

con il patrocinio di



Comune di Bologna

GUARDIA COSTIERA



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE,
CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

Remote Sensing



ENEA

11° Workshop tematico di Telerilevamento

OSSERVAZIONE DELLA TERRA

Georisorse
Risorse Produttive
Geopolitica
Calamità Naturali e Beni Culturali

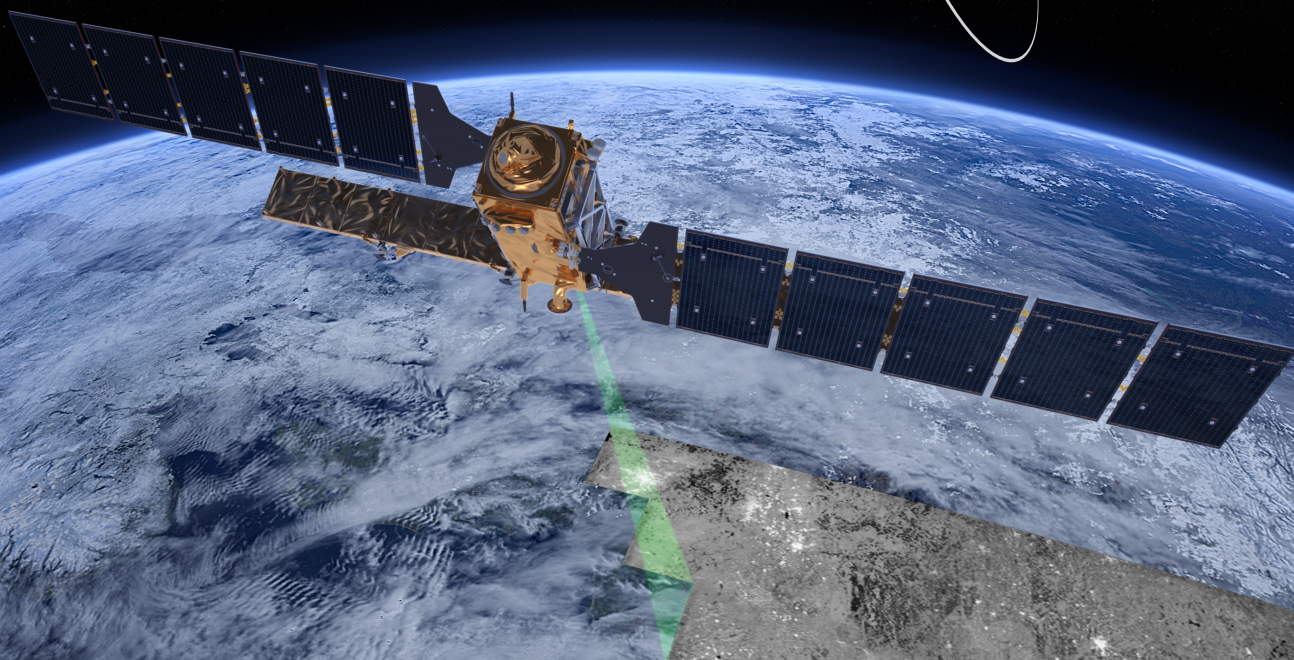


immagine ESA

**Sala Anziani - Palazzo d'Accursio
P.zza Maggiore - BOLOGNA**

27-28 giugno 2017

A cura di Elena Candigliota e Francesco Immordino

ENEA

*Divisione Modelli e Tecnologie per la Riduzione degli Impatti Antropici e dei Rischi Naturali.
Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali.*

SPONSORS

e-geos
AN ASI / TELESPAZIO COMPANY

Leica
Geosystems

planetek
italia

HARRIS

Considerazioni su costi e mercato potenziali del telerilevamento da SAPR in Italia nel settore vitivinicolo

E. Borgogno-Mondino

DISAFA, Università di Torino, L. go Paolo Braccini 2, 10095, Grugliasco (TO)

Corresponding author: enrico.borgogno@unito.it

I sistemi SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto) si stanno configurando sempre più come un nuovo strumento di lavoro per molte professioni. Le caratteristiche che ne guidano la diffusione sono la relativa economicità e la sostanziale indipendenza dell'operatore da parti terze. All'accoppiata favorevole "SAPR + sensori ultraleggeri a basso costo" il merito di aver sdoganato e proposto al grande pubblico discipline tecniche come la fotogrammetria e il telerilevamento, introducendole in professioni ed ambiti produttivi più tradizionali. Tuttavia, benché ne sia stata ormai dimostrata l'utilità per applicazioni metriche, meno dimostrabile, allo stato attuale, è la loro efficacia nell'ambito del telerilevamento, dove l'alto grado di automazione, che pure gli algoritmi di trattamento delle immagini hanno raggiunto, non riesce a garantire una analoga semplicità di utilizzo e di lettura dell'informazione. In particolare nel settore agronomico, dove questi sistemi sono immaginati per la conduzione "mirata" delle pratiche colturali (agricoltura di precisione), il trasferimento tecnologico deve essere guidato in modo rigoroso, evitando le improvvisazioni che potrebbero portare, prima che il settore parta, ad un suo affossamento. E' infatti vero che le tecniche di telerilevamento devono ancora dimostrare agli operatori di settore di poter generare informazioni in grado di indirizzare le loro pratiche agronomiche meglio di quanto possibile con approcci più tradizionali. Soprattutto, devono ancora dimostrare che i costi sono compatibili con quelli di conduzione ordinari, o che comunque la valenza economica (o ambientale) dei benefici prodotti copra almeno i costi sostenuti.

Limiti di utilizzo e produttività dei sistemi: le limitazioni temporali all'utilizzo dei SAPR sono riconducibili a tre fattori causali: a) le condizioni di illuminazione; b) le condizioni atmosferiche favorevoli (pioggia assente, vento moderato e comunque sensibilmente inferiore alla velocità di crociera); c) il numero di ore "standard" volabili da un SAPR. Le condizioni di illuminazione favorevoli al volo prevedono, soprattutto in vigneto, dove le spalliere costituiscono ostacolo all'illuminazione, che le ombre siano le più limitate possibile. Questo impone di volare con il sole in condizioni prossime alla nadiralità e, cioè, nelle ore centrali del giorno. Si può assumere che 5 ore/giorno (dalle 10.30 alle 15.30) siano quelle effettivamente "volabili". L'importanza della limitazione degli effetti d'ombra sulle scene acquisite è condizione necessaria per un rilevamento spettrale affidabile, tale per cui, cioè, il segnale registrato dai sensori a bordo dei SAPR sia sufficientemente "pulito" e idoneo alla sua interpretazione ai fini della mappatura delle proprietà feno-/fisiologiche del vigneto. Le condizioni atmosferiche, invece, pregiudicano la possibilità stessa del volo: normalmente non si vola con pioggia, sia perché molti dei SAPR sul mercato potrebbero danneggiarsi, sia perché le condizioni di illuminazione risultano sfavorevoli; non si vola con vento forte (velocità prossime o superiori a quelle normalmente di crociera del velivolo) poiché il controllo del velivolo risulta pregiudicato da condizioni di volo precarie. Una analisi preliminare condotta con dati di pioggia medi (fonte <http://www.climatedata.eu/>) ha consentito di stimare, all'interno della stagione fenologica della vite (cautelativamente individuata tra aprile e ottobre compresi) valori di riferimento di numero di giorni effettivamente "volabili" per assenza di pioggia: 121 nel Nord Italia, 137 nel Centro e 149 nel Sud. Nella stima non sono tenuti in conto i giorni che, pur in assenza di precipitazioni, non sono idonei al volo per la presenza di vento. Pertanto i valori proposti costituiscono una ottimistica valutazione. Accoppiando le ore "volabili" giornalmente con i giorni di potenziale assenza di pioggia, è possibile stimare il monte ore annuale idoneo all'acquisizione da SAPR per le finalità sopra descritte: 605 ore/anno per aree nel Nord Italia, 685 per il Centro e 745 per il Sud (weekend inclusi). Poiché inoltre, a tutti gli effetti, i SAPR rientrano in una normativa ENAC, la loro gestione si avvicina (o "dovrebbe" avvicinarsi) a quella routinaria dei velivoli con pilota. Le ore volabili ogni anno "in sicurezza" sono uno dei parametri normalmente considerati, soprattutto in relazione alle procedure di contenimento dei rischi associati al volo. Un valore di riferimento accettabile per i SAPR, risulta essere 200 ore/anno. Pertanto, qualora anche le ore "volabili" alla luce degli altri due fattori fossero superiori, tale soglia sarebbe auspicabile non venisse superata da ogni velivolo a disposizione. Se questo è necessario, l'"Operatore APR" (termine con cui la l'ENAC individua l'azienda di volo) dovrebbe dotarsi di più velivoli con conseguente amplificazione dei costi. Il ragionamento appena condotto consente di valutare il numero minimo di velivoli di cui un Operatore dovrebbe dotarsi per essere operativo in tutti i giorni di volo disponibili all'interno della stagione fenologica, cioè 4.

Formazione del costo: un dato dal quale le valutazioni economiche che riguardano la convenienza potenziale dell'attività di telerilevamento da drone non può prescindere è la produttività (in termini di ha/ora) che i SAPR, attualmente in commercio, riescono ad esprimere. Una stima di tale valore è stata ottenuta attraverso un modello di simulazione che mette a confronto SAPR ad ala fissa e ad ala rotante facendo variare le quote relative di volo (25, 50, 75, 100 m) ed utilizzando valori tecnici medi di velocità di crociera (15 km/h per i SAPR ala rotante e 50 km/h per quelli ad ala fissa), di durata delle batterie (30 minuti per ala rotante e 55 minuti per ala fissa) e di costo unitario dei componenti usurabili (sistema SAPR, sensore, rotor, batterie). La simulazione prevede un piano di volo con ricoprimento longitudinale dell'80% e laterale del 30%, un sensore di 2048 x 1536 pixel (3.2 micron) e di focale 8.5 mm. La geometria dell'area acquisita è supposta, semplificativamente, di tipo rettangolare con un rapporto tra lato lungo e lato corto di 1.5. Mantenendo tale rapporto costante la sua dimensione è fatta variare tra 1 e 100 ha. Vigge l'ipotesi di contiguità dell'area da acquisire. Le simulazioni tengono conto dei tempi di rientro e ricollocazione del SAPR alla posizione dalla quale ha dovuto staccarsi per tornare alla zona di landing per il cambio batterie (il requisito di sicurezza richiede che la carica residua della batteria sia almeno il 35% della sua capacità) e dei tempi di fermo necessari alla sostituzione (10 minuti). La simulazione condotta ha permesso di modellizzare la relazione tra i tempi di sorvolo e la dimensione dell'area acquisita, da cui risulta che le produttività potenziali, nell'ipotesi di acquisizione di un continuo territoriale, risultano di circa 25 ha/ora per SAPR ad ala rotante e di 100 ha/ora per quelli ad ala fissa (per quota di volo di 50 m, sempre auspicabili per problemi legati alla qualità del segnale registrato). Tali stime devono tuttavia essere riviste poiché è impensabile, al momento, che le 5 ore giornaliere a disposizione siano volate continuativamente, vista la frammentarietà del contesto italiano in cui la dimensione media delle aziende vinicole risulta inferiore ai 3 ha per azienda (Censimento dell'Agricoltura 2010). E' infatti ragionevole pensare che la stazione di controllo debba muoversi almeno in una seconda posizione per proseguire il rilevamento,

Tipo di SAPR	Produttività teorica (ha/anno)			Totale	Produttività effettiva (ha/anno)			Totale
	Nord	Centro	Sud		Nord	Centro	Sud	
Ala rotante	15157	17085	18620	50862	3031	3417	3724	10172
Ala fissa	60629	68339	74480	203448				

Tabella 1. Superfici teoriche ed "effettive" sorvolabili annualmente in Italia (aprile-ottobre). Sono utilizzati i seguenti valori di produttività giornaliera: ala fissa teorica = 500 ha/giorno, ala rotante teorica = 125 ha/giorno, produttività effettiva = 25 ha/giorno. Si tratta degli ha che un Operatore potrebbe coprire annualmente volando tutti i giorni disponibili con un solo SAPR per volta. La somma Nazionale presuppone la contemporaneità di volo nelle tre aree.

nazionale italiano, si possono facilmente quantificare (Tabella 1) gli ettari che annualmente possono essere acquisiti. Considerando la superficie vitata dell'Italia, circa 750000 ha (dati ISTAT 2011, dati.istat.it), se si intendesse coprirli per intero, il mercato potrebbe assorbire circa 5, 15 e 75 aziende rispettivamente nei casi di produttività teorica per SAPR ala fissa, ala rotante e nel caso di operatività "effettiva". Considerato poi che l'osservazione dovrebbe auspicabilmente essere ripetuta più volte nel corso della stagione fenologica della vite (auspicabilmente una volta al mese per 7 mesi), il mercato potenziale potrebbe essere presidiato da un numero di aziende almeno 7 volte più numeroso delle stime sopra riportate, in condizioni di assenza di concorrenza.

Per quanto riguarda i costi, le simulazioni devono necessariamente avvalersi di semplificazioni. In particolare, le stime proposte non tengono in conto: a) i costi di raggiungimento dell'area di sorvolo da parte dell'equipe; b) i costi di mantenimento in loco del personale. L'ottimismo potenziale delle stime è inoltre legato al fatto che l'ipotesi base è che tutte le 200 ore di volo previste come standard annuale siano effettivamente volate. Al netto di queste considerazioni il modello economico prevede i seguenti valori di riferimento (giugno 2016): acquisto aeromobile = 10000 €; acquisto di un sensore multispettrale dal costo di 5200 €; ammortamento SAPR operato in 4 anni assumendo che alla fine sia ancora ottenibile un profitto pari al 10% del costo iniziale per la cessione di parti non usurate a terzi; accantonamento di spesa (safety) per imprevisti pari al 10% della rata di ammortamento annua; costo di assicurazione per velivolo pari a 500 €/anno (i premi possono arrivare anche ai 1000 €/anno); una sostituzione all'anno dei rotor stimata in 150 € per ogni velivolo; 4 velivoli a disposizione dell'Operatore da ammortizzare. I costi del personale fanno riferimento a due modelli aziendali: a) modello 1 (MA1): Operatore costituito da un pilota (retribuzione netta di 1800 €/mese per 13 mensilità e 220 giorni lavorativi) e da una seconda persona per l'assistenza da terra in fase di volo (retribuzione

netta di 1450 €/anno per 13 mensilità e 220 giorni lavorativi). Il costo aziendale del personale dipendente interno viene semplificativamente conteggiato come 1.5 volte la retribuzione netta. Si ipotizza che uno dei due possa essere anche manutentore. Le operazioni di processamento dei dati acquisiti per l'estrazione delle informazioni fenolo-/fisiologiche della vite sono affidate ad un professionista esterno pagato 90 €/h che procede alle necessarie elaborazioni in 8 ore indipendentemente dal numero di immagini da trattare. Tale costo non concorre pertanto a formare il costo orario fisso, benché pesi sul costo unitario (euro/ha); b) modello 2 (MA2): Operatore costituito da un pilota e da una seconda persona per l'assistenza da terra in fase di volo. Si ipotizza che entrambi possano procedere in autonomia alla manutenzione periodica dell'APR che all'elaborazione dei dati acquisiti. Per entrambe le professionalità (supposte di profilo tecnico medio/alto si ammette retribuzione netta di 1800 €/mese per 13 mensilità e 220 giorni lavorativi). Il modello per la stima del costo unitario proposto (figura 1) accetta l'ipotesi che l'Operatore possieda 4 velivoli, numero che gli consente di operare per tutti i giorni disponibili nella stagione fenologica della vite.

Voci di costo	N.	(€/h)	
		MA1	MA2
Pilota + manutentore	1	19.94	19.94
Sicurezza a terra	1	16.07	19.94
Processamento dati		90.00 €/h x 8 ore	19.94 €/h x 8 ore
Ammortamento SAPR	4	45.00	45.00
Assicurazione SAPR	4	10.00	10.00
Accantonamento di sicurezza (10 % rata di ammortamento annua)	4	4.50	4.50
Ricambio batterie (3 pacchi/SAPR/anno)	12	24.00	24.00
Sostituzione rotor	4	2.34	2.34
Ammortamento sensore	1	3.91	3.91
TOTALE ORARIO		125.76	129.63

Tabella 2. Costi orari nell'ipotesi che l'Operatore disponga di 4 velivoli ed un solo sensore. "N." è il numero di componenti che definiscono il costo riportato a fianco. Il processamento dati è escluso, ma considerato forfettario e, dunque, aggiunto separatamente.

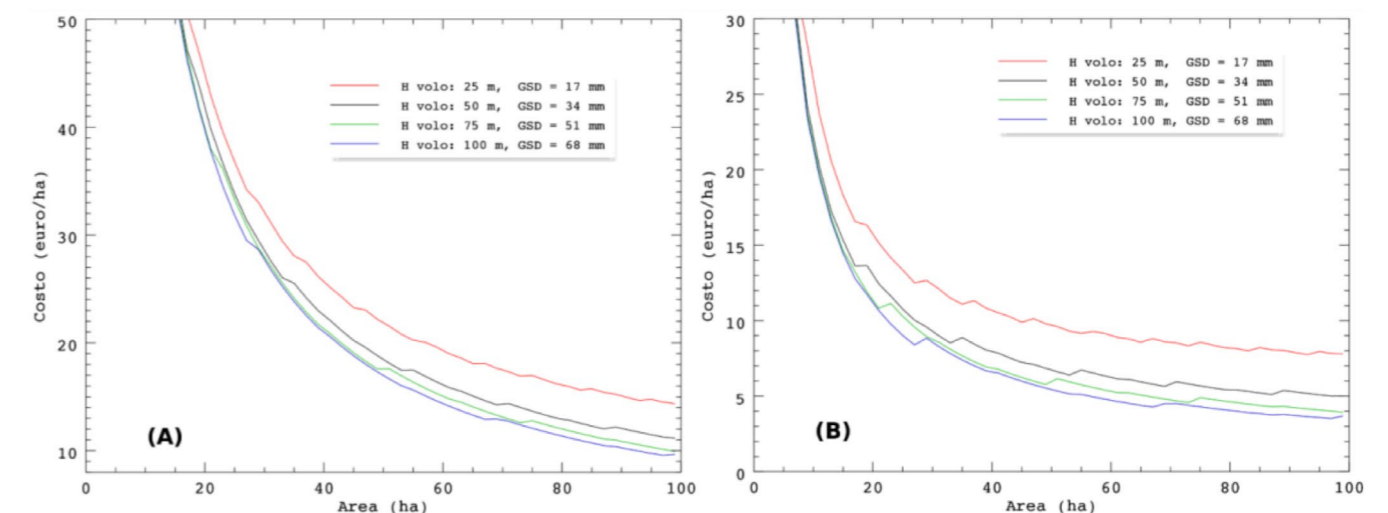


Figura 1. Costi unitari (€/ha) per SAPR ad ala rotante con MA1(A) e MA2 (B). Sono considerate quote diverse, a cui corrisponde una diversa dimensione del pixel a terra (GSD, Ground Sample Distance).

Il modello per la stima del costo unitario proposto (figura 1) accetta l'ipotesi che l'Operatore possieda 4 velivoli, numero che gli consente di operare per tutti i giorni disponibili nella stagione fenologica della vite. A titolo puramente indicativo, assumendo come costo unitario di riferimento medio i 5 €/ha (ottimisticamente raggiungibile solo con MA2 e per estensioni indicativamente superiori a 50 ha), è possibile definire l'ordine di grandezza dei costi annuali (potenziali) che ogni Operatore, con 4 velivoli, dovrebbe sostenere per poter volare in tutti i giorni disponibili. In qualche modo, questo valore, può essere assunto come indicatore del mercato potenziale che si aprirebbe (se si assume proporzionalità tra costi e ricavi). I costi complessivi

Scenario	Nord Italia (€)	Centro Italia (€)	Sud Italia (€)
SAPR ala fissa (teorica)	303145	341695	372400
SAPR ala rotante (teorica)	75785	85425	93100
SAPR (Reale)	15155	17085	18620

Tabella 3 - Costi, potenziali e reali, nell'ipotesi che il costo unitario medio di acquisizione sia 5 €/ha (MA2) e tutti i giorni volabili dell'anno siano sfruttati dall'Operatore. Costi al netto delle spese di trasferta della squadra di lavoro.

(tabella 3) possono essere dedotti accoppiando le estensioni volabili in un anno con il costo unitario di acquisizione nelle 3 ipotesi di SAPR ad ala fissa (produttività potenziale = 500 ha/giorno), ala rotante (produttività potenziale = 125 ha/giorno) e a produttività "reale" (25 ha/giorno). Le cifre

proposte includono il costo delle persone stipendiate all'interno di MA2. E' evidente che i costi totali annuali, in qualche modo proporzionali a quelli che saranno i ricavi, stimati per l'attuale scenario medio operativo, risultano inadeguati: non risulterebbero coperti nemmeno gli stipendi annuali dei due operatori (che complessivamente pesano per almeno 70000 €). Questo evidentemente impone oggi la vendita del sorvolo ad un costo unitario almeno 5 volte superiore a quello stimato ottenibile agevolmente come rapporto tra le produttività potenziali più ridotte (ala rotante = 125 ha/giorno) e quella reale (25 ha/giorno). La cifra che ne risulta è di circa 20 €/ha, valore, questo, che determina una sicura perdita di attrattività di questa tecnologia da parte delle aziende viti-vinicole. Le alternative che si danno, per riavvicinare i costi attualmente "sostenibili" a quelli potenziali sono: a) che l'Operatore estenda il proprio mercato a comparti produttivi complementari a quello viti-vinicolo in cui i suoi servizi possano essere richiesti anche fuori dalla stagione fenologica della vite (periodo invernale); b) si preveda una replicazione interna dei modelli aziendali proposti raddoppiando personale e mezzi con conseguente aumento anche del rischio di impresa. In tal senso alcune simulazioni potrebbero essere fatte avvalendosi dello stesso modello adottato per questo lavoro per verificare l'eventuale efficacia di questa strategia.

Conclusioni: il mercato potenziale per nuovi operatori SAPR sembra, dunque, essere promettente già solo considerando il comparto viticolo. Se si allargasse ai principali segmenti agronomici le cose potrebbero diventare decisamente più interessanti. La sperimentazione evidenzia che solo un modello aziendale che internalizzi le professionalità legate a) al processamento geometrico e radiometrico/spettrale del dato ("esperto di telerilevamento") e b) alla manutenzione tecnica dei SAPR, può abbattere i costi unitari (di più di un ordine di grandezza) e portarli a valori ammissibili per il comparto. Due persone stipendiate in grado di soddisfare le competenze di pilotaggio, sicurezza a terra, manutenzione SAPR ed elaborazione dei dati sembrano costituire la squadra economicamente più compatibile. Ovviamente ragionamenti ulteriori potrebbero essere fatti assumendo una replicazione di tale configurazione nell'ipotesi che l'Operatore si ingrandisca. La ricerca ha inoltre evidenziato che: a) la quota di volo non determina significative differenze economiche sopra i 50 m; b) una azienda che basi il proprio profitto su questa tecnologia deve poter operare tutti i giorni potenzialmente disponibili e dunque dotarsi di almeno 4 SAPR; c) la produttività "effettiva" attualmente raggiunta (25 ha/giorno /anno/Operatore) non garantisce la sopravvivenza dell'azienda ai costi stimati; d) la dimensione minima da acquisire nel corso del singolo volo deve indicativamente essere superiore ai 50 ha. I valori di costo stimati riguardano inoltre uno scenario futuro in cui gli Operatori riescano a lavorare in tutti i gironi disponibili (anche con clienti diversi) e dunque in cui, questa pratica, sia diventata sistemica. Qualora le esperienze che si stanno conducendo sul campo portino alla dimostrazione che operare una viticoltura di precisione supportata dal telerilevamento da SAPR, a fronte di costi analoghi a quelli riportati, (ottimistici, date le semplificazioni adottate), generi benefici economici, diretti o indiretti, rispetto alla conduzione ordinaria, si porrà il problema di formare adeguatamente le professionalità richieste. In particolare ne beneficerebbero scuole tecniche superiori e soggetti accademici per la formazione dei piloti e dei manutentori di SAPR, di esperti di telerilevamento e di "agronomi 2.0" in grado di interpretare le informazioni geospaziali derivate con queste tecniche completandole e supportandole con l'irrinunciabile lavoro di campo. Si sottolinea ancora una volta che il costo unitario stimato non è il prezzo di vendita del volo che l'Operatore praticherà all'agricoltore, ma una base di costo da cui partire e sulla quale caricare i necessari costi di trasferimento e permanenza eventuale sul luogo della missione da parte della squadra di lavoro, oltre ad eventuali ricarichi di profitto. Questo valore, considerando la dimensione media dell'azienda viticola italiana, variabile tra gli 0.3 ha della Valle d'Aosta e i 3 ha del Friuli-Venezia Giulia (Censimento dell'Agricoltura 2010), impone necessariamente, dal lato "viticoltore", ragionamenti alla scala consortile. Resta ancora aperto, viste le relativamente poche esperienze nazionali e l'assenza di una storicità delle pratiche statisticamente significativa, il problema relativo alla quantificazione dei benefici economici (diretti e indiretti) effettivamente apportati al settore dall'introduzione di questa pratica. L'aspettativa è che, se di benefici si tratterà, questi riguarderanno la razionalizzazione dei processi di distribuzione dei trattamenti, la programmazione mirata delle vendemmie e la conduzione differenziale del vigneto per avvicinarlo ad una situazione in cui, in ogni sua parte, esso produca con analoga qualità e/o quantità.

Bibliografia

1. Borgogno-Mondino, E., Gajetti, M. (2016). Scenari economici per l'utilizzo degli RPAS in agricoltura: conviene davvero?. Atti del VIII Convegno Nazionale AIT, 22-24/6/2016, Palermo.7
2. Borgogno-Mondino, E. (in Press). Preliminary Considerations about Costs and Potential Market of Remote Sensing from UAV in the Italian Viticulture Context. European Journal of Remote Sensing.
3. ISTAT (2010). Aziende, superficie vitata e dimensione media. Censimento dell'Agricoltura 2010.