

NUOVE TECNOLOGIE PER IL MONITORAGGIO E LA GESTIONE DEI GIARDINI STORICI

*Maurizio Romani**, *Bernardo Rapi**, *Piero Battista**, *Francesco Mati^o*, *Laura Bacci**

*Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Biometeorologia – Firenze, Italia.

^oAzienda Piante Mati- Pistoia, Italia

Abstract

Sotto la spinta dei cambiamenti socio-economici e di significativi progressi tecnici, la gestione dei giardini storici e degli spazi verdi in genere, sta vivendo un periodo di forte cambiamento ed evoluzione. Nel tentativo di razionalizzare l'uso delle risorse naturali e umane, nascono nuovi servizi che fanno intravedere la necessità di creare specifiche figure professionali, in grado di colmare in tempi rapidi il divario tra le potenzialità applicative offerte dalle nuove tecnologie e le diverse realtà operative, ancora legate all'uso di pratiche e metodologie tradizionali. Anche nel settore dei giardini e dei parchi storici è giunto il momento di approfondire i temi relativi alla loro conservazione e valorizzazione, che oggi sono strettamente legati a una concreta sostenibilità economica e ambientale delle pratiche di gestione e di promozione. Queste considerazioni sono state alla base di una serie di iniziative e di progetti promossi a livello nazionale ed europeo, che, grazie all'integrazione di strumenti ICT, SMART-Sensors e IA, in alcuni casi si sono concretizzati nella realizzazione di metodologie e soluzioni di grande interesse operativo.

Le procedure e i criteri presentati in questo articolo sono il risultato dell'attività di ricerca e trasferimento tecnologico condotta dal CNR-IBIMET di Firenze negli ultimi dieci anni. Già nella sua versione prototipale, il sistema proposto mostra tutte le sue potenzialità di monitoraggio e supporto alle attività gestionali e manutentive degli spazi verdi, aprendo la strada a una progressiva automazione e virtualizzazione delle procedure (creazione di scenari), elementi essenziali per la successiva valorizzazione e promozione del bene a livello sociale e culturale.

In particolare, oltre allo schema logico del sistema, si discutono alcune tra le funzioni di monitoraggio di maggiore interesse (disponibilità idrica, stato fitosanitario e fenologia), evidenziando quali siano i vantaggi concreti degli operatori del settore nel disporre di informazioni integrate a scale spazio-temporali ottimali per le diverse pratiche.

Keywords

Sistemi di Supporto alle Decisioni, Reti per il monitoraggio ambientale, Modellistica Agrometeorologica, Parchi e Giardini.

1. Introduzione

L'Organizzazione per lo Sviluppo e la Cooperazione Economica (OECD) è l'organismo internazionale nell'ambito del quale si affrontano i problemi economici, sociali e ambientali della globalizzazione. Tra i suoi compiti istituzionali vi è anche quello di fornire un supporto tecnico alle scelte strategiche e gestionali, confrontando esperienze politiche e programmatiche di carattere internazionale. Nel rapporto tecnico intitolato "Smart Sensor Networks: Technologies and Applications for Green Growth" (OECD, 2009b), viene presentato uno stato dell'arte delle reti "intelligenti" per il monitoraggio ambientale (SMART- Sensors), con indicazioni sui settori nei quali hanno trovato applicazione. Anche da questo rapporto, come dai precedenti (OECD 2008a; OECD 2008b, OECD 2009a), risulta

che questi strumenti, uniti a sistemi di supporto o di automazione, rappresentano una componente fondamentale per la programmazione delle attività e la riduzione dell'impatto ambientale.

Infatti le tecnologie dell'informazione (ICTs) stanno giocando un ruolo fondamentale nelle sfide ambientali e produttive, ma la loro efficienza è legata in gran parte all'integrazione di elementi diversi, come le reti di monitoraggio e l'automazione, resa possibile da soluzioni evolute, sia di tipo organizzativo-procedurale sia di tipo modellistico-computazionale (Hart and Martinez, 2006).

Anche in ambito florovivaistico e della gestione del verde si è assistito a uno sviluppo crescente dei sistemi di supporto alla gestione, principalmente dovuto alla disponibilità di diverse tipologie di sensori (ambientali, idrologici, eco-fisiologici, ecc.) collegati a sistemi di valutazione di tipo matematico-statistico o logico-modellistico (Sigrimis N., 2003; Balendonck et al., 2008; Bacci et al., 2007; AQEEL-UR-REHMAN et al., 2011).

Molti sono stati i progetti di ricerca, sia nazionali sia internazionali, e diverse le aziende che hanno creduto e investito nella messa a punto di sensoristica dedicata e di sistemi di supporto alle decisioni, giungendo a soluzioni vantaggiose sotto il profilo economico ed efficienti sotto quello ambientale (Miller and Morrice, 2005; Bacci et al, 2009; Pardossi et al., 2009; Hsin-Yun et al., 2010; Samuri and Ibrahim, 2011).

Il sistema GARANTES, presentato in questo lavoro nella sua forma prototipale, si propone di portare a livello pienamente operativo alcuni di questi elementi, integrando e rendendo coerenti alcuni degli strumenti e delle procedure che si sono mostrate più efficaci e affidabili come supporto alla gestione del verde.

Il Sistema GARANTES

GARANTES¹ rappresenta il primo sistema di supporto alla gestione del verde storico e ornamentale, dedicato a progettisti, operatori e manutentori, in grado di informare l'utenza in maniera discreta e non invasiva (Fig. 1). La rete di monitoraggio prevede l'uso di sensori meteorologici (temperatura e umidità dell'aria, pioggia, radiazione solare, ecc.),

¹ Progetto GARANTES: Gestione Avanzata e controllo Remoto di Aree verdi: Nuove Tecniche per la Sostenibilità. Finanziato dalla Regione Toscana nell'ambito del PSR 2007/13 Misura 124 "Cooperazione per lo sviluppo di nuovi prodotti, processi e tecnologie nei settori agricolo e alimentare e in quello forestale", Comunicazione ai sensi del D.D. 27 gennaio 2011, n.267.

agrometeorologici (bagnatura fogliare, temperatura e umidità del terreno, sensori di PAR), idrologici (pH, EC) e di telecamere per un controllo visivo del verde.

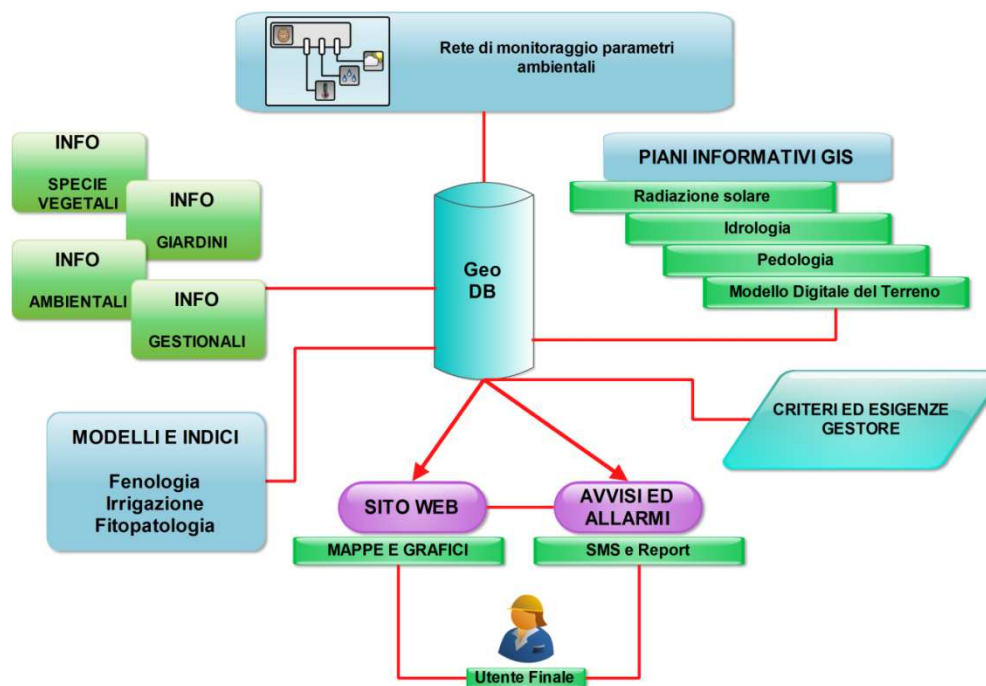


Fig. 1: Struttura generale del sistema GARANTES e sue componenti principali.

Nel sistema, le funzioni sono legate ad una comune base informatica, della quale il database geografico (Geo-DB) rappresenta l'elemento cardine, attorno al quale ruotano tutte le altre componenti. La possibilità di scambiare dati con sistemi esterni porta, inoltre, a prediligere soluzioni basate sulla trasparenza delle procedure e sulla facilità di accesso alle informazioni, a tutto vantaggio della concretezza delle indicazioni prodotte.

L'originalità del progetto risiede nella scelta delle procedure messe a punto per l'integrazione delle diverse componenti, in grado di rendere omogenee valutazioni basate su criteri e presupposti diversi e, soprattutto, di trasmettere al decisore (utente finale), le informazioni necessarie, nei modi e nei tempi richiesti.

2.1 Struttura e modus operandi del sistema

Le principali attività/operazioni supportate dal sistema GARANTES riguardano: 1) il controllo remoto dello stato generale del giardino; 2) la determinazione del rischio fitosanitario per le principali malattie; 3) la caratterizzazione ambientale (rischio gelate,

rischio siccità, ecc.); 4) la programmazione degli interventi (irrigazione, concimazione, sfalcio, potatura, trattamenti fitosanitari, ecc.); 5) la progettazione della rete di monitoraggio. Nella figura 2 sono evidenziati i tre livelli nei quali è suddivisa l'architettura del sistema: infrastrutturale, server e utente. A ciascun livello, una serie di funzioni consente di effettuare i necessari controlli sul suo corretto funzionamento, segnalando anomalie o errori.

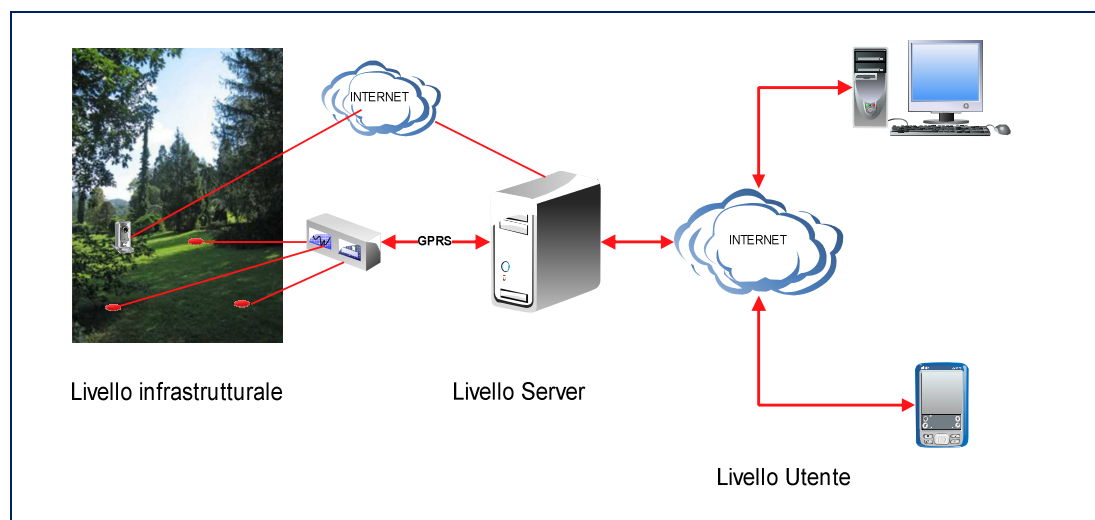


Fig. 2: Livelli operativi del Sistema GARANTES.

2.1.1 Livello infrastrutturale

E' costituito da una rete di sensori, wireless e/o cablati, connessi a un data-logger programmabile, che esegue una verifica della validità dei dati inviati dai sensori, prima del loro trasferimento al server di sistema. Questo modulo può esercitare un controllo anche sul funzionamento di altri sistemi a livello locale, inviando allarmi o agendo direttamente su determinati attuatori, quali le elettrovalvole per la gestione dell'irrigazione (Fig. 3).

Le grandezze rilevate, il numero dei punti di monitoraggio e la frequenza di rilevamento possono essere adattati alle esigenze operative e alle caratteristiche del sito. Tra gli elementi più importanti da prendere in esame per una corretta progettazione della rete, vi sono, oltre all'estensione, le caratteristiche pedo-morfologiche dell'area, la presenza di criticità, il numero e le caratteristiche delle specie vegetali. In aree molto estese e/o morfologicamente complesse, può essere difficile definire il



Fig. 3: Componente wireless: concentratore radio.

corretto posizionamento dei sensori, specialmente se nell'area coesistono numerose microzone o vi si riscontra un'alta variabilità interna.

L'uso di telecamere connesse al server via internet, consente un controllo remoto di tipo visivo dell'area o di particolari elementi d'interesse (es. prati o piante spia). Le immagini raccolte possono anche essere degradate e inviate dal sistema all'utente finale, in caso di necessità, a completamento delle informazioni fornite da sensori e modelli, per una verifica immediata dello stato di salute generale delle piante.

2.1.2 Livello Server

Le funzioni di base del sistema GARANTES sono garantite da una serie di componenti software indipendenti, connesse logicamente all'interfaccia utente generale. Tra queste, le più importanti sono:

- Un framework multithread java, che permette l'interazione con gli utenti e l'elaborazione dei dati in parallelo, per l'invio di avvisi e informazioni;
- Un server WEB Apache Tomcat, per l'accesso al sistema da remoto;
- Un WebGIS basato su Mapserver, per l'analisi spaziale e la visualizzazione delle uscite dei modelli;
- Un database PostgreSQL-PostGIS, contenente informazioni georeferite e criteri gestionali per la caratterizzazione dell'area;
- Una Unità Gestionale, composta da una serie di moduli MatLab, ai quali sono affidate le elaborazioni modellistiche e che regola il flusso dei dati all'interno del sistema;
- Un Modulo Video, denominato "Images Management Unit", in grado di organizzare e archiviare le immagini rilevate da telecamere e apparecchi.

I passaggi previsti per l'impostazione delle funzioni del sistema sono legati alla preliminare individuazione delle zone omogenee dal punto di vista gestionale, funzione delle specifiche esigenze operative e condizione essenziale per la corretta impostazione delle operazioni che s'intende far gestire al sistema.

I moduli forniscono in output report, grafici e mappe visualizzabili tramite interfaccia WebGIS, ma anche avvisi e allarmi che possono essere inviati via SMS all'utente, tramite un SMS gateway (Fig. 4).

Al fine di facilitare la complessa fase d'impostazione e messa a punto del sistema, sono state adottate alcune soluzioni originali e innovative, che hanno riguardato in particolare la progettazione della rete di sensori, la caratterizzazione delle aree d'interesse e i criteri di valutazione delle uscite del sistema.

Queste funzioni, come vedremo nei successivi paragrafi, nella loro apparente semplicità, hanno obiettivi ambiziosi, come garantire un adeguato standard tecnico-scientifico, abbattere e razionalizzare i costi relativi all'acquisto e alla installazione della rete di monitoraggio, ridurre gli errori d'interpretazione delle uscite del sistema e consentirne un uso più consapevole.

Nella scelta dei modelli da implementare nel sistema, in questa prima versione si è cercato di rispondere alle priorità indicate dall'utente finale, privilegiando le soluzioni che consentissero una facile integrazione all'interno del sistema e adattamento alle reali esigenze operative. In generale, si assume che le condizioni ambientali siano alla base dello sviluppo di piante e insetti, determinando l'instaurarsi di condizioni favorevoli o sfavorevoli al verificarsi di determinati eventi o passaggi di fase (Colhoun, 1973; Pautasso et al., 2010; Ma et al., 2011)

Per quanto riguarda le componenti biotiche, per il momento sono stati presi in esame i modelli relativi al rischio di attacco da parte di insetti (afidi, acari, cocciniglie, tripidi) e di malattie fungine (ticchiolatura, peronospora, oidio, ruggine, fumaggine, brown patch, pythium blight), mentre per i rischi abiotici si sono prese in considerazione le condizioni di stress provocate da temperature anomale e carenze idriche.

Per alcuni elementi di particolare interesse, sono stati anche studiati modelli e criteri da adottare per valutare elementi quali la ripresa vegetativa (gradi giorno, gradi ora, indici climatici), l'accrescimento dei vegetali (es. crescita giornaliera del prato) o le loro fasi fenologiche (es. fioriture). La conoscenza di questi elementi, infatti, consente di programmare correttamente gli interventi (tagli, trattamenti, concimazioni, ecc.) e evitare l'instaurarsi di condizioni critiche.

I modelli fitopatologici, in particolare, possono essere utilizzati anche come misuratori del perdurare di condizioni negative per la pianta o favorevoli alla malattia. In alcuni casi,

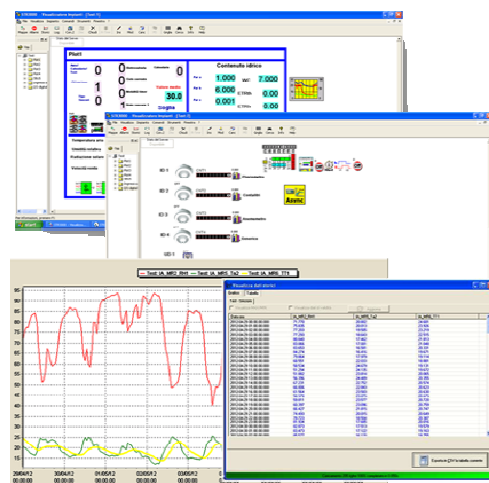


Fig. 4: Finestre di gestione e visualizzazione output a livello server.

invece, l'uso può essere a "prognosi negativa", cioè finalizzato all'ottenimento di informazioni sui periodi nei quali la malattia ha scarsissime (o nulle) probabilità di manifestarsi e, di conseguenza, siano da ritenersi inutili eventuali trattamenti. Altre, infine, appaiono di più difficile gestione e richiedono l'integrazione di metodi diversi, come nel caso della gestione dell'irrigazione (Bacci et al., 2008, Pardossi et al., 2009).

2.1.2 Livello utente

A questo livello avviene l'interazione tra il sistema e gli operatori, compreso l'utente finale, i quali possono accedere da remoto attraverso specifici account, secondo i privilegi concessi dall'amministratore. Un'interfaccia multiplatforma, (PC desktop, Tablet, SmartPhone, ecc.) permetterà la visualizzazione dei dati provenienti dai nodi-sensore, contestualizzati con l'ausilio dei piani informativi, delle uscite cartografiche e delle immagini provenienti dalle telecamere distribuite nei punti strategici dell'area d'interesse.

Il Remote Data Viewer Package fornisce gli strumenti di base per costruire grafici e analizzare serie storiche, visualizzare informazioni mediante tecnologia WebGIS e Shell Internet, sulla base delle uscite dei modelli di analisi. Apposite maschere consentono all'utente esperto di visualizzare lo stato del giardino e di aggiornare il sistema rispetto agli interventi tecnici effettuati, modificando sia le soglie sia i criteri da utilizzare per gli avvisi.

I vantaggi per l'utente, alle diverse scale, dipendono dal grado di automazione dei processi affidati al sistema e dal livello di integrazione raggiunto tra le informazioni di base e i dati raccolti dai diversi sensori all'interno dei moduli di analisi. In generale, il sistema potrà essere messo in grado di comunicare con qualsiasi dispositivo esterno, attraverso la realizzazione di connessioni tra database diversi o specifici moduli software. Per il momento, il carattere prototipale del sistema GARANTES richiede di effettuare a priori la scelta delle componenti esterne usate per il monitoraggio e il controllo.

2. Criteri funzionali e integrazioni modellistiche

In una condizione di tipo complesso, comune nei giardini e nei parchi storici, coesistono elementi vegetali con diverse sensibilità ed esigenze (prato, rosai, siepi, alberature, aiuole, ecc.), piante erbacee e arboree, con diverso portamento (tappezzante o arbustivo).

Su ciascuna area omogenea, secondo i criteri impostati, il sistema applica le proprie analisi, riportando informazioni su terreno, clima, piante ed esigenze gestionali (Fig. 5). L'individuazione di tali aree si ottiene dalla sovrapposizione dei vari piani informativi, tramite "overlay pesato" che consente di definire gli attributi da utilizzare per le successive analisi di tipo modellistico. Vediamo sinteticamente alcuni esempi delle procedure seguite.

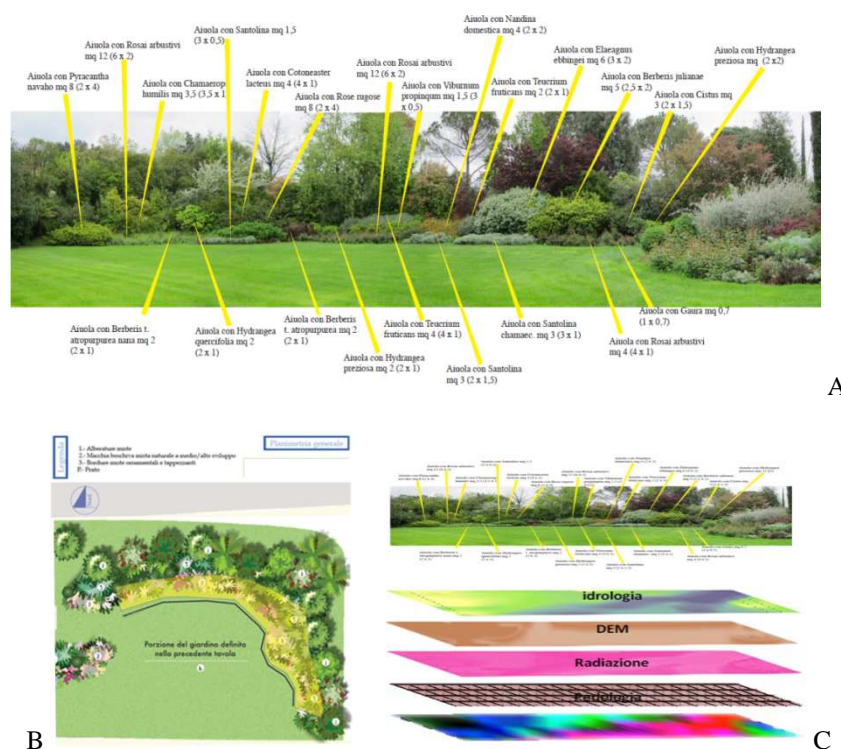


Fig. 5: Elementi vegetali e rappresentazione delle componenti dell'area d'interesse: A) Particolare di giardino – Proprietà Piante Mati, Pistoia; B) Individuazione delle aree omogenee su proiezione planimetrica; C) Completamento dei piani informativi relativi all'area d'interesse.

3.1 Controllo e gestione dell'irrigazione

L'efficienza nella gestione idrica di aree verdi e giardini dipende principalmente dalla tecnica irrigua adottata e dal metodo usato per stimare le esigenze idriche delle piante. L'applicazione di sistemi che integrano sensori e modelli permette di ottimizzare sia la frequenza degli interventi irrigui sia la dose d'acqua da distribuire.

Il sistema adottato impiega due moduli: uno basato sui rilievi d'umidità del suolo forniti da specifici sensori e un altro che prevede l'applicazione di un modello di stima dell'evapotraspirazione di riferimento (ET_o), confrontabile a quella di un prato ben irrigato, a partire dai soli dati meteorologici (Fig. 6).

Il primo, fornisce una misura puntuale della disponibilità d'acqua, mentre il secondo permette di valutare la condizione generale dell'area e l'affidabilità delle informazioni (Bacci, 2008). Nel caso in cui i due valori mostrino differenze ritenute eccessive o non giustificate, il sistema avvisa l'utente via SMS e passa automaticamente alla gestione tramite temporizzatore.

3.2 Avviso di gelata

Durante il periodo invernale, quando la vegetazione è a riposo, i rischi connessi con le gelate sono generalmente limitati, anche se diventano importanti se le temperature raggiunte e la durata del periodo di stress superano le soglie di tolleranza della specie.

In primavera, invece, alla ripresa vegetativa, temperature inferiori a zero gradi centigradi (0°C) possono verificarsi più frequentemente per irraggiamento notturno, con un picco negativo in prossimità dell'alba. Questo tipo di gelate può essere molto dannoso per i giovani virgulti e le piante che sono appena uscite dalle serre. Il modello implementato nel sistema GARANTES si basa su un algoritmo (Brunt D, 1941) per la stima dell'andamento della temperatura notturna, a partire da dati di temperatura e umidità dell'aria al tramonto e dalle osservazioni della nuvolosità e dell'umidità del terreno (Fig. 7). Utilizzando dati di tipo previsionale, per le successive 12-48 ore, tale metodo può essere utilizzato anche per effettuare una valutazione del rischio, utile all'operatore per intervenire e proteggere le piante più sensibili.

3.3 Avvisi fitopatologici

Per ciascuno degli elementi d'interesse, il sistema dispone di un modello specifico, che consente di stimare il rischio di comparsa di un patogeno o il grado di aggressività nel momento in cui questo risulta presente. Prendiamo, ad esempio, il caso della

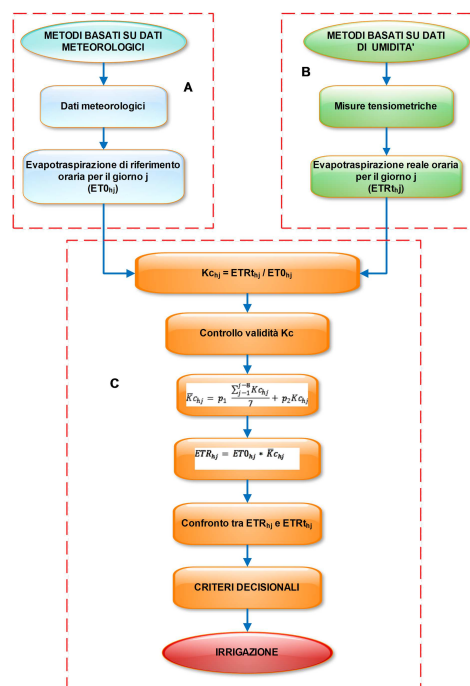


Fig. 6: Schema funzionale dei due sistemi di stima dei fabbisogni idrici, basati su clima e suolo.



Fig. 7: Diagramma di flusso del modello di Brunt.

ticchiolatura, una grave malattia provocata da funghi diversi che si manifesta inizialmente con macchie fogliari e che può portare anche alla morte della pianta. Anche per questi patogeni, lo sviluppo e l'aggressività sono influenzate dalle condizioni meteorologiche e microclimatiche, che possono essere monitorate e utilizzate per simularne il comportamento. Secondo il modello denominato A-SCAB (Rossi et al., 2007), del quale GARANTES utilizza una versione semplificata, disponendo dei dati di temperatura, bagnatura fogliare, umidità e pioggia, è possibile stimare il livello di rischio d'infezione primaria (sviluppo dello pseudotecio) (Fase 1) e, per ciascun rilascio ascosporico, il relativo rischio d'infezione secondaria (maturazione delle ascospore) (Fase 2). Sulla base dello stadio raggiunto dalle ascospore, il rischio viene ricondotto a cinque classi principali, che possono essere messe in relazione a precise combinazioni di temperatura e umidità (Tab.1)

Tab 1: Criteri adottati per la valutazione del rischio di Ticchiolatura.

Livello di rischio	Stato delle ascospore	Condizione
Assente	Non ancora mature	Somma T < Ts; HR < HRs
Potenziale	Mature, ma non pronte per essere rilasciate	Somma T > Ts; GG < GGs; HR < HRs
Reale	Pronte per essere rilasciate in presenza di eventi piovosi	Somma T > Ts; GG > GGs; HR > HRs;
Presente	Rilascio	Somma T > Ts; GG > GGs; HR > HRs, Evento Piovoso
Esaurito	Tutte rilasciate	GG > GGmax

Legenda: T- temperature aria;Ts – soglia di temperatura; GG – gradi giorno; GGs- soglia gradi giorno; GGmax- soglia massima gradi giorno; HR- umidità relativa; HRs – soglia umidità relativa.

Il passaggio da una fase all'altra, è legato al raggiungimento di determinate soglie di temperatura e umidità. Nella fase di "Rischio Presente", solo se vi sono eventi piovosi, si ha il rilascio effettivo delle ascospore. Condizioni favorevoli allo sviluppo del fungo si riscontrano, pertanto, più frequentemente in primavera e in autunno, specialmente se le temperature sono miti e le piogge frequenti.

Le specie vegetali più colpite da questa malattia sono le rosacee (rosa, biancospino, melo, pero, ecc.), ma non ne sono immuni neppure piante ad alto fusto, quali il pioppo e il salice.

3.4 Stadio fenologico e programmazione degli interventi manutentivi

Lo sviluppo dei vegetali è regolato in massima parte delle condizioni ambientali e in particolare dalla temperatura dell'aria e dalla radiazione solare. Gli interventi che, più di altri,

possono trarre vantaggio dalla conoscenza anticipata dell'evento fenologico sono legati all'individuazione del momento di ripresa vegetativa, all'altezza delle piante erbacee e arboree, alla fioritura, ma in linea di principio qualsiasi tipo di intervento (concimazione, taglio, potatura, ecc.) e di trattamento dovrebbe essere fatto tenendo conto dello stato vegetativo e delle reali condizioni della pianta.

GARANTES utilizza sistemi diversi per supportare tali attività: soglie termiche (aria e suolo) e radiative (es. fotoperiodo); Gradi giorno (o gradi ora), ecc. In ogni momento, le indicazioni fornite dai modelli possono essere verificate attraverso un controllo visivo e un intervento diretto sui parametri utilizzati per le simulazioni. Tali operazioni consentono di ridurre significativamente il numero di passaggi da parte dei tecnici che possono intervenire con maggiore efficacia e razionalità.

Per la determinazione del potenziale di accrescimento è stato applicato il modello di Gelernter and Stowell (Gelernter et al., 2005):

$$PA = \frac{1}{e^{\left(\frac{1}{2} \left(\frac{T - T_0}{C} \right)^2 \right)}}$$

dove:

e = Numero di Eulero (2,71828...)

T = Temperatura misurata

T₀ = Temperatura ottimale (es 20°C microterme)

C = Ampiezza della distribuzione (specifico: es 10 microterme)

03

Utilizzando questi criteri, il sistema è in grado di stimare l'effetto delle condizioni meteorologiche sul tasso di accrescimento del prato (Fig. 8) e dare indicazioni sullo stato di benessere del tappeto erboso, utili per individuare i periodi migliori per gli interventi operativi (taglio, concimazioni, trasemina, ecc.) (Fig. 9).

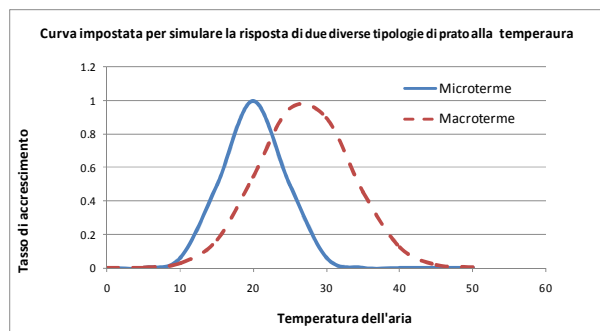


Fig. 8: Simulazione della risposta del prato alle temperature.

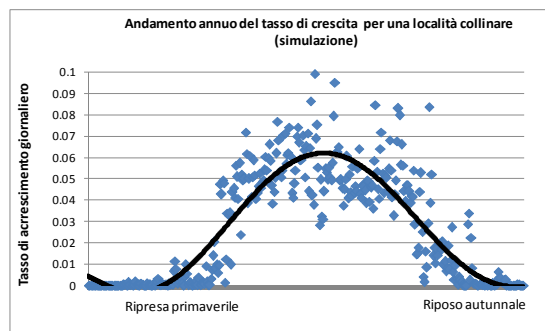


Fig. 9: Stima del tasso di crescita giornaliera durante l'intera fase vegetativa.

3.5 Uscite del sistema e uso dell'informazione

Sebbene le componenti grafiche e d'interfaccia utente debbano ancora essere considerate provvisorie e soggette a modifiche sulla base delle esigenze manifestate dall'utente finale, vi sono alcuni principi di base che possiamo ritenere stabili. Gli elementi guida delle uscite grafiche e testuali del sistema, ad esempio, sono improntate alla salvaguardia dell'immediatezza e completezza dell'informazione, alla facilità d'interpretazione dei risultati e alla semplicità di aggiornamento o modifica.

Al momento, la soluzione scelta prevede, oltre all'invio degli avvisi e degli allarmi ai cellulari e agli indirizzi mail dell'utenza interessata, la presenza di una pagina di accesso via internet, che dopo la selezione del sito d'interesse, dia le informazioni generali e un quadro riassuntivo dello stato di salute dei diversi elementi dell'area.

Le pagine di progetto sono temporaneamente ospitate dal sito biofuturo.net, alla quale i partner autorizzati possono accedere per visualizzare la condizione del sito d'interesse (Fig. 10).

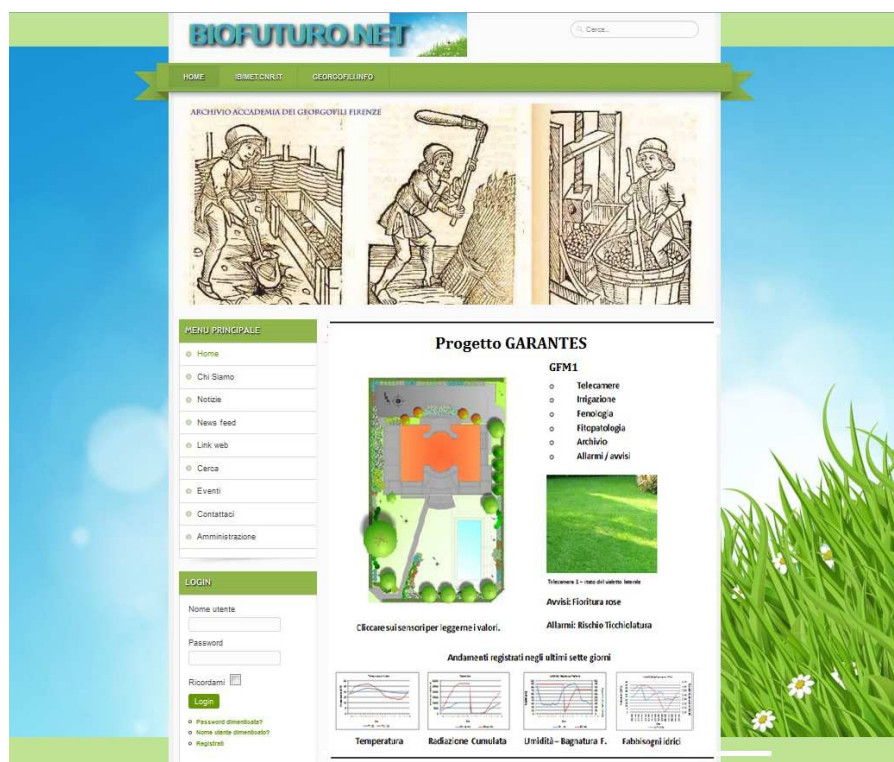


Fig. 10: Pagina principale del sito Biofuturo.net: esempio degli elementi grafici e testuali del sistema GARANTES, visualizzabili dall'utente, dopo la selezione del sito.

3. Conclusioni

Il sistema GARANTES nasce per supportare i fornitori di servizi nella gestione delle aree verdi (giardini e parchi privati o pubblici) e per affiancare il progettista nella realizzazione di un'efficiente rete di monitoraggio ambientale. I dati raccolti dalla rete sono utilizzati per una prima valutazione dello stato generale dell'area e messi in relazione diretta con lo stato e le esigenze dei vegetali. Sulla base di valutazioni di tipo modellistico, confronti tra micro-ambienti simili e analisi statistiche, il sistema può fornire anche previsioni a breve e medio termine, inviando avvisi che consentano di mettere in campo azioni preventive di salvaguardia del verde, al fine di evitare la comparsa di alterazioni morfologiche o colorimetriche e, in alcuni casi, la morte dei vegetali. Immagini e note informative sono messe a disposizione del gestore, per completare il quadro informativo fornito dai report.

Nell'ambito del progetto GARANTES le funzioni del sistema di supporto saranno validate in quattro siti pilota, secondo rigorosi criteri tecnico-scientifici, e sottoposte al giudizio dell'utente finale, che dovrà quantificarne il reale impatto sulle proprie attività, sia in termini operativi che economici.

Dopo la necessaria fase di perfezionamento e messa a punto delle procedure, il sistema GARANTES si propone di fornire una risposta ai problemi legati alla razionalizzazione degli interventi e all'ottimizzazione dell'uso delle risorse (naturali e umane), fornendo indicazioni precise e puntuali sull'effettiva opportunità di intervento o trattamento.

REFERENCES

- AQEEL-UR-REHMAN, ABBASI A. Z., ISLAM N., SHAIK Z. A. (2011). *A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture*, Computer Standards & Interfaces, Elsevier, Available online 3 April 2011
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548911000353>)
- BACCI L., BATTISTA P., RAPI B. (2007). *Sviluppo di un sistema per la gestione automatica della fertirrigazione in ambito florovivaistico*, Relazione scientifica attività 2007 Progetto "ECO-efficienza della gestione IDRICA nel FLORovivaismo: risorse, tecnologie e sistemi per l'ottimizzazione (ECO.IDRI.FLOR), Progetto cofinanziato Mi.P.A.A.F. (Nov. 2007), p. 13.
- Bacci L., Battista P., Rapi B., Sabatini F., Malorgio F., Petrognani L. (2009). *Validazione di un sistema automatico d'irrigazione su piante di Callistemon viminalis coltivate in serra*. Atti del IX Convegno Nazionale Associazione Italiana Ingegneria Agraria (AIIA) "Ricerca e Innovazione nell'ingegneria dei biosistemi agro-territoriali, Ischia Porto, 12-16 Settembre 2009. Memoria 2-35
- BACCI L., BATTISTA P., RAPI B. (2008). *An integrated method for irrigation scheduling of potted plants*, Scientia Horticulturae 116: 89-97.
- BALENDONCK J., HEMMING J., VAN TUIJL B.A.J., PARDOSSI A., INCROCCI L., MARZIALETTI P. (2008). *Sensors and wireless sensor networks for irrigation management under deficit conditions (FLOW-AID)*, In Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering, Hersonissos, Greece, June, 2008.
- BRUNT D. (1941). *Physical and Dynamical Meteorology*. Cambridge University Press 420 pp
- COLHOUN J.(1973), *Effects of Environmental Factors on Plant Disease*, Annual Review of Phytopathology, Volume 11: 343-364.
- GELERNTER W. , STOWELL L. (2005). *Improved overseeding programs, 1. The role of weather*, GCSAA Education Conference in Orlando
<http://www2.gcsaa.org/GCM/2005/march05/pdfs/Weatherrole108-113.pdf>
- HSIN-YUN LEE, HAO-HSI TSENG, MENG-CONG ZHENG, PEI-YING LI (2010). *Decision support for the maintenance management of green areas*, Expert Systems with Applications 37: 4479-4487.
- HART J.K, MARTINEZ K.(2006). *Environmental Sensor Networks: A revolution in the earth system science?*, Earth-Science Reviews Volume 78, Issues 3-4: 177-191.
- MA S., GALINA CHURKINA G., TRUSILOVA K. (2011). *Investigating the impact of climate change on crop phenological events in Europe with a phenology model*, Int J Biometeorol, published on line 31 July 2011.
- MILLER D. AND MORRICE J. (2005). *Decision Support Tools 1- green space access and preference*, In Final Report Greenspace Project, Fifth Framework Programme 1998-2002, p. 81-98.

OECD (2008a). *Towards Green ICT Strategies: Assessing Policies and Programmes on ICT and the Environment*. DSTI/ICCP/IE(2008)3/FINAL. Directorate for Science, Technology and Industry, OECD, Paris.

OECD (2008b). *Measuring the Relationship Between ICT and the Environment*, DSTI/ICCP/IE(2008) 4/FINAL. Directorate for Science, Technology and Industry, OECD, Paris.

OECD (2009a). *Network Developments in Support of Innovation and User Needs*, DSTI/ICCP/CISP(2009)2/ REV1, Secretariat working paper.

OECD (2009b). *Smart Sensor Networks: Technologies and Applications for Green Growth*, DSTI/ICCP/ IE(2009)4/FINAL, OECD Secretariat, December 2009, pag. 48.

PARDOSSI A., INCROCCI L., INCROCCI G., MALORGIO F., BATTISTA P., BACCI L., RAPI B., MARZIALETTI P., HEMMING J., BALENDONCK J. (2009). *Root Zone Sensors for Irrigation Management in Intensive Agriculture*. *Sensors*, 9(4): 2809-2835.

PATUASSO M., DEHNEN-SCHMUTZ K, HOLDENRIEDER O., PIETRAVALLE S., SALAMA N., JEGER M. J., LANGE E., HEHL-LANGE S. (2010), *Plant health and global change – some implication for landscape management, biological review*, Volume 85, issue 4: 729–755.

ROSSI V, GIOSUÈ S., BUGIANI R. (2007). *A-scab (Apple-scab), a simulation model for estimating risk of Venturia inaequalis primary infections*, Bulletin OEPP/EPPO n 37 pp. 300-308.

SAMURI MOHD. BT. A. N., IBRAHIM MS. NOR. K. (2011),). *Wireless Sensor Network (WSN) for Gardening*, System, Section of Communication Technology, Universiti Kuala Lumpur British Malaysian Institute,
<http://www.rps.bmi.edu.my/fyp/submission/S211/Degree/51211208400/uploads/TR-51211208400.pdf>

SIGRIMIS N. (2003). *Sustainable water use in Mediterranean horticulture-HORTIMED*, Plenary presentation in ISHS Conference, Pisa Italy, July 9-12, 2003.

