

**6.3 LINEA A2 - VALUTAZIONE MULTISCALA DELLA POTENZIALITA'
ENOLOGICA DEL VIGNETO**

Coordinamento scientifico:	Istituto CNR -IBIMET
Partner scientifico:	DIPROVE - Università di Milano
Partner Scientifico:	IASMA – Ist. Sper. S. Michele all’Adige
Committente e Partner tecnico:	Società Consortile Toscana S.r.l.

Autori del documento e Coordinamento Scientifico:

Dott. F. Vaccari
Dott. L. Genesio:

IBIMET – CNR FIRENZE
Via Caproni n. 8
50145 – Firenze

1) Stato dell'Arte

La viticoltura moderna può essere considerata come una forma di agricoltura di precisione, dove una gestione differenziata tra i diversi vigneti ed all'interno del vigneto è ormai riconosciuta come prerogativa per ottenere una produzione di qualità.

La viticoltura di precisione, quindi, deve necessariamente essere orientata alla comprensione delle interazioni tra vigneto ed ambiente al fine di gestirle per ottenere uve di qualità, che rappresentano il primo requisito per una produzione di vini di qualità. Gestire le pratiche agronomiche in viticoltura come: concimazioni, irrigazioni, potature, lavorazioni, trattamenti antiparassitari, richiede non solo una profonda conoscenza della fisiologia della pianta ma anche quella del territorio e dell'ambiente, in particolare alla luce dei nuovi scenari ambientali dovuti al Cambiamento Climatico ai quali la viticoltura dovrà sapersi adattare.

La tecnologia moderna del monitoraggio ambientale, ha messo a punto molteplici strumenti per la classificazione del territorio quali il remote sensing, le tecnologie di monitoraggio dei parametri meteorologici, i sistemi per la trasmissione, archiviazione ed analisi statistica dei dati, i Sistemi Informativi Geografici e la modellistica. Questi strumenti sono in grado di raccogliere molte informazioni, anche apparentemente difficili da coniugare, e possono essere utilizzati in modo integrato per offrire al viticoltore il quadro più esauriente possibile per indirizzare i propri interventi, volti ad ottenere una produzione di qualità, nel rispetto dell'ambiente e della sua sostenibilità. In particolare la conoscenza del livello qualitativo delle produzioni prima della maturazione è di primaria importanza per pianificare l'attività di vendemmia al fine di indirizzare verso la vinificazione popolazioni di uve che siano il più possibili omogenee.

I sistemi di osservazione remota, sia da satellite che da piattaforma aerea che da supporti terrestri sono destinati a diventare la principale fonte di informazioni per il controllo e la gestione del territorio, permettendo l'aggiornamento continuo dei piani informativi e fornendo un continuo contatto con i cambiamenti del mondo reale (Rijks, 1995). Grazie alle miglorie tecniche ed al contenimento dei costi, questi sistemi sono ormai il *routinario* complemento di molte analisi e procedure di valutazione che vengono svolte con metodologie tradizionali. Le potenziali applicazioni del telerilevamento in agricoltura devono comunque essere valutate sulla base delle caratteristiche dei sensori e dei satelliti, e sulla loro capacità a rappresentare il mondo reale e soddisfare le esigenze operative e le priorità degli utenti finali. In particolare l'applicabilità del telerilevamento (remote sensing) al monitoraggio dei processi ecofisiologici dipende da tre importanti elementi: le caratteristiche elettromagnetiche, la risoluzione spaziale e la risoluzione temporale (Moran *et al.* 1997). Ogni satellite e relativo sensore grazie alle sue peculiarità ha utilizzazioni in campi di applicazione specifici, la tabella seguente riassume i più comuni prodotti da telerilevamento utilizzati in campo agro-ecologico.

SPOT

Campo di applicazione	Parametri/Prodotti	Applicazioni
Terra	Mappe di Indici di Vegetazione Mappe pedologiche e Land use Modelli digitali di Elevazione e Ortofotomappe	Analisi ad alta risoluzione di land use, stima di biomassa e stato idrico delle coltivazioni Gestione della cartografia tematica e planning delle risorse naturali e agricole

LANDSAT TM/ETM+

Atmosfera	Mappe di coperture nuvolose Mappe di Albedo Mappe di Aerosol	Previsioni Meteorologiche, modelli numerici, climatologia previsioni di inondazioni Studi territoriali e Climatologia
Terra	Mappe di temperatura superficiale	Mappe di distribuzione di calore in aeree urbane, analisi ad alta risoluzione, stima di biomassa e

	Mappe di NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) Mappe di classificazione di uso suolo	di vegetazione, mappe di rischio di incendio Gestione delle risorse naturali e agricole
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------

AVHRR-NOAA

Atmosfera	Profili di Temperature e di umidità Mappe di precipitazioni Mappe di copertura nuvolosa	Previsioni Meteorologiche, modelli numerici, climatologia previsioni di inondazioni Climatologia globale, supporto al traffico aereo
Terra	Mappe di temperatura superficiale Mappe di NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) Mappe di classificazione di uso suolo	Mappe di distribuzione di calore in aeree urbane, analisi ad alta risoluzione, stima di biomassa e di vegetazione, mappe di rischio di incendio

ERS-1 SAR products

Terra	Mappe di aree alluvionate G	Gestione di emergenze in aree alluvionate Mappe di danni in aree alluvionate
-------	--------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

Tabella 1 – Principali prodotti ed applicazioni dei satelliti attualmente operativi (Maracchi *et al.* 2000)

Molte applicazioni del telerilevamento dedicate alla gestione ambientale possono essere esportate in viticoltura, come dimostrato da numerosi studi realizzati sulla capacità degli strumenti di remote sensing di orientare il processo decisionale nel vigneto. Un grosso limite alla diffusione operativa di questi strumenti è stato la bassa risoluzione spaziale e temporale dei sensori disponibili

ed il costo delle informazioni. Oggi, l'affinamento dei sensori, l'introduzione di nuove piattaforme di rilevazione ed i costi più contenuti, hanno permesso la diffusione di nuove tecniche di telerilevamento che utilizzano piattaforma aerea o veicolare per il monitoraggio.

La multidisciplinarietà è particolarmente rilevante nella gestione del vigneto a causa dei numerosi fattori che determinano la quantità e la qualità del prodotto finale. I viticoltori cercano solitamente di controllare i fattori più importanti con la consapevolezza che interventi efficaci possono essere realizzati nel corso dell'anno esclusivamente per un numero limitato di elementi, mentre per tutti gli altri le scelte determinanti sono effettuate al momento dell'impianto. Ciononostante un numero rilevante di scelte compiute nel corso dell'anno influenzano in modo determinante qualità e quantità delle produzioni.

Il telerilevamento può supportare l'attività di gestione del vigneto, e questo compito può essere svolto utilizzando direttamente l'informazione prodotta da queste tecniche o integrando i suoi prodotti in sistemi o modelli più complessi (Lorentzos *et al.* 1999). Le prime applicazioni delle tecniche di EO (Earth Observation) volte alla stima della produzione del vigneto derivano dall'elaborazione di immagini acquisite da piattaforma aerea (Wildman, 1979).

Fin dall'inizio delle missioni di EO i maggiori sforzi sono stati orientati alla comprensione delle implicazioni dei cambiamenti delle firme spettrali della vegetazione, nelle diverse bande dello spettro elettromagnetico.

La maggior parte delle informazioni inviate dai satelliti sono estratte ed elaborate per le applicazioni desiderate. Nel caso specifico delle firme spettrali della vegetazione esistono molte procedure ed algoritmi diversi che possono fornire importanti informazioni per l'agrometeorologia e per la fisiologia vegetale, come dimostrato dalla ricca bibliografia su specifici indici vegetazionali.

Il contributo di specifici indici vegetazionali all'agricoltura è stato ampiamente studiato e dimostrato (Asrar *et al.* 1989; Myneni e Williams 1994; Qi 2001, Haboudane *et al.* 2002).

Generalmente gli indici relativi alla vegetazione sono legati alla lunghezza d'onda relativa ai pigmenti fotosintetici nella porzione Rosso del visibile, e all'Infrarosso Vicino per quanto riguarda i cambiamenti morfologici e in sintesi si ricordano:

Vegetation Index

R NIR / R rosso

NDVI

Normalised Difference Vegetation Index

$$(R \text{ NIR} - R \text{ rosso}) / (R \text{ NIR} + R \text{ rosso})$$

dove:

R NIR = Riflettanza nell'infrarosso vicino

R rosso = Riflettanza nel rosso (visibile)

Questi due indici sono i principali tra i molti che sono stati elaborati e messi a punto per scopi e applicazioni diverse così come riportato nei rispettivi lavori di Haboudane *et al.* 2002e di Qi, 2001.

Altre bande oltre alla porzione del visibile (Rosso) e dell'infrarosso vicino, sono utilizzate per caratterizzare le sostanze e materiali più diversi come elementi minerali del suolo, acqua etc.

A partire da questa prerogativa, ovvero di associare a specifiche lunghezza d'onda dello spettro elettromagnetico degli specifici elementi, si comprende come le possibili applicazioni possano essere sempre più complesse e diversificate in funzione delle specifiche finalità di monitoraggio.

La maggior parte dei prodotti da telerilevamento derivano direttamente da indici spettrali che utilizzano le bande del visibile e dell'infrarosso e sono definiti generalmente come VI (Vegetation Index) o SVIs (Spectral Vegetation Indices). Gli indici spettrali vegetazionali (SVIs) sono basati sulla sensitività di ogni banda spettrale a una differente caratteristica della pianta in termini di morfologia, dimensione, composizione chimica, contenuto in clorofilla o altri pigmenti ed efficienza fotosintetica (Asrar *et al.* 1984; Daughtry *et al.* 1992).

Le analisi derivanti dal telerilevamento hanno confermato come gli SVIs siano strettamente correlati con il LAI del vigneto (Grantz e Williams 1993; Dobrowski *et al.* 2002; Johnson *et al.* 2001b; Johnson *et al.* 2003a).

Lo stadio di crescita della vegetazione può essere monitorato attraverso la media di indici che determinano la consistenza dell'apparato fogliare riferita ad una specifica unità di misura di superficie come il LAI (Leaf Area Index), come il

rapporto tra l'area fogliare e la pianta (LAI/pianta) o come il rapporto tra area fogliare e metro lineare di un filare (LAI/m).

Le misure dirette di area fogliare, che comportano comunque una misura distruttiva, sono molto accurate, ma necessitano di impiego di personale che le rende inapplicabili in senso operativo, trovando esclusivamente giustificazione in attività di ricerca scientifica.

Le misure indirette o ancora meglio da telerilevamento offrono un importante contributo a questo tipo di problematica, soprattutto in applicazioni operative dal costo contenuto.

In particolare la relazione tra il valore dell'NDVI ottenuta dalle immagini satellitari di Ikonos ed il LAI ha dimostrato di avere un comportamento lineare con un ottimo grado di correlazione (r^2 compreso tra 0.91 e 0.98) (Johnson, 2003). Oltre a questa importante correlazione di questi due parametri, lo studio, ha anche messo in evidenza come questa risposta sia stabile nel tempo e quindi come sia possibile ottenere mappe di LAI a partire da immagini satellitari ad alta risoluzione per tutto l'arco temporale vegetativo della vite.

In ogni caso, per ottenere un risultato affidabile, è comunque necessario, prima della formulazione di un indice sintetico, procedere ad una serie di campionamenti distruttivi direttamente in campo, che possano servire per una calibrazione dell'indice. La consistenza e la natura dei campionamenti diretti deve essere necessariamente definita in base alla variabilità statistica del fenomeno da misurare.

Alcune differenze nella firma spettrale delle caratteristiche della foglia e della fenologia, come il rapporto forma e dimensione, suggeriscono che è possibile discriminare tra questi elementi anche attraverso mappe dedicate, utilizzando tecniche di telerilevamento. Le differenze comunque in molti casi possono essere talmente piccole che la risoluzione delle immagini satellitari non riescono ad evidenziarle. Per ovviare a questo problema, si può ricorrere all'uso combinato di diversi sensori o alla tecnica iperspettrale (Hall *et al.* 2001).

Immagini da VHR (Very High Resolution) sono state recentemente utilizzate per produrre mappe di densità del vigneto utilizzando l'indice di area fogliare LAI (Johnson *et al.* 2001a; Johnson *et al.* 2003b).

Castagnoli e Dosso (2001) forniscono nel loro lavoro una review delle tecniche da Remote Sensing (RS) che possono essere applicate con successo nella viticoltura. Nel loro lavoro presentano una sperimentazione in diversi momenti del ciclo vitale della vite prendendo in considerazione numerosi parametri qualitativi.

Prendendo come base l'elaborazione dell'NDVI è possibile calcolare una serie di parametri secondari che possono essere quindi utilizzati come dati di input per modelli di simulazione di crescita, come l'evapotraspirazione e l'efficienza fotosintetica (Myneni *et al.* 1997)

L'interesse nell'uso dei dati EO direttamente implementati in modelli ecofisiologici ha indotto la NASA a sviluppare un sistema semi-automatico chiamato TOPS (Terrestrial Observation and Prediction System), in grado di assimilare dati satellitari in modelli spaziali che in tempo quasi reale restituiscono mappe che possono aiutare i viticoltori nella gestione del vigneto e delle operazioni colturali (Nemani *et al.* 2003) relativamente a :

- Mappa di Uniformità dei vigneti: deriva dal coefficiente di variazione (Deviazione standard / media * 100) dell'NDVI. Questa mappa può assistere il viticoltore nell'identificazione di differenti aree, all'interno dello stesso vigneto che necessitano una differenziazione delle operazioni colturali.
- Mappa del Bilancio del Vino: prende in considerazione il bilancio tra l'apparato fogliare e la produzione di uva, fondamentale per ottenere una produzione di qualità (Iland *et al.* 1995; Smart, 2001). Le ricerche in questo settore suggeriscono che nei climi freddi il rapporto deve essere pari a 1 ovvero 1 m² di foglie per 1 kg di uva prodotta (Smart, 2001). Generalmente i produttori sanno qual è il rapporto migliore per ogni vigneto. La mappa in questo caso fornisce un'indicazione con un grado di risoluzione inferiore al metro (0.75 m) che può facilmente trovare numerose applicazioni operative.
- Mappa di Bilancio idrico - L'irrigazione è una normale pratica in alcune aree di coltivazione della vite e soprattutto in occasione di alcune specifiche operazioni colturali come l'impianto o il soccorso da una siccità prolungata. La quantità di acqua da distribuire e la durata dell'irrigazione,

sono due parametri decisivi per ottenere una produzione di qualità, in quanto in determinate fasi fenologiche un moderato stress idrico, può far aumentare la qualità del vino (stress controllato), senza che questo pregiudichi la vita stessa della pianta. Il telerilevamento può essere efficacemente applicato per monitorare lo stato idrico della pianta (Apostol *et al.* 2003). Johnson e collaboratori (2003b) hanno messo a punto un semplice bilancio idrico (Vineyard Soil Irrigation Model, VSIM) per facilitare la pianificazione delle operazioni di irrigazione. Il modello simula il bilancio idrico su base giornaliera o stagionale come funzione del LAI, delle condizioni meteorologiche, del tipo, della profondità del suolo e della tessitura del terreno e della profondità delle radici.

Esiste una ricca bibliografia che testimonia come studi finalizzati alla ricerca di indici specifici legati alla viticoltura non tengano ben presente la risoluzione spaziale necessaria per applicazioni tipo precision farming, così come dimostrano i lavori di Wildman 1979; Minden e Philipson, 1982, o i lavori di Trolier *et al.* 1989; Lobitz *et al.* 1997 basati sull'uso di dati Landsat. A seguito di ciò, l'uso di immagini digitali da piattaforma aerea sta rapidamente diffondendosi, in quanto questa tecnologia è in grado di evidenziare lo stadio di crescita, la fase fenologica ed è quindi in grado di supportare decisioni di gestione del vigneto anche a livello operativo (Lamb, 2000).

Oggi grazie al telerilevamento da aereo è possibile colmare numerose lacune dei sistemi esistenti ed in particolare:

- lavorare a risoluzioni elevate, dell'ordine delle decine di centimetri potendo così discriminare l'informazione proveniente dallo spazio interfilare rispetto a quella della vegetazione;
- scegliere con maggior esattezza la tempistica dei passaggi aerei, svincolandosi dalla cadenza spesso inadeguata delle rilevazioni satellitari, che incorrono inoltre nei problemi dovuti alla copertura nuvolosa;

La viticoltura moderna, che si basa su produzioni di elevato standard qualitativo può trarre grande vantaggio da questo contesto tecnologico riuscendo ad assicurare un controllo più completo di tutte le fasi della filiera produttiva. Va ricordato, infine, che ad oggi gli indicatori di produzione e qualità interferiscono tra di loro anche se queste relazioni variano significativamente tra un vigneto e

l'altro e spesso all'interno dello stesso vigneto (Holzapfel *et al.* 1999, Holzapfel *et al.* 2000). A ciò si aggiunge che frequentemente le aree a bassa ed alta produttività all'interno di un vigneto rimangono stabili nel tempo, così da suggerire un significativo ruolo delle condizioni ambientali, soprattutto pedologiche, sulla variabilità (Bramley *et al.* 2000).

Infine, per ovviare ad alcuni limiti operativi del telerilevamento da satellite ed aereo, si sta rapidamente diffondendo, negli ultimi anni, il proximity sensing o telerilevamento vicino, ovvero quella tecnica che utilizza strumenti analoghi a quelli montati sulle piattaforme satellitari e aeree, ma installati su trattori o macchine per un rilevamento a distanza internamente al vigneto. A questo proposito si cita l'esperienza di alcuni ricercatori in Nuova Zelanda che hanno dimostrato l'esistenza di un legame tra le misure della parete verde, realizzate con spettroradiometri portatili e la qualità dell'uva attraverso la relazione con l'architettura della parete (Praat e Irie, 2003; Praat *et al.* 2004). Le informazioni raccolte con il proximity sensing unitamente alla grande diffusione dei sistemi globali di posizionamento (GPS) ha permesso di trasferire le acquisizioni del telerilevamento anche alle rilevazioni dirette in campo. A questo proposito la conoscenza esatta della localizzazione dei rilevamenti in campo, attraverso le tecnologie GIS, ha permesso ai viticoltori di utilizzare in modo integrato le informazioni telerilevate con le misure rilevate sul vigneto (Taylor, 2000).

2) Obiettivi del programma di ricerca

L'obiettivo dell'attività A2. "Valutazione multi-scala della potenzialità enologica del vigneto" è di sviluppare indici qualitativi per la diagnosi precoce della potenzialità enologica del vigneto.

L'obiettivo sarà raggiunto mettendo a sistema il proximity e remote sensing, correlandoli con i campionamenti di qualità delle uve e con i dati ed informazioni derivanti dall'attività A.1 e producendo dei nuovi indici vegeto/produttivi precoci in grado di distinguere in classi di qualità le uve prodotte.

Nel corso di questa linea di ricerca si prevede di

- analizzare la variabilità interna e tra i vigneti attraverso gli strumenti di telerilevamento e la caratterizzazione topoclimatica e pedologica;
- calibrare tra di loro gli strumenti di telerilevamento alle varie scale;
- integrare i risultati con le analisi di tipo ecofisiologico e micrometeorologico svolte nel modulo A1 e confrontare la variabilità ottenuta con le analisi di qualità delle uve verificando la capacità degli strumenti telerilevati di discriminare effettivamente i livelli qualitativi;
- definire in seguito a questa indagine dei nuovi indicatori telerilevati delle potenzialità enologiche;
- modellizzare questi indici nel corso della stagione agricola in funzione dei parametri meteorologici grazie al monitoraggio meteorologico e micrometeorologico del vigneto al fine di valutare la variabilità dovuta all'annata;
- testare la validità degli indici arrivando ad orientare la vendemmia tramite l'individuazione di classi omogenee di raccolta.

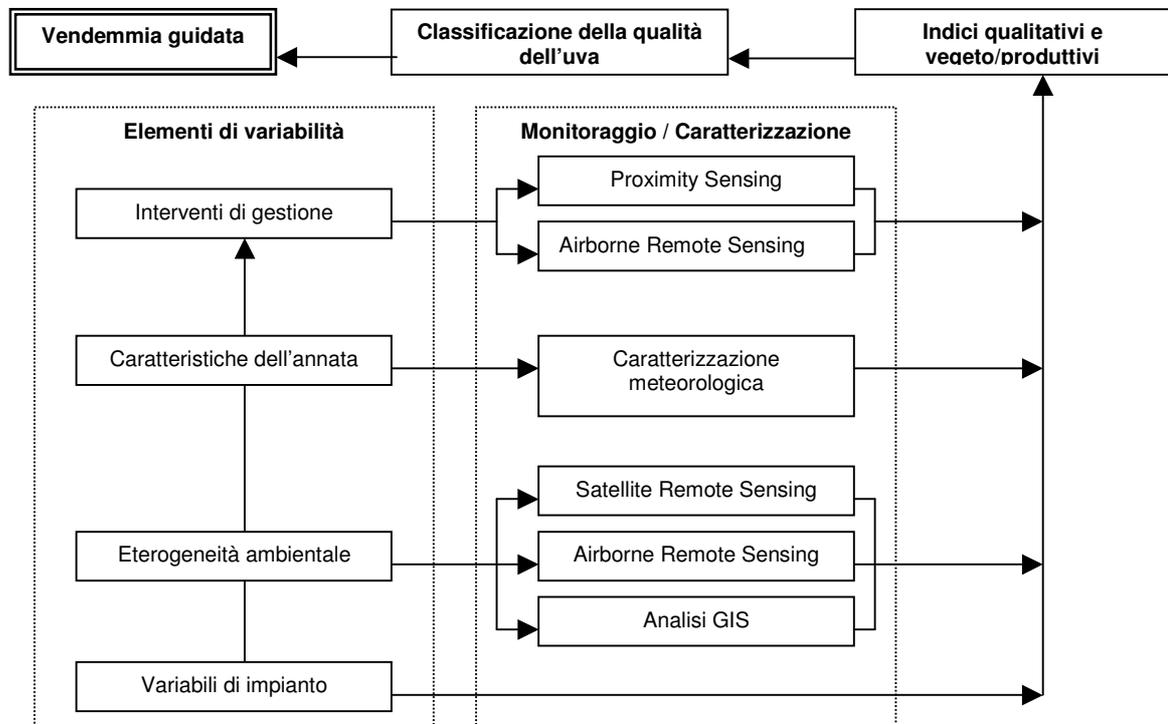
3) Approccio metodologico

L'obiettivo perseguito integrerà le attività di caratterizzazione e monitoraggio svolte in A1, approfondendo lo studio degli elementi che provocano variabilità nel vigneto, in primo luogo quelli fissi ovvero le variabili di impianto, le variabili dovute alle eterogeneità ambientali determinate da morfologia e pedologia, e successivamente le variabili legate all'annata ovvero quelle meteorologiche ed infine quelle legate alle pratiche di gestione della chioma.

In questa linea di attività viene infatti caratterizzato il primo livello di variabilità inserito nel disegno sperimentale: quello dovuto alla località. Infatti, dalla replica del disegno sperimentale in diverse località (quattro vigneti sperimentali) verrà identificata la variabilità dovuta alle condizioni ambientali (pedologia, clima, morfologia, impianto) e sarà quindi possibile formulare delle ipotesi circa la replicabilità ed effetto delle tecniche di gestione della chioma in diversi ambienti. A questo scopo la variabilità fissa sarà caratterizzata attraverso uno studio di classificazione territoriale relativamente ai parametri pedologici, morfologici e climatici che permetterà di evidenziare sia le disomogeneità all'interno dei singoli vigneti che le differenze tra i vigneti sperimentali.

La caratterizzazione della stagione sarà invece realizzata grazie al monitoraggio dei parametri meteorologici grazie all'installazione di una piccola rete di stazioni meteo dedicate. Questa rete integrerà inoltre le informazioni di carattere micrometeorologico raccolte nel corso della linea di ricerca A.1.

Il diagramma sottostante illustra come i vari strumenti si integrano per caratterizzare gli elementi della variabilità.



La caratterizzazione dei vigneti sperimentali, che avverrà sia relativamente ai vigneti del disegno A1 che quelli del disegno B.1.1, sarà realizzata in modo da organizzare tutte le informazioni in piani informativi georiferiti e gestiti da un database. Si ritiene, infatti, che la corretta archiviazione dei dati sia fondamentale al fine di facilitare e velocizzare le analisi e l'incrocio dei piani informativi, soprattutto nelle fasi di post e back processing.

È importante sottolineare che l'attività di caratterizzazione è propedeutica all'installazione del disegno sperimentale. La caratterizzazione preliminare, dovrà permettere, infatti, di valutare l'eterogeneità interna alle aree sperimentali al fine di orientare la localizzazione delle repliche, evitando che la variabilità all'interno del vigneto interferisca con quella dovuta alle tesi sperimentali di gestione della chioma. A questo scopo saranno effettuate delle rilevazioni preliminari tramite il telerilevamento aereo per evidenziare eterogeneità macroscopiche all'interno dei vigneti.

Le attività previste permetteranno inoltre di utilizzare dati telerilevati digitali multispettrali raccolti dal proximity e remote sensing per la stima del LAI dei

vigneti sperimentali. Tale stima è già stata dimostrata possibile in numerosi casi di studio in diversi ambienti con caratteristiche climatiche simili alle nostre, come la Spagna (Montero *et al.*, 1999), la California (Johnson *et al.*, 2003), e l'Australia (Metternicht, 2003). In questi casi si è in genere sfruttata la forte correlazione esistente fra indici spettrali come l'NDVI e il LAI delle parti verdi delle viti (Baret e Guyot, 1991, Bannari *et al.*, 1995). Tuttavia l'utilizzo di simili metodologie nei nostri ambienti è complicato dalla loro estrema frammentazione e dalla variabilità spaziale tipica della Toscana. In particolare, nel nostro caso specifico esistono due notevoli problemi legati a:

1. l'effetto topografico derivante dalle irregolarità del territorio, che causa grosse complicazioni nella geometria di illuminazione e di ripresa delle immagini e quindi nella loro successiva correzione;
2. la notevole eterogeneità della struttura dei vigneti, con particolare riferimento alla combinazione fra filari ed interfilari e alla diversa manutenzione di quest'ultimi. Risulta infatti chiaro come il segnale derivante dagli interfilari possa costituire una fonte di disturbo da ridurre o, se possibile, da eliminare ai fini della determinazione del LAI delle viti.

Il monitoraggio del vigneto, alla luce di quanto presentato, nel corso della stagione sarà effettuato con sistemi di telerilevamento a varie scale dal proximity sensing al remote sensing.

Proximity sensing

Saranno utilizzati strumenti per il telerilevamento vicino che serviranno da un lato per orientare le scelte metodologiche del telerilevamento lontano e validarne i risultati, dall'altro per affinare delle metodologie di diagnostica della qualità dell'uva basate sul telerilevamento su piattaforma veicolare.

Gli obiettivi del modulo sono:

- 1) determinare come le informazioni ottenute dagli indici di vegetazione derivati dall'elaborazione delle immagini telerilevate, siano correlate con lo stato delle piante e la qualità dell'uva;
- 2) verificare la possibilità di realizzare un sistema di controllo e stima della qualità dell'uva, basato su telecamere montate su mezzo mobile.

Gli aspetti più specifici da analizzare saranno i seguenti:

- Validità temporale delle immagini rilevata da aereo: individuazione di alcuni punti campione (4) sui quali acquisire 1 o più immagini giornaliere tramite telecamere fisse, installate a circa 10 m d'altezza, in grado di fornire indicazioni confrontabili con quelle prodotte dall'aereo (range 380-1100, con quattro bande RGB + NIR);
- Studio della variabilità verticale del vigneto (analisi della spalliera), tramite telecamera, termocamera e rilevamenti a terra (analisi spettrale, LAI, dimensione delle piante, ecc.), principalmente finalizzati alla comprensione :dei seguenti aspetti:
 - o effetto degli interventi (potatura, diradamento, ecc.) sulla radiazione interna al vigneto;
 - o relazioni esistenti tra dati rilevati tramite proximity sensing e qualità dell'uva.
 - o rappresentatività dell'immagine aerea nella descrizione della variabilità verticale del vigneto;
- Rilevamento della verità a terra e descrizione della variabilità spaziale, tramite misure e osservazioni da effettuarsi in corrispondenza dei passaggi aerei;
- Osservazioni mensili sulle tesi sperimentali sulle quali si effettuano tutte le misure previste dal piano sperimentale originale per determinare le potenzialità applicative di strumenti di proximity sensing (telecamere) montati su mezzi mobili.
- Possibilità di automatizzare le procedure di analisi delle immagini ed estrazione delle informazioni, tramite software proprietario.

Gli elementi che verranno presi in esame nel corso delle campagne di misura e studiati durante tutta la fase sperimentale riguarderanno in particolare:

- Variabilità temporale della biomassa e del LAI;
- Firma spettrale degli elementi del vigneto (piante, suolo, foglie, grappolo, ecc.)
- Efficienza fotosintetica;
- Densità della parete;

- Individuazione di aree di scarso vigore;

Dalle immagini ottenute tramite proximity sensing, saranno estratti vari indici vegetazionali, quali:

- RVI (Ratio Vegetation Index) – $RVI = NIR/R$ – il valore di questo indice cambia da circa 1 per il suolo nudo a più di 20 per la vegetazione densa;
- NDVI (Normalised Vegetation Index) – $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$; varia tipicamente tra zero e 1 (0.8 per la vegetazione densa);
- PVI (Perpendicular Vegetation Index) – $Rad.q [(R_{soil} - R_{veg})^2 + (NIR_{soil} - NIR_{veg})^2]$
- SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) – $[(NIR - R) / (NIR + R + L)] \times 1 - L$ (L ≈ 0.5)

I dati disponibili, raccolti in A.1. saranno correlati con i prodotti ottenuti dall'attività di proximity sensing, al fine di definire un indice sintetico di previsione della qualità dell'uva.

Sarà impiegata la sensoristica seguente:

- Termocamera per il monitoraggio e per la determinazione delle relazioni tra temperatura delle foglie e del grappolo.
- Spettroradiometro per la raccolta della firma spettrale di foglie e grappolo nel corso della stagione. Questo strumento è fondamentale per identificare le bande che verranno impiegate nel telerilevamento multispettrale da aereo e nell'identificare i rapporti funzionali tra la risposta spettrale della parete del vigneto e quella rilevata dall'alto.
- Telecamera fissa e mobile (visibile-1300 nm).

Remote sensing

Il remote sensing da aereo e satellitare permetterà di derivare degli indici vegetazionali che verranno in seguito correlati con le misure in proximity ed infine con la qualità dell'uva.

Le rilevazioni eseguite tramite il telerilevamento aereo serviranno per validare le informazioni rilevate tramite lo studio satellitare e dunque per valutare l'esportabilità degli indici ottenuti a scale più vaste. Si è ritenuto che l'utilizzo del telerilevamento aereo sia il più appropriato in termini di risoluzione di analisi e di flessibilità nella pianificazione delle campagne di misura al fine del monitoraggio del vigneto. Inoltre le risoluzioni che saranno impiegate anche nel multispettrale (0.30 - 0.50 m) consentiranno di risolvere in modo significativo la problematica dell'influenza dell'interfilare nella risposta spettrale.

Questa attività sarà basata sull'impiego del velivolo SkyArrow ERA (Environmental Research Aircraft) come piattaforma per le azioni di telerilevamento. Il velivolo di proprietà di IBIMET CNR è equipaggiato con i seguenti sensori:

- Sensore multispettrale
- Camera termica

Le caratteristiche tecniche della sensoristica e del velivolo sono descritte in allegato 3.

Per quanto riguarda la parte di RS verranno acquisite le scene dei satelliti Ikonos e Quickbird dei vigneti sperimentali (risoluzione di 60-100 cm in pancromatico, 2.5-4 m in multispettrale).

La catena di elaborazione della parte di remote sensing si strutturerà come segue:

1. Pre-elaborazione delle immagini (georeferenziazione e correzione topografica).
2. Eventuale integrazione di pancromatico e multispettrale.
3. Classificazione delle immagini per separare il contributo dei filari da quello degli inter-filari.
4. Calcolo dei principali indici di vegetazione (NDVI, SAVI).
5. Individuazione di algoritmi specifici, per l'individuazione dei filari, la stima dei parametri morfologici (LAI) e di quelli più legati alla qualità dell'uva.

6. Messa a punto di una metodologia operativa, finalizzata alla caratterizzazione delle diverse aree del vigneto e alla previsione qualitativa.

Uno degli aspetti scientifici salienti di questa linea di ricerca consisterà nella inter-calibrazione degli strumenti di telerilevamento a varie scale. In particolare si cerca, attraverso questa attività, di comprendere quali sono i legami tra parte vegetativa e l'uva, ovvero tra le caratteristiche telerilevabili della foglia e quelle del grappolo, ed in conclusione come sia possibile usare i parametri rilevati sulle foglie come proxy dell'equilibrio vegeto-produttivo.

A questo proposito le rilevazioni in proximity sensing della parete verticale del vigneto effettuate su foglie e grappolo, che consentono di accoppiare la risposta spettrale al reale equilibrio vegeto/produttivo, saranno correlate con le rilevazioni del telerilevamento aereo, al fine di evidenziare quali caratteristiche di risposta spettrale della vegetazione telerilevata dall'alto, possono fornire indicazioni della firma spettrale del grappolo. La comprensione di questa relazione è infatti fondamentale per arrivare ad estrapolare le informazioni sul grappolo a partire dalle immagini del telerilevamento aereo (Hall *et al.*, 2002).

In considerazione del fatto che le immagini da aereo verranno acquisite ad intervalli, dettati dagli stadi fisiologici e dal grado di maturazione dell'uva, sarà necessario modellizzare l'evoluzione della vegetazione nel periodo tra due misure attraverso i seguenti punti noti:

- parametri meteorologici rilevati dalle stazioni;
- misure di proximity sensing in continuo.

Al fine di tradurre le informazioni telerilevate in indici di qualità dell'uva e di validare la loro efficacia sarà poi fondamentale l'integrazione con le informazioni provenienti dalle campagne di rilevazione di qualità dell'uva che saranno svolte a livello dei vigneti sperimentali dal modulo A.1. e B.1.1

In particolare, le rilevazioni relative al modulo A.1. permetteranno di studiare approfonditamente le relazioni tra le tecniche di gestione ed i parametri rilevati con il proximity sensing e di correlare questi ultimi con i risultati delle indagini ecofisiologiche volte alla valutazione qualitativa.

Le rilevazioni svolte sulle superfici interessate dagli esperimenti B.1.1 consentiranno di studiare le relazioni esistenti tra proximity sensing e airborne RS sulla base di superfici di analisi più vaste e dunque maggiormente rappresentative.

Il diagramma 3 illustra i rapporti funzionali tra le varie tecniche/campagne di rilevamento che saranno integrate nel corso dell'attività di calibrazione multiscala.

Il risultato finale atteso da questa linea di ricerca è l'orientamento delle operazioni di raccolta sulla base della caratterizzazione della qualità enologica delle uve.

Nel paragrafo successivo sono descritte le attività specifiche che saranno realizzate per l'implementazione dell'approccio metodologico descritto.

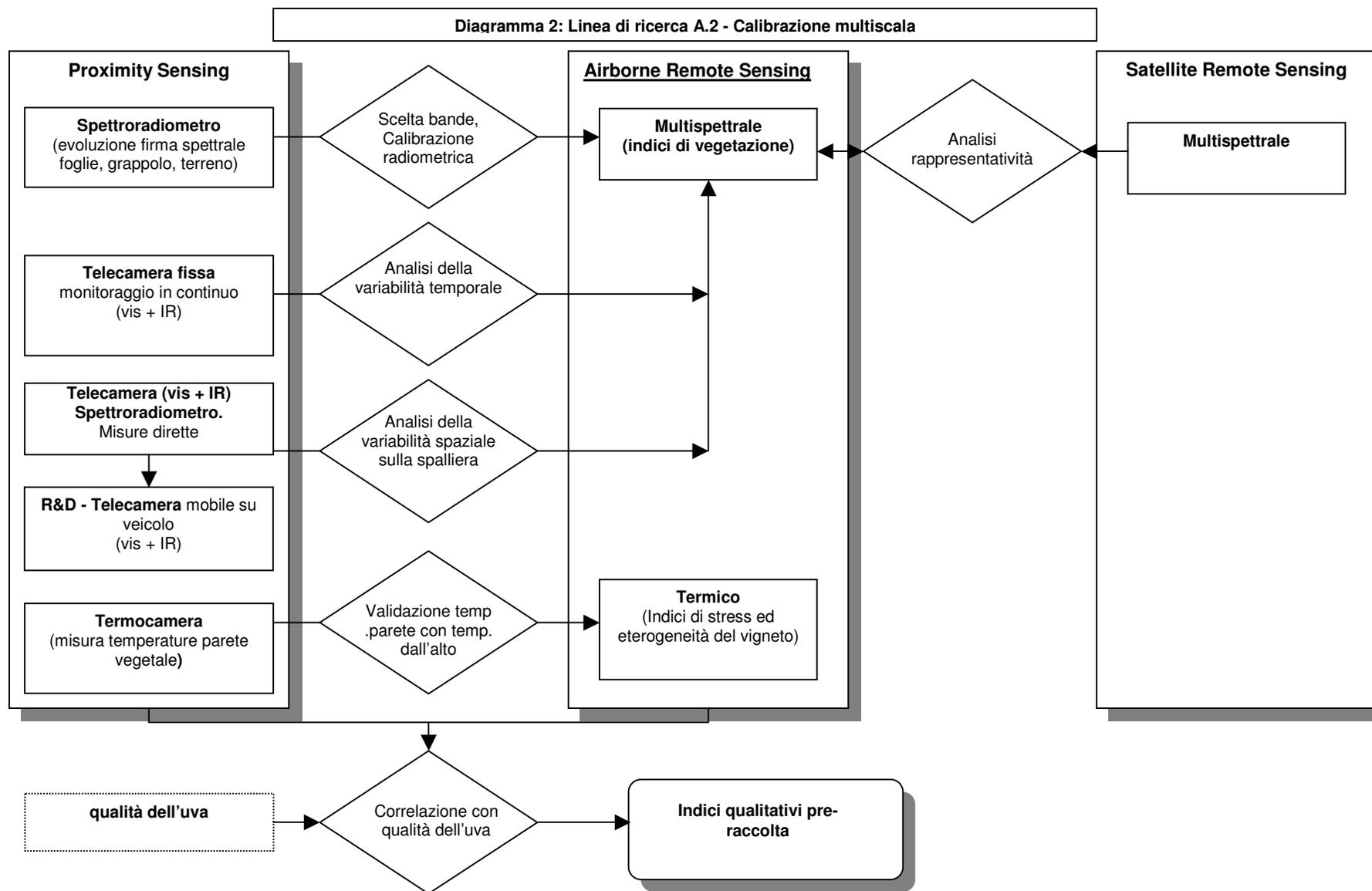
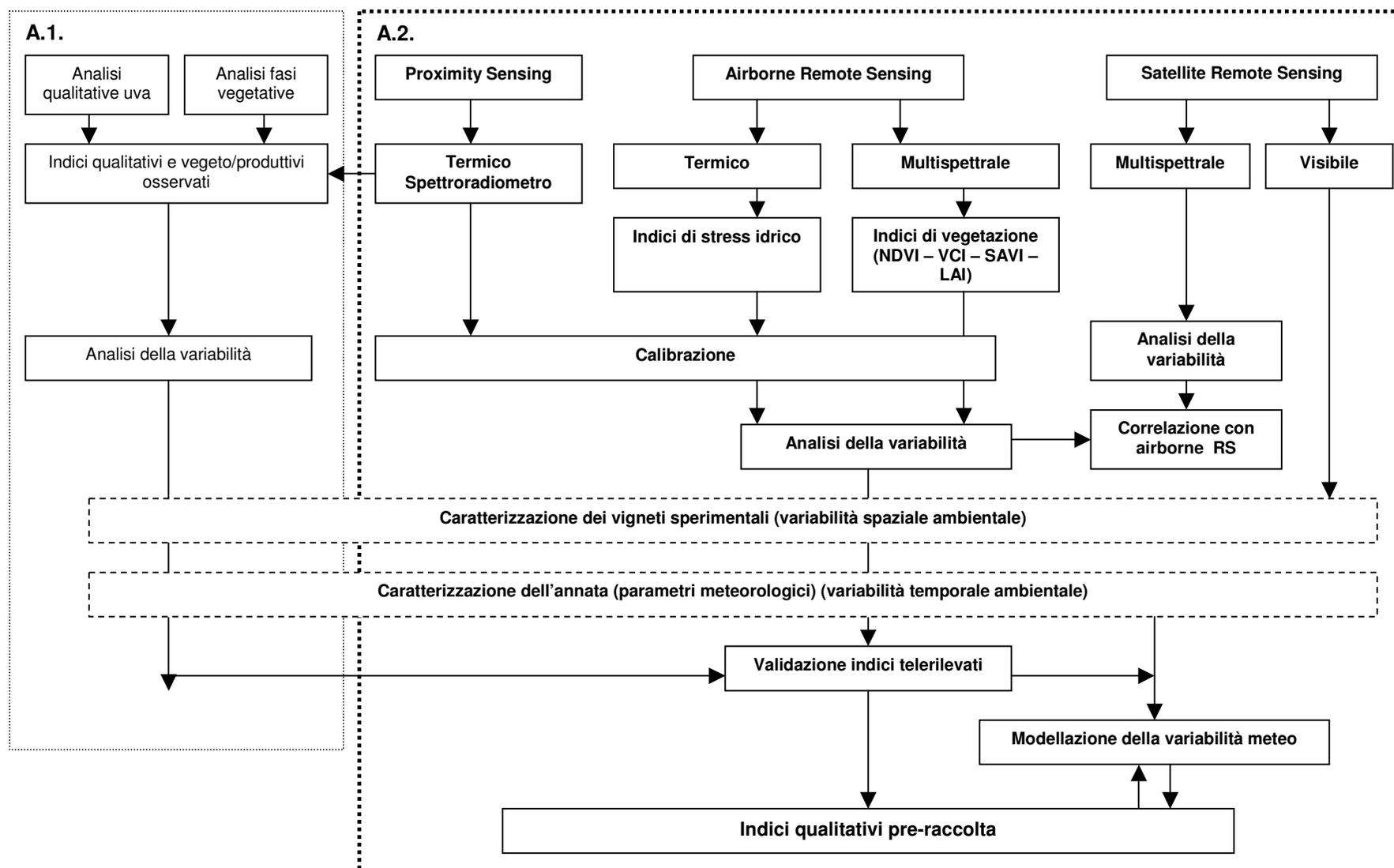


Diagramma 3: Linea di ricerca A2 ed interazioni con A1



4) Piano delle Attività

Le attività che saranno portate avanti per questa linea di ricerca sono le seguenti:

- a. telerilevamento: questa attività è finalizzata al monitoraggio del vigneto attraverso dati telerilevati. Nel corso di questa attività saranno svolte campagne di acquisizione dati, utilizzando la piattaforma aerea. Saranno eseguiti, durante la stagione vegetativa per le 4 località di interesse del progetto, voli aerei con telecamera termica, multispettrale e visibile. I dati acquisiti saranno elaborati per l'implementazione di indicatori sintetici finalizzati all'analisi, ad alta risoluzione (<40 cm), della variabilità all'interno dei vigneti sperimentali conseguente all'applicazione delle tesi sperimentali. L'analisi derivante da questa attività sarà validata nel corso dell'attività A.2.b. Calibrazione multiscala. Le seguenti azioni saranno implementate:

- i. Voli preliminari: questa azione che verrà svolta ad inizio progetto è funzionale all'installazione del piano sperimentale A.1.
- ii. Definizione di un protocollo dettagliato per le campagne di volo aereo dei 3 anni, identificazione delle rotte e dei periodi dell'anno ottimali per il volo.
- iii. Realizzazione di almeno 4 voli l'anno su ogni vigneto sperimentale nel periodo Aprile – Settembre
- iv. Elaborazione: pre-elaborazione delle immagini (georeferenziazione e possibile correzione topografica). Elaborazione, interpretazione dei risultati ed integrazione nel geodatabase. Analisi comparate delle immagini satellitari

Le caratteristiche tecniche del velivolo Sky Arrow ERA sono descritte all'allegato 2.

- b. correlazione multiscala: Studio di correlazione tra dati telerilevati e dati rilevati in campo (A1): Il risultato atteso da questa attività è la calibrazione e validazione degli indici telerilevati al fine di garantire la loro rappresentatività della realtà in campo e rispetto alle tecniche di gestione della chioma. Le seguenti attività saranno realizzate:
- i. Intercalibrazione tra le due scale di telerilevamento terra/aereo.

- ii. Analisi di correlazione tra gli indici telerilevati ed i dati ecofisiologici e qualitativi rilevati in A.1. finalizzata alla identificazione dell'equilibrio vegeto/produttivo attraverso dati telerilevati.
- iii. Messa a punto di una metodologia operativa, finalizzata alla caratterizzazione delle diverse aree del vigneto e alla previsione qualitativa attraverso l'airborne RS.

Il risultato finale atteso per questa attività è l'elaborazione di nuovi indici ed algoritmi per la discriminazione della qualità delle uve a partire dai dati telerilevati. Sulla base dei risultati ottenuti nel corso dei primi due anni di progetto, saranno fornite indicazioni per la raccolta del terzo anno.

5) Cronoprogramma delle Attività

Cronogramma Attività IBIMET CNR - Linea di Ricerca A.2.

	I anno												II anno												III anno											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A.2. Coordinamento	[Activity bar]																																			
c. Telerilevamento aereo	[Activity bar]																																			
1 Voli preliminari	[Activity bar]																																			
Definizione protocolli	[Activity bar]																																			
Voli	[Activity bar]																																			
Elaborazione	[Activity bar]																																			
d. Correlazione multiscala	[Activity bar]																																			
1 Intercalibrazione	[Activity bar]																																			
2 Analisi correlazione	[Activity bar]																																			
3 Metodologie operative	[Activity bar]																																			

6) Prodotti Attesi

La tabella seguente illustra i prodotti che saranno realizzati nel corso delle attività A2. La tempistica di consegna dei prodotti si evince dal Cronogramma della linea di ricerca A.2.

Attività	N°	Descrizione
A.2.a.1	R8	Rapporto tecnico sul telerilevamento Aereo
A.2.a ; A.2.c.3	D5	Banca dati voli aerei
A.2.b	R9	Rapporto tecnico sulle attività di correlazione multiscala e sugli indici di qualità telerilevati
A.2.b	L4	Mappatura degli indici qualitativi telerilevati
R = rapporti tecnici; L= piani informativi; D = banche dati; N = reti di rilevazione		

7) Allegati

Allegato 1 : il velivolo Sky Arrow ERA

Descrizione del velivolo

Il CNR IBIMET, ha da anni attivato una linea di ricerca sullo sviluppo di sensori aerotrasportati per lo studio delle risorse ambientali, agricole e forestali, caratterizzati dalla facilità di impiego, economicità e flessibilità d'uso, in modo da superare le rigidità imposte dal rilievo aereo ambientale classico che ne limitano di fatto l'impiego a campagne estensive di ripresa e a ingenti finanziamenti.

Da sempre la filosofia è stata quella di utilizzare vettori aerei piccoli, monomotore o bimotori, e sensori realizzati nell'ambito di un veloce progresso tecnologico che soprattutto nei campi dell'elettronica applicata ai sistemi di visione e controllo, fornisce sempre maggiori possibilità a costi relativamente bassi. Tutto questo permette oggi l'impiego del rilievo aereo ambientale in campi fino a qualche anno fa impensabili, rappresentando una moderna e innovativa tecnologia a disposizione del ricercatore, del tecnico, dell'amministratore e più in generale del politico. Descrivendo brevemente l'attività fin qui svolta in questo settore e che è alla base della presente proposta di progetto, si è iniziato nel 1997 con la realizzazione del sensore DARWIN, un sistema di ripresa immagini analogico in 4 diverse bande dello spettro elettromagnetico (tra 400 e 900 nm) poi sostituito dalla versione digitale, il QSM, costruito con la collaborazione della RSDA di Milano. Questi sensori erano alloggiati su deltaplani a motore ed acquisivano immagini a bassa risoluzione. L'evoluzione è stato l'ASPIS (Advanced SPectroscopic Imaging System), realizzato nel 2001 con un finanziamento del MIUR e della Corial-Barilla, un sistema digitale di acquisizione di immagini multispettrali (riprese in diverse bande dello spettro elettromagnetico) ad alta risoluzione geometrica e radiometrica e il sistema di mappatura DFR (*Duncan Flir Riegl*) realizzato in collaborazione con il DISAFRI dell'Università della Tuscia di cui si riportano brevi descrizioni. Riferendosi al solo ASPIS sono stati finanziati numerosi progetti di ricerca incentrati attorno a questo sensore: la convenzione di ricerca con la CORIAL-BARILLA per il monitoraggio del contenuto proteico del grano, il progetto SAGMA finanziato dal MIPAF per il rilievo delle aree percorse da incendi boschivi e la valutazione del danno occorso alla vegetazione, il progetto UE CARBOMONT per la stima della produttività delle praterie europee, due progetti PRAL Lazio per il monitoraggio di alcune fitopatologie del nocciolo e del castagno nelle aree rispettivamente di Viterbo e Rieti. In ultimo, questo anno, il progetto SIMIB, sempre finanziato dal MIPAF, per l'estensione del lavoro svolto in SAGMA su tutto il territorio regionale del Lazio. Sono invece in fase di valutazione alcuni progetti internazionali da svolgersi in Albania, in Mongolia e in Cina..

L'**ASPIS** è un sistema fotografico digitale aviotrasportato per l'acquisizione e la ripresa di immagini spettrali ad elevata risoluzione radiometrica e geometrica progettato e realizzato dal CNR IBIMET di Firenze in collaborazione del DISAFRI dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.

Il sistema si compone di:

- 4 camere CCD-digitali, 768x512 *pixel*, raffreddate con cella Peltier e con risoluzione radiometrica a 14 bit (16384 toni di grigio) per l'acquisizione di immagini spettroscopiche nel *range* del visibile-vicino infrarosso (400 – 1000

nm). Le camere sono dotate di obiettivi dedicati, 12 mm f/2, e di ruote portafiltri elettromeccaniche a 8 posizioni per la selezione dei filtri interferenziali;

- Una scatola *multiplexer*;
- GPS;
- Computer con monitor tastiera e mouse;
- Telecamera commerciale a colori;
- Batteria tampone sigillata a 12V a supporto di temporanee interruzioni o insufficienze dell'alimentazione fornita dall'aereo.

Il sistema acquisisce contemporaneamente 4 immagini spettrali digitali salvate su PC attraverso la scheda multiplexer. Ogni camera può essere equipaggiata al massimo con 8 filtri interferenziali montati su una ruota portafiltri elettromeccanica. La scelta ed il posizionamento dei filtri può essere fatto in volo, consentendo di acquisire un numero di bande spettrali superiore a 4. L'ASPIS viene gestito attraverso un software dedicato con cui si impostano e si controllano tutti i parametri relativi all'acquisizione, alcuni dei quali sono: il tempo di esposizione, il gain, il filtro, il *delay* di scatto, il numero di *frame* per strisciata, etc.

Il **DFR** è un sistema digitale aviotrasportato di mappatura che acquisisce immagini spettrali e misure di distanza aereo-superficie a terra, sviluppato dal CNR IBIMET di Firenze in collaborazione del DISAFRI dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.

Il sistema è composto da:

- Camera multispettrale DUNCAN MS 4100;
- Camera IR termico FLIR SC 500;
- Altimetro Laser Riegl serie LD90;
- GPS;
- Computer con monitor tastiera e mouse.

La DUNCAN è una camera a 3CCD e unica ottica che acquisisce contemporaneamente 3 bande di 2Mpixel nello spettro del 550, 680 e 780 nm, con larghezza di banda di 40nm ed è corredata di ottica f/2.8 da 14 mm. La camera FLIR ha un CCD microbolometrico da 320 x 240 pixel sensibile nel range spettrale compreso tra 7500 e 13000 nm. Il DFR a seconda del tipo di applicazione può essere equipaggiato in alternativa con 2 tipologie di altimetro laser; uno che acquisisce il dato alla frequenza di 100 Hz da una distanza massima di 500 m e l'altro che acquisisce il dato a 4 Hz da una distanza massima di 1000 m. Il sistema è gestito tramite un software che permette di acquisire contemporaneamente il dato proveniente da tutti i sensori i quali sono sincronizzati nello scatto attraverso il segnale trigger del GPS. Lo stesso software consente il settaggio di tutte le variabili di acquisizione viste per il sensore ASPIS. Entrambe i sistemi, in alternativa, sono alloggiati a bordo dell'aereo **SKY ARROW 650 TC** costruito dalle Iniziative Industriali Italiane. Il velivolo è equipaggiato con motore Rotax da 80 o 100 Kw ed ha un'autonomia al

volo di 3.5 ore. Estremamente maneggevole e flessibile nell'uso può decollare e atterrare da aeroporti, aviosuperfici e campi di volo con lunghezza della pista di appena 500 m. I sorvoli possono essere effettuati ad quota compresa tra i 300 e i 4000 m s.l.m..Il velivolo è certificato secondo la normativa aeronautica europea (JAR) per poter ospitare i sensori descritti.



SKY ARROW 650 SERIES



JAR/VLA AND FAR 23 CERTIFICATION DAY AND NIGHT VFR OPERATIONS

Certified under JAR/VLA and, in the USA, under stringent FAR 23 rules, the Sky Arrow 650 TCS/TCNS meets or exceeds the same design, manufacturing and performance standards as much larger and more complex certified aircraft. The Sky Arrow 650 TCNS is certified for day & night operations (where applicable) under visual flight rules.

MODERN DESIGN, HI-TECH CONSTRUCTION

The Sky Arrow 650 TCS/TCNS is easy to fly, with superb visibility and low operating costs. The Sky Arrow 650 TCS/TCNS is an outstanding personal aircraft, as well as an excellent trainer. Manufactured with corrosion-free carbon fibre sandwich, the airframe is extremely strong yet lightweight, resulting in an aircraft with exceptional take-off and flight performance.

PARTS MODULARITY

Unique to these aircraft is our modular construction philosophy. Wings, horizontal stabilizer, instrument panel, powerplant, electric system: each of these elements can be easily

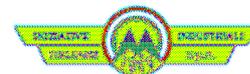
and quickly detached from the aircraft, thus simplifying maintenance operations while minimizing down time and cost.

RELIABLE, ECONOMICAL ROTAX 912 S2 ENGINE

The 100 hp Rotax 912 S2 is the benchmark powerplant for the certified, two-seat aircraft market. It delivers 25% more power than its predecessor, while keeping fuel consumption at sipping levels. With a cruise speed of about 100 kts, you still burn less than 20 lt/h either of 100LL or automotive fuel.

ERGONOMIC CABIN, COMPLETE PANEL

The wrap-around canopy, comfortable seats with plenty of headroom, and dual side stick controls provide the ultimate in comfort and visibility for both pilot and passenger. Enjoy the spacious instrument panel, electric flap and elevator trim, low cockpit noise levels and baggage space for local flights or extended trips.



SKY ARROW 650 SERIES

JAR/VLA and FAR 23 - CERTIFIED

POWERPLANT	
ENGINE	ROTAX 912 S2 98 hp (73,5 kW) @ 5,800 rpm
PROPELLER	Hoffmann, two-blade, fixed pitch
SPECIFICATION	
LENGTH	24.9 ft (7.6 m)
HEIGHT	8.4 ft (2.6 m)
WING SPAN	31.5 ft (9.7 m)
WING AREA	145 sq ft (13.5 m ²)
SEATS	2, tandem configuration
MAX TAKE-OFF WEIGHT	650 kg (1,433 lbs)
USEFUL LOAD	250 kg (556 lbs)
FUEL CAPACITY	69 l / 65 ft usable
FUEL SPECIFICATION	avgas 100LL or MOGAS 95/90 oct. unleaded
CERTIFICATION	JAR/VLA, FAR 23
FLIGHT RULES VFR DAY & NIGHT	(Sky Arrow 650 TCNS)
PERFORMANCE (p MTO, ISA conditions, sea level)	
NEVER EXCEED SPEED (VNE)	132 kts (244 km/h)
MAXIMUM SPEED	105 kts (194 km/h)
CRUISE SPEED	(@ 75% power - 6,000 ft) 101 kts (187 km/h)
STALL SPEED (full 30° flaps)	40 kts (74 km/h)
RATE OF CLIMB	840 fpm (4.3 m/s)
TAKE-OFF RUN	590 ft (177 m)
TAKE-OFF DISTANCE over 50 ft obstacle	1,400 ft (427 m)
LANDING RUN	425 ft (130 m)
LANDING DISTANCE over 50 ft obstacle	670 ft (205 m)
SERVICE CEILING	13,500 ft (4,100 m)
FUEL CONSUMPTION (@ 75% power)	18.5 gph
ENDURANCE (@ 75% power, no res.)	3h 20'
MAX RANGE (@ 75% power, no res.)	610 km (330 NM)
STANDARD CONFIGURATION	TCS TCNS
POWERPLANT	
Engine, Rotax 912 S2 98 Hp (4 stroke, 4 cylinder)	x x
Propeller, twin-blade, fixed-pitch, wood/composite	x x
Additional alternator: 40 Amp	- x
Carburetor Heating System	x x
Air flow separation system	x x
Electric cooling fans for taxiing	x x
FLIGHT INSTRUMENTATION	
Magnetic Compass	x x
Turn and bank indicator	x x
Airspeed indicator	x x
Altitude indicator	x x
Altimeter	x x
Vertical speed indicator	x x
Directional gyro	x x
Flaps position indicator	x x
Longitudinal trim indicator	x x
OAT indicator	x x
Digital chronometer	x x
Hour meter	x x
Instruments light	- x
Adjustable cockpit light	- x
Map Light	- x
ENGINE INSTRUMENTATION	
Tachometer	x x
Fuel pressure indicator	x x
Oil pressure indicator	x x
Oil temperature indicator	x x
Cylinder head temperature indicator	x x
Fuel level indicator	x x
Vacuum indicator	x x
Volt/Ammeter	x x
AVIONICS	
NAV/COM Bendix King KIC-155 (for Italy and foreign use)	x x
VOR/LOC/GS Indicator Bendix King KI-304 (for Italy and foreign use)	x x
NAV/COM Bendix King KX-125 (only for foreign use)	x x
Transponder, Bendix King KT-76A	x x
Intercom	x x
AIRFRAME	
Weather resistant white finish	x x
Blue-tinted canopy with air vents, sliding side window and lock	x x
Canopy emergency release system	x x
Removable blue-tinted aft windows	x x
Cockpit heating/venting system	x x
Non-skid floor with map/glove compartment box	x x
Five-point safety belts	x x
Seat cushions	x x
Forward below seat map/glove compartment box	x x
Landing light	- x
Navigation light	- x
Strobe light	- x
Fire extinguisher	x x
Emergency Locator Transmitter (ELT)	x x
First Aid kit	x x
AUXILIARY ACCESSORIES	
Fuel level measuring stick	x x
Fuel inspection cup	x x
Yaw control gust lock	x x
Plugs for static ports and Pilot tube cover with "Remove Before Flight" streamers	x x
Funnel with water separator	x x
(2) silicon padded locks with "Remove Before Flight" streamers	x x
Types available: VFR 650 TCS	
VFR NIGHT 650 TCNS	

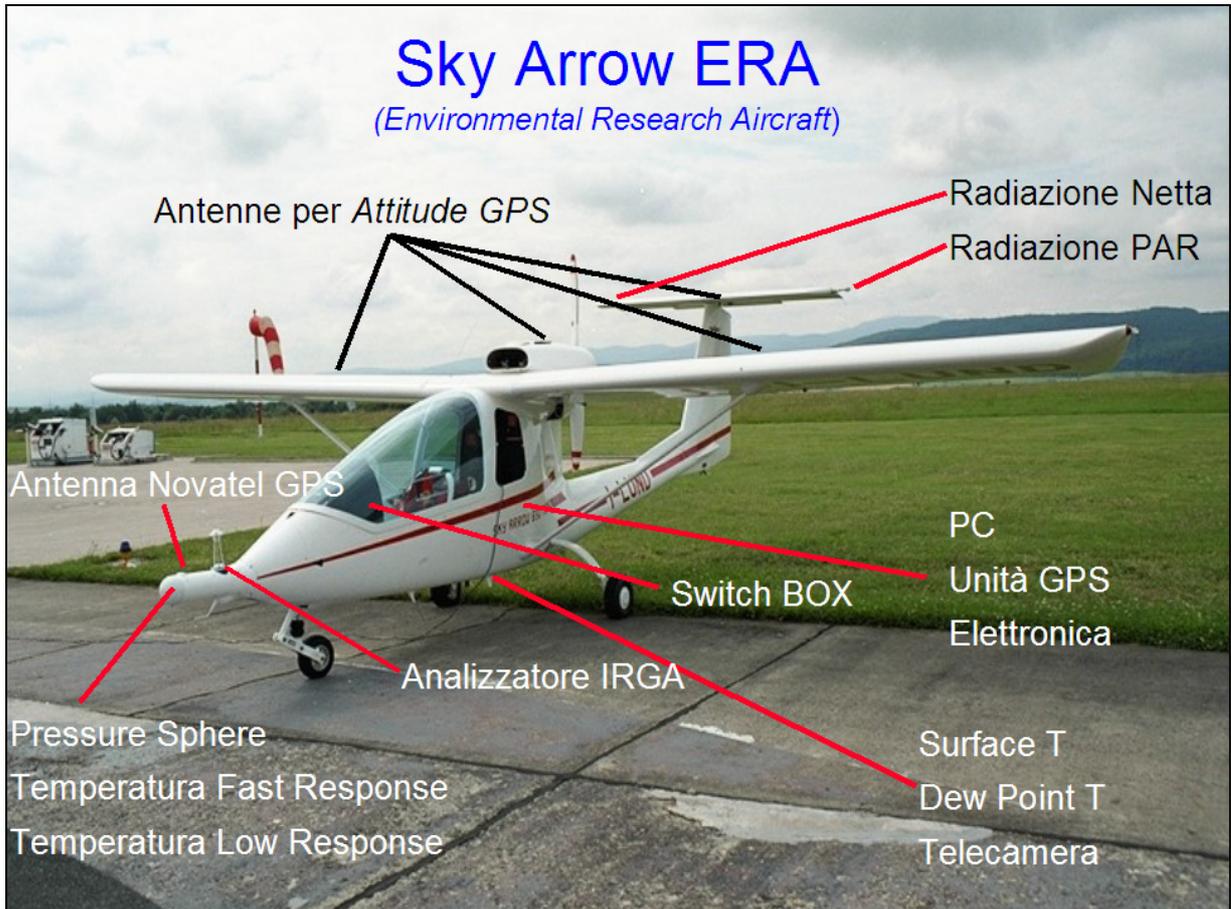


INIZIATIVE INDUSTRIALI ITALIANE S.p.A.

Viale Gorizia n. 6 - 00198 Roma
Tel. +39.06.8416821 - Fax +39.06.8557162 / +39.06.85301461

E-mail: l.b.lauri@skyarrow.com - sales@skyarrow.com
www.skyarrow.com

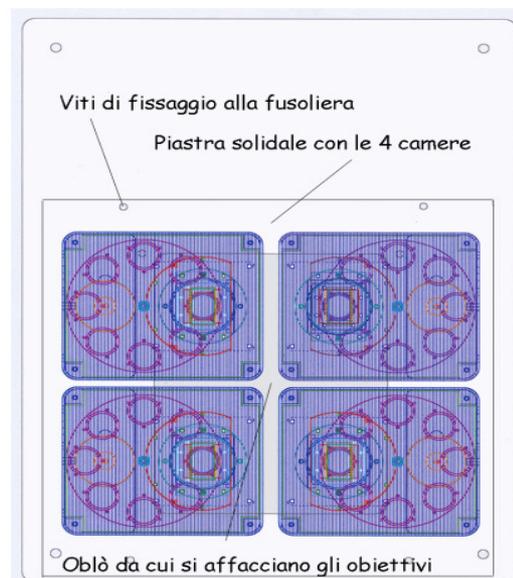




Alloggiamento su supporto anteriore



Dimensioni 250 x 250



Supporto anteriore con camere

Quota MAX: 500 ft AGL (170 mt) - Res. 12 cm

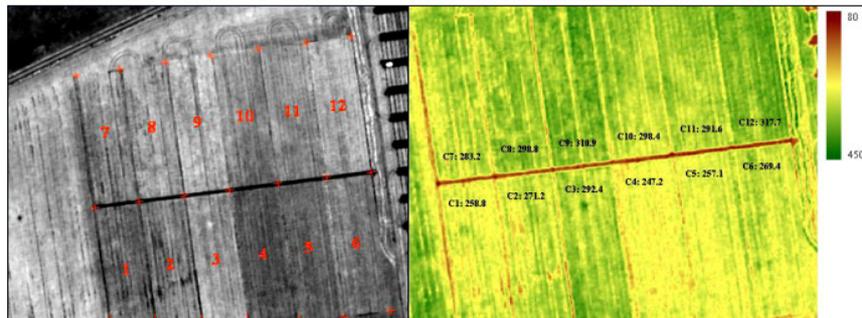
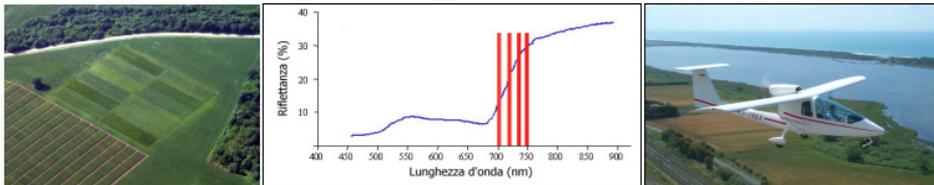
Image: 1080 x 2096 pixel

FOV: 58°

Camera: DuncanTech MS4100

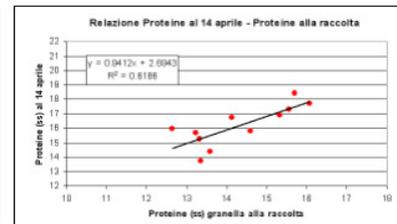
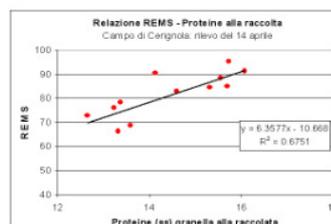


Vegetation Indices



Red Edge Mean Slope

$$REMS = \frac{\partial \rho}{\partial \lambda} \cong \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\rho_{i+1} - \rho_i}{\lambda_{i+1} - \lambda_i}$$

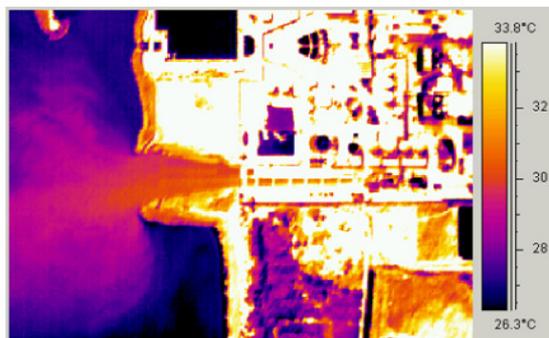
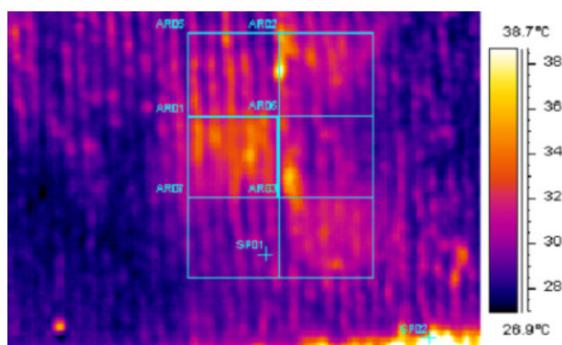


Mappatura IR

**Mappatura di scarico industriale in
località Torre del Sale (LI).**

Data: 01 Settembre 2003

Sensore: FLIR SC500



**Valutazione delle condizioni di stress
idrico di una pioppeta in località
Toscana (VT)**

Data: 30 Luglio 2003

Sensore: FLIR SC500

8) Bibliografia

- Alonso, G.F., and Lopez S.S. (1991) Using contextual information to improve land use classification of satellite images in central Spain. *International Journal of Remote Sensing* 12:2227-2235;
- Apostol S., Viau A.A., Tremblay . Briantais J-M. Prasher S., Parent L.E. and Moya I. (2003), Laser-induced fluorescence signature as a tool for remote monitoring of water and nitrogen stress in plants;
- Asrar, G., Fuchs, M., Kanemasu, E.T., and Hatfield, J.L. (1984) Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat. *Agronomy Journal* 76:300-306;
- Asrar, G., Myneni, R.B. and Kanemasu, E.T. 1989: Estimation of plant-canopy attributes from spectral reflectance measurements. In; *Theory and Application of Optical Remote Sensing* (Ed, G. Asrar). Wiley Interscience, New York, p.252-296;
- Auernhammer H. (2001), Precision Farming – the environmental challenge, *Computer and Electronics in agriculture*, 30: 31-43;
- Bacci L, Romani M., Bindi M., Di Vecchia A., El Ouali A., Goebel W., Maracchi G. (2002). A computer program integrating GIS, spatial weather generator and simulation models for the development of agrometeorological advises. *Proc. of VII Congress of the European Society for Agronomy, Cordoba (Spain) 15-18 July*, 239-240;
- Bacci L. and Rapi B. (2002), Il ruolo dei dati meteorologici per la simulazione dello sviluppo e della crescita delle colture, *Collana Tecnico scientifica IBIMET. Quaderno N.12*: 105-124;
- Bannari A, Huete AR, Morin D, et al. (1996) Effects of soil color and brightness on vegetation indexes. *INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING* 17 (10): 1885-1906 JUL 10 1996
- Baret F., Guyot G. (1991) POTENTIALS AND LIMITS OF VEGETATION INDEXES FOR LAI AND APAR ASSESSMENT. *Remote Sensing of Environment* 35 (2-3): 161-173 FEB-MAR 1991
- Bastianoni S., Marchettini N., Panieri M. and Tizzi E. (2001), Sustainability assessment of a farm in the Chianti area (Italy), *Journal of Cleaner Production*, 9: 365-373;
- Battista P., Benincasa F., Duce P., Pellizzaro G. (1994), *Metodi agrometeorologici per il calcolo dei fabbisogni irrigui*. Quaderno Ce.S.I.A. n°30, Accademia dei Georgofili, Firenze;
- Becker, H (1988), Mapping of soils and climate in the Rheingau. *Proceedings of the Second Cool Climate Viticulture and Oenology symposium*. Auckland, New Zealand;
- Bouman, B.A.M., Nieuwenhuys, A., Hengsdijk, H., Jansen, H.G.P., Schipper, R.A., (1998), An integrated methodology for sustainable land use exploration using GIS. *Proc. First Int. Conf. Geospatial Information in Agriculture and Forestry*. Lake Buena Vista, Florida, USA, pp. 230-237;
- Boyer J., Wolf T., (2000), GIS and GPS Aid the Exploration of Viticultural Potential in Virginia, *Vineyard & Winery Management*, Nov/Dec 2000, 48-54;

- Bradley B.D., Christodoulou M, Caspari C. and Di Luca P. (2002), Integrated Crop Management systems in EU. Agra CEAS Consulting Final Report, Amended version of the final report submitted to DG Environment;
- Bramley R.G.V. (2001), Progress in the Development of Precision Viticulture – Variation in yield, quality and soil properties in contrasting Australian vineyard. In: Currie L.D. and Loganathan P. (Eds). Precision tools for improving land management. Occasional Report No.14, Massey Univ., New Zealand;
- Carothers J. (2000), Imagery technology meets vineyard management. Practical Vinery and Vineyard 21: 54-62;
- Castagnoli A. and Dosso P. (2001), Viticoltura assistita da satellite, L'Informatore Agrario, 18: 77-81;
- Coggan, M. (2000), Using a Geographic Information System in Vineyard Management, Vineyard & Winery Management;
- Conese, C., and Maselli, F. (1994), Evaluation of contextual, per-pixel and mixed classification procedures applied to a sub-tropical landscape. Remote Sensing Reviews, 9, 175-186;
- Costantini E.A.C., Pinzauti S. (1992). L'importanza dell'indagine pedologica in viticoltura. Atti conv. int.: La zonazione viticola tra innovazione agronomica, gestione e valorizzazione del territorio. L'esempio del Trentino. S.Michele/Adige, p. 137-156.
- Dalezios N.R., Loukas A. and Bampzelis D. (2002), Assessment of NDVI and agrometeorological indices for major crops in central Greece, Physics and Chemistry of the Earth, 27: 1025-1029;
- Daughtry C.S.T., Gallo K.P., Goward S.N., Prince S.D. and Kustas W.P. (1992), Spectral estimates of absorbed radiation and phytomass production in corn and soybean canopies. Remote Sens. Environ. 39:141-152;
- Davis, R., R. Chilton, L. Ottenbreit, M. Scheeler, J. Vielvoye, R. Williams, and U. Wittneben (1984), Atlas of suitable grape growing locations in the Okanagan and Similkameen valleys of British Columbia. Agriculture Canada;
- Dobrowski S.Z., Ustin S.L. and Wolpert J.A. (2002), Remote Sensing estimation of vine canopy density in vertically shoot positioned vineyard; determining optimal vegetation index. Australian Journal of Grape and Wine Research, 8: 118-125;
- Dry, P.R. and R.E. (1988), Smart Vineyard site selection. In "Viticulture" Coombe, B.G. and Dry, P.R. Editors. Winetitles Adelaide;
- Ellison P., Ash G. and McDonald C. (1998a), An Expert System for the Management of Botrytis cinerea in Australia Vineyards. I. Development, Agricultural System, Vol.56, No.2, pp. 185-207;
- Ellison P., Ash G. and McDonald C. (1998b), An Expert System for the Management of Botrytis cinerea in Australia Vineyards. II. Development, Agricultural System, Vol.56, No.2, pp. 209-224;
- Emmott, A., Hall J. and Matthews R. (1997), Precision farming applied to Plantation Agriculture. Proc. 1st European Conference on Precision Agriculture, Warwick, September 8-10 1997 SCI. p.289-296;
- Falcetti M., Bogoni M., Campostrini F., Scienza A., (1997). Gestire il territorio con la zonazione: le esperienze nel vigneto Italia. Vignevini n° 1/2, pp. 51-61;

- Farina A. and Naveh Z. (1993), Landscape approach to regional planning: the future of mediterranean landscape. Papers of the congress of the International Association for Landscape Ecology, Montecatini 27 Apr. – 1 May 1992, Special Issue). *Landscape Urban Plan.*, 24, 1-294;
- Ferrari R., Magno R., Bottai L., Crisci A., Genesio L.. (2004) Valutazione e definizione degli standard per la rappresentazione territoriale dei principali parametri meteo-climatici per la loro integrazioni nei sistemi informativi territoriali – Proceedings Conferenza ASITA 2004
- Foody, G. M., Campbell, N. A., Trodd, N. M., Wood, T. F. (1992) Derivation and applications of probabilistic measures of class membership from the maximum-likelihood classification. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 58, 1335-1341;
- Fregoni M., (1985). *Viticultura Generale compendi didattici e scientifici*. REDA, Roma, pp. 728;
- Genesio L., Maracchi G., Magno R., V., Crisci, A., Bottai, L., Ferrari R.: "I diagrammi del Clima inToscana" WP A10 – Azione Pilota in Toscana. Progetto "DESERTNET", Programma INTERREG IIIB – MEDOCC – ASSE 4 MISURA 4, Giugno 2005.
- Genovese G. and Cicchetti M. (1999), Previsioni dei raccolti con modelli agrometeorologici e dati satellitari, In: *Analisi sull'Intero Territorio Europeo*, L'Informatore Agrario n.34: 39-41;
- Gessler P.E., Moore I.D., McKenzie N.J., Ryan P.J. (1995), Soil-landscape modelling and spatial prediction of soil attributes, *International Journal Geographical Information System* 9, 4: 421-432;
- Gong, P., and Howarth, P.J. (1992) Land use classification of SPOT HRV data using a cover-frequency method. *International Journal of Remote Sensing*, 13, 1459-1471;
- Gozzini B. Orlandini S. Rosa M. (1995), *Guida a Plasmo, Manuali tecnici CeSIA – Accademia dei Georofili*, Firenze;
- Grantz D.A. and Williams L.E. (1993), An empirical protocol for indirect measurement of leaf area index in grape (*Vitis vinifera*), *Hort Science*, 28;777-779;
- Gurney, C.M., and Townshend, J.R.G. (1983) The use of contextual information in the classification of remotely sensed data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 49: 55-64;
- Haboudane, D., Miller, J.R., Trembaly, N., Zarco-Tejada, P.J. and Dextraze, L. 2002: Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote Sensing of Environment* 81: 416-426;
- Hall A., Lamb D.W., Holzappel B. and Louis J. (2002), Optical Remote Sensing applications in viticulture: A review. *Austr. J. Grape and Wine Res.*, 8: 36-47;
- Hall A., Louis J.P. and Lamb D.W. (2001), A method for extracting detailed information from high resolution multispectral images of vineyards. Proc. Of the 6th International Conference on Geocomputation, Univ. of Queensland, Brisbane;
- Harrison, S.R. (1991), Validation of agricultural expert systems. *Agric. Systems*, 35: 265-285;

- Hill J. and Mehl W. (1994), Land degradation and soil erosion mapping in a Mediterranean ecosystem. In: *Imaging Spectrometry - a tool for Environmental Observation*, ed. J.Hill and J. Mégier (Brussels: Kluwer Academic Publisher), 237-260;
- Holzapfel, B., Rogiers, S., Degaris, K. and Small, G. (1999). Ripening grapes to specification: effect of yield on colour development of Shiraz grapes in the Riverina. *The Australian Grapegrower & Winemaker* 428, 24-8.
- Holzapfel, B., Rogiers, S., Degaris, K. and Small, G. (2000). Identifying factors effecting grape berry ripening and berry colour development. *Proceedings 5th International Symposium on Cool Climate Viticulture & Oenology*, Melbourne, Australia. In Press.
- Huber L. (1988) - Modèle de simulation de la durée d'humectation des feuilles au champ apres une pluie. Cas d'un couvert homogene - *Agronomie* 8, 675-684;
- Huglin P. (1986). *Biologie et écologie de la vigne*. Payot Lousanne, Parigi, pp.371;
- Iland P.G., Booting D.G., Dry P.R., Giddings J. and Gawel R. (1995), Grapevine canopy performance. *Proceedings Canopy Management Viticulture Seminar*, Mildura, Australia, pp. 18-22;
- Jenson S.K., Dominique J.O. (1988), Extracting topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System analysis, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* Vol 54, No 11: 1593-1600;
- Johnson L. (2003), Temporal stability of an NDVI -LAI relationship in a Napa Valley vineyard, *Austr. Journ. of Grape and Wine research*, 9: 96-101;
- Johnson L., Lobitz B., Armstrong R., Baldy R., Weber E., DeBenedictis J. and Bosch D. (1996), Airborne imaging aids vineyard canopy evaluation, *California Agric.* 15 (4): 14-18;
- Johnson L., Roczen D and Youkhana S. (2001a), Vineyard canopy density mapping with IKONOS satellite imagery. *Proceedings 3rd International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry*, Denver, Colorado (ERIM International Inc.: Ann Arbor, Mi, USA);
- Johnson L.F., Bosch D.F., Williams D.C. and Lobitz B.M. (2001b), Remote Sensing of Vineyard management zones: implications for Wine Quality, *Applied Engineering in Agriculture*, Vol. 17(4):557-560;
- Johnson L.F., Roczen D.E., Youkhana S.K., Nemani R.R. and Bosch D.F. (2003a), Mapping vineyard leaf area with multispectral satellite imagery, *Computer and Electronic in Agriculture* 38: 33-44;
- Johson L.F., Pierce L., De Martino J., Youkhana S., Nemani R., Bosh D. (2003b), Image-based Decision Tools for Vineyard Management, *ASAE annaul International Meeting*, 27-30 July Las Vegas, Nevada, USA;
- Jordan, T.D., Pool R.M., Zabadal T.J. and Tompkins J.P. (1980), Cultural practices for commercial vineyards. *New York State College of Agriculture and Life Sciences. Misc Bulletin* 111;
- Kay, S., Léo, O., Meyer-Roux, J., Delincé, J., Van de Steene, M. (1997), Operational activities involving airborne remote sensing related to the Common Agricultural Policy, *3rd International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition*, 7-10 July 97, Copenhagen, Denmark, Vol. I, pp79-86;

- Kenny G.H., Harrison P.A. (1993), The effects of climatic variability and change on grape suitability in Europe, *Journal of Wine Research*; 4: 163-183;
- Königer S., Schwab A. (2000), Application of a Geographical Information System (GIS) for the determination of soil erosion risk in Franconian vineyards, northwestern Bavaria, Germany, 3rd Congress on Regional Geological Cartography and Information Systems, Munich, Proceedings, 155-159;
- Lamb D. and Louis J. (2002), Airborne Remote Sensing of vines for canopy variability and productivity, Wagga Wagga, NSW 2678;
- Lamb D., Hall A. and Louis J. (2002), Airborne/spaceborne remote sensing for the grape and wine industry, Wagga Wagga, NSW 2678;
- Lamb D.W. (2000), The use of qualitative airborne multispectral imaging for managing agricultural crops – A case study in south eastern Australia, *Aust. J. Exp. Ag.*, 40 (5): 725-738;
- Lamb D.W. and Brown R.B. (2001), Remote-Sensing and Mapping of Weeds in Crops, *J. agric. Engng Res.*, 78 (2): 117-125;
- Lamb D. (ed.) (2000a), Vineyard Monitoring and Management beyond 2000, Precision Viticulture: a vorkshop investigating the latest technologies for monitoring and managing variability In vineyard productivity, Ed., 7-8-00 Wagga Wagga, Australia;
- Lamb D. ed. (2000b), Workshop feedback, conclusion and recommendation, Vineyard Monitoring and Management beyond 2000; In Precision Viticulture: a workshop investigating the latest technologies for monitoring and managing variability in vineyard productivity, –7-8-00 Wagga Wagga, Australia, 29-38;
- Lobitz B., Johnson L., Hlavska C., Armstrong R and Bell C. (1997), Grapevine Remote Sensing Analysis of Phylloxera Early Stress (GRAPES): Remote Sensing analysis summary. NASA Technical Memorandum No.112218. Hanover, Md., NASA Center for AeroSpace Information;
- Lorentzos N.A., Sideridis A.B., Yialouris C.P. and Kollias V. (1999), An integrated spatiotemporal system, *Computer and Electronics in Agriculture*, 22: 233-242;
- Lynne, G.D., Rola, L.R. (1988), Improving attitude-behavior prediction models with economic variables." *J. Social Psych.* 128:19-28;
- Mancini M. (1999), Caratterizzazione microclimatica di un'area viticola della Toscana, Tesi di laurea in Scienze Agrarie, Facoltà di Agraria, Università di Firenze;
- Maracchi. G., Bottai L., Crisci A., Ferrari R., Genesio L. Agrometeorological GIS Products through Meteorological Data Spatialization. Proceedings UE/COST 718, Budapest 2004
- Maracchi G. (1997), Activity of the COST Action 79 "Integration of data and methods in Agroclimatology", In: Atti "Seminar on data spatial distribution in meteorology and climatology", Office for Official Pubblication of the European Communities, Lussemburgo, 207-212;
- Maracchi G. and Sivakumar M.V.K. (2001), Handbook for GIS Application in Agrometeorology. World Meteorological Organisation;
- Maracchi G., Battista P. and Rapi B. (2001), GIS methodologies applied to climatology, WMO Report, RA. VI – Working Group on Climate – Relate Matters – Budapest 2-6.04.01;

- Maracchi G., Maselli F., Gozzini B., Orlandini S. (1992), Use of satellite Remote Sensing for monitorino plant phenology, In: Atti dell'Associazione Italiana di Agrobiologia, V Congresso Nazionale Habitat e Salute, 14-17 ott. Montecatini Terme, pp.291-300;
- Maracchi, G., Battista, P., Rapi, B. (1998). A Guide to Computer Science Application in Agrometeorology. WMO - Regional Training Seminar for National Instructors of RA. I and RA. VI (Nairobi, Kenya, 20 April to 1 May 98), 262 pp;
- Maracchi, G., Pérarnaud, V., Kleschenko, A.D. (2000). Applications of Geographical Information Systems and Remote Sensing in Agrometeorology, Agricultural and Forest Meteorology, Vol.103: 119-136;
- Maselli, F., Conese, C. and Rodolfi, A. (1996) Multi-scale Classification of Remotely Sensed Data by the Maximization of Fuzzy Membership Grades. Remote Sensing Reviews 13 : 187-205;
- Maselli, F., Conese, C., and Petkov, L. (1994) Use of probability entropy for the estimation and graphical representation of the accuracy of maximum likelihood classifications. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 49, 13-20;
- Masson J.M., Wassenaar T., Andrieux P. and Baret F. (2001), Reconnaissance par télédétection rapprochée des vignes et analyse fréquentielle intra-parcellaire Application au suivi des effets des pratiques culturales, Ingénieries N.27 : 59-67;
- Mazzetto F. (2002), Viticoltura tra management informatizzato e agricoltura di precisione. In: Viticoltura di precisione, supplemento a L'Informatore Agrario, 13:9-20;
- Meinel G. and Hennersdorf J. (2002), Classification Systems of Land Cover and Land Use challenges for picture processing of remote sensing data – Status of international discussion and programs, In: Proceedings of 3rd International Symposium Remote Sensing of Urban Area, 11-13.06.02, Istanbul. S. 472-479;
- Metternicht G. (2003) Vegetation indices derived from high-resolution airborne videography for precision crop management INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING 24 (14): 2855-2877 JUL 20 2003;
- Minden K.A., Philipson W. R. (1982), Grapevine canopy reflectance and yield. 8th International Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, Indiana, Jul. 7-9, p. 430-433;
- Moore, I.D., Grayson, R.B.; Ladson, A.R. (1991), Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. Hydrological Processes, 5: pp. 3-30;
- Montero F.J., Melià J., Brasa A., Segarra D., Cuesta A., Lanjeri S. Assessment of vine development according to available water resources by using remote sensing in La Mancha, Spain. Agricultural Water Management 40 (1999) 363-375.
- Moran, M.S., Inoue, Y. and Barnes, E.M. (1997), Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management, Remote Sensing of Environment 61: 319-346;
- Moriondo M., Bettini D., Mancini M. and Orlandini S. (1998), Preliminary investigation of spatial variabilità of temperature in hilly area. In: Atti "Seminar on data spatial distribution in meteorology and climatology",

- Office for Official Publication of the European Communities, Lussemburgo, 207-212;
- Moriondo M., Mancini M. and Orlandini S. (2000), Rappresentazione territoriale dei modelli fenologici. Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo, 49: 581-590;
- Myneni, E.B. and Williams, D.L. 1994: On the relationship between FAPAR and NDVI. Remote Sensing of Environment 49: 200-211;
- Myneni, R.B., Nemani, R.R., Running, S.W. (1997); Estimation of global leaf area index and absorbed PAR using radiative transfer models. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 35, 1380;
- Nazareth D.L. and Kennedy, M.H. (1993), Knowledge-based system verification, validation, and testing: the evaluation of a discipline. Int. J. Expert Systems, 6(2): 143-163;
- Nemani R., Johnson L and White M. (2001), Adding science to intuition: application of remote sensing and ecosystem modelling to vineyard management, The Australian Grapegrower and Winemaker, Annual Technical Issue, 45-47;
- Nemani R., White M., Pierce L., Votava P., Coughlan J and Running S.W. (2003), Biospheric monitoring and ecological forecasting, Earth Observation Magazine, 12 (2): 6-8;
- Oliva J., Navarro S., Navarro G., Camarra M.A. and Barba A. (1999), Integrated control of grape berry moth (*Lobesia Botrana*), powdery mildew (*Uncinula necator*), downy mildew (*Plasmopara viticola*) and grapevine sour rot (*Acetobacter* spp.);
- Orlandini S., Mancini M. (1998). Studio preliminare sulla microzonazione bioclimatica condotto in un'area viticola collinare: In: atti del simposio Territorio e Vine. Siena, 20-24 maggio 1998, 417-429;
- Orlandini S., Mancini M., Maracchi G. and Moriondo M. (2003), Le gelate primaverili: metodo di valutazione del rischio per il vigneto, Vignevini n.3: 3-7;
- Peterson D. and Johnson F. (2000), The application of Earth Science Finding to the Practical Problems of Growing Winegrapes, Geographic Information Sciences, Vol. 6, N.2: 181-187;
- Pinnola I.M., (1998), Utilizzazione degli indici climatici e bioclimatici per l'agricoltura. Bollettino Geofisico VI (Agrimeteo), Perugia, pp. 83-106;
- Qi, J. (2001), Interpretation of spectral vegetation indices and their relationship with biophysical variables. Proc. NIAES-STA International Workshop "Crop Monitoring and Prediction at Regional Scales", p.127-139;
- Praat J. Bollen F. Irie K. 2004: New approaches to the management of vineyard variability in New Zealand. Proceedings of the 12th Australian Wine Industry Conference July 2004, (in press) available at http://awitc.com.au/workshops/Workshop_30B_Proceedings.pdf.
- Praat, J-P. & Irie, K., 2003 Digital image processing techniques to assess grape canopy variability and juice quality. New Zealand WineGrower, Winter 2003. 27-28.
- Ramos M.C. and Porta J. (1997), Analysis of design criteria for vineyard terraces in the mediterranean area of North East Spain; Soil technology, 10, 155-166;

- Ranchin T., Naert B., Albuissou M., Boyer G. and Åstrand P. (2000), An automatic method for vine detection in airborne imagery using wavelet transform and multiresolution analysis. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 67 (1): 91-98;
- Richards, J.A. (1993) *Remote Sensing Digital Image Analysis – An Introduction*. Springer-Verlag, Berlin. Rosenfield, G.H., and Fitzpatrick-Lins, K. (1986) A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52, 223-227;
- Rijks, D., 1995. The use of remote sensing techniques in Agrometeorological practices: some activities by members of the EU Support Group Agrometeorology (SUGRAM) in respect of Low Resolution Satellite Data and Quantitative Yield Assessment. Workshop COST 77, Edited by Zoltan Dunkel, Budapest, Hungary; pp. 141-173;
- Rosa M., Genesio R., Gozzini B., Maracchi G., Orlandini, S. (1993), PLASMO: a computer program for grapevine downy mildew development forecasting, *Computer and Electronics in agriculture*, 9: 205-215;
- Sanz G.L. (1999), Irrigated agriculture in the Guadiana River high basin (Castilla-La Mancha, Spain): environmental and socioeconomic impacts *Agricultural Water Management* 40: 171-181;
- Sayed, H.A. Vineyard site suitability in Ontario. Ministry of Agriculture and Food, Agriculture Canada. (1992). Shaulis, N. and B. Dethier. New York site selection for wine grapes. *New York State Horticultural Society Proceedings*. 115: 288-294;
- Scienza A., (1999). Lo studio dell'ecosistema viticolo al servizio di naturalità e origine. *L'Informatore agrario*, supplemento al n° 16, pp. 7-9;
- Smart R.E. (2001), Good wines stem from balanced vines, *Australian and New Zealand Wine Journal*, 16: 53-54;
- Smart R.R. (1985), Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implication for yield and quality, *Am. J. Enol. Viticulture*, 36 (3): 230-239;
- Smith, L. and Whigham, P.A. (1999), "Spatial Aspects of Vineyard Management and Wine Grape Production." *The 11th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre*. Whigham, P.A. (ed). 171-182;
- Stafford J.V. (2000), Implementing Precision Agriculture in the 21st Century, *J. agric. Engng Res.*, 76: 267-275;
- Taylor J. (2000), Geographic Information System – a step into the information age. *The Australian Grapegrower and Winemaker*, 435: 19-21;
- Taylor, J.D., Burger, L.W., (1998). Wild life habitat evaluation and planning using GIS. *Proc. First Int. Conf. Geospatial Information in Agriculture and Forestry*. Lake Buena Vista, Florida, USA, pp. 215-220;
- Trolier, L.J., Philipson, W.R. et al. (1989), Landsat TM analysis of vineyards in New York. *International Journal of Remote Sensing*, 10, p. 1277-1281;
- Van Diepen C.A. and Van der Voet (1998), Application of simple interpolation methods in agrometeorology, In: *Detailing on Spatialisation, Proceeding Workshop of Cost. Action 79 – Integration of Data and Methods in Agroclimatology*, EC DG XII/AP.2: 3-18;
- Van Dijck S.J.E. and Van Asch Th.W.J. (2001), Compaction of loamy soil due to tractor traffic in vineyards and orchards and its effect on infiltration in southern France, *Soil and Tillage Research*, 63, 141-153;

- Vercesi A., Spezia G. and Fregoni M. (2002), *Viticultura di precisione per le zone viticole e il vigneto*, In: *Viticultura di precisione, Supplemento all'Informatore Agrario*, 13: 31-34;
- Wang, F. (1990) *Fuzzy supervised classification of remote sensing images*. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 28, 194-201;
- Wang, F. (1990) *Improving Remote Sensing Image Analysis through Fuzzy information representation*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 56, 136-145;
- Wassenaar T. (2001), *Reconnaissance des états de surface du sol en milieu viticole méditerranéen par télédétection à très haute résolution spatiale*. Thèse réalisée à l'UMR Sol et Environnement, INRA-ENSA.M, Montpellier Cedex;
- Wassenaar T., Robbez-Masson J.-M., Andrieux P., Baret F. (2000), *Vineyard spatial structure analysis by per-field aerial photograph processing*, *IAPRS*, Vol. XXXIII, Amsterdam;
- Wassenaar T., Robbez-Masson J.-M., Andrieux P., Baret F. (2002), *Vineyard identification and description of spatial crop structure by per-field frequency analysis*, *Int. Journ. Of Remote Sensing*, Vol.23, No 17: 3311-3325;
- Wildman W. E. (1979), *Color infrared: a valuable tool in vineyard management*. 7th Workshop on Color aerial Photography in Plant Sciences and Related Fields, Davis, California, mai 15-17, p. 229-238;
- Wildman W.E.R.T. Nagaoka and Lider L.A. (1983), *Monitoring spread of grape phylloxera by colorinfrared aerial photography and ground investigation*. *American Journal of Enology and Viticulture*, 34(2): 83-94;
- Williams, D.W., H.L. Andris, R.H. Beede, D.A. Luvisi, M.V.K. Norton, and L.E. Williams. (1985), *Validation of a model for the growth and development of the Thompson Seedless grapevine. II. Phenology*. *Am. J. Enol. Vitic.* 36:283-289;
- Woodcock, C. E., and Strahler, A. H. (1987) *The factor of Scale in Remote Sensing*. *Remote Sensing of Environment*. 21, 311-332;
- Zhang N., Wang M. and Wang N. (2002), *Precision agriculture – a worldwide overview*, *Computer and Electronics in Agriculture*, 36:113-132;

9) Descrizione ISTITUTO IBIMET-CNR

9.1 Introduzione

L'Istituto di Biometeorologia nasce nel 2000 quando, nell'ambito della riorganizzazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche, si decise di riunire in un unico corpo l'Istituto per l'Agrometeorologia e l'Analisi Ambientale applicata all'Agricoltura (IATA) di Firenze, l'Istituto per il Monitoraggio degli Agrosistemi (IMAES) di Sassari e l'Istituto di Ecofisiologia delle piante Arboree da frutto (ISTEA) di Bologna. In quest'ultimo confluisce anche il Centro di Studio sulla Gestione dei Sistemi Agricoli e Territoriali (GESTA). Attualmente la pianta organica dell'Istituto sia della sede di Firenze che delle due sezioni territoriali di Bologna e Sassari annovera 148 unità di personale, tra ricercatori e tecnici.

L' IBIMET-CNR opera nei settori della Meteorologia e della Climatologia applicata, della gestione, salvaguardia e sviluppo del territorio e dello studio dei Cambiamenti Globali, con attività di ricerca, trasferimento tecnologico e formazione, curando il rapporto fra la ricerca, territorio e sistema produttivo. Particolare attenzione viene rivolta all'impiego di metodologie innovative, quali la modellistica matematica che viene utilizzata negli studi sull'innovazione e l'ottimizzazione di sistemi agro-forestali, sull'analisi del clima e del tempo atmosferico, sulla valutazione dell'impatto dei Cambiamenti Globali sull'agricoltura, sulle foreste e sull'uomo. Infine IBIMET attraverso il LAMMA opera nei settori della meteorologia, climatologia, diffusione di inquinanti atmosferici, modellistica marina, monitoraggio di inquinanti, monitoraggio della vegetazione, sistemi informativi territoriali per la gestione delle risorse e dei rischi ambientali, tramite l'applicazione di modellistica avanzata e l'elaborazione di dati da sorgenti eterogenee, in primis satellitari.

A partire dalle esperienze maturate a livello nazionale ed internazionale dagli organismi che ne hanno prodotto l'avvio, particolare attenzione viene assegnata alle relazioni con i centri europei ed extraeuropei attivi nel settore. Sono stati quindi avviati specifici accordi di collaborazione con l'Agencia Spaziale Europea, con l'Istituto per le applicazioni spaziali del Joint Research Centre (JRC) della

U.E. di Ispra, con l'Agenzia per l'ambiente della U.E. con sede a Copenaghen, con EUMETSAT attraverso la partecipazione al SAF (Satellite Application Facilities) sul Land use, con l'ECMWF (European Center for Medium-range Weather Forecast) dei Servizi meteorologici europei e con le agenzie delle Nazioni Unite quali il WMO (World Meteorological Organisation), la FAO (Food and Agriculture Organisation), l'UNEP (United Nations Environment Program).

9.2 Descrizione del gruppo di ricerca

Il gruppo di ricerca dell'Istituto di Biometeorologia nell'ambito di questo progetto, coordinato dal Dr. Lorenzo Genesio e dal Dr. Francesco Primo Vaccari, è composto dall'Ing. Piero Battista, il Prof. Marco Bindi (DISAT UNIFI), l'Ing. Claudio Conese, l'Ing. Andrea Di Vecchia, l'Ing. Beniamino Gioli, il Dr. Fabio Maselli, il Prof. Simone Orlandini (DISAT UNIFI), il Sig. Bernardo Rapi, il Dr. Maurizio Romani, il Sig. Francesco Sabatini, il Sig. Alessandro Zaldei ed il Dr. Gaetano Zipoli, di cui di seguito si specificano i ruoli:

Nominativo	Ruolo nel progetto
Dr. Lorenzo Genesisio	coordinamento
Dr. Francesco Primo Vaccari	responsabile scientifico
Ing. Piero Battista	bilancio idrico e micrometeorologia
Prof. Marco Bindi	ecofisiologia vegetale e modellistica ambientale
Ing. Claudio Conese	telerilevamento da satellite
Ing. Andrea Di Vecchia	analisi territoriali
Ing. Beniamino Gioli	gestione ed interpretazione dati, voli aerei
Dr. Fabio Maselli	telerilevamento da satellite
Prof. Simone Orlandini	ecofisiologia vegetale e modellistica ambientale
Sig. Bernardo Rapi	proximity sensing
Dr. Maurizio Romani	GIS ed piani informativi
Sig. Francesco Sabatini	sensoristica micrometeorologica e monitoraggio ambientale
Sig. Alessandro Zaldei	sensoristica micrometeorologica e monitoraggio ambientale
Dr. Gaetano Zipoli	caratterizzazione e monitoraggio ambientale
<i>I curricula vitae del gruppo di ricerca sono all'allegato 1</i>	

Il gruppo ha una specifica esperienza con i temi trattati nel presente progetto derivanti dalle pregresse esperienze di ricerca che si possono riassumere in:

Progetto Bacchus

Progetto di Ricerca e Sviluppo Tecnologico, co-finanziato dalla Commissione Europea con il contratto numero EVG1-CT-2002-00075, nell'ambito del 5° Programma Quadro, sotto-programma "Energia, Ambiente e Sviluppo Sostenibile". Bacchus è stato attivamente impegnato nel miglioramento delle metodologie attuali per la localizzazione delle aree coltivate a vigneto, l'identificazione delle parcelle e la definizione delle caratteristiche delle viti, attraverso l'impiego dei dati prodotti dai sistemi di Osservazione della Terra ad altissima risoluzione e dalle tecniche di analisi geografica. L'obiettivo è stato quello di fornire alle organizzazioni coinvolte nella gestione del vigneto (Organizzazioni Regionali di regolamentazione e tutela, Organizzazioni per il controllo della qualità del vino e Produttori vitivinicoli) una soluzione integrata e completa, in grado

di rispondere alle loro esigenze informative, attraverso l'uso delle tecniche di telerilevamento da aereo o da satellite, dei Sistemi Informativi Geografici.

Progetto POM B36

Il progetto Pom B36 "La previsione fenologica uno strumento operativo per i Servizi Regionali di Sviluppo Agricolo" è stato direttamente orientato allo sviluppo dei Servizi Regionali di Sviluppo Agricolo della Regione Campania e Regione Sardegna, trasferendo gli operativi messi a punto nel corso del progetto su due colture: il pomodoro e la vite.

Il progetto si è articolato su due obiettivi principali che hanno riguardano l'adeguamento tecnologico delle strutture operative dei Servizi di Sviluppo Agricolo e il trasferimento dei risultati delle ricerche. Il primo obiettivo è stato quello di migliorare ed aggiornare, ove necessario, i Sistemi Regionali di rilevazione agrometeorologica mediante l'installazione di nuovi sensori e stazioni automatiche con trasmissione dati. Il secondo obiettivo è stato di trasferire ai Servizi di Assistenza tecnica e ai Servizi di Sviluppo Agricolo regionali i risultati del progetto attraverso la realizzazione di un sistema informatico integrato per la previsione della fenologia delle due colture d'interesse, il pomodoro e la vite.

Phenagri - MIPA

Ibimet ha partecipato come unità di ricerca nel Progetto Nazionale Phenagri del Ministero delle Politiche Agricole. Obiettivi del progetto sono stati:

- censire e catalogare in maniera ragionata le fonti di informazioni fenologiche pregresse, in particolare quelle raccolte da Enti di ricerca;
- costituire una banca dati in cui far confluire le informazioni fenologiche, in modo da realizzare un punto di accumulazione e redistribuzione che consenta di raccogliere anche i dati che saranno disponibili nel futuro, a partire da quelli raccolti nell'ambito del Progetto stesso;

- effettuare campagne di rilievi fenologici atte a completare le informazioni della banca dati, con particolare riferimento alle informazioni utili per lo sviluppo e la calibratura di modelli fenologici;
- favorire lo sviluppo di una fenologia "avanzata", dando impulso alle ricerche sui modelli matematici di sviluppo delle colture;
- coordinare il complesso delle iniziative adottate, nel settore della fenologia, dalle Regioni e dai vari organismi scientifici a livello nazionale;

Tutti i dati prodotti nell'ambito del Progetto "Phenagri" sono stati raccolti in un formato che ha permesso la loro rappresentazione tramite GIS (Geographic Information System). Per fornire un contributo al miglioramento della programmazione e della esecuzione degli interventi colturali, oltre alla corretta utilizzazione delle risorse ambientali.

Climagri - MIPAF

Il progetto triennale di ricerca denominato CLIMAGRI (Cambiamenti climatici e agricoltura) è stato finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali con D.M. 494 e 504/7303/2000 con l'obiettivo mirato alla conoscenza delle conseguenze, nel settore agricolo, delle variazioni climatiche in Italia; mirato cioè ad approfondire le interconnessioni tra agricoltura e variazioni climatiche. Obiettivo del progetto, trasversale alle 19 unità di ricerca a livello nazionale è stato l'acquisizione di un'analisi agroclimatica del territorio nazionale, evidenziando anomalie e cambiamenti climatici in atto o in ipotesi, con riferimento specifico all'impatto che hanno avere sull'agricoltura italiana.

Modello Plasmò

Il modello PLASMO (Plasmopara Simulation Model), è stato sviluppato nel corso di una ricerca pluriennale condotta in numerosi vigneti della Toscana da parte del CeSIA-Accademia dei Georgofili, in collaborazione con IBIMET- CNR. Si tratta di un programma di simulazione della biologia della peronospora che, grazie alla elaborazione dei dati climatici, permette

di seguire l'andamento delle infezioni che si sviluppano nel vigneto in modo da individuare i tempi migliori per effettuare i trattamenti fitosanitari. A partire da variabili meteorologiche esso simula lo sviluppo delle principali fasi del ciclo biologico della peronospora della vite, la crescita dell'area fogliare, la superficie delle lesioni presenti sul tessuto fogliare.

Progetto CLAIRE

"Climate change and agriculture in Europe: Assessment of impacts and adaptations"- EC (Contract EV5V-CT93-0294), 1993-1995. Sviluppo di un modello per la simulazione dello sviluppo e della crescita della vite in presenza di stress idrico.

Progetto CLIVARA

"Climate change, Climatic Variability and Agriculture in Europe"- afferente all'Environment European Program, 1995-98. Studio dell'effetto dei cambiamenti climatici sulla produzione quali-quantitativa della vite.

ENSEMBLES project

Progetto finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del VI programma quadro (Contract number GOCE-CT-2003-505539) 2004-2009. Studio dell'impatto della variazione degli eventi climatici estremi sulla produzione della vite a livello di bacino del Mediterraneo.

9.3 Curriculum Vitae

Lorenzo Genesisio è nato a Firenze il 10 febbraio 1971. Si è laureato in Scienze Agrarie presso l'Università degli Studi di Firenze nel 1995 con una tesi sperimentale in ecofisiologia volta alla stima dei consumi idrici. Dal 1995 si è specializzato nell'utilizzo delle tecnologie GIS e telerilevamento applicate ai sistemi ambientali. Ha lavorato quale consulente in sistemi informativi geografici a progetti di valutazione delle risorse naturali e sicurezza alimentare in paesi in

via di sviluppo per organismi internazionali e nazionali (WMO, WB, FAO, UE, OSS, MAE). Ha svolto attività di insegnamento in sistemi informativi geografici in corsi a livello internazionale e nazionale (RMTIC/WMO - PGRN/WB - IGM). Membro della delegazione italiana presso la conferenza delle parti della Convenzione Nazioni Unite Lotta alla Desertificazione (UNCCD - COP1 - COP4 - COP5 - COP6), ha coordinato progetti di rilevanza internazionale nei settori della climatologia applicata, monitoraggio ambientale e valutazione di impatti. È attualmente coordinatore dei progetti DISMED (UNCCD/MAE), Osservatorio Kyoto (Regione Toscana), e Work Package leader nel progetto AMMA-IP (UE/FP6). Dal 1995 collabora con l'Istituto di Biometeorologia - IBIMET CNR (ex IATA CNR) e dal 2001 è assunto a tempo determinato con la qualifica di Primo Ricercatore. È autore di oltre 30 pubblicazioni a carattere scientifico e tecnico su riviste ed atti di convegni.

Francesco Primo Vaccari. Laureato in Scienze Agrarie nel 1994, alla Facoltà di Agraria di Firenze. Collabora dal 1992 al 1995, con incarichi temporanei presso l'Istituto di Biometeorologia (ex IATA-CNR), dal 1995 al 1998, viene assunto come borsista partecipando ai lavori di ricerca del Dr. Franco Miglietta ed in particolare nell'ambito della collaborazione scientifica con Barilla Alimentare, finalizzata alla messa a punto di un modello matematico per la stima in pre-raccolta delle caratteristiche quali-quantitative del grano duro, dal 1998 al 2001 viene assunto come ricercatore a tempo determinato, dal 2002 è assunto come ricercatore a tempo indeterminato.

Collabora all'iniziativa del Global Change and Terrestrial Ecosystems Potato Network, nato da una iniziativa dell'IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme). Nel 1998 presenta il progetto "La previsione fenologica: uno strumento operativo per i Servizi Regionali di Sviluppo Agricolo". Il progetto è risultato idoneo al finanziamento da parte della UE dal Fondo Europeo di Orientamento e Garanzia per l'Agricoltura (FEOGA) e co-finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. Nel 1999 è responsabile scientifico IATA nell'ambito del progetto "Risks associated with *Tilletia indica*, the newly listed EU Quarantine pathogen, the cause of Karnal Bunt of wheat" finanziato dalla EU. Nel 2000 è rappresentante italiano nell'azione COST 627 Working Group 3

“Data sets, modelling, scaling and scenarios”. Responsabile scientifico del progetto “Osservatorio Kyoto” finanziato dall’Assessorato all’Ambiente della Regione Toscana, nel 2004. E autore di più di 60 pubblicazioni di cui 14 su riviste internazionali, ha collaborato alla stesura di 4 volumi.

Piero Battista: Ingegnere elettronico, Ricercatore dell’Istituto di Biometeorologia del CNR, ove si occupa di monitoraggio agro-ambientale con circa 20 anni di esperienza nello sviluppo di strumentazione e modellistica ambientale e agrometeorologica. Attualmente coordina le attività di gestione e manutenzione della rete di monitoraggio dell’Istituto, composta da 16 stazioni agrometeorologiche. Nell’ambito di progetti della Unione Europea (EPOCH - *European Programme on Climate Hazard*, MEDALUS II - *Mediterranean Desertification ad Land Use*, RESMEDES - *Remote Sensing of Mediterranean Desertification and Environmental stability*, RESYSMED - *Synthesis of Change Detection Parameters into a Land-Surface Change indicator for long Term Desertification Studies in the Mediterranean Area*, BACCHUS - *Methodological Approach for Vineyard Inventory and Management*) ha condotto campagne di misura di monitoraggio micrometeorologico e territoriale, partecipando alla realizzazione di specifici strumenti micrometeorologici. Nell’ambito di progetti nazionali ha contribuito allo sviluppo di un sistema per il monitoraggio della fauna selvatica, basato su tecnologia all’infrarosso. E’ stato Responsabile di ricerca di un progetto finanziato della Regione Toscana, finalizzato alla realizzazione di stazioni di monitoraggio a basso costo, con la visualizzazione dei dati direttamente su canale televisivo. Ha partecipato alla realizzazione di sistemi prototipali, anche oggetto di brevetto CNR, e software applicativi, impiegati da servizi agrometeorologici. La sua attività di ricerca è testimoniata da circa 85 pubblicazioni e rapporti.

Marco Bindi è nato a Firenze , il 23 Giugno del 1961. Si è laureato in Scienze Agrarie presso l’Università di Firenze del 1988; nel 1993 a conseguito il titolo di dottore di ricerca discutendo una tesi su “Agrometeorologia e delle colture foraggere”. Dal 1988 ha iniziato a collaborare con il DAPE-UNIFI, il CeSIA-Accademia dei Georgofili e lo IATA-CNR conducendo ricerche nei settori della

stima dei parametri meteorologici (es. radiazione solare globale, diretta e diffusa), della simulazione della crescita delle colture, e dell'impatto dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi agricoli e naturali. Nell'ambito di queste ricerche ha partecipato a progetti nazionali (FENAGRI, MURST ex. 40% e 60%) e internazionali (EPOCH, MANARA, CLAIRE, CLIVARA, CHIP) ed ha collaborato col JRC-Ispra ai progetti MARS e OLIWIN. Dal 1992 al 1994 ha lavorato come ricercatore presso il CeSIA-Accademia dei Georgofili, nel 1995 ha lavorato come ricercatore a contratto (ex. art. 23) presso lo IATA-CNR e dal dicembre del 1995 ha preso servizio come ricercatore non confermato presso il DISAT-UNIFI. Nel 1997 e' risultato vincitore di una borsa di studio di due mesi del CNR presso l'University of Florida, USA. Nel settembre 2001 e' risultato tra gli idonei della valutazione comparativa per il ruolo di professore ordinario indetta dall'UNIFI per il settore disciplinare AGR02A. Nel marzo 2002 e' stato chiamato dall'UNIFI a ricoprire il ruolo di professore straordinario a partire dal 1 Novembre 2002.

E' stato coinvolto in attività di docenza in corsi nazionali e internazionali, e in corsi universitari e post-universitari. I risultati dell'attività di ricerca svolta sono stati oggetto di numerose pubblicazioni su riviste nazionali ed internazionali (55 pubblicazioni)

Claudio Conese nato il 17 Aprile 1951, laureato in ingegneria elettronica, è Dirigente di Ricerca presso il CNR-IBIMET. Nel corso della sua carriera ha sviluppato competenze in gestione del territorio con più di 20 anni di esperienza nell'uso di GIS ed immagini satellitari per lo studio e gestione del territorio. Ha partecipato a progetti internazionali sull'erosione del suolo e costiera, sugli incendi boschivi, sulla classificazione climatica e sulla desertificazione nell'area Mediterranea. Responsabile scientifico nei progetti nazionali IPRA-CNR, RAISA-CNR ed internazionali ISOLE, PRIMAVERA, FORFAIT, MEDALUS II-UE and Forest Fire in Mediterranean Areas (SPREAD e FIRELAB), BACCHUS. Collabora con ESA per Land Management e Precision Farming. Collabora con Telespazio sulla mappatura delle aree bruciate. E' membro di Commissioni scientifiche e autore di più di 130 pubblicazioni scientifiche. Consulente FAO nella valutazione di progetti di cooperazione in Africa nel settore agrometeorologico.

Andrea Di Vecchia si Laurea in Ingegneria Meccanica all' Università "La Sapienza" Roma nel 1972, consegue poi il Master of Science alla New York University nel 1976

Dal 1982 al 1994 lavora presso il Ministero degli Affari Esteri Direzione Generale Cooperazione allo Sviluppo in qualità di responsabile tecnico dell'Iniziativa italiana per il Sahel (1982-1989) e responsabile del settore ricerca e tecnologia e dello sviluppo di procedure di valutazione e gestione progetti (1990-1994).

Esperto nella definizione di politiche settoriali e formulazione e gestione programmi di analisi rischio e vulnerabilità nel campo delle risorse naturali, ambiente e sviluppo rurale collabora dal 1994 con il CNR IBIMET nei programmi di applicazione del telerilevamento e GIS alla valutazione delle risorse e sicurezza alimentare. E' consulente FAO, WMO, MAE per la valutazione di progetti di gestione ambientale. E autore di numerosi lavori su riviste internazionali.

Beniamino Gioli, ricercatore. Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio conseguita nel 1998 presso l'Università di Firenze. Dottorato di ricerca in Economia, Ecologia e Sistemi Ambientali conseguito presso l'Università di Udine nel 2002. Si occupa da alcuni anni di monitoraggio ambientale tramite piattaforme aeree, nei settori della micrometeorologia e del telerilevamento. Ha messo a punto e gestisce il sistema per la misurazione dei flussi di massa ed energia installato sul velivolo dell'IBIMET CNR, ed il sistema per telerilevamento multispettrale e termico IR installato su velivolo sperimentale dell'Università della Tuscia. Collabora con importanti ditte aeronautiche del settore.

Fabio Maselli ha conseguito la Laurea in Scienze Naturali nel 1985 e la Laurea in Scienze Biologiche nel 1987, entrambe presso l'Università degli Studi di Firenze. Sempre presso la stessa Università, nel 2004 ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Biosistemica ed Ecologia Vegetale.

Dal 1986 svolge attività di ricerca riguardo all'uso di dati telerilevati per il monitoraggio della vegetazione, sia agricola che naturale, a diverse scale spaziali e temporali. Nel 1988 è stato assunto come ricercatore a contratto

presso lo IATA-CNR (attualmente IBIMET-CNR); nel 1996 ha vinto presso lo stesso Istituto un posto di ricercatore permanente.

Ha partecipato come responsabile scientifico a diversi progetti di ricerca finanziati da enti nazionali ed internazionali, come l'ASI e la EU (fra questi ultimi RESMEDES, RESYSMED, CAMELEO, FOREMMS, e-ECORISK, CIOMTA).

Contemporaneamente ha pubblicato oltre 250 lavori su riviste ed atti di convegni, fra cui circa 60 articoli su riviste internazionali di telerilevamento e monitoraggio ambientale.

Simone Orlandini è Professore Associato presso il Dipartimento di Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio Agroforestale (DISAT - Università di Firenze). Si è laureato nel 1989 in Scienze Agrarie presso la facoltà di Agraria di Firenze ed ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Agrometeorologia nel 1994 presso l'Università di Sassari discutendo una tesi concernente le applicazioni della modellistica agrometeorologica alla difesa delle colture. E' stato ricercatore CNR-IATA nel periodo 1997-1999 e dal 1999 al 2002 è stato ricercatore presso il DISAT. Svolge regolarmente attività didattica nel settore della informatica, agronomia, agrometeorologia ed agroclimatologia. E' attualmente Direttore del Centro Interdipartimentale di Bioclimatologia dell'Università di Firenze. E' Accademico Corrispondente della Accademia dei Georgofili di Firenze. Ha preso parte a numerosi progetti di ricerca sia nazionali che internazionali, anche in veste di coordinatore responsabile delle unità di ricerca. E' autore di oltre 100 lavori a carattere scientifico, didattico e tecnico. La sua attività di ricerca è incentrata su diversi aspetti della agrometeorologia e agroclimatologia e sulle loro applicazioni al settore viticolo, la più importante coltura della nostra regione. In questo ambito ha analizzato le relazioni fra andamenti climatici e produzione, in modo da mettere a punto dei sistemi di valutazione quali-quantitativi del raccolto. Inoltre ha considerato l'analisi delle dinamiche epidemiologiche, in relazione ai fattori climatici per la realizzazione di modelli di simulazione. Infine le condizioni topoclimatiche sono state studiate, in modo da mettere a punto dei modelli di simulazione per la variabilità spazio-temporale, che consentono di sviluppare classificazioni territoriali. Nell'ambito della sua attività ha approfondito l'uso della modellistica e della informatica

applicata all'agricoltura, mediante software specifici e sistemi informativi geografici.

Bernardo Rapi – Perito Agrario, esperto di agrometeorologia, con oltre 15 anni di attività nel settore, è tecnico presso il CNR-IBIMET di Firenze. Si è occupato di proximity sensing ed elaborazione delle immagini nell'ambito di importati progetti nazionali e internazionali, quali il Progetto Finalizzato CNR RAISA (Ricerche Avanzate per Innovazioni nel Sistema Agricolo), il Progetto MICIA (Miglioramento Cerealicolo per Innovazioni Agroindustriali) del MiPAF e il Progetto Europeo Bacchus (Approccio Metodologico per l'inventario e la Gestione del Vigneto). Per il CeSIA – Accademia dei Georgofili, ha svolto attività di studio sulle potenzialità applicative dei sistemi di visione computerizzata e telerilevamento, per la valutazione dei danni provocati da agenti diversi sulle foglie di vite. In collaborazione con il dipartimento di Ingegneria dell'Università di Milano, è stato incaricato di testare sistemi basati su telecamere per il monitoraggio dei danni da ozono sulle foglie di tabacco. Nel corso di questi anni ha pubblicato oltre 80 lavori scientifici, ha svolto attività didattica per corsi specialistici e Master universitari, per conto del CeSIA-Accademia dei Georgofili, del MiPAF, della Fondazione per la Meteorologia Applicata e dell'Università di Firenze. A conoscenza di linguaggi di programmazione avanzati, quali VisualBasic e ALI (Analytic Language for Image), ha contribuito alla realizzazione di software applicativi, sistemi di gestione e di supporto alle decisioni, in uso presso enti pubblici e società private. Si ricordano in particolare, i software: COLORE, per il calcolo dei valori di lunghezza d'onda dominante e di purezza, a partire dalle coordinate colorimetriche della lamina fogliare; PCA, per la caratterizzazione di campioni alterati rispetto ad un campione di riferimento e ImAGE, per l'estrazione di indici dimensionali e riflettometrici da immagini rilevate da telecamere, finalizzata alla classificazione qualitativa di semi di grano duro.

Maurizio Romani, nato a Firenze il 02-09-1954, si laurea in Scienze Agrarie il 01-04-1981 discutendo una tesi dal titolo "Prove di abbattimento di reflui di oleificio classico ed esame statistico dei dati relativi alla situazione olearia

italiana", nel 1983 svolge attività di ricerca presso la sezione Agronomia e difesa della coltura del Centro Ricerche Riso di Mortara (PV), nel 1984 inizia la sua attività di ricerca presso l'Istituto per l'Agrometeorologia e l'Analisi Ambientale applicata all'Agricoltura di Firenze (IATA-CNR), in seguito denominato IBIMET (Istituto di Biometeorologia) occupandosi alle problematiche legate all'uso dei GIS per l'analisi territoriale e alla loro integrazione con database tradizionali. In quest'ambito partecipa a progetti nazionali ed internazionali, produce numerose pubblicazioni e svolge attività di formazione professionale. Tra i progetti si sottolinea i seguenti: "Assistance Technique dans les Domaines de l'Agrométéorologie et la Météorologie" (Marocco) con lo sviluppo di modelli GIS integrati con una base dati ORACLE; CIOMTA (Centro de Investigacion Observacion y Monitoreo Territorial Ambiental) (Argentina) con lo sviluppo di un sistema integrato GIS-Database-Modelli per il supporto all'attività agricola; Progetto Bacchus (Methodological approach for Vineyard Inventory and Management) (Unione Europea) con lo sviluppo di un sistema informatico per la gestione dei vigneti.

Francesco Sabatini nato a Firenze il 27/10/1964 lavora dal 1984 presso il CNR IBIMET (ex IATA) con la qualifica di tecnico specializzato in strumentazione per l'Agrometeorologia, l'ecofisiologia e il monitoraggio ambientale. Nel corso della propria esperienza professionale ha partecipato a campagne di misura in Italia ed all'estero per conto di organismi internazionali (WMO) e nazionali (MAE). Si è in seguito specializzato nell'installazione di stazioni meteorologiche a trasmissione satellitare e GSM, misura degli scambi gassosi e della radiazione ultravioletta. Dal 2001 è responsabile della rete stazioni meteorologiche automatiche LaMMA (Laboratorio Meteorologia e Modellistica Ambientale - CNR e Regione Toscana) con trasmissione satellitare.

Alessandro Zaldei, esperto in elettronica e robotica, specializzato in sviluppo, realizzazione e progettazione di sensori ed apparati per il monitoraggio ambientale, nella trasmissione automatica dei dati per applicazioni meteorologiche, agrometeorologiche e di ricerca applicata. Diplomato in "Elettronica Industriale" nel 1990 collabora con l'Istituto di Biometeorologia del

Consiglio Nazionale delle Ricerche dal 1997. Nel corso dell'ultimo decennio ha partecipato a numerosi progetti di ricerca su scala nazionale, europea e mondiale. Oggi è responsabile del Laboratorio di Elettronica dell'Istituto di Biometeorologia del CNR, dove si occupa di progettazione e realizzazione di sensori e sistemi integrati. Esperto in misure di scambi gassosi ed interazioni atmosfera-biosfera, ha sviluppato e realizzato sistemi ed apparati integrati per il calcolo del bilancio di carbonio.

Negli ultimi anni ha collaborato con numerose istituzioni straniere come ad esempio il "National Physical Laboratory" di New-Dely, l'Università dell'Illinois", l'Università di Santa-Fe, il NOAA statunitense e numerose altre istituzioni sia nazionali che internazionali. Conta molte pubblicazioni e technical report fra cui un manuale di uso e manutenzione di stazioni agrometeorologiche pubblicato dal WMO (World Meteorological Organization).

Gaetano Zipoli è dirigente di ricerca del Consiglio Nazionale delle Ricerche presso l'Istituto di Biometeorologia di Firenze. Laureato nel 1980 in Scienze Agrarie presso l'Università di Firenze (110/lode su 110) con la tesi di agrometeorologia "Modello flussi-deflussi dei bacini del Greve e del Pesa".

Dal 1983 ricercatore CNR. Nel 1984-85 ha lavorato presso il Water Conservation Lab. del Dip. Agricoltura USA (a Phoenix, Arizona) dove ha perfezionato le proprie conoscenze in agro- e micro-meteorologia. Ha partecipato anche con ruoli di coordinamento scientifico nei progetti finalizzati CNR del settore agricoltura: IPRA e RAISA. Dal 1990 responsabile della ricerca sugli effetti della radiazione ultravioletta sulla vegetazione e in questo contesto delegato nazionale nelle azioni UE-COST "UVB Forecasting" e "UV Climatology". Dal 1996 responsabile scientifico del Progetto "Laboratorio per la Meteorologia e la Modellistica Ambientale" (LaMMA) realizzato su incarico della Regione Toscana. Dal 2001 responsabile della UO di IBIMET nel progetto MIPAF sull'interazione Clima-Produzioni Agricole "Climagri".