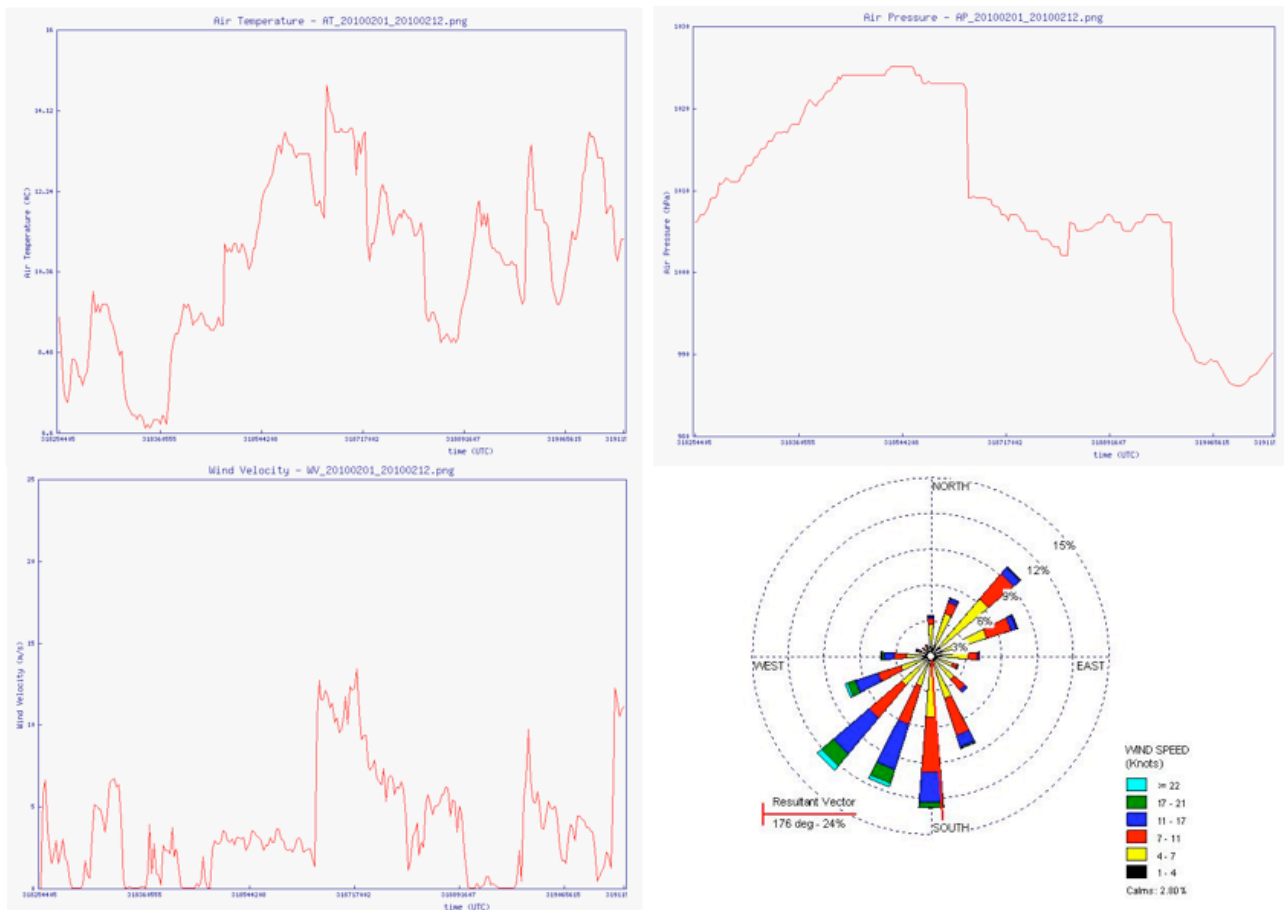


Figura 15. Esempi di visualizzazione dei dati meteo.

Infine, scegliendo dal menù la voce "NOAA reports" si ha accesso ad un'ulteriore pagina di ricerche nel database riportata nella figura 16.

Il form prevede il riempimento dei campi relativi alla data ed al tipo di report in formato NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) da visualizzare. Una volta compilato il form si può inviare la richiesta delle informazioni su Web.

A questo punto, uno script CGI scritto in Perl, denominato *reqreport.cgi*, risponde alla query inoltrata dalla pagina Web. Lo script esegue il "parsing" della stringa QUERY_STRING proveniente dalla pagina Web con il metodo GET. Dalla stringa in questione si preleva l'informazione relativa al tipo di report nel formato NOAA richiesto: giornaliero, mensile o annuale. La stringa contiene anche informazioni sulla data del report da mostrare sulla pagina Web.

A questo punto, se il parsing della stringa non contiene errori ed ha i campi ben definiti, lo script lancia un nuovo eseguibile, scritto anch'esso in Perl; questo consente la visualizzazione di report per i dati meteo in formato NOAA (giornaliero, mensile od annuale). Lo script utilizza un file di configurazione, denominato *noaa.cfg* e residente nella stessa cartella, all'interno del quale è salvata la configurazione di alcuni parametri e le unità da utilizzare per i dati da stampare nei report, del tipo: nome della stazione, località, latitudine, longitudine, etc.

Gli script si collegano direttamente al database e, mediante l'utilizzo massiccio di query strutturate, prelevano (attraverso il modulo Perl-DBI) le informazioni necessarie alla creazione dei report.

Ogni report viene salvato in un file di testo formattato (es. NOAA_20090814.txt, NOAA_200908.txt, NOAA_2009.txt) in una directory temporanea usata come cache che poi viene svuotata.

Nella figura 17 viene riportato, a titolo di esempio, il report relativo al mese di febbraio 2009 registrato dalla stazione CFSB.

Dati disponibili

C.U.M.A.S. - Meteorological Station

Home
 Dati disponibili
 Tempo reale
 Database
NOAA Reports
 CUMAS

GPS Station coordinates:
 lat. 40° 47'.87 N
 long. 14° 07'.19 E
 height 6mt usl

C.U.M.A.S. - Meteorological Station - Data visualization.

GPS coordinates: lat. 40° 47'.87 N, long. 14° 07'.19 E, height 6mt usl

Fill the form below to request data-report:

Daily Report
 Montly Report
 Annual Report

Report date (YYYY/MM/GG):

Version 0.2 (16.9.2009) - [Scrivi Guardato](#)

March, 2010						
Today						
wk	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri
8		1	2	3	4	5
9	7	8	9	10	11	12
10	14	15	16	17	18	19
11	21	22	23	24	25	26
12	28	29	30	31		

Select date

© 2010 S. Guardato @ I.N.G.V. - Osservatorio Vesuviano (Naples, IT) [Contact Me](#)

Figura 16. Web-form per la richiesta dei report NOAA.

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for FEB. 2009

NAME: CFSB CITY: Offshore-Pozzuoli (Naples) STATE: Italy (Europe)
 ELEV: 6 m LAT: 40* 47.87' N LONG: 14* 07.19' E

TEMPERATURE (*C), RAIN (mm), WIND SPEED (m/s), PRESSURE (hPa)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR	MEAN BAROM
1	11.7	12.3	2:58a	10.9	0:10a	6.6	0.0	0.2	5.6	10.3	2:27a	ENE	1009.1
2	15.7	17.3	8:56p	13.5	8:12a	2.6	0.0	157.6	12.2	18.4	6:06p	ENE	1005.4
3	16.7	18.6	3:13a	15.1	12:41a	1.6	0.0	19.4	7.8	16.1	3:22a	ENE	1001.2
4	14.1	15.3	1:53p	11.3	10:20p	4.2	0.0	0	5.3	12	10:19a	ENE	1007.7
5	14.8	16.3	11:58p	11.3	1:45a	3.5	0.0	0	5.2	10.5	4:42p	ENE	1010.2
6	14.8	16.3	0:00a	13.3	10:17a	3.5	0.0	2.8	7.8	12.8	8:23a	ENE	1003.0
7	13.5	16.1	6:16a	8.2	7:13p	4.8	0.0	15.4	7.8	17.1	11:33p	NNE	995.9
8	12.4	14	9:46a	10.5	0:39a	5.9	0.0	2.8	7.9	14.9	0:25a	ENE	995.8
9	12.9	13.7	6:12p	12	2:12p	5.4	0.0	0	3.9	7.6	6:02p	ENE	1013.5
10	13.5	15.3	7:20p	10.8	4:33a	4.8	0.0	1.6	5.4	13.6	11:28p	NNE	1012.6
11	11.8	14.3	0:05a	8.4	10:06p	6.5	0.0	1	9.3	16.2	12:51a	ENE	1004.3
12	8.6	12.3	1:24p	5.9	5:03a	9.7	0.0	0	4.9	13.1	6:19a	ENE	1005.4
13	7.4	9.8	1:26p	5.5	10:10p	10.9	0.0	0.2	7.5	14	12:32a	ENE	1008.8
14	6.8	9.8	1:29p	4.8	6:20a	11.5	0.0	0	4.7	10.4	2:58p	ENE	1011.6
15	7	9.3	3:23p	4.7	1:33a	11.3	0.0	0	4.8	9.1	8:06p	ENE	1019.3
16	8	10.7	1:58p	5.1	3:10a	10.3	0.0	0	2.8	8.4	8:39a	ENE	1023.2
17	9.3	14.2	2:21p	7.6	5:05a	9.0	0.0	0	3.1	9.3	12:39a	E	1020.1
18	5.5	11	7:26a	3.8	10:06a	12.8	0.0	6.8	7.2	14.8	10:28a	ENE	1010.8
19	6.5	9.7	2:30p	3.9	3:07a	11.8	0.0	0	5.3	10.2	10:51p	ENE	1017.5
20	7.8	10.8	2:39p	5.4	7:05a	10.5	0.0	0	4.6	9.1	11:53a	ENE	1023.4
21	10	13.3	2:53p	7.2	3:10a	8.3	0.0	0	2.8	7.1	3:36p	ENE	1024.4
22	10.3	13.4	9:27a	8.9	11:59p	8.0	0.0	0	3.4	10.5	3:39p	ENE	1020.1
23	10.3	12.6	3:19p	8	7:36a	8.0	0.0	0	1.7	5.4	2:44a	ENE	1014.3
24	10.7	12.8	12:01a	9.3	11:56p	7.6	0.0	0	4.2	11.1	5:01p	ENE	1013.7
25	10.1	13	2:26p	8.4	6:37a	8.2	0.0	0	7.9	15.7	9:00a	ENE	1022.0
26	10.1	12.1	2:41p	7.4	5:32a	8.2	0.0	0	2.8	10.7	0:29a	ENE	1023.5
27	12.1	14.4	10:49a	9.8	1:16a	6.2	0.0	0	1	6.7	2:10p	ENE	1018.1
28	12.8	17.6	3:32p	10.4	3:57a	5.5	0.0	0	0.5	5.2	1:44p	E	1021.4

	10.9	18.6	3	3.8	18	207.2	0.0	207.8	5.3	18.4	2	ENE	1012.7

Max >= 32.0: 0
 Max <= 0: 0
 Min <= 0: 0
 Min <= -18.0: 0
 Max Rain: 157.6 ON 02/2/2009
 Days of Rain: 8 (>0.2 mm) 6 (>2 mm) 1 (>20 mm)
 Heat Base: 18.3 Cool Base: 18.3 Method: Integration

Figura 17. Esempio di report mensile nel formato NOAA.

Il report può essere scaricato direttamente dalla pagina Web ottenuta come risposta in output dallo script.

Conclusioni

Nel presente lavoro sono state presentate le modalità adottate per effettuare l'archiviazione dei dati meteo, a partire dal mese di ottobre 2008 sino ad oggi, e la creazione del software di comunicazione con il datalogger meteo, unite alla produzione del software di gestione dati con il loro relativo inserimento in un database del tipo MySQL e la creazione di un sito Web dedicato.

L'idea di immettere i dati in un database *ad-hoc* snellisce il processo di creazione dinamica dei grafici per l'analisi degli stessi. Inoltre, con lo stesso meccanismo, sarebbe possibile gestire agevolmente più stazioni meteo (anche di tipo diverso) su un database centralizzato, consentendo agli utenti svariate possibilità tra cui quella di compiere studi di correlazione dettagliati.

I dati meteo della stazione multiparametrica marina CFSB e le previsioni correlate possono essere presi in considerazione per poter essere integrati nella simulazione dei processi relativi alla dispersione delle ceneri vulcaniche nell'atmosfera e per la definizione (dall'analisi del campo dei venti) delle mappe di carico di ceneri al suolo depositate durante eventuali eruzioni esplosive di piccola, media e larga scala al Vesuvio e ai Campi Flegrei. L'interpolazione dei dati meteo potrebbe fornire un contributo ai metodi utilizzati per l'analisi della pericolosità vulcanica sia a breve termine, per il periodo pre-eruttivo, sia a lungo termine, analizzando gli scenari attesi [Macedonio et al., 2005; Bonasia et al., 2009].

Infine, data la posizione strategica del sito installato al centro del Golfo di Pozzuoli (NA), le informazioni meteo del mare fornite in tempo reale possono tornare molto utili ai diportisti di zona per operazioni marittime.

Napoli, Febbraio 2010

S. Guardato

Bibliografia

Iannaccone G., Vassallo M., Elia L., Guardato S., Stabile T.A., Satriano C. and Beranzoli L. (2010). Long-term seafloor experiment with the CUMAS module: performance, noise analysis of geophysical signals and hints for the design of a permanent network. *Seismological Research Letters*, accepted for publication

Iannaccone G., Guardato S., Vassallo M., Elia L. and Beranzoli L. (2009). A New Multidisciplinary Marine Monitoring System for the Surveillance of Volcanic and Seismic Areas. *Seismological Research Letters*, Vol. 80, Num. 2, March/April 2009, pp. 203-213

Guardato S. and Iannaccone G. (2008). RS-485 interface for external use of the GPS receiver of the Kinematics dataloggers. In *Conception, verification and application of innovative techniques to study active volcanoes*. Edited by W. Marzocchi and A. Zollo, ISBN 978-88-89972-09-0, 2008, pp. 387-394

Macedonio G., Costa A. and Longo A. (2005). A computer model for volcanic ash fallout and assessment of subsequent hazard. *Computers & Geosciences* 31 (2005) 837–845

Bonasia R., Macedonio G., Costa A., Mele D. and Sulpizio R. (2009). Numerical inversion and analysis of tephra fallout deposits from the 472 AD sub-Plinian eruption at Vesuvius (Italy) through a new best-fit procedure. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*

Campbell Scientific (2007). CR200 Series Datalogger, Operator's Manual, Rev. 03/07 (<http://www.campbellsci.com>)

Moxa, Inc. (2008). UC-7408 User's Manual, 5th ed. (http://www.moxa.com/product/UC-7408_Plus.htm)

Falmouth Scientific (2001). Ostar Compass, Electronics 3-axis Compass with 2-axis tilt sensor, Falmouth Scientific, Inc. (<http://www.falmouth.com/DataSheets/ostar2000.pdf>)

Helios Technology. Modulo fotovoltaico policristallino mod. HDT120. (http://www.heliotechnology.com/schede_tecniche/HTB115_135P_ITA_Rev0_09_131109.pdf)

Sonnenschein Batteries. Dryfit A500 series for marine environment. (<http://www.sonnenschein.org/PDF/files/A500.pdf>)

Southwest WindPower. Air-X Marine, 400W Aeolic generator. (http://www.windenergy.com/documents/spec_sheets/3-CMLT-1339-01_Air_X_Spec.pdf)

Cisco. Aironet 1300 Series Outdoor Access Point/Bridge. (http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5679/ps5861/product_data_sheet09186a00802252e1.html)

Tecno.El. Barometro TP800 e sonda di temperatura TT-500 con radiatore. (http://www.tecno-el.it/barometro_TP_800.pdf), (http://www.tecno-el.it/termometro_TT_500.pdf)

Environment Measurements LimiTeD. ARG 100 Aerodynamic raingauge. (<http://www.emltd.net/ARG100.pdf>)

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (<http://www.noaa.gov>)