REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

FSC Fondo per lo Sviluppo e la Coesione

Relazione semestrale sullo svolgimento del progetto ATLANTIDE

Advanced Technologies for LANds management and Tools for Innovative Development of an EcoSustainable agriculture

Acronimo: Atlantide

Codice di intervento: RC_CRP_068

CUP: J88D20000070002

Report Semestrale n. 3 - Periodo di lavoro dal 04.11.2021 al 03.05.2022

Informazioni sul deliverable	
Da consegnare entro	3 giugno 2022
Consegnato	21 giugno 2022
Work Package	WP1
Partner coinvolto	Organismo di Ricerca (Odr)/Impresa capofila (IC)/Partner di progetto (PP)
Autore	Antonio Piga (Odr)
Revisori	Odr/IC/PP
Approvato da	Odr/IC/PP
Livello di disseminazione	Pubblico
Tipologia	Documento
Allegati	Nessun allegato

Tabella 1. Cronologia delle revisioni

Data	**Versione**	**Commenti**
08/06/2022	0.1	Bozza creata da Autore

13/06/2022	0.2	Revisioni di editing da parte di Autore
21/06/2022	1.0	Versione finale rivista e corretta da tutti i partner

1. Grado di conseguimento degli obiettivi, includendo gli eventuali deliverable e milestone prodotti

Il progetto di ricerca prevede, nel periodo indicato, oltre al conseguimento degli obiettivi di seguito riportati, la produzione di 5 deliverables, nel dettaglio:

D.1.3 Report semestrale (mese 18)
D.2.1 Profilo metabolico della pianta in funzione delle condizioni bio-agronomiche di crescita (mese 16).
D7.1.2 Database delle variabili pedologiche e vegetali (mese 18).
D7.1.3 Modelli predittivi suolo pianta (mese 18).

Di seguito sarà riportato il grado di conseguimento degli obiettivi previsti per singolo WP.

WP1. Project Management
Il WP1 si occupa del coordinamento tecnico-amministrativo e scientifico del progetto. Nel secondo semestre erano previste le seguenti attività:

1. Incontri trimestrali con i responsabili di WP per la discussione dello stato di avanzamento scientifico.
2. Preparazione del report semestrale (D.1.4).

Tutte le attività elencate sono state realizzate. Sono state, inoltre, istruite tutte le pratiche amministrative (bandi per contratti, borse e assegni, spese per materiali e attrezzature, bandi per servizi esterni, ecc.). Al momento della stesura della relazione non è stato ancora depositato il deliverable previsto nel terzo semestre per il WP2 per i motivi riportati nella relazione del semestre precedente. Si prevede, comunque, di depositare il deliverable D.2.1 nel secondo semestre 2022. Per quanto riguarda i deliverable del WP7 si tratta di un aggiornamento dei deliverable già prodotti (mese 10) e i cui contenuti sono presenti in questa relazione, mentre il prodotto fisico da caricare sulla cartella condivisa di progetto e sul sito di progetto è in via di stesura e sarà presumibilmente disponibile entro il mese corrente.

WP2. Fenotipizzazione ad alta precisione in condizioni di pieno campo
Nel complesso il progetto ha conseguito gli obiettivi programmati in modo soddisfacente. In questo anno è stato possibile eseguire le prove di pieno campo ed eseguire i rilievi ed i campionamenti previsti.

Tuttavia, a causa delle avverse condizioni meteorologiche verificatesi del periodo di dicembre-gennaio 2021-22, si è ritenuto opportuno apportare alcuni correttivi alla attività prevista in pieno campo. Infatti, le prove in campo si sarebbero dovute svolgere in due distinte località dell'Isola (località Santa Lucia, Oristano e località Ottava, Sassari). Tuttavia, le abbondanti precipitazioni e la conseguente impraticabilità dei campi non hanno consentito la semina in una delle due località (Santa Lucia). Pertanto, per compensare tale perdita, la prova condotta ad Ottava è stata potenziata allestendo quattro distinti campi sperimentali, invece del singolo campo sperimentale programmato in origine.

Nell'ambito del WP2, il progetto si pone come obiettivo principale quello di indagare le relazioni esistenti tra le variabili rilevate in remoto (satellite e/o drone) e le caratteristiche bio-agronomiche di materiali varietali allevati in condizioni di pieno campo
Coerentemente, nel corso di questo semestre, sono state raggiunti i seguenti obiettivi:

1) Dataset di dati fenologici, fisiologici ed agronomici ottenuto tramite rilevi condotti a terra mediante fenotipizzazione 'tradizionale' o *proximal sensing* (in collaborazione con il **WP4)**.
2) Dataset ottenuti da rilievi condotti in *remote sensing*
    a. Tramite droni (in collaborazione con i colleghi **del WP7).**
    b. Tramite rilievi satellitari (in collaborazione con i colleghi del **WP4).**
3) Campionamento di tessuti vegetali per indagini di laboratorio (trascrittomica/metabolomica) e indagine di mercato per l'individuazione di una ditta esterna per l'esecuzione delle analisi 'omiche'.

Nel complesso, i dati raccolti rappresentano una base di partenza fondamentale per la messa a punto di un sistema di analisi integrato potenzialmente esportabile anche ad altre colture ed in grado di supportare le scelte agronomiche e le attività di miglioramento genetico.

WP3. Tecnologie digitali e modellistiche di nuova generazione applicate ai sistemi agrari mediterranei
Gli obiettivi specifici del WP3 riguardano 1) lo sviluppo di strumenti per l'intensificazione sostenibile dei sistemi agro-silvopastorali mediterranei, 2) la valutazione degli impatti di diverse pratiche agronomiche sulla sostenibilità di questi agroecosistemi mediante l'integrazione di dati da remote sensing e modellistica, e 3) la valutazione dell'efficacia dei dispositivi digitali sviluppati come strumenti a supporto delle decisioni.
Nel periodo intercorso fra il mese di novembre 2021 e il mese di maggio 2022, al fine del raggiungimento dell'obiettivo di cui al punto 1) è stata effettuata per il secondo anno la campagna di rilievi in campo presso lo specifico dispositivo di campo realizzato presso l'azienda sperimentale di Santa Lucia (Zeddiani, OR) dell'Università di Sassari. L'obiettivo della sperimentazione era quello di valutare l'impatto di differenti strategie di utilizzo dei prati-pascoli e del diverso grado di consociazione delle principali specie foraggere sulla dinamica di una serie di variabili agronomiche (LAI, SLA, biomassa, et.), e sulle relazioni fra queste variabili e i principali indici multispettrali rilevati mediante sensori installati su drone. Nel mese di maggio si è conclusa la campagna di rilievi relativa al secondo anno di sperimentazione. Inoltre, è stato avviato uno specifico studio di campo sul medesimo dispositivo sperimentale per poter valutate le relazioni fra i principali parametri qualitativi delle risorse foraggere (proteina cruda, fibre, etc.) della biomassa in campo e spettrofotometria prossimale sulla banda del vicino infrarosso (NIR) rilevata con uno specifico strumento portatile. I risultati permetteranno di poter mettere a punto uno strumento in grado di stimare in tempo reale i parametri qualitativi sul foraggio fresco in campo.
Per il raggiungimento degli obiettivi di cui al punto 2) è stato avviato uno studio delle relazioni fra gli indici multispettrali da dati telerilevati (Sentinel2, Landsat) e dataset di campo derivanti da sperimentazioni di medio e lungo periodo svolte nel contesto di attività progettuali pregresse.
La attività descritte sono propedeutiche per il conseguimento degli obiettivi di cui al punto e 3) e per la redazione dei deliverables D3.1 (Mese 30), D3.2 (M 30) e D3.3 (M 36).

WP4. Monitoraggio ambientale per la gestione differenziata delle colture
Durante le attività condotte nell'ambito del progetto ATLANTIDE l'obiettivo generale è stato quello di favorire la completa integrazione fra know-how tecnico-scientifico e tecnologie abilitanti per il settore agrifood; in un'ottica di automatizzazione della catena di elaborazione dati per fornire mappe informative fondamentali per l'integrazione delle tecniche di agricoltura di precisione nell'attuale contesto agricolo.
In questo quadro generale, si inserisce il WP4; il cui obiettivo specifico è quello di ottimizzare la gestione agronomica dei sistemi colturali attraverso il monitoraggio (sia da remoto che prossimale) dei principali parametri pedo-climatici sito-specifici e agro-fisiologici della coltura al fine di massimizzare le

performance produttive dei sistemi colturali riducendo l'impiego di input esterni a vantaggio della sostenibilità climatico-ambientale.

A tal proposito, in collaborazione con i partner di WP coinvolti, secondo cronoprogramma approvato, e in relazione a quanto previsto nelle Task 4.2 e 4.3 sono state allestite e portate avanti diverse attività sperimentali in differenti siti della Sardegna che hanno previsto sia operatività in pieno campo che in ambiente protetto.

Inizialmente le attività erano state pianificate presso i campi sperimentali del Centro Innovative Agriculture dell'azienda di Surigheddu, ma a causa delle ancora non concluse attività di delimitazione e definizione dei campi sperimentali le attività relative al WP4 si sono trasferite presso altre sedi. Nello specifico, è stata allestita, in collaborazione con i colleghi del WP2 (Fenotipizzazione ad alta precisione in condizioni di pieno campo) una prova presso l'azienda didattico-sperimentale "M. Deidda" del Dipartimento di Agraria sita in località Ottava (SS). La prova ha riguardato la messa in opera di un dispositivo sperimentale ad indirizzo cerealicolo di orzo (due varietà: Heidi e Tazio) per una superficie totale di circa 5000 m^2 sul quale secondo protocollo operativo specifico, sono stati raccolti dati da remote sensing (in collaborazione con i colleghi del WP7) che sono stati integrati con rilievi puntuali eseguiti a terra al fine di costruire un database di dati agronomici (D.4.3) essenziale per il successivo lavoro di calibrazione e validazione degli indici vegetazionali più appropriati, acquisiti da termocamera satellitare e/o da drone e successivamente elaborati secondo tecniche GIS, al monitoraggio agro-fisiologico della colture (D.4.4).

Le attività di ricerca in ambiente protetto sono condotte presso un'azienda privata localizzata nel Comune di Samassi (Az. Sem. Agr. F.lli Setzu) una delle più importanti in Sardegna nella produzione di colture orticole. L'imprenditore agricolo ha mostrato un notevole interesse nei confronti dell'attività proposta mettendo a disposizione del progetto una serra-tunnel di nuova realizzazione della superficie di circa 5000 m^2 destinata alla coltivazione di specie come peperone, melanzana, zucchino, e fragola ecc.



Figura 1: Panoramica della serra-tunnel con coltivazione della fragola in atto

Le attività di ricerca in azienda sono state condotte in collaborazione con IRRIVOLT e con ABINSULA Srl, ed hanno riguardato l'acquisizione di dati relativi al suolo e al microclima dell'ambiente serra-tunnel volti alla caratterizzazione micro-pedo-climatica della medesima (D.4.3) con l'obiettivo di migliorare la gestione delle risorse, specialmente quella idrica, implementando un sistema di irrigazione di precisione

(D.4.4) volto a massimizzare lo sviluppo morfo-fisiologico delle colture, prevenire gli stress idrici a vantaggio del miglioramento della produzione quanti-qualitativa e del risparmio idrico.
A tal proposito a seguito di un sopraluogo aziendale e successivo campionamento del suolo a maglia regolare georeferenziata sono state eseguite le analisi del suolo per la caratterizzazione fisico-chimica dell'ambiente serra e sono state successivamente realizzate le mappe di variabilità delle costanti idrologiche finalizzate alla identificazione delle zone omogenee (D.4.4). Tale identificazione consentirà di realizzare una gestione dell'irrigazione con tecniche di precisione, possibilmente automatizzate per migliorare l'efficienza d'suo dell'acqua, favorire il risparmio idrico e prevenire gli stress (Figg. 2 e 3).

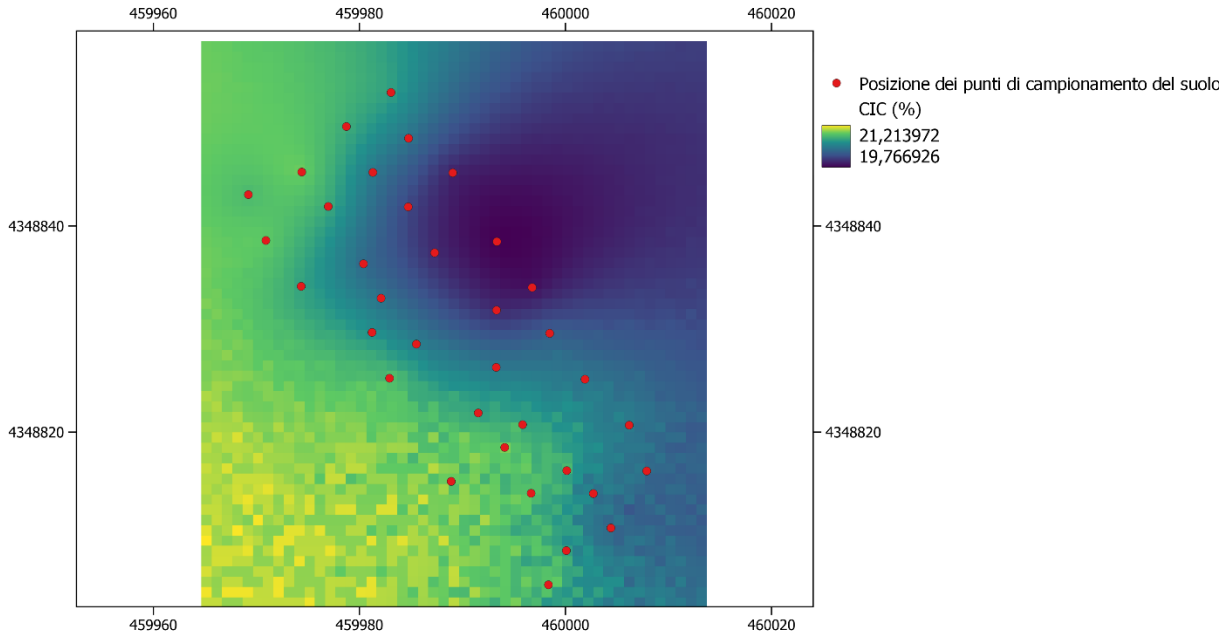


Figura 2: Mappa di variabilità della C.I.C Az. Agr. F.lli Setzu

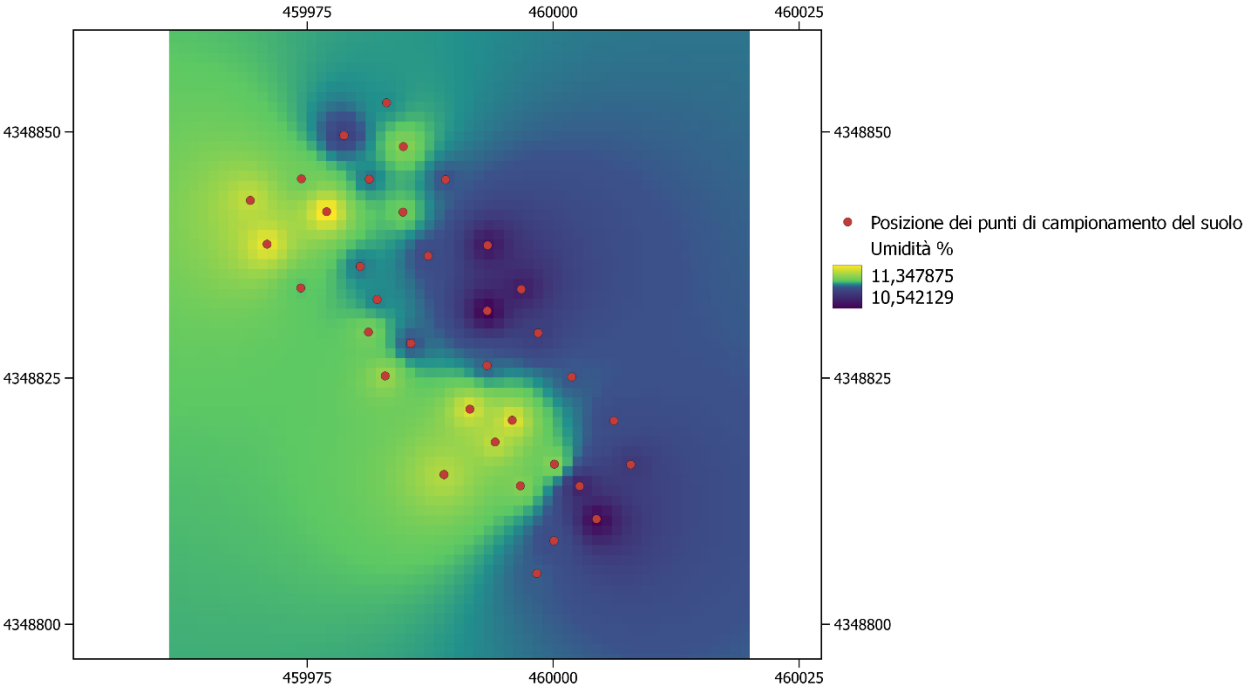


Figura 3: Mappa di variabilità del Pa Az. Agr. F.lli Setzu

La realizzazione delle mappe di variabilità della capacità idrica di campo (C.I.C.), punto di appassimento (PA) e dell'acqua disponibile (A.D.) è stata affiancata da un'attività di supporto alla gestione irrigua aziendale che ha previsto la calibrazione di alcuni sensori commerciali offerti da Abinsula Srl, con l'obiettivo di sviluppare un modello irriguo che sulla base della comunicazione fra: dati suolo, mappe di variabilità, dati micro-climatici della serra-tunnel e evapotraspirazione della coltura sia in grado di fornire un supporto alle decisioni irrigue dell'agricoltore (M.4.1 e 4.2).

WP5. Sensori e sistemi di gestione innovativi per la coltura protetta
D5.1 Progettazione strutture per il monitoraggio delle serre
Il primo prototipo per il monitoraggio e la gestione da remoto delle serre è stato realizzato ed è al momento in fase di primo test.
Il prototipo dello spettrometro per la valutazione della salute e della fisiologia delle piante in coltivazione in serra è in fase di test.
D5.2 Messa in coltura di specie modello: (M34, DEM, CO)
La moltiplicazione in vivo e in vitro delle prime specie ha dato i primi risultati. è stato, inoltre, messo a punto un protocollo per la valutazione genetica delle piante di rosmarino, che consentirà uno screening in campo sulla base della qualità degli oli essenziali.

WP6. Sviluppo e realizzazione di un sistema per la realtà aumentata in agricoltura
In generale lo sviluppo del progetto, durante il semestre di riferimento, ha avuto un costante avanzamento nello svolgimento delle sue attività, in linea con gli obiettivi previsti dal cronoprogramma per il WP6. Nello specifico, le attività hanno riguardato:

6.1 Stato dell'arte e raccolta delle informazioni aziendali
Le principali attività riguardanti la raccolta delle informazioni aziendali sono state pressoché ultimate, ci si riserva, comunque, di aggiornare le informazioni attualmente disponibili con altre ottenibili da ulteriori visite aziendali. Allo stato attuale, si sta procedendo con la definizione dei dati disponibili in azienda e delle informazioni che possono essere considerate più rilevanti dagli operatori del settore, oltre che la definizione della frequenza con cui le informazioni fruibili in realtà aumentata dovrebbero essere consultate dagli stessi operatori.

6.2 Disegno e realizzazione del sistema per la gestione e l'analisi delle informazioni dell'azienda agricola
Per lo sviluppo di questo task si sta proseguendo con la definizione e la risoluzione degli aspetti e delle problematiche più rilevanti, inerenti la gestione dei dati aziendali, anche sulla base dell'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini svolte nel task 6.1.

6.3 Disegno e realizzazione di un software applicativo per dispositivi mobili
Le attività riguardanti il presente task stanno proseguendo sullo studio della struttura e dell'interfaccia utente, in modo da realizzare un software applicativo facilmente fruibile da operatori più o meno esperti in termini di utilizzo di nuove tecnologie. In particolare, ci si è focalizzati sull' identificazione degli animali e sulla connessione dell'ID con le informazioni proiettate in realtà aumentata e realtà mista sugli Smart Glasses selezionati per il progetto.

6.4 Definizione dell'impatto della tecnologia per la realtà aumentata implementata nell'azienda agricola

Nel semestre di riferimento si è iniziato a predisporre le metodologie per valutare l'impatto del sistema in via di sviluppo sugli utilizzatori finali.

WP7. Gestione colturale del vigneto con il supporto combinato delle tecnologie di viticoltura di precisione e di Intelligenza Artificiale

Milestone: M7.1.1 Sistema georeferenziato in grado di valutare e quantificare la variabilità agronomica e tecnologica del vigneto mediante l'esecuzione di una griglia di 62 punti di campionamento a terra realizzato in fase primo anno mese 6 e presentazione degli aggiornamenti al deliverable D7.1/M1.2 Database delle variabili pedologiche e vegetali (mesi 8 e mese 12 e mese 18) con le elaborazioni e gli aggiornamenti e prime mappe di prescrizione.

Milestone: M7.2.1 Riconoscimento automatico di malattie ed insetti per facilitare il monitoraggio e fornire un ulteriore strumento di supporto alle decisioni nella difesa antiparassitaria del vigneto. Nel deliverable D 7.2.2 (aggiornamento mese 18) è riportata la metodologia utilizzata per l'addestramento iniziale dell'algoritmo MASK-RCNN testato ai fini della detection dei "danni precoci e tardivi da infestazione da attacchi di insetti in vigna da "cicadellidi" e un primo significativo miglioramento della classificazione delle sintomatologie derivate da patologie mediante l'utilizzo del Framework Yolo che ha permesso la discriminazione delle due patologie di interesse viticolo (peronospora e oidio) in foglie annotate e una prima valutazione dei risultati ottenuti. Inoltre, ha permesso la creazione di una banca dati contenente immagini di foglie e grappoli con sintomi di oidio, peronospora in continuo aggiornamento.

Per la stagione produttiva 2022 saranno eseguiti 4 voli sperimentali nelle date sotto riportate e così organizzati UAS voli per WP7:

Mese giugno 1 Volo (7 Giugno 2022)
Mese luglio 2 Voli (8 Luglio e 27 Luglio 2022)
Mese agosto 1 Volo (26 Agosto 2022)

I rilievi fluorimetrici saranno eseguiti contestualmente ai voli e anche le rilevazioni di Tree Row Volume (TRV) seguendo lo schema sotto riportato:

Mesi giugno 1 rilievo misure in campo TRV e rilievi fluorimetrici (7 Giugno 2022)
Mesi luglio 2 rilievo misure in campo TRV e rilievi fluorimetrici (8 Luglio e 27 Luglio 2022)
Mesi agosto 1 rilievo misure in campo TRV e rilievi fluorimetrici (26 Agosto 2022)
Mesi settembre 1 rilievo fluorimetrico (prima della vendemmia settembre 2022)

Deliverable D7.2.1. Mappe di decisione-prescrizione (mesi 10, 20, 30). Aggiornamento mese 18

Le osservazioni condotte nell'anno 2021 in una griglia predisposta per la rilevazione delle misure vegeto-produttive (62 punti georeferenziati) ha permesso di contestualizzare in maniera puntuale le variabili osservate in proximal sensing, altezza della canopy, spessore, app di monitoraggio 4Grapes, osservazioni fluorimetriche in foglie e grappoli con Multiplex e da remoto (UAS dotato di sensori RGB e multispettrali). La misura del potenziale fogliare, eseguita con camera a pressione di Scholander, ha permesso di valutare e individuare quando la pianta entra in condizione di stress idrico e quindi intervenire con l'irrigazione definendo un modello di gestione dello stress idrico della cv "Cagnulari". In accordo con il settore AGR15 dai 62 punti della griglia georeferenziata sono stati prelevati alla vendemmia i campioni di grappoli per determinare, attraverso analisi con MostoScan, le composizioni medie dei campioni estratti in termini di obiettivi enologici e mappe di produzione (analisi eseguite e risultati in fase elaborazione) e di eseguire le analisi geostatistiche volte allo studio della variabilità spazio-temporale del vigneto.

2. Breve descrizione delle attività svolte

Di seguito saranno descritte brevemente per singolo WP le attività svolte nei primi sei mesi.

WP1. Coordinamento e gestione

L'attività di project management, in capo al coordinatore di progetto (CP) ed al responsabile unico del procedimento (RUP), prevede tutte le azioni per la gestione scientifica e finanziaria del progetto.
Con determinazione n.929 protocollo n. 7610 del 03/11/2020 la RAS riconosce ad Uniss, che ha presentato il progetto Atlantide con nota Prot. UNISS 132608 in data 28.11.2019, il contributo complessivo di € 1.500.000,00 a valere sulle risorse FSC 2014-2020 Linea d'Azione 3.a.1.1. "Interventi di sostegno alla Ricerca" - Tipologia3 - Finanziamento Progetti Collaborativi di Ricerca e sviluppo promossi da medie e Grandi imprese con organismi di ricerca o infrastrutture di ricerca regionali. A partire dal 01 gennaio 2022 il progetto Atlantide viene trasferito dal Centro d Spesa "Ufficio Progetti Strategici" al "Dipartimento di Agraria". Il nuovo RUP è la Dr.ssa maria Paola Masu.

- In data 10 dicembre 2021 si svolge il secondo incontro con il CGP, durante il quale si discute di:
  Stato di avanzamento: aspetti amministrativi.
  Relazione sui risultati scientifici.
  Programmazione delle attività future.

Nella riunione vengono visionati il report periodico (D.1.3) e il Dissemination Plan and Report (D.1.9) che vengono definitivamente approvati in data 17/12/2021. Durante la riunione i WPL illustrano l'attività svolta, gli obiettivi raggiunti e le criticità emerse. Della riunione il CP prepara un resoconto che, in seguito ad approvazione di tutti i componenti il CPG, viene caricato sulla cartella condivisa di progetto in data 15 febbraio 2022.

- In data 19 dicembre 2021 viene caricato sulla cartella condivisa di progetto il deliverable D.7.1.2 – Database delle variabili pedologiche e vegetali.
- In data 18 febbraio 2022 si svolge il secondo incontro con i WPL, durante il quale si discute, oltre che dell'avanzamento della ricerca, della necessità di fare una rimodulazione del piano finanziario. I responsabili di ogni WP prendono l'impegno di fare avere in breve tempo al responsabile scientifico le richieste di rimodulazione, al fine di poter fare una specifica richiesta al CRP. Tale richiesta viene ufficialmente inviata via PEC al CRP Sardegna in data 27 aprile 2022 e accettata in data 18 maggio 20022 (prot. Ras. 3533 del 18/05/2022):
- In data 14 marzo 2022 il responsabile scientifico invia una richiesta al CRP avente per oggetto "Progetto Atlantide Proposta di cofinanziamento rinnovo posto di Ricercatore TD". Il CRP risponde alla richiesta in data 31/03/2002 (prot. Ras 2253 del 31/03/2022).
- In data 17 marzo 2022 vengono caricati sulla cartella condivisa di progetto i seguenti prodotti:
  - D7.2.1 Mappe di decisione-prescrizione.
  - D 7.2.2 Modelli di intervento fito-sanitario.
  - M 7.2.1 Riconoscimento automatico di malattie ed insetti per facilitare il monitoraggio e fornire un ulteriore strumento di supporto alle decisioni nella difesa antiparassitaria del vigneto D.1.2 – Report periodico.

Non è stato possibile per i bimestri con scadenza a febbraio ed aprile provvedere al caricamento dello stato di avanzamento finanziario (impegni e costi) bimestrali sul portale specifico del Centro Regionale di Programmazione della Regione Autonoma della Sardegna, in quanto in attesa della presa di servizio, avvenuta il 2 di maggio 2022, del Financial manager. Il caricamento di tutti gli impegni/spese avverrà regolarmente entro la prossima scadenza. Il Coordinatore ha assolto a tutte le operazioni di firma di richiesta di ordine, pagamento di quote mensili di borse/assegni e timesheet.

Nei mesi 19-24 sono state istruite le seguenti pratiche amministrative:
Personale da reclutare a tempo determinato:
Procedure iniziate prima del semestre

- Bando (D.D.G. n. 3288/2021 prot. 00118693 del 21/09/2021 - Repertorio n. 2054/2021) per borsa di studio e ricerca per il WP7 della durata di 3 mesi e per un importo di **€ 6.000,** dal titolo "Valutazione critica di monitoraggi di campo atti al perseguimento di specifiche gestioni vegeto produttiva in vigneto". La procedura è terminata in data 12 ottobre 2021, il vincitore **Dott. Luca Mercenaro** ha preso servizio in data 01/12/2021 (contratto n. 282) e ha terminato in data 01 marzo 2022;
- RINNOVO per **n. 8 mesi** del contratto per borsa di studio post lauream della **dott.ssa Manunta Federica**, per attività di ricerca nell'ambito del progetto ATLANTIDE (WP 05) Prot. n. 145163, Rep. n. 2340/2021 del 18/11/2021 per un importo complessivo di **€ 14.000**.
- Bando (D.D.G. rep. n. 4105 prot. n. 138683 del 29/10/2021) per **tecnologo categoria D3** per i **WP2-WP4** della durata di 20 mesi (20 mesi prorogabile anche su fondi di altri progetti o convenzioni) e per un importo di **€ 68.333** dal titolo "Messa a punto di un protocollo di monitoraggio dei fenomeni ambientali con tecniche di agricoltura di precisione". La procedura si è conclusa in data 23 febbraio 2022 con la nomina di due vincitori: **dott.ssa Maria Teresa Tiloca e dott. Gavino Sanna**. La Dr.ssa Tiloca è stata assunta a valere sul WP2-WP4, mentre il Dr. Sanna a valere sul WP3, in quanto tale WP prevedeva l'assunzione di un tecnologo.
- Il dott. Alessandro Deidda ha rinunciato dal 31/12/2021 alla borsa di studio (D.D. 1542/2021 Prot. 0050709 del 28/04/2021) dal titolo "Monitoraggio delle produzioni viticole mediante spazializzazione degli indici fluorimetrici FERARI, ANTH_RG e ANTH_RB e delle relative curve di maturazione fenolica in varietà a bacca rossa in relazione al vigore vegetativo del vigneto" (WP07).

Procedure avviate nel semestre di riferimento
Bandi borse di studio:

- Bando di selezione pubblica, per titoli e colloquio, per l'attribuzione di n.**1 borsa di studio post-lauream** nell'ambito del progetto Atlantide (**WP 07**) dal titolo: "Rilievi per la valutazione e quantificazione della variabilità intra-parcellare in vigneto" per un importo complessivo di **€ 8.960**. La procedura si è conclusa con la nomina del vincitore il dott. Deiana Pierfrancesco.
- Bando di concorso, per titoli e colloquio, per il conferimento di n. 1 **borsa di studio post-lauream** di **12 mesi** per lo svolgimento della seguente attività di ricerca: "*raccolta di dati di campo e elaborazione dati per il monitoraggio delle colture foraggere e dei pascoli"***,** nell'ambito del progetto Atlantide – "tecnologie digitali e modellistiche di nuova generazione applicate ai sistemi agrari mediterranei" (**WP 03**) Prot. 574 del 04.03.2022 rep. 87, per un importo complessivo di **€ 16.200**. La procedura si è conclusa con la nomina del vincitore il **dott. Marco Cuboni,** che ha preso servizio in data 01 aprile 2022.

Altre procedure:

- A seguito delle dimissioni del dott. Cristian Lusci (data fine contratto 31/12/2021) è stata avviata una procedura di selezione pubblica (bando DD. n. 79 prot. n. 542 del 01/03/2022), per titoli e colloquio, per il conferimento di un incarico individuale, con contratto di lavoro autonomo per il supporto alla gestione e rendicontazione (**WP1**) della durata di n. 21 mesi e dell'importo di € 47.727,28 ma non è stato individuato alcun candidato idoneo. Di conseguenza è stato riaperto il termine per la presentazione delle domande di partecipazione alla procedura bandita con D.D. n. 158/2022, Prot. n. 836 del 31.03.2022 che si è conclusa con la nomina della vincitrice **dott.ssa Stefania Liggia**, che ha

preso servizio in data 02 maggio 2022. Contratto n. 14/2022 per un importo complessivo di **€ 47.725,42.**

Bandi in espletamento:

- Bando di concorso, per titoli e colloquio, per il conferimento di n. 1 **borsa di studio post-lauream** presso il Dipartimento di Agraria nell'ambito del Progetto "ATLANTIDE" (**WP 5**) della durata di **mesi 8** e un importo di **€ 10.300**, per lo svolgimento della seguente attività di ricerca: *"Studio della moltiplicazione in vivo e in vitro di specie spontanee ai fini della coltivazione idroponica"*, dal titolo "Sensori e sistemi di gestione innovativi per la coltura protetta" referente scientifico Dott.ssa Grazia Maria SCARPA.

Spese per materiale di consumo e attrezzature

Sono stati effettuati n. 7 ordini per il materiale di consumo per un totale di 19.686,23 € IVA inclusa.

Spese per missioni

Sono state fatte n. 7 missioni per un totale di € 2.128,15.

In totale è stata impegnata la somma di € 790.849,37 (52,72 % del totale) ed eseguiti pagamenti per € 369.227,24 (24,62% del totale).

WP2. Fenotipizzazione ad alta precisione in condizioni di pieno campo

Una parte della attività è stata mirata alla pianificazione delle prove in campo:

- Riunioni telematiche ed in presenza finalizzate a specificare tempi, ruoli e modalità di azione previste per ciascun attore coinvolto (componenti WP2).
- Definizione delle modalità di interazione ed integrazione con il WP4 e WP7.

L'obiettivo delle attività è stato quello di fenotipizzare 61 varietà di orzo coltivato differenti per tipologia della spiga e *habitus* di crescita allo scopo di:

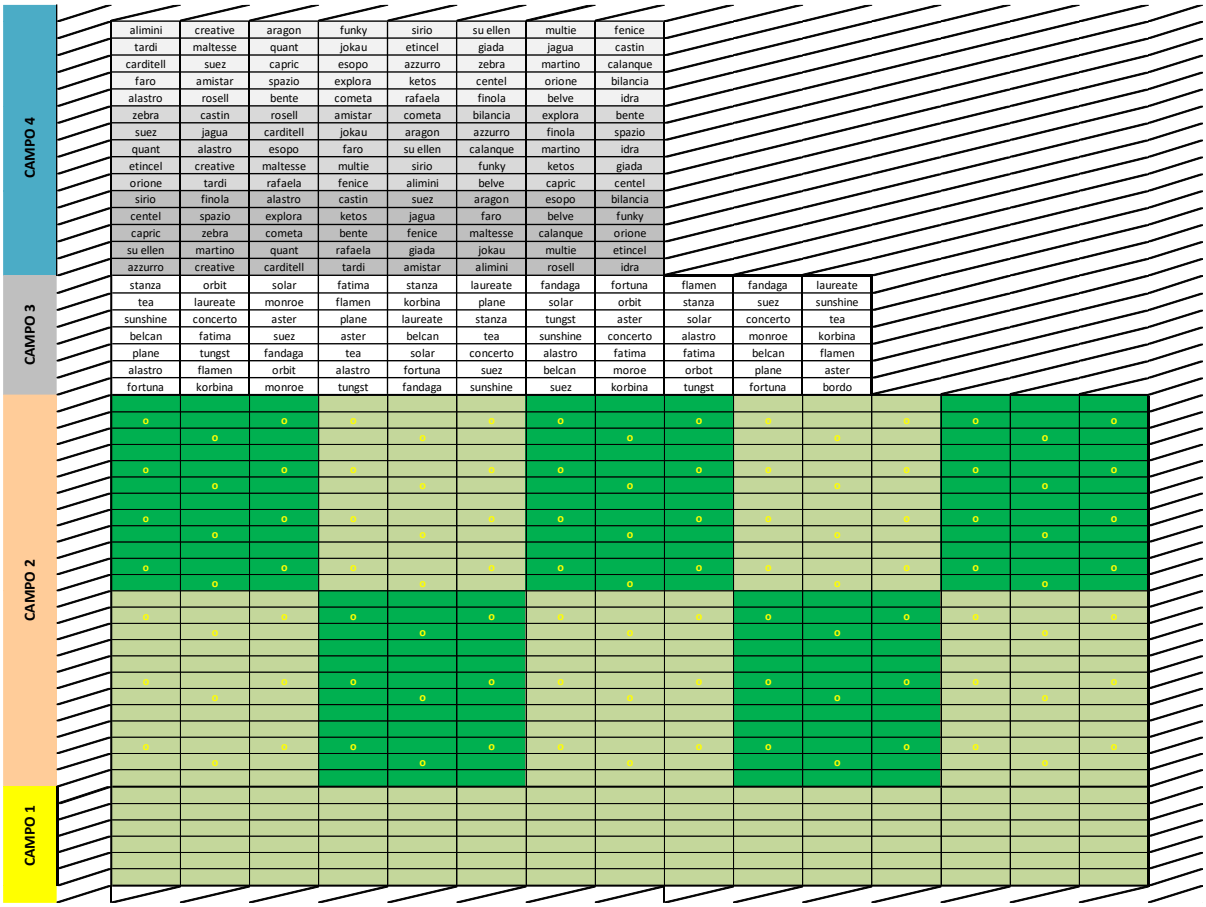
- determinare le correlazioni tra le variabili rilevate in campo ed in laboratorio con quelle rilevate in remoto mediante droni e via satellite.
- Definire la capacità dei diversi sistemi di fenotipizzazione di discriminare i diversi tipi varietali.
- Prevedere le performance quali quantitative in funzione del genotipo e della variabili rilevate nello spazio sia a terra che da remoto.

Materiali Vegetali

La ricerca è stata condotta presso l'Azienda Sperimentale "M. Deidda" del Dipartimento di Agraria dell'Università di Sassari sita ad Ottava. L'esperimento prevede osservazioni condotte in quattro campi (Campi 1-4) con diversi *layout* e materiali vegetali funzionali ai diversi *sub-task* prima elencati, per una superficie complessiva di circa 0.75 ettari (Figura 1).

Nel 'Campo 1', è stato seminata una unica varietà (Tazio) su una superficie di circa 1000 m^2. Tazio è una varietà distica con un'ampia finestra di coltivazione essendo le semina consigliate tra settembre e febbraio, particolarmente resistente all'allettamento e ad alcune patologie quali la *Puccinia recondita* e all'*Elmintosporium gramineum*.

Figura 1 *– Planimetria dei quattro campi sperimentali oggetti di studi. Campi 1 e 2: verde scuro 'Heidi', verde chiaro 'Tazio'; pallini gialli: parcelle per le quali sono stati eseguiti i rilevi mediante SPAD e ceptometro. Per i campi 3 e 4, in ogni parcella sono riportati i nomi delle varietà. Nel 'campo 4' le diverse tonalità di grigio indicano i diversi blocchi. Nei campi 3 e 4 i rilievi fenotipici sono stati condotti per tutte le parcelle. In tutti i campi, ogni piccolo rettangolo rappresenta un'area di 10 m² circa. L'area tratteggiata rappresenta la frazione di terreno investita ad orzo ma non soggetta a rilievi fenotipici a terra.*



Nel 'Campo 2' sono state seminate e confrontate due varietà commerciali: la già citata Tazio ed Heidi, una varietà esastica, invernale con un ciclo medio-precoce particolarmente resistente all'allettamento e alle ruggini fogliari.

Il campo 2 ha una superficie di circa 5000 m^2 (corridoi inclusi), essendo ciascuna delle due varietà replicata in cinque "parcelloni" di circa 500 m^2 ciascuno. Il campo è costituito da due file di cinque 'parcelloni' ciascuna, con le due varietà che si alternano a scacchiera. In entrambi i campi le semine sono avvenute per mezzo di una seminatrice di precisione che ha consentito scomporre i campi in "parcelle" di 10 m^2 ciascuna per un totale di 90 (6 x 15) parcelle per il campo 1 e 360 parcelle (24 x 15) per il campo 2 (Figura 1).

Entrambi questi campi di orzo sono stati realizzati su un terreno per il quale sono disponibili dati analitici che consentono una analisi spazio-temporale delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo (Figura 2); pertanto, tra l'altro, l'analisi dei dati fenotipici raccolti in questi campi congiuntamente ai dati trascrittomici e metabolomici ottenuti in laboratorio consentirà di studiare in dettaglio le relazioni tra la variabilità spaziale del terreno presente al momento della semina e le performance quali-quantitative finali della pianta di orzo.

Figura 2 *– Esempio di variabilità spaziale delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno in corrispondenza del campo 1 e del campo 2. In questo caso è mostrato il risultato della interpolazione dei dati relativi al contenuto di carbonio organico (griglia di rilevamento 7 x 7).*



Nei campi 3 e 4 sono state confrontate 19 varietà per la produzione di malto da destinarsi alla birra, e 40 varietà commerciali destinate alla produzione di granella per uso zootecnico, rispettivamente (Figura 1). Queste prove comprendono varietà distiche ed esastiche, primaverili e invernali e sono rappresentative dei principali pool genici di orzo coltivato. In entrambe queste prove, ciascun *plot* è rappresentato da una parcella di 10 m^2 (per un totale di 196 parcelle). Per il campo delle varietà da malto (campo 3) è stato adottato uno schema completamente randomizzato con quattro repliche (= 76 parcelle). Il campo delle varietà destinate ad uso zootecnico è stato arrangiato secondo un *layout* a blocchi completi randomizzati (RCBD) con tre blocchi (= 120 parcelle da 10 m^2 ciascuna) (Figure 1 e 3).
L'analisi dei dati raccolti in queste due prove congiuntamente alle analisi genetiche condotte in laboratorio consentirà, in particolare, di comprendere la dipendenza delle variabili rilevate in remoto dalla variabilità genetica presente in campo.

Figura 3 *– fasi di preparazione del letto di semina (sinistra) e campo seminato a file e parcelle di 10 m^2 mediante seminatrice di precisione (destra).*



Caratterizzazione fenotipica a terra
Durante il semestre di riferimento presso il campo sperimentale dell'orzo nell'azienda didattico-sperimentale la dottoressa Maria L. Murgia ed il dottor Davide Fois del *WP2* (referente scientifico Prof. Domenico Rau), in collaborazione con la dottoressa *Maria Teresa Tiloca* e del *WP4* (referenti scientifici Prof. Luigi Ledda – Dottoressa Paola A. Deligios), è stato condotto, seguendo un protocollo sperimentale precedentemente concordato tra WP2 e WP4, il monitoraggio continuo delle principali fenofasi a partire dallo stadio di emergenza e sviluppo vegetativo della coltura (numero di foglie e numeri di culmi di accestimento, levata), attraverso le fasi di sviluppo riproduttivo (botticella, reste ad 1 cm, spigatura)

fino alla maturazione fisiologica della granella (Figura 4). Il monitoraggio è stato eseguito utilizzando la scala di Zadoks (Zadoks, 1974).

Figura 4 *- Rilievi fenologici in pieno campo su orzo durante le fasi di sviluppo vegetativo e riproduttivo*



Riguardo alla architettura della pianta sono stati anche rilevati: tipologia della spiga, *habitus* di crescita (primaverile o invernale), portamento (prostrato o eretto) e altezza della pianta.

Alla raccolta (prevista per il 15 06 2022 circa) per tutte le 296 parcelle del campo 2 verrà determinata la resa in granella e per almeno 100 parcelle verranno determinate anche le componenti della resa, peso di 100 semi e numero di cariossidi al metro quadrato. La produzione media complessiva del campo potrà essere scomposta spazialmente nel contributo di ciascuna parcella di cui si compone il campo consentendo così di costruire una mappa di produzione dettagliata.

Inoltre, a scala di singole parcelle di 10 m^2 sono stati condotti rilievi di *proximal sensing* volti misurare l'intercettazione della radiazione luminosa nella *canopy* fogliare (PAR) e a calcolare l'indice di area fogliare (LAI) con metodo non distruttivo utilizzando il ceptometro AccuPAR model LP-80 PAR/LAI (Figure 5 e 6). Per ciascuna parcella è stato eseguito un rilievo sopra chioma e tre rilievi sotto chioma. Inoltre, e lo stato fisiologico e di 'salute' della pianta è stato determinato attraverso misure istantanee del contenuto di clorofilla nelle foglie mediante l'impiego dello SPAD (KONICA MINOLTA SENSING INC.). Per ciascuna parcella sono stati effettuati 9 rilievi.

Il database così ottenuto potrà essere incrociato con i database fenotipici e molecolari e con quello costruito grazie ai rilievi mediante l'ausilio del drone. Questo consentirà di studiare le correlazioni tra i diversi livelli di indagine e valutare la attendibilità delle indicazioni ottenibili in base alle analisi in remoto.

Figura 5 *– Determinazione dell'area fogliare mediante utilizzo del ceptometro.*



Figura 6 *– esempio della variabilità genetica presente in campo. Le tre parcelle in primo piano rappresentano tre varietà diverse che mostrano altezze, orientamento delle foglie e precocità differenti.*



Caratterizzazione in remoto

In concomitanza con i rilievi a terra è stato eseguito un monitoraggio della coltura mediante l'utilizzo di drone grazie alla collaborazione con i dottori *Alessandro Deidda* e *Alberto Sassu* del *WP7* (referente scientifico prof. Filippo Gambella) (Figura 7). I voli sono stati eseguiti mediante drone Phantom 4PRO DJI con camera RGB, sensori Mapir, modelli Survey 3 in particolare sensore RGN (Red-Green-Near Infrared) e sensore RE (Red_Edge) con telecamera.

Figura 7 *– Monitoraggio con drone. In alto: preparazione del volo. In mezzo: panoramica dei campi da drone in fase avanzata di spigatura. In basso: output finali delle elaborazioni; ortomosaici RGB (destra) e NDVI (sinistra): il primo con camera CMOS semplice implementata su UAV (in gimbal) e il secondo grazie alle multispettrali installate su piastra a bordo del mezzo aereo.*



I voli sono stati effettuati seguendo sempre i medesimi punti di svolta in modo da osservare sempre dallo stesso punto di vista l'evoluzione delle parcelle, con una frequenza in volo ogni dieci-quindici giorni circa per un totale di 11 voli più il volo 'zero' (su letto di semina) alle seguenti condizioni: altezza di volo: 20 m; modalità di acquisizione delle immagini: "Timed interval shot" (1 s) con ground sampling distance (risoluzione a terra) di 0.55 cm/pixel; velocità di crociera: 1.5 m/s; sovrapposizione delle immagini per la rielaborazione grafica: side overlap 70% e front overlap 80%. Tempo totale di volo: circa 25 minuti.
Il volume delle parcelle ed il loro andamento temporale sarà ricavato confrontando i metadati del primo volo (letto di semina privo di vegetazione) con quelli realtivi ai successivi voli.

La successione temporale e la tipologia di tutti i rilievi fenotipi condotti a terra o in remoto sono listati in **Tabella 1**.

Tabella 1 – Successione temporale e tipologia di rilievo eseguita.

Data	Campo*	Rilievo	
17/01/2022	**3, 4**	Semina	
18/01/2022	**2**	Semina	
02/02/2022	**3, 4**	Stadio crescita	
03/02/2022	**2**	Stadio crescita	drone
10/02/2022	**2**	Stadio crescita	drone
11/02/2022	**3, 4**	Stadio crescita	
23/02/2022	**3, 4**	Stadio crescita	
24/02/2022	**2**	Stadio crescita	drone
08/03/2022	**3, 4**	Stadio crescita	
09/03/2022	**2**	Stadio crescita	drone
22/03/2022	**3, 4**	Stadio crescita	
23/03/2022	**2**	Stadio crescita	drone
28/03/2022	**3**	Ceptometro	drone
29/03/2022	**4**	Ceptometro	
08/04/2022	**2**	Ceptometro	
11/04/2022			drone
11/04/2022	**4**	SPAD	
12/04/2022	**3**	SPAD	
13/04/2022	**2**	SPAD	
22/04/2022-30/04/2023**	**2,3, 4**	Reste 1 cm	drone***
11/05/2022		Spigatura	drone
13/05/2022	**3**	SPAD	
16/05/2022	**4**	SPAD	
17/05/2022	**2**	SPAD	
30/05/2022	**3 e 4**	Altezza	
31/05/2022	**2**	Altezza	drone
15/06/2022****	**Tutti i campi**	Produzione	
30/06/2022****	**Tutti i campi**	peso 1000 semi	

* Il numero indica il campo per il quale è stato eseguito il rilievo a terra. Il volo del drone è stato sempre eseguito per tutti i campi lo stesso giorno e contemporaneamente.
** nell'ambito di questo intervallo di tempo la rilevazione è avvenuta ogni due giorni
***eseguito il 27/04/2022
****data prevista in base all'attuale andamento meteorologico

Nello stesso arco temporale, in collaborazione con il Dottor Marco Fiorentini afferente al WP4 sono state scaricate e selezionate tutte le immagini utili relative al sito delle prove in oggetto prodotte dal satellite SENTINEL-2. La risoluzione temporale (= la frequenza con cui il satellite "rivisita" una stessa località) è di 10 giorni, mentre e la combinazione di due satelliti riduce questo intervallo temporale a 5 giorni. L'analisi di queste immagini consentirà di stabilire vantaggi e svantaggi del telerilevamento rispetto all'utilizzo del drone.

Caratterizzazione molecolare

Già durante il precedente semestre, da tutte le 61 varietà di orzo presenti in campo era stato estratto il DNA genomico totale. Durante quest'ultimo semestre sono stati pertanto eseguiti i campionamenti di tessuto fogliare per la esecuzione delle analisi trascrittomiche/epigenetiche, anch'esse previste dal progetto. A tal fine, nel campo 2 sono state campionate le foglie a bandiera alla fase di spigatura da piante appartenenti a 18 parcelle, 9 parcelle per la varietà Tazio e 9 parcelle per la varietà Heidi. Per ciascuna delle due varietà sono state considerate 3 parcelle cresciute in modo ottimale, 3 parcelle mostranti chiari effetti da stress ambientale e 3 parcelle con caratteristiche intermedie.
Alla raccolta (prevista per il 15/06/2022) verranno anche eseguiti campionamenti di seme da queste 18 parcelle e da almeno altre 82 parcelle caratterizzate da diversi livelli di produzione e situate in diversi punti del campo: in questo modo sarà possibile completare le analisi in laboratorio con la esecuzione delle analisi metabolomiche studiando la variabilità spaziale delle caratteristiche qualitative della granella.

Bibliografia

Zadocks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). The growth stage code for cereals. Weed Res, 14, 415-421.

WP3. Tecnologie digitali e modellistiche di nuova generazione applicate ai sistemi agrari mediterranei
Nell'ambito del WP3 durante i primi mesi del progetto sono state avviate le attività di ricerca e le prove sperimentali di campo con i seguenti obiettivi specifici:

- Studio delle relazioni fra dati di campo e dataset provenienti da dati telerilevati (Sentinel2) al fine di implementare strumenti digitali per la valutazione dell'impatto della gestione agronomica dei sistemi silvopastorali mediterranei. Le attività, svolte in sinergia con i progetti LIFE-Regenerate (http://regenerate.eu) e AGER-iGRAL (https://agricolturadimontagna.progettoager.it/92-agricoltura-di-montagna/igral) e nell'ambito di un dottorato di ricerca (Dr Alberto Tanda), hanno riguardato la creazione di un dataset triennale di immagini multispettrali nelle aree di studio dei progetti nelle quali è in corso la valutazione dell'impatto di diverse strategie di gestione del pascolamento e di miglioramento pascoli sulla la produttività e la qualità delle risorse foraggere. Nel periodo di riferimento (nov21-mag22) le attività di ricerca si sono svolte nel contesto di una collaborazione con la BOKU (Vienna) nell'ambito dello svolgimento delle attività all'estero del Dott. Alberto Tanda.
Il dataset dei dati multispettrali è stato implementato con le principali variabili di campo georeferenziate rilevate (altezza della biomassa, abbondanza relativa delle specie e dei principali gruppi funzionali). Sono state condotte delle indagini preliminari per valutare l'efficacia di alcuni algoritmi di classificazione (es. Random Forest) nel riprodurre in misura complessiva le variabili osservate a partire dalle firme spettrali rilevate nelle aree di studio. I risultati preliminari indicano una discreta abilità degli algoritmi di riprodurre in misura generale le dinamiche dell'altezza della biomassa.
Inoltre, è stato avviato uno studio per poter valutare l'abilità dei dai telerilevati da Sentinel nell'individuare e discriminare le diverse tipologie colturali (erbai, prati, prati-pascoli, pascoli arborati, pascoli permanenti) e per poter valutare la variabilità interannuale dei principali indici di vegetazione telerilevati in funzione della gestione e dei fattori ambientali.
- Studio delle relazioni fra indici multispettrali rilevati con sensori su drone e variabili agronomiche delle principali specie foraggere dei pascoli mediterranei in purezza e a diversi livelli di consociazione. Per lo svolgimento delle attività descritte si è proceduto al reclutamento a valere sui fondi del progetto di una figura di tecnologo a tempo determinato (20 mesi) e di un borsista di ricerca (12 mesi). Le attività relative al secondo anno di sperimentazione si sono svolte nel contesto della

collaborazione con un progetto di dottorato di ricerca in co-tutela UNISS – INRAE (Francia, Dr. Francesca Piseddu), con un dottorato INPS (Dr. Lisa Deiana), e con un progetto PON-AIM volto a finanziare le attività di ricerca di un ricercatore a tempo determinato di tipo A (Dr. Antonio Pulina). Le attività giunte al secondo anno, hanno riguardato lo studio delle relazioni fra le variabili agronomiche (altezza della canopy, biomassa, LAI, SLA, contenuto di N) e i principali indici di vegetazione derivati (es NDVI, GNDVI, etc), e i) la valutazione dell'effetto del gradiente di consociazione sulle relazioni fra gli indici e traits misurati, e ii) l'effetto dell'altezza di rilevo sull'accuratezza delle stime effettuate al fine di implementare sistemi di upscaling territoriali affidabili e efficaci. Nel mese di maggio si è conclusa la campagna di rilievi relativa al secondo anno di sperimentazione.
I dati di campo raccolti saranno impiegati per la parametrizzazione di specifici modelli di simulazione in grado di riprodurre le dinamiche di produzione di biomassa e di abbondanza relativa delle singole specie nei pascoli e nei prati-pascoli. I modelli saranno calibrati in misura specifica per l'ambiente mediterraneo, modelli colturali in grado di simulare la produttività dei prati e prati pascoli e la dinamica dell'abbondanza specifica delle principali specie di interesse foraggero. Sono inoltre stati raccolti i dati necessari per valutare le relazioni fra i principali parametri qualitativi delle risorse foraggere (proteina cruda, fibre, etc.), della biomassa in campo e spettrofotometria prossimale sulla banda del vicino infrarosso (NIR) rilevata con uno specifico strumento portatile.

WP4. Monitoraggio ambientale per la gestione differenziata delle colture
Durante il semestre di riferimento presso il campo sperimentale dell'orzo nell'azienda didattico-sperimentalej,in collaborazione con i colleghi del WP2, è stato condotto, secondo un protocollo sperimentale concordato tra WP, il monitoraggio continuo delle principali fenofasi e in concomitanza con il volo del drone realizzato dai colleghi del WP7.
Per quanto riguarda le attività in ambiente protetto, in collaborazione con ABINSULA, IRRIVOLT e con l'azienda orticola F.lli Setzu, nel semestre appena trascorso è stata avviata l'attività sperimentale finalizzata alla caratterizzazione microclimatica e pedologica dell'ambiente serra al fine di sviluppare il modello irriguo specifico per l'azienda il cui obiettivo è quello di migliorare la gestione della risorsa idrica secondo zone di gestione omogenee (*management zone*).
A tal proposito, sono state predisposte e completate presso i laboratori della sezione di Geopedologia del Dipartimento di Agraria, le analisi fisico-chimiche e idrologiche del suolo per la caratterizzazione pedologica del suolo presente in serra.



Figura 4: Principali analisi in laboratorio

L'analisi dei campioni, ci ha consentito di raccogliere informazioni precise e utili alla predisposizione delle attività future di sperimentazione. Nello specifico, sono state acquisite mediante analisi geostatistiche informazioni relative alla variabilità sito-specifica con l'obiettivo di individuare le zone a caratteristiche omogenee e migliorare la gestione del sistema colturale in ambiente protetto (*management zone*). Tali elaborazioni sono state combinate con le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT), per migliorare in azienda l'utilizzo della risorsa acqua mediante l'innovazione di processo basata sul monitoraggio istantaneo dello stato idrico della coltura tramite sensoristica a terra e sulla individuazione del momento ottimale dell'intervento irriguo mediante bilancio idrico.

Le attività di ricerca e sviluppo sono state condotte in collaborazione con i partner di progetto ABINSULA Srl e con la Società IRRIVOLT Consulting Snc e hanno riguardato:

- La caratterizzazione e calibrazione di una rete di sensori wireless commerciali a basso costo per il monitoraggio in continuo dell'umidità del suolo mediante metodi indiretti.
- Individuazione di una stazione micrometeorologica da collocare nell'area interna alla serra-tunnel in grado di monitorare e registrare i principali parametri climatici utili alla stesura del bilancio idrico del sistema colturale.
- La predisposizione di una piattaforma di comunicazione fra database acquisiti (dati umidità suolo e microclimatici) per la messa a punto di un sistema di supporto alle decisioni (DSS) per la gestione della pratica irrigua in grado di simulare il bilancio idrico del sistema colturale attraverso il calcolo delle voci attive e passive.



Figura 5: Fasi della calibrazione dei sensori

				Primo ciclo: iniziato il 16-02-2022				
	Reset Vaso 1 ore 16.38		Sensore Abinsula				Reset Vaso 1 ore 16.38	
	Vaso n. 5						Vaso n. 6	
	Bilancia 1			n. 3	n.4		Bilancia 2	
date	Vaso1	Sm100CH5	DATA e Ora sensore 3	Sensore a 10 cm	Sensore a 5 cm	DATA e Ora sensore 4	Vaso2	Sm100CH4
	g	%						
16/02/2022 17:40	4997707	51401	2022-02-16 11:25:02	0.25	0.3	2022-02-16 11:25:08	0	50144
16/02/2022 17:43	692592	51360	2022-02-16 12:25:11	0.25	0.3	2022-02-16 12:25:17	1945933	50802
16/02/2022 17:45	692592	51360	2022-02-16 13:25:19	0.25	0.3	2022-02-16 13:25:25	1948368	50781
16/02/2022 17:45	692592	51380	2022-02-16 14:25:28	0.25	0.3	2022-02-16 14:25:33	1948368	50781
16/02/2022 17:46	692592	51339	2022-02-16 15:25:36	0.25	0.3	2022-02-16 15:25:42	1948368	50822
16/02/2022 18:01	694893	49390	2022-02-16 16:25:44	7.1	6.8	2022-02-16 16:25:50	1948368	50781
16/02/2022 18:16	694893	0	2022-02-16 17:25:53	7.2	6.75	2022-02-16 17:25:58	1948368	0
16/02/2022 18:31	692592	0	2022-02-16 18:26:01	7.1	6.7	2022-02-16 18:26:07	1948368	0
16/02/2022 18:46	692592	0	2022-02-16 19:26:10	7.1	7.05	2022-02-16 19:26:15	1945933	0
16/02/2022 19:01	694893	0	2022-02-16 20:26:18	7.25	6.8	2022-02-16 20:26:23	1945933	0
16/02/2022 19:16	694893	0	2022-02-16 21:26:26	7.05	6.8	2022-02-16 21:26:32	1948368	0
16/02/2022 19:31	694893	0	2022-02-16 22:26:35	7.1	6.8	2022-02-16 22:26:40	1948368	0
16/02/2022 19:46	694893	0	2022-02-16 23:26:43	7	6.8	2022-02-16 23:27:01	1948368	0
16/02/2022 20:01	694893	0	2022-02-17 00:26:52	7.35	6.65	2022-02-17 00:27:09	1948368	0
16/02/2022 20:16	694893	0	2022-02-17 01:27:00	7.35	6.75	2022-02-17 01:27:17	1948368	0
16/02/2022 20:31	697194	0	2022-02-17 02:27:09	7	6.7	2022-02-17 02:27:26	1948368	0
16/02/2022 20:46	697194	0	2022-02-17 03:27:17	7.1	6.55	2022-02-17 03:27:34	1948368	0
16/02/2022 21:01	697194	0	2022-02-17 04:27:25	7	6.65	2022-02-17 04:27:42	1948368	0

Figura 6: Data set dati ottenuto da calibrazione sensori commerciali

WP5. Sensori e sistemi di gestione innovativi per la coltura protetta
È stata portata a termine la costruzione della centralina di coordinamento della sensoristica e delle attrezzature che da questa dipendono, i primi test, che inizieranno a giugno, daranno risposta su eventuali anomalie della gestione della serra e consentiranno la messa a punto del sistema. Ulteriori test sono previsti in serra, in presenza di coltivazioni. .
Lo spettrometro è in fase di collaudo, al momento stiamo lavorando su una semplificazione della messa a punto dello strumento e delle procedure di lettura dei dati. Le piante utilizzate, al momento, sono classiche della coltivazione ortiva.
Sulle specie *in vitro* stiamo lavorando sia sulla moltiplicazione, ai fini della micropropagazione principalmente, sia sull'adattamento alla coltivazione post moltiplicazione, su specie spontanee.
L'analisi genetica del rosmarino ha consentito di individuare un protocollo per la scelta degli ecotipi da mettere in selezione. Si sta lavorando per una semplificazione, anche in questo caso.

WP6. Sviluppo e realizzazione di un sistema per la realtà aumentata in agricoltura
Nel periodo di riferimento, lo stato di avanzamento del progetto ha riguardato le seguenti attività:

6.1 Stato dell'arte e raccolta delle informazioni aziendali
Per quanto riguarda la raccolta delle informazioni aziendali ci si è concentrati sulle aziende bovine da latte con diversi livelli di tecnologie implementate, dove, attraverso le visite in azienda e le interviste agli operatori, abbiamo preso diverse informazioni, tra cui i software che vengono utilizzati, quali sono i dati che consultano e con che frequenza e anche come i dati vengono inseriti (ovvero in modalità automatica o manuale). Durante l'intervista, inoltre, è stato illustrato all'operatore il concetto di realtà aumentata e si è proceduto con una dimostrazione pratica delle potenzialità della realtà aumentata facendo indossare all'operatore stesso gli smart glasses. E dopo questo breve training, è stato chiesto quali informazioni avrebbero voluto visualizzare e aggiornare in realtà aumentata, ovvero nel momento in cui veniva identificato l'animale.
Dall'analisi dei dati ottenuti è emerso che le informazioni maggiormente richieste riguardano la mungitura (es. n° di mungiture effettuate, dati produttivi), la gestione della riproduzione (es. il giorno del parto e l'optimum di fecondazione), la gestione sanitaria (es. i trattamenti effettuati e la T° istantanea).

6.2 Disegno e realizzazione del sistema per la gestione e l'analisi delle informazioni dell'azienda agricola
Per la realizzazione del sistema per la gestione delle informazioni dell'azienda agricola e dell'applicativo software per la visualizzazione delle stesse informazioni in realtà aumentata e/o mista, è stato necessario avviare uno studio della struttura ed una schematizzazione delle problematiche associate. Le attività di questo task sono proseguite attraverso la definizione dei sottosistemi e degli attori della piattaforma, e la schematizzazione delle problematiche relative alla gestione dei dati aziendali. Per ciascuna problematica individuata è stata definita la strategia da adottare (nella maggior parte dei casi sono state individuate più strategie), la tecnologia da impiegare per le diverse strategie da perseguire e le eventuali tipologie di applicazione.

6.3 Disegno e realizzazione di un software applicativo per dispositivi mobili
È stato implementato un sistema prototipale di lettore RFID indossabile, che permette di leggere boli endoruminali e tag auricolari (trasponder), su onde radio di bassa frequenza 134,2 kHz e con un sistema di trasmissione FDX (Full Duplex) che utilizza un canale che consente la comunicazione simultanea tra il responder e il transponder (+ veloce, + sensibile interferenze), tra il responder e il transponder. Il lettore,

dotato di batteria, per effettuare la lettura deve essere attivato tramite un interruttore e viene disattivato in automatico dopo un periodo di inattività (i.e. quando non viene avvicinato al trasponder). La particolarità del lettore risiede nel fatto che quest'ultimo è in grado di comunicare via wireless (tramite Bluetooth LE) con i dispositivi mobili per la realtà aumentata e realtà mista utilizzati nel progetto (Moverio BT300, Epson; Hololens2, Microsoft) e poter così visualizzare le informazioni specifiche dell'animale riconosciuto, grazie alla lettura del numero identificativo.
Sono stati effettuati dei test preliminari in laboratorio per valutare i gap di funzionamento durante la lettura del codice identificativo dell'animale registrato nel bolo o tag. Ulteriori test preliminari si stanno portando avanti per verificare la connessione del prototipo di lettore RFID realizzato e gli Smart Glasses Moverio BT300, Epson e Hololens2, Microsoft.

6.5 Definizione dell'impatto della tecnologia per la realtà aumentata implementata nell'azienda agricola
È in atto la definizione della metodologia per valutare l'impatto della tecnologia sugli utilizzatori. Si sta predisponendo un protocollo operativo per effettuare i test con il prototipo per l'identificazione animale tramite RFID e visualizzazione delle informazioni in realtà aumentata e realtà mista, utilizzando gli Smart Glasses Moverio BT300 (Epson) e gli Hololens2 (Microsoft) rispettivamente.

Altre attività hanno riguardato:
attivazione di n. 1 borsa di ricerca dal titolo "Valutazione dell'impatto tecnico, operativo ed ambientale dei sistemi per la realtà aumentata e mista nel comparto agricolo";
acquisto di strumentazione utile ai fini dello svolgimento del progetto;
pubblicazione della manifestazione di interesse per l'affidamento del servizio "Sviluppo e realizzazione di un sistema per la realtà aumentata in agricoltura";
presentazione tesi triennale sulla valutazione e comparazione delle caratteristiche tecniche dei diversi SG disponibili per il progetto e rilievo delle informazioni dal comparto agricolo;
discussione tesi di dottorato dal titolo "Smart Glasses for Augmented Reality as a Digital Tool in Livestock Farms: Investigation of Operating Performances, Usability Level, and Farmers' Acceptance", Dottorando: Dott. Gabriele Sara

WP7. Gestione colturale del vigneto con il supporto combinato delle tecnologie di viticoltura di precisione e di Intelligenza Artificiale
I risultati elaborati nel periodo autunnale hanno evidenziato la presenza di tre zone omogenee di management come riportato nei deliverable D7.2.1 Mappe di decisione-prescrizione (aggiornamento mese 12 e mese 18). I risultati elaborati nel periodo autunnale hanno evidenziato la presenza di tre zone omogenee di management in seguito all'analisi geostatistica dei dati rilevati nelle 4 date di rilevamento nell'estate del 2021. Al fine di calcolare la correlazione tra i dati analizzati a terra e quelli elaborati dal UAS ci si è avvalsi di uno strumento GPS per l'accurato posizionamento geografico e l'identificazione delle piante. Le coordinate delle immagini caricate nel software sono state convertite da *WGS 84* a *WGS 84-UTM 32N* (il sistema di coordinate utilizzato dal GPS *Reach RS+* durante l'acquisizione delle coordinate dei GCP). Per l'ottenimento del Canopy H M si ha bisogno di due modelli, il *Digital Terrain Model* (DTM) e il *Digital Surface Model* (DSM). Come il DEM, sono file di output generati dal software *Metashape* che contengono i valori di attitudine, il DSM è un modello che descrive l'andamento della superficie del terreno con gli oggetti che ci stanno sopra, mentre il DTM è il modello della superficie terrestre filtrata dagli elementi antropici o vegetazionali presenti su di esso (Figura 1a, 1b e 1c).

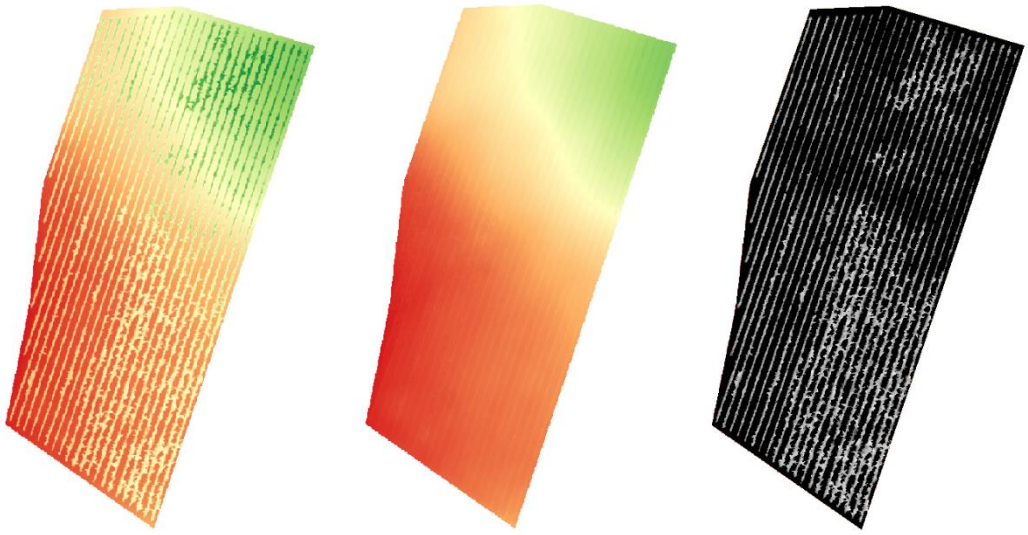


Figura 1: *a) DSM.* *b) DTM.* *c) CHM*

Attività di monitoraggio di campo vegeto-produttivo AGR 03-AGR09-AGR15

Si è eseguita l'analisi bivariata tra ogni coppia di variabili (figura 2), larghezza presa da terra e larghezza ricavata da UAS; altezza presa da terra e altezza ricavata da UAS; TRV e CHM e attraverso un'analisi preliminare basata sulla matrice di correlazione son state selezionate le variabili CHM, NDVI e l'indice fluorimetro SFR_G che son state oggetto dell'analisi geostatistica.

Per tutte 4 le date di campionamento è stata eseguita l'analisi bivariata verificando la normalità della distribuzione campionaria delle variabili utilizzate per l'identificazione delle zone di management in vigneto e da sottoporre ad analisi geostatistica Height_canopy, Width_canopy, TRV e CHM, "height UAS" e "width UAS". Per la verifica della normalità delle variabili è stato eseguito lo *Shapiro-Wilk normality test* per distribuzioni non normali abbiano una distribuzione non normale, da cui ne consegue l'applicazione dello *Spearman's correletion test.* Successivamente tutti i dati delle variabili correlate significativamente sono stati analizzati mediante tre modelli di semivariogramma (omnidirezionale, sferico e gaussiano) per l'identificazione della variabilità spaziale e temporale intra vigneto. Per quanto riguarda la variabile fluorimetrica SFR_G non si è osservata correlazione spaziale del dato eccetto che nell'unica data di campionamento ad agosto precedentemente alla vendemmia (Figura 4).

Analisi geostatistica CHM: Per quanto riguarda la variabile CHM si è osservata correlazione spaziale del dato in tutte e tre le date di campionamento da Giugno ad agosto precedentemente alla vendemmia (Figura 2).

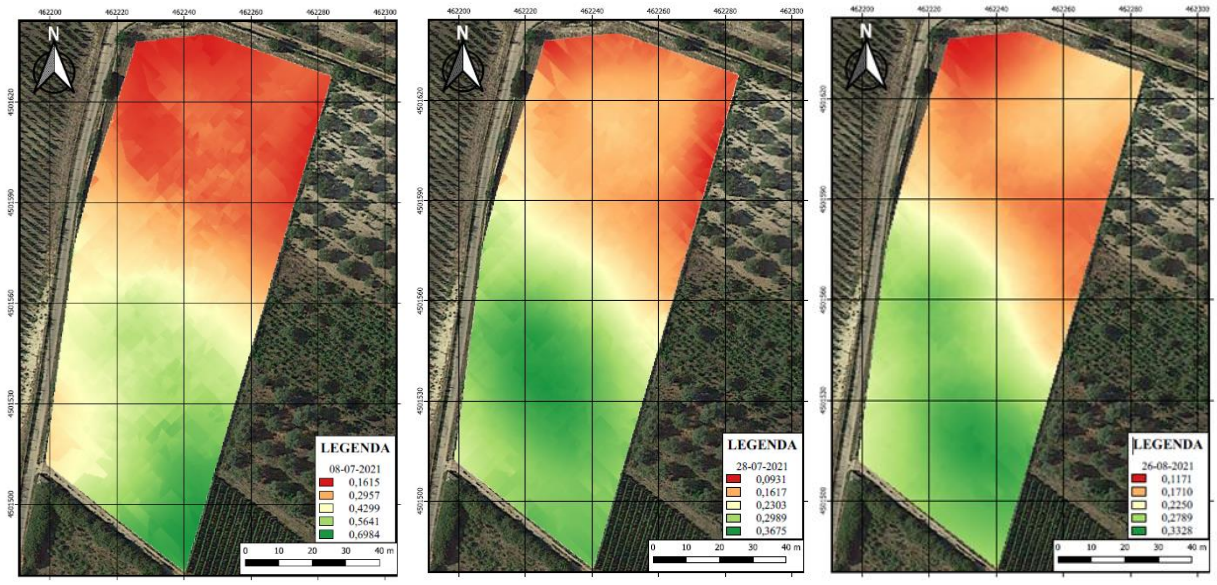


Figura 2: grafici derivati dall'analisi esplorativa dei dati di CHM nelle tre date di campionamento nel 2021 da sinitsra a destra; a) 6 luglio 2021 ; b) 28 luglio 2021; c) 26 agosto 2021.

Analisi geostatistica NDVI: Per quanto riguarda la variabile NDVI si è osservata correlazione spaziale dell'indice in tutte e tre le date di campionamento da giugno ad agosto precedentemente alla vendemmia (Figura 3).

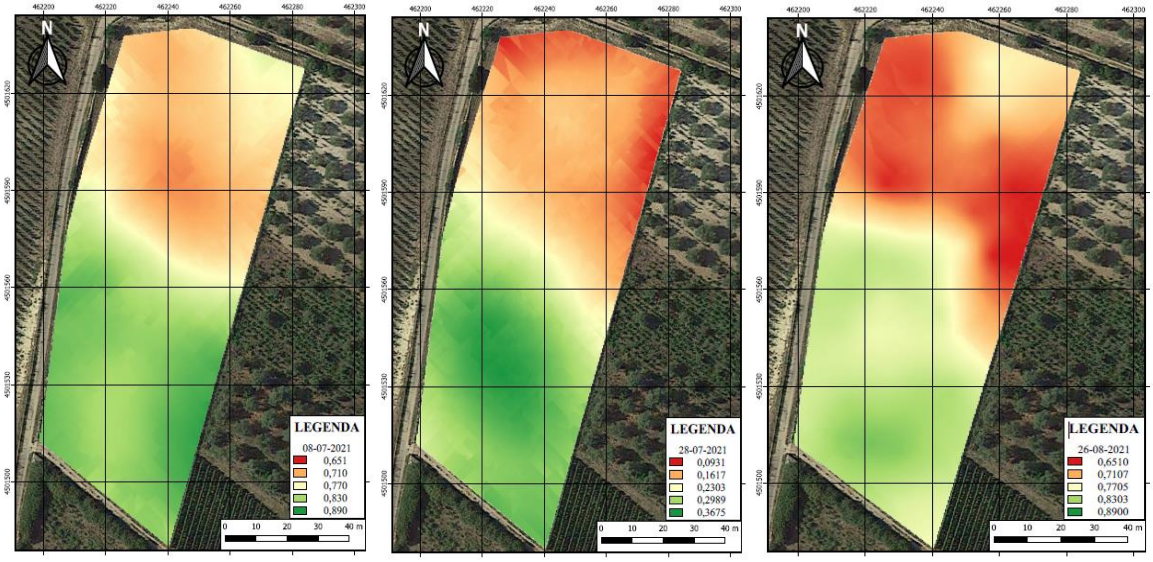


Figura 3: grafici derivati dall'analisi esplorativa dei dati di NDVI nelle tre date di campionamento nel 2021 da sinistra a destra; a) 6 luglio 2021; b) 28 luglio 2021; c) 26 agosto 2021

Per quanto riguarda la variabile fluorimetrica SFR_G non si è osservata correlazione spaziale del dato eccetto che nell'unica data di campionamento ad agosto precedentemente alla vendemmia (Figura 4).

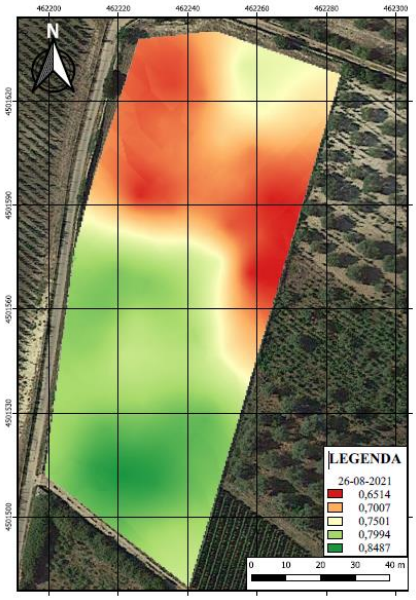


Figura 4: grafici derivati dall'analisi esplorativa dei dati di SFR_G in data 26-08-2021

Attività di monitoraggio di campo peronospora, oidio e GPGV in collaborazione con AGR 12-AGR09

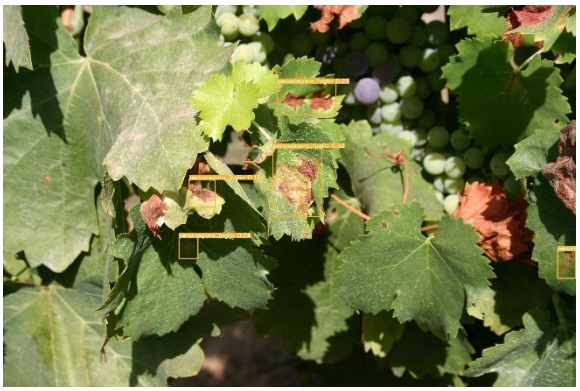
Breve descrizione delle attività svolte

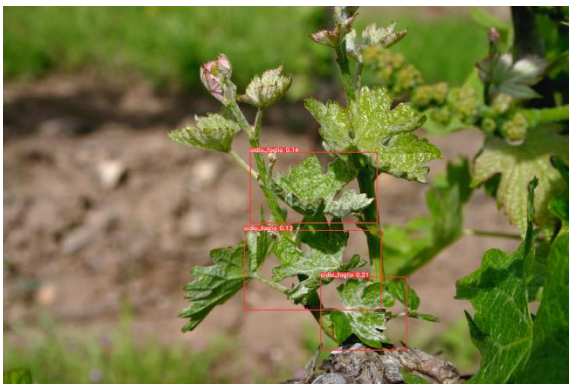
Il dataset *Plasmopara viticola* e di sintomi di oidio sulle piante in vaso e sulle piante adulte allevate in serra, sono state annotate, con il software VIA (VGG Image Annotator). Il dataset originario è stato complessivamente suddiviso in 752 foto contenute in 8 set di dati. I dati suddivisi in train (603 immagini) e validation (149 immagini). Sintomi classificati in relazione alla patologia (oidio o peronospora) e all'elemento della pianta colpito (foglia, germoglio o grappolo), definendo un totale di cinque possibili attributi:

- "oidio_foglia"
- "oidio_germoglio"
- "oidio_grappolo"
- "peronospora_foglia"
- "peronospora_grappolo"

La difficoltà principale riscontrata con la rete MASK-RCNN è stata l'elevato tempo di elaborazione dei risultati associato alla difficoltà di ripetere le epoche di addestramento. Il passaggio all'utilizzo del Framework YOLOv5 ha ridotto sensibilmente il tempo di esecuzione delle epoche di train richiesto. In questo modo è stato possibile testare diverse configurazioni della rete in funzione dei risultati attesi (riconoscimento sintomi). Dopo le notevoli difficoltà incontrate nei primi mesi di sperimentazione si sono ottenuti dei primi risultati, per quanto non significativi, sicuramente promettenti che evidenziano la capacità della Rete YOLOv5 di classificare i sintomi, in particolare quelli dell'oidio, che si sono comunque dimostrati i più difficili da identificare. Inoltre, va sottolineato che nel dataset è presente un forte sbilanciamento delle classi con numeri ridotti di annotazioni di oidio per germogli e grappoli e di peronospora ancora per i grappoli. Una seconda osservazione che emerge dai risultati ottenuti è collegata alla difficoltà di valutazione delle prestazioni della rete YOLOv5 generate in base alla modalità utilizzzata per l'annotazione fotografica, determinando la decisione di annotare principalmente l'intera foglia a scapito delle sintomatologie sulla foglia. In definitiva, si è deciso di annotare l'intera foglia o il

grappolo in cui è presente il sintomo, piuttosto che le singole aree della foglia contenenti le manifestazioni del sintomo.





Per rispondere alla necessità di determinare un più efficiente ambito operativo e per migliorare le prestazioni operative della Rete MASK-RCNN, insufficienti a classificare le due sintomatologie derivate da oidio e peronospora, con la ReteYOLOv5 abbiamo effettuato l'addestramento di due reti sui soli sintomi di oidio utilizzando due diversi sottoinsiemi del dataset completo:

Oidio_piantine – annotazione delle intere foglie, in cui sono visibili i sintomi della patologia in 134 immagini suddivise in 107 di train e 27 di validation;

Oidio_piantine1 – annotazione diretta dei sintomi (singole macchie) della patologia in 93 immagini suddivise in 74 di train e 19 di validation.

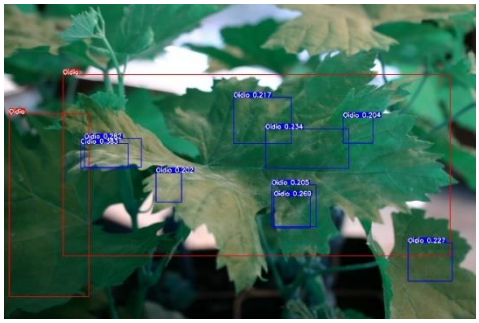
Al termine dell'addestramento entrambe le reti sono state testate sui due set di validation per un totale di 4 diversi gruppi di risultati.



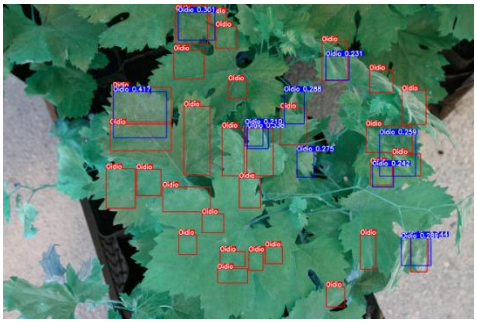
Train foglie-test su foglie



Train foglie – test su macchie



Train macchie – test su foglie



Train macchie – test su macchie

Tabella 5. Risultati ottenuti in seguito all'addestramento della rete YOLOv5 utilizzando per il riconoscimento incrociato annotazioni di singola foglia o annotazioni di singolo sintomo.

Train foglie – Test foglie:

Class	Images	Labels	P	R	mAP@.5
all	27	103	0.786	0.583	0.677

Train foglie - Test macchie:

Class	Images	Labels	P	R	mAP@.5
all	19	431	0.0	0.0	0.0

Train macchie - Test foglie:

Class	Images	Labels	P	R	mAP@.5
all	27	103	0.00388	0.00971	0.000437

Train macchie - Test macchie:

Class	Images	Labels	P	R	mAP@.5
all	19	431	0.243	0.212	0.166

I risultati in tabella e le immagini dimostrano non la maggiore efficacia ma sicuramente la maggiore «semplicità» nel valutare le performance annotando l'intera foglia e non le singole macchie. Infatti, vediamo che nel caso di addestramento su foglie e test su foglie, come prevedibile, si sono ottenuti i risultati migliori dato che il livello di sovrapposizione tra annotazione e previsione è sempre abbastanza alto con una Precision di 0.786 e Recall di 0.583. Negli altri tre casi è invece molto più complesso avere delle corrette sovrapposizioni sia nei test incrociati (foglie-macchie e macchie-foglie), che nel caso di di addestramento su macchie e test su macchie. In quest'ultimo caso si notano diversi casi di sovrapposizione accettabili, ma anche numerose differenze dovute alla difficoltà della rete nella detection di tutti i sintomi presenti nelle immagini, ma anche alla difficoltà nella corretta annotazione dei minimi sintomi presenti nelle immagini. A causa di queste difficoltà si sono ottenuti dei valori di Precision di 0.243 e Recall di 0.212, nettamente inferiori a quelli relativi alla detection dell'intera foglia. In conclusione, in tutti i casi mostrati nelle immagini di esempio le foglie con sintomi sono quasi sempre state correttamente identificate ma, se rispetto all'annotazione dell'intera foglia è facile valutare il livello di sovrapposizione della previsione della rete, lo stesso è molto più complesso da fare con le singole macchie. Se poi si tiene conto del fatto che il tempo di annotazione delle singole macchie per immagine è ovviamente molto più alto non possiamo che optare per la detection dell'intera foglia.

Attività di monitoraggio di campo per il GPGV in collaborazione con AGR 12-AGR09

Nel mese di maggio 2022 in collaborazione con l'unità di ricerca AGR012 è stata predisposta una griglia di rilevazione analoga a quella prevista per il campo di Carpante (transetti di 20 m x 20 m) e sono iniziati i rilievi fluorimetrici e di campioni fogliari nel vigneto di Vermentino in località Olmedo (SS) affetto da GPGV ai fini della conferma e miglioramento dei risultati del primo anno e presentati nel D7.1.2. Oltre alla predisposizione della griglia, sono stati eseguiti dei voli con UAS e sensori multispettrali (NIR e REDEDGE) per esplorare la possibilità di determinare eventuali infezioni di GPGV anche ricorrendo al

mezzo UAS. Come previsto alla fine del mese di giugno saranno completati i rilievi e si darà priorità all'elaborazione dei dati ottenuti per l'aggiornamento di fine anno (mese 24).

Attività di monitoraggio di campo Cicaline della vite in collaborazione con AGR 11 – AGR09

Annotazioni dei sintomi di infestazione Cicaline della Vite

Prima di effettuare le annotazioni sono state selezionate le foto con una nitidezza ottimale e luminosità adeguata.
I dati sono stati suddivisi in train (284 immagini) e validation (71 immagini).
Sintomi classificati in relazione al colore della bacca (bianca o rossa) e all'intensità del sintomo (precoce o avanzato), definendo quindi quattro possibili attributi:

- "rossa_precoce"
- "rossa_avanzato"
- "bianca_precoce"
- "bianca_avanzato"

L'insieme delle immagini di ogni database è stato caricato in un progetto all'interno del software, e sono state definite delle categorie a cui associare i sintomi in relazione al colore della bacca (bianca o rossa) e all'intensità del sintomo (precoce o avanzato), definendo quindi quattro possibili attributi al sintomo: "rossa_precoce", "rossa_avanzato", "bianca_precoce" e "bianca_avanzato". Nella tabella sottostante la composizione del dataset in funzione dei sintomi annotati.

Immagini	Bianca	Rossa
Precoce	193	103
Avanzata	229	6

Tra i numerosi modelli disponibili in grado di essere addestrati a riconoscere oggetti all'interno di una immagine (Object Detection) è stata selezionata l'implementazione in linguaggio python di una Mask R-CNN (He et al., 2017) liberamente scaricabile dall'indirizzo https://github.com/matterport/Mask_RCNN.

- La rete ha mostrato una notevole capacità di discriminazione delle diverse classi malgrado il numero ridotto di immagini disponibili per l'addestramento (284).
- L'unica eccezione è stato il risultato estremamente negativo per la classe «rossa_avanzata», comunque prevedibile dato il numero estremamente ridotto di esempi a disposizione (3 per l'addestramento e 3 per la validazione dei risultati).
- Da notare in particolare gli alti valori di Precision che corrispondono a bassi valori di Falsi Positivi.
- Un maggiore bilanciamento delle classi con un'aggiunta di immagini con annotazioni di «rossa» e, in particolare, di «rossa_avanzata» dovrebbe contribuire ad un ulteriore miglioramento dei risultati.

Dalla immagine generata (Figura 5) risulta subito evidente come la zona realmente infestata ha un numero di segnalazioni molto maggiore e questa differenza tra le due zone del campo può che separa la superficie analizzata in tre differenti aree di rischio.

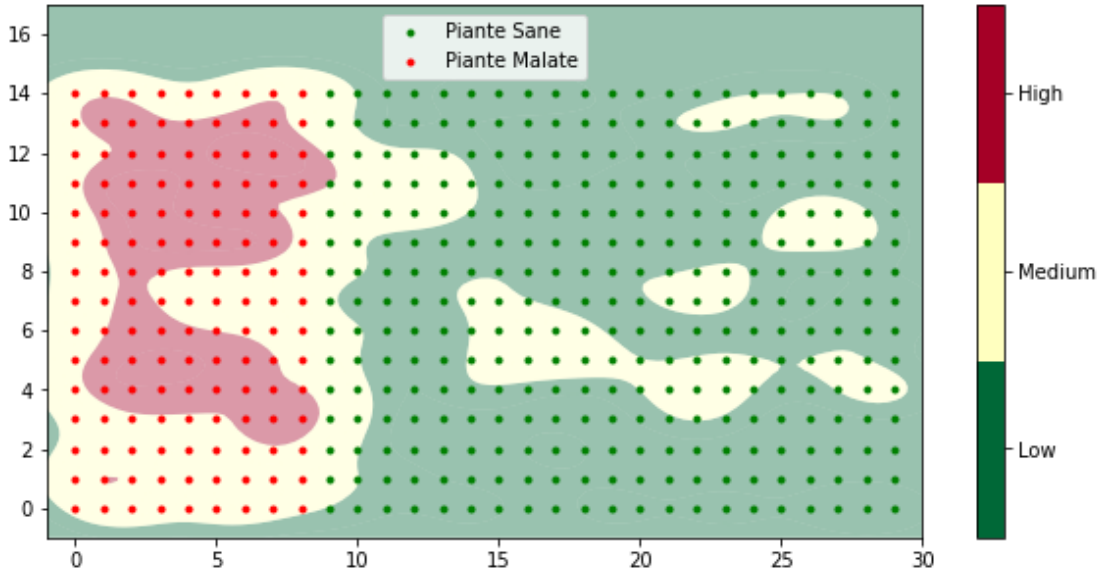


Figura 5: simulazione della generazione di una mappa di rischio generata in base alle segnalazioni della rete addestrata.

3. Attività di divulgazione svolte

Le attività di divulgazione, come previsto dal primo Dissemination plan and report (D.1.8), sono state le seguenti.

WP1. Coordinamento e gestione
Popolamento del sito web e della pagina facebook del progetto Atlantide.

WP2. Fenotipizzazione ad alta precisione in condizioni di pieno campo
Non è stata intrapresa nessuna attività di divulgazione nel periodo di riferimento.

WP3. Tecnologie digitali e modellistiche di nuova generazione applicate ai sistemi agrari mediterranei
Nell'ambito delle attività del WP3 si è stato sottomesso un contributo al 51° Convegno nazionale della Società Italiana di Agronomia che si terrà a Padova dal 19 al 21 settembre 2022, con richiesta di comunicazione orale. Il contributo, dal titolo "Predicting the Canopy Nitrogen Content of Mediterranean Forage Crops: a Remote Sensing Approach", riporta i risultati preliminari della prova sperimentale condotta nel sito di Santa Lucia.

WP4. Monitoraggio ambientale per la gestione differenziata delle colture
Non è stata intrapresa nessuna attività di divulgazione nel periodo di riferimento.

WP5. Sensori e sistemi di gestione innovativi per la coltura protetta
Presentazione a convegno - Caratterizzazione genetica e molecolare di accessioni sarde di *Salvia rosmarinus* Schleid, I Convegno Nazionale di Orticoltura e Floricoltura, , 14-16 giugno 2022, Pisa.

WP6. Sviluppo e realizzazione di un sistema per la realtà aumentata in agricoltura

Realizzazione di un profilo sul social network "Instagram" (social a carattere divulgativo) nominato "AugmentedAgriculture".

WP7. Gestione colturale del vigneto con il supporto combinato delle tecnologie di viticoltura di precisione e di Intelligenza Artificiale

Tesi Magistrale dal titolo "*Analisi spaziale e multi-temporale del vigneto mediante l'impiego di UAS e sensoristica prossimale per la definizione di zone omogenee di management*" Relatore: *Prof. Filippo Gambella. Correlatore: Dott. Luca Mercenaro.* Tesi di Laurea di: *Matteo Contu*. La discussione della tesi è avvenuta nella giornata del 15.04.2022 nell'ambito delle Lauree Magistrali in Sistemi Agrari "SA" curriculum in "Agricoltura di Precisione". La tesi scritta in collaborazione tra i SSD AGR03 e AGR09 ha presentato i risultati di aggiornamento descritti nell'ambito delle attività del WP 7 del progetto "ATLANTIDE", in accordo con quanto previsto nella prima relazione semestrale.

4. Criticità emerse durante lo sviluppo delle attività

Di seguito le criticità per singolo WP.

WP1. Coordinamento e gestione
Non si rilevano criticità al di fuori del ritardo dell'inserimento di impegni e spese nel database regionale.

WP2. Fenotipizzazione ad alta precisione in condizioni di pieno campo
Come precedentemente accennato, a causa delle avverse condizioni meteorologiche verificatesi nel periodo di dicembre-gennaio 2021-22 (abbondanti precipitazioni e conseguente impraticabilità dei campi) non è stato possibile eseguire la semina in una delle due località previste (Santa Lucia). Per compensare tale perdita, la prova condotta ad Ottava è stata potenziata allestendo quattro distinti decritti al punto 2 della presente relazione. Se da una parte questo implica che le indagini finora condotte debbano considerarsi sito-specifiche, dall'altra questo ha consentito di ampliare lo studio indagando una collezione di varietà rappresentative della variabilità presente in orzo coltivato.

WP3. Tecnologie digitali e modellistiche di nuova generazione applicate ai sistemi agrari mediterranei
A causa dell'andamento meteorologico avverso osservato nell'inverno 2021-2022 non si è potuto procedere con la semina annuale al secondo anno di sperimentazione nella prova che si tiene a Santa Lucia. Si è resa quindi necessaria una modifica al protocollo sperimentale che ha previsto l'esecuzione dei rilievi in campo sulle autorisemine delle colture seminate al primo anno.

WP4. Monitoraggio ambientale per la gestione differenziata delle colture
Alla data attuale (05/06/2022), l'inizio delle attività di collaborazione previste tra UNISS e UNIVPM hanno subito un rallentamento; pertanto, lo svolgimento delle regolari attività previste di combinazione delle informazioni ottenute da immagini satellitari con informazioni di dettaglio misurate in situ non sono in linea con il cronoprogramma approvato.

WP5. Sensori e sistemi di gestione innovativi per la coltura protetta

Si è registrato un rallentamento nel reperire e acquistare il materiale necessario alla sperimentazione attribuibile a un problema di reperimento di alcuni componenti elettronici.

WP6. Sviluppo e realizzazione di un sistema per la realtà aumentata in agricoltura
Non si rilevano particolari criticità.

WP7. Gestione colturale del vigneto con il supporto combinato delle tecnologie di viticoltura di precisione e di Intelligenza Artificiale

Criticità emerse durante lo sviluppo delle attività (AGR03-AGR09-AGR15)
Per il successivo proseguo delle attività nessuna.

Criticità emerse durante lo sviluppo delle attività (AGR12-AGR09)
A seguito delle precedenti criticità emerse durante la fase di addrestramento, si è provveduto ad utilizzare un'altra rete neurale pre-addestrata da (MASK-CNN) e da Yolo che ha mostrato una maggiore facilità di elaborazione e prodotto i primi risultati di classificazione come riportato nel report di aggiornamento. Seppure ancora non molto soddisfacenti i primi test di train e validation hanno evidenziato la possibilità di procedere al riconoscimento dei sintomi di peronospora e oidio nelle foglie. La rete addestrata è riuscita a identificare le tue patologie identificando sia foglie infette, che le singole macchie. Per tale motivo si è deciso insieme alla prof. Serra, che le annotazioni saranno eseguite su tutta la foglia durante l'annata in corso e si procederà comparando l'efficienza del riconoscimento tramite rete neurale di sole foglie infette. Inoltre, sono state predisposte su vaso sia piante di Carignano che di Cannonau che forniranno le nuove immagini da annotare.

Criticità emerse durante lo sviluppo delle attività. (AGR011-AGR09)
L'analisi preliminare sul riconoscimento automatico dei sintomi di infestazione da cicaline sulla vite ha fornito risultati migliori con l'utilizzo della rete YOLOv5 e ulteriori analisi saranno effettuate per aumentare il livello di affidabilità del riconoscimento. A tale scopo è necessario incrementare notevolmente il numero di immagini in ciascun subset di dati per bilanciare il numero di immagini su sintomi avanzati o precoci o su cultivar a bacca bianca o rossa (campagna di raccolta foto prevista da maggio in poi del 2022) e quindi con un numero di immagini più che raddoppiato per permettere un significativo miglioramento delle prestazioni.

Sassari, li 21 giugno 2022

Il Responsabile Scientifico

