

Vigneto sperimentale
dotato di sistema di
monitoraggio agro
e microclimatico.

LA VITICOLTURA DI PRECISIONE È WIRELESS

□ FILIPPO S. DI GENNARO**,
ALESSANDRO MATESE*,
LORENZO GENESIO*,
FRANCESCO P. VACCARI*,
FRANCESCO SABATINI*

**UN SISTEMA DI SENSORI
SENZA FILI COLLOCATI TRA
I FILARI PER RILEVARE DATI
MICROMETEOROLOGICI
UTILI ALLA GESTIONE
SITO-SPECIFICA
DELL'APPEZZAMENTO. ECCO
COS'È IL N.A.V., NETWORK
AVANZATO PER IL VIGNETO**

Negli ultimi anni la viticoltura ha subito un rapido sviluppo, raggiungendo un avanzato stadio tecnologico, che ha portato a un nuovo approccio definito con il termine di viticoltura di precisione o sito specifica, che ha come obiettivo la gestione differenziata di varie aree del vigneto al fine di ottimizzare l'impiego delle risorse a disposizione in maniera variabile secondo la loro reale necessità e massimizzare il potenziale enologico in termini sia qualitativi sia quantitativi. Questa esigenza nasce dalla constatazione che in viticoltura, soprattutto in quella collinare, si individuano frequentermen-

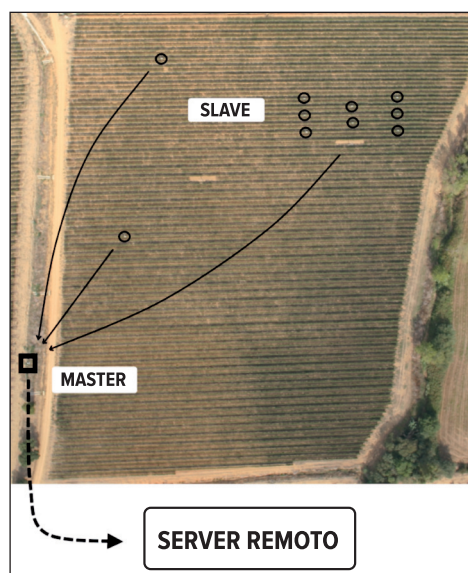
te all'interno di uno stesso vigneto aree contraddistinte da differenti caratteristiche pedologiche, microclimatiche e ambientali: a queste diversità la coltura risponde con differenti stati di espressione fisiologica. Questo nuovo approccio richiede innanzitutto tecnologie e strumenti adeguati per individuare e monitorare nel tempo la variabilità presente all'interno di un vigneto.

Molti sono gli strumenti a disposizione per un'approfondita indagine del vigneto volta a localizzare porzioni omogenee. Un esempio è costituito dall'elaborazione di mappe temati-

che georeferenziate acquisite per mezzo del telerilevamento aereo nel multi-spettrale, a partire dalle quali è possibile produrre mappe delle diverse condizioni di vigoria del vigneto. Le informazioni raccolte permettono di calcolare indici di vigore vegetativo, utilizzati per l'elaborazione di mappe di prescrizione per la diversa intensità delle operazioni colturali all'interno del vigneto, così da permettere l'impiego di macchine operatrici a rateo variabile (VRT - Variable Rate Technology) attraverso la comunicazione GPRS con il GIS aziendale. Altra metodologia che permette la zonazione del vigneto è rappresentata dall'acquisizione multi puntuale dei diversi parametri che ne caratterizzano il microclima.

IL N.A.V.

L'applicazione di sistemi di monitoraggio micrometeorologico senza fili (wireless) nella viticoltura di precisione ha trovato negli ultimi anni un progressivo impiego, tanto da divenire un prezioso supporto alle decisioni agronomiche aziendali. Scopo di questo articolo è quello di illustrare il sistema N.A.V. (Network Avanzato per il Vigneto), uno strumento di monitoraggio delle variabili micrometeorologiche del vigneto che rappresenta



Flusso dei dati dal vigneto sperimentale al server remoto. Trasmissione radio dei dati tra Slave e Master e trasmissione GSM/GPRS dei dati tra Unità Master e Server remoto.

un utile mezzo di supporto all'attività di gestione di aziende vitivinicole di qualsiasi dimensione. Il sistema, progettato e realizzato dall'Istituto di Biometeorologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IBIMET CNR), nell'ambito del progetto di ricerca del Consorzio Toscana, è costituito da una rete di sensori wireless (Wireless Sensor Network – WSN) che forniscono un monitoraggio in real-time da remoto (comodamente consultabile ad esempio da un terminale posto in azienda) dei principali parametri agro e micrometeorologici in varie zone del vigneto.

L'ARCHITETTURA DEL SISTEMA

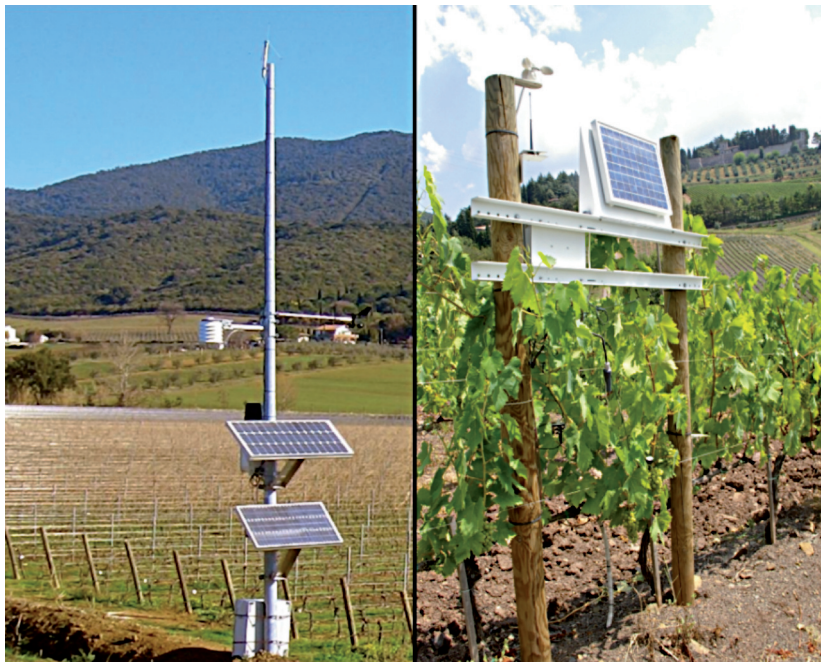
La struttura del sistema N.A.V. si basa su una rete di stazioni meteorologiche wireless costituita da una stazione agrometeorologica base (Unità Master) posta al di fuori del vigneto e da una serie di unità periferiche (Unità Slave) per la raccolta dei parametri micrometeorologici poste all'interno dei filari. I dati collezionati dalle Unità Slave (SU) sono trasferiti per mezzo di un modulo radio all'Unità Master (MU), la quale invia a cadenza quotidiana i dati ricevuti dalle SU e i propri a un server remoto accessibile dall'utente.

Le stazioni utilizzate nel sistema sono completamente autonome da un punto di vista energetico, grazie all'alimentazione fornita da un pannello solare (50W per MU e 9W per SU) con batteria tampone, che insieme garantiscono il funzionamento nei periodi di assenza di radiazione solare. L'unità Master svolge un ruolo primario all'interno del sistema poiché provvede alla gestione delle Unità Slave, all'acquisizione di dati utilizzando il modulo radio e infine alla trasmissione al server remoto mediante un modem GSM/GPRS. All'interno del sistema ogni Unità Master gestisce fino a 20 Unità Slave, con una copertura di segnale radio di 200 m, esten-

I PARAMETRI ACQUISITI							
Unità Master	PARAMETRO		U.M.	Unità Slave	PARAMETRO		U.M.
	1	Data	dd/mm/yy		1	Data	dd/mm/yy
	2	Ora	hh:mm:ss		2	Ora	hh:mm:ss
	3	Temperatura dell'aria	°C		3	Radiazione globale	Wm ⁻²
	4	Umidità relativa	%		4	Temperatura dell'aria	°C
	5	Pressione atmosferica	hPa		5	Temperatura del grappolo	°C
	6	Radiazione globale	Wm ⁻²		6	Temperatura fogliare	°C
	7	Precipitazione	mm		7	Temperatura del suolo - 30 cm	°C
	8	Velocità del vento	ms ⁻¹		8	Temperatura del suolo - 60 cm	°C
	9	Direzione del vento	°		9	Potenziale idrico matriciale - 30 cm	MPa
	10	Numero di acquisizioni	#		10	Potenziale idrico matriciale - 60 cm	MPa
	11	Livello batteria	mV		11	Velocità del vento	ms ⁻¹
	12	Allarme batteria	flag		12	Bagnatura fogliare	# minutes
					13	Livello batteria	mV

Tab. 1 - Output dei dati acquisiti dalle stazioni agrometeorologiche (MU) e micrometeorologiche (SU).

Stazione agrometeorologica o Unità Master (a sinistra) e stazione micrometeorologica o Unità Slave (a destra).



Methods of Observation (World Meteorological Organization, 2008), che rappresenta uno standard internazionale per le stazioni agrometeorologiche. Il sistema è gestito da un software applicativo in grado di ottimizzare il consumo energetico, a livello sia di trasmissione sia di frequenza di acquisizione dati. L'output del programma è costituito da piccoli file di testo che riassumono le caratteristiche dei parametri agrometeorologici acquisiti (tabella 1).

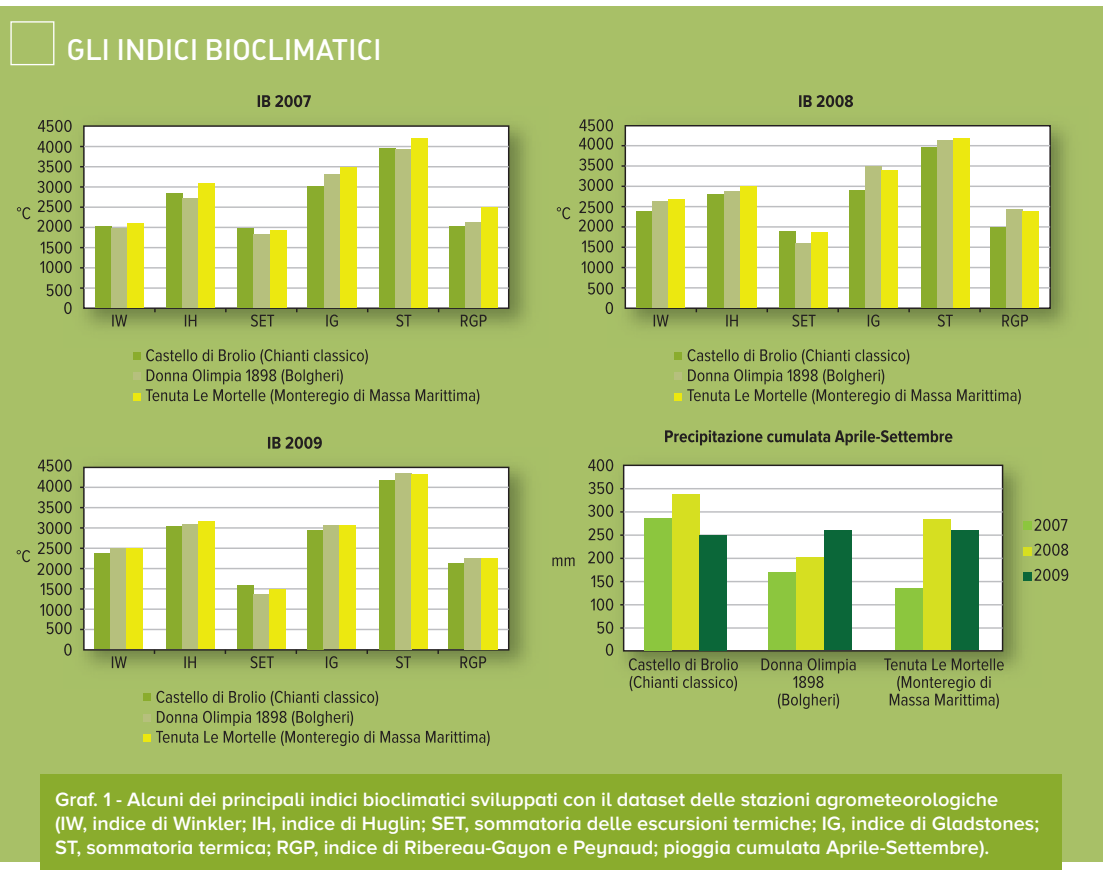
Il software è in grado di generare sia grafici dei dati sia una matrice completa di tutti i dati collezionati, ma anche di calcolare indici bioclimatici come ad esempio indici di Huglin e Winkler (grafico 1).

LA SPERIMENTAZIONE NEL PROGETTO

Il Consorzio Toscana ha sviluppato un progetto di ricerca della durata di quattro anni per rispondere alle istanze qualitative del

dibile con ripetitori di segnale. La stazione Master è equipaggiata con la sensoristica necessaria alla misura dei principali parametri agrometeorologici quali: temperatura e umidità dell'aria, pressione atmosferica, radiazione globale, precipitazione, velocità e direzione del vento. Le unità periferiche (Unità Slave) sono state progettate per essere collocate all'interno della chioma, così da rilevare i parametri relativi al microclima della pianta. Ciascuna stazione è in grado di fornire importanti informazioni sul microambiente in cui cresce la singola pianta.

Vengono forniti infatti dati relativi ai parametri di temperatura della foglia, temperatura dell'aria all'interno della canopy, bagnatura fogliare, radiazione e temperatura interna del grappolo, potenziale idrico matriciale del suolo a 30 e 60 cm e velocità del vento. I sensori sono conformi alla Guide to Meteorological Instruments and



mondo viticolo ed enologico toscano. Uno degli obiettivi del progetto è stato la valutazione dell'effetto di varie tesi di gestione della chioma sul microclima del vigneto e lo studio delle relazioni tra variabili microclimatiche e qualità dell'uva.

In particolare sono stati valutati gli effetti della sfogliatura precoce, del diradamento dei grappoli e della carica di gemme.

I risultati ottenuti dall'analisi climatica sono destinati a essere inseriti in una più ampia e complessa indagine, che consiste nella valutazione multiscala del potenziale enologico del vigneto, al fine di sviluppare nuovi modelli e indici vegeto-produttivi adatti alla gestione sito-specifica del vigneto. In particolare il sistema N.A.V. concorrerà con dati di altre linee di attività del progetto a caratterizzare la variabilità presente all'interno del vigneto e tra vigneti diversi, studiando poi la correlazione tra tale variabilità e l'analisi qualitativa delle uve.

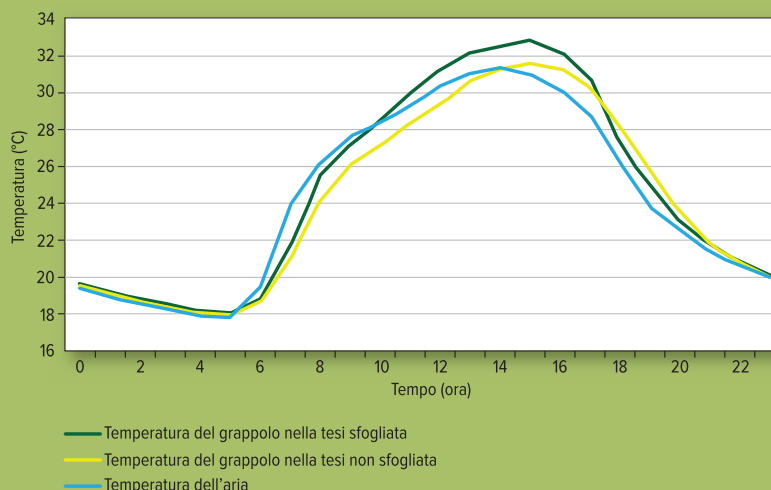
Questo studio permetterà di valutare come diverse tecniche di monitoraggio del vigneto (*remote sensing* e *proximity sensing*), siano in grado di effettuare una zonazione efficace del vigneto finalizzata all'identificazione di diversi livelli qualitativi per orientare sia le pratiche di gestione più appropriate a ogni zona del vigneto sia la vendemmia, tramite l'individuazione di classi omogenee di raccolta.

Con questi obiettivi, il sistema N.A.V. è stato installato e collaudato sui 4 vigneti sperimentali del progetto di ricerca del Consorzio Toscana, in 3 zone a vocazione vitivinicola della Toscana (Chianti Classico, Bolgheri e Maremma Grossetana nella zona del Montereccio di Massa Marittima). In ogni vigneto sono state installate una Unità Master, collocata al di fuori del vigneto in una posizione rappresentativa, e 10 Unità Slave dislocate all'interno dei filari, nelle tesi trattate con le diverse tecniche colturali di gestione della chioma.

RISULTATI INTERESSANTI

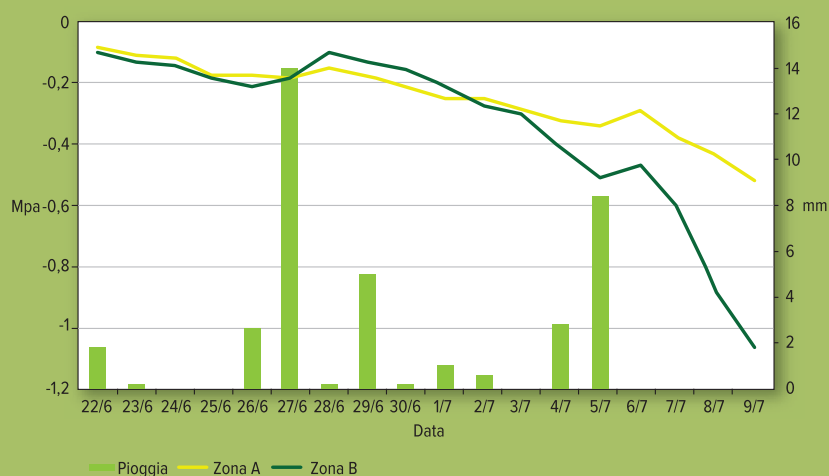
Il sistema si è dimostrato efficace per la caratterizzazione del vigneto a diverse scale. In particolare si riscontra la differente utilità del

LA TEMPERATURA INTERNA DEL GRAPPOLO



Graf. 2 - Influenza dei trattamenti di gestione della chioma sui parametri micrometeorologici (SU): impatto della sfogliatura sulla temperatura interna del grappolo, rapportata alla temperatura dell'aria all'interno della cortina fogliare.

IL POTENZIALE IDRICO DEL SUOLO



Graf. 3 - Grafico che illustra l'influenza delle precipitazioni giornaliere sul potenziale idrico matriciale di due diverse zone del vigneto di Brolio (Chianti Classico).

dato Master e del dato Slave. Il primo viene utilizzato come un tradizionale *Land Indicator*, ossia un dato territoriale rappresentativo del vigneto ma anche di un comprensorio aziendale. Il dato Slave invece rappresenta un *Proximity Indicator* di nuova generazione, che permette di effettuare una zonazione di dettaglio del singolo vigneto. Nel caso specifico della sperimentazione, questo ha permesso di monitorare le diverse parcelle sperimentali caratterizzate da una differente pratica di gestione della chioma.

Attraverso il *Land Indicator* sono stati calco-

lati i principali indici bioclimatici utilizzati nella descrizione di un terroir viticolo, quali Indice di Winkler (WI), l'Indice di Huglin (HI), la somma delle escursioni termiche (SET), la somma delle precipitazioni nel periodo vegetativo aprile-settembre (Papri-set) (grafico 1). Il confronto delle sommatorie termiche nelle annate 2007-08-09 ha messo in evidenza come la località che ospita l'azienda Tenuta Le Mortelle (Montereccio di Massa Marittima) risulti sempre essere quella caratterizzata da temperature medie superiori. Per quanto riguarda invece l'indice della somma del-

Un sistema di ricerca avanzato

La multidisciplinarietà che caratterizza la ricerca viticola del Consorzio Toscana consente di creare sinergie fondamentali per un sistema di ricerca avanzato. Da un lato si indagano gli effetti di diverse tecniche di gestione del vigneto (intensità di potatura del cordone speronato, sfogliatura precoce e diradamento dei grappoli) sull'equilibrio vegeto produttivo della pianta e la qualità delle uve (cfr VQ n. 3/2010, Aprile); dall'altro si mettono a punto e si valutano nuovi metodi di indagine multiscala (dall'analisi multispettrale da foto aerea, alle tecniche di *Proximity Sensing* rilevabili da mezzi mobili all'interno dei filari e infine al monitoraggio micro-meteo delle condizioni climatiche del vigneto e del microclima presente all'interno della pianta, descritto nell'articolo). I nuovi metodi propri della viticoltura di precisione vengono quindi applicati e validati direttamente nella valutazione della prima attività di ricerca. Obiettivo comune alle attività di ricerca viticola del Consorzio Toscana, e ai diversi gruppi che con diverse competenze vi partecipano, è quello di raccogliere informazioni di diversa scala allo scopo di spiegare le interazioni tra la variabilità esistente e la variabilità indotta in vigneto anche ai fini della realizzazione di un modello previsionale a supporto delle scelte gestionali del viticoltore. Il progetto coordinato dal Consorzio Toscana ha come partner scientifici il CNR Ibimet di Firenze, l'Istituto Agrario di San Michele all'Adige-Fondazione Edmund Mach (Trento), il DiProVe dell'Università di Milano, il Disat e il Dipartimento di Statistica dell'Università di Firenze. I quattro vigneti sperimentali (due di Sangiovese e due di Cabernet Sauvignon) si trovano in tre diverse aree a denominazione di Origine della Toscana (Chianti Classico, Monteregio di Massa Marittima e Bolgheri), presso alcune delle aziende vitivinicole socie del Consorzio (Barone Ricasoli-Castello di Brollo, Tenuta le Mortelle di Alessia Antinori e Donna Olimpia 1898).

le escursioni termiche, la pendenza, l'altitudine e la posizione che caratterizzano il vigneto di Brollo lo individuano come soggetto a maggiori escursioni termiche, nel periodo compreso tra invaiatura e vendemmia. Grazie alle stazioni Slave questi indicatori di carattere territoriale possono essere declinati all'interno del vigneto, identificando sottozone che presentano caratteristiche microclimatiche (*proximity indicator*) diverse, sia a causa di condizioni strutturali differenti (vigoria, morfologia, pedologia) sia dovute alle diverse pratiche di gestione della

Sensoristica installata su ciascuna stazione micrometeorologica: a sinistra, elemento per la rilevazione dei parametri di bagnatura fogliare; a destra, elemento per la rilevazione dei parametri di temperatura dell'aria.



chioma che vengono adottate nelle varie parcelle sperimentali del vigneto.

Un esempio di monitoraggio micrometeorologico viene presentato nel grafico 2, in cui è illustrata la variazione della temperatura interna del grappolo, nell'arco di una giornata, in funzione del trattamento di sfogliatura registrato in due parcelle contigue (Vigneto di Brollo).

In questo grafico notiamo come le tesi sfogliate presentino un rapido incremento della temperatura, presumibilmente dovuto all'effetto della maggiore radiazione solare, ma anche un più rapido raffreddamento alla sera, dovuto all'assenza dell'effetto tampone della copertura costituita dalla cortina fogliare.

Un ulteriore esempio è il monitoraggio del potenziale idrico matriciale del suolo in varie zone del vigneto, che fornisce un'indicazione sullo stress idrico. Nel grafico 3 in particolare viene presentato l'andamento del potenziale idrico in due diverse zone del vigneto di Brollo, durante un periodo piovoso tra giugno e luglio dell'annata 2009. Entrambi i terreni delle zone prese in esame (A e B), inoltrandosi nel periodo estivo sono soggetti a un progressiva diminuzione dell'acqua disponibile per le piante. Tuttavia il monitoraggio effettuato dalle Unità Slave, riesce a discriminare le condizioni idriche delle due diverse zone: nella zona B si osserva un più rapido decremento del potenziale idrico del suolo rispetto alla zona A.

PROSPETTIVE INCORAGGIANTI

Il N.A.V. offre una grande semplicità sia in termini di installazione del sistema di acquisizione dati sia nella possibilità di interventi a

posteriori per modificare la tipologia e la posizione dei sensori sulle stazioni senza compromettere l'operatività del sistema. Questa tecnologia si dimostra di grande utilità in vigneto, data la variabilità del suolo e delle condizioni microclimatiche, nel monitoraggio e nella raccolta di dati per una corretta viticoltura di precisione. La mole di dati raccolti dalle stazioni installate, inoltre, grazie all'elevata frequenza di acquisizione, consente di effettuare una caratterizzazione climatica del vigneto ad altissima precisione.

Il sistema N.A.V., sviluppato con finalità di ricerca, offre interessanti possibilità di trasferimento al mondo operativo, come ad esempio una pianificazione mirata e sostenibile degli interventi irrigui a seguito al monitoraggio real-time del parametro potenziale idrico, oppure la previsione di attacchi patogeni grazie al dato di bagnatura fogliare permettendo, se necessario, un tempestivo intervento fitosanitario mirato alle differenti zone del vigneto e riducendo così l'impatto ambientale e i costi aziendali.

*Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto di Biometeorologia (CNR-IBIMET), Firenze

**Consorzio Toscana, Firenze

Si ringraziano per il contributo al progetto Alessandro Zaldei di CNR-IBIMET e Teckna Srl di Firenze nella realizzazione del sistema, Lorenzo Albanese, Giacomo Tagliaferri, Piero Toscano di CNR-IBIMET di Firenze per il loro supporto in alcune fasi del progetto.

Progetto di ricerca finanziato dalla Società Consortile Toscana Srl.