



## AGRICOLTURA DI PRECISIONE: RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DEI SISTEMI PRODUTTIVI

## INDICE

Il progetto	p. 1
I Partner del Progetto e le loro attività	p. 2
- Consorzio Agrario Adriatico	p. 2
- Impresa Verde Marche srl	p. 3
- Università Politecnica delle Marche Dipartimento D3A Sezione Agronomia e Sistemi Colturali Erbacei	p. 4
- Università Politecnica delle Marche Dipartimento D3A Sezione di Economia e Politica Agraria	p. 13
- Agenzia per l’Innovazione nel Settore Agroalimentare e della Pesca (AMAP ex ASSAM)	P. 23
- Filippetti spa e Pegaso Management srl	p. 37

## IL PROGETTO

Il progetto SAT-Smart Agriculture Team ha l'obiettivo di valutare come, le tecnologie di agricoltura di precisione, combinate ad un modello di agricoltura conservativa, possano favorire l'ottimizzazione dell'utilizzo degli input azotati, riducendo il rischio della lisciviazione dell'azoto in sistemi colturali cerealicoli. Il progetto ha previsto l'installazione in campo dei prototipi, dopo una fase di test e collaudo in laboratorio. Contestualmente sono state portate avanti delle analisi agronomiche ed indagini economiche dall'Università Politecnica delle Marche. In particolare, sono state condotte analisi relative al campionamento della biomassa vegetale e rilievi multispettrali con drone per la caratterizzazione della disponibilità di azoto nei due siti pilota ed analisi di sostenibilità economica ed ambientale di aziende cerealicole che già utilizzano Agricoltura di Precisione, per valutare la convenienza economica dell'adozione di sistemi di Agricoltura di precisione. Questo progetto ha seguito di pari passo i veloci cambiamenti del quadro macroeconomico italiano, l'introduzione delle nuove tecnologie al servizio delle aziende agricole, e siamo lieti di testimoniare con assoluta coerenza come la sperimentazione e l'attività scientifica non siano qualcosa di astratto, bensì assolutamente pragmatico e degno di considerazione per le progettualità e le strategie del mondo agricolo marchigiano, nazionale e internazionale.

## I PARTNER DEL PROGETTO E LE LORO ATTIVITA'

### **Consorzio Agrario Adriatico-Capofila**

La nascita di quello che oggi conosciamo come Consorzio Agrario Adriatico, risale al 1901 una decina di agricoltori forlivesi costituiscono la Società Anonima Cooperativa “Consorzio Agrario Cooperativo di Folli”, che aveva le sue radici in un “Comizio Agrario” la cui istituzione risaliva agli ultimi decenni del 1800.

Contemporaneamente, o quasi, per opera di agricoltori dei rispettivi circondari, sorgevano il “Consorzio Agrario Cooperativo di Cesena” e la “Cooperativa Agricola di Rimini”, che successivamente prese il nome di “Consorzio Agrario Cooperativo di Rimini”. Il quadriennio 1939-1942 fu foriero di avvenimenti determinanti dal punto di vista istituzionale: nel 1939, sulla scorta del Regio Decreto del 5 settembre 1938 n° 1539 sulla riforma dei consorzi agrari, il “Consorzio Agrario Cooperativo di Forlì”, diviene “Consorzio Agrario Provinciale per la provincia di Forlì”. Nello stesso anno, i Consorzi Agrari Cooperativi di Cesena e di Rimini vennero fusi con il Consorzio Agrario Provinciale per la provincia di Forlì”, dando vita così all’attuale assetto territoriale. Il periodo bellico che seguì portò grandi sconvolgimenti anche in termini di assetto, e vi furono ingenti perdite dal punto di vista immobiliare e in termini di attrezzature. Già nel 1947 venne portata a termine l’opera di ricostruzione e negli anni immediatamente a seguire, si procedette al potenziamento della rete commerciale e di ricezione e conservazione cereali. Gli anni 50-60 furono anni di grande rinnovamento per l’agricoltura Italiana e videro il Consorzio, attraverso il suo “Ufficio Tecnico Agrario”, costantemente in prima fila quale elemento trainante, nella diffusione presso le aziende agrarie delle più avanzate acquisizioni tecniche. Gli anni ’90 rappresentano un periodo di crisi e di

difficoltà, caratterizzati da un rinnovamento e dall'instaurarsi di nuove strategie. A seguito di una laboriosa opera di ristrutturazione che ha coinvolto i Consorzi Agrari della vicina Regione Marche, il "Consorzio Agrario Interprovinciale di Forlì-Cesena e Rimini" è divenuto "CONSORZIO AGRARIO ADRIATICO", un organismo che riunisce così, assieme agli storici territori delle province romagnole (Forlì-Cesena e Rimini) anche le Province di Pesaro Urbino, Macerata, Fermo ed Ascoli Piceno ed è divenuto un esempio a livello nazionale di ottimizzazione e riqualificazione delle risorse disponibili, imitato oggi da molti altri Consorzi Agrari impegnati nella stessa operazione in altre province italiane. Il 1 ottobre 2020 si è conclusa l'operazione straordinaria che ha visto l'integrazione del Consorzio Agrario Adriatico in Consorzi Agrari d'Italia spa (CAI). In linea con le nuove direttrici, improntate all'innovazione, il Consorzio Agrario Adriatico aderisce ad un progetto di Agricoltura di Precisione, con lo scopo di coinvolgere la base sociale delle aziende agricole e testare la loro resilienza all'accoglimento delle nuove tecnologie, volte a rendere i processi aziendali più sostenibili da un punto di vista ambientale, sociale ed economico.

## **Impresa Verde Marche srl**

Impresa Verde Marche srl è un una struttura che si occupa di servizi nel settore agricole ed agroalimentare, inoltre è Ente accreditato presso la Regione Marche per la formazione continua e superiore. Ha realizzato e realizza corsi di formazione rivolti alle imprese agricole, sia finanziati con la sottomisura 1.1 del PSR che corsi liberi non finanziati. Molteplici sono le tipologie di percorsi formativi erogati, dall'acquisizione dell'abilitazione all'utilizzo/vendita dei prodotti fitosanitari, al benessere animale,

dalla sicurezza alimentare a quella nei luoghi di lavoro, dalle fattorie didattiche al controllo selettivo dei cinghiali.

Inoltre, dal 2009 sono stati progettati ed attivati numerose attività di informazione del PSR Marche che hanno visto la realizzazione di seminari, convegni, incontri, video, sessioni pratiche e pubblicazioni riguardanti temi di stretta attualità e di interesse per le aziende agricole. A quanto sopra indicato, si aggiunge la partecipazione a vari progetti di innovazione come questo (PSR Marche 2014-20 sottomis. 16.1), con il compito di organizzazione di attività di divulgazione ed a progetti informativi e formativi legati ad Accordi Agroambientali d'Area.

In questo progetto, l'opera di divulgazione, concertata e con il coinvolgimento di tutti i partner, consiste nella organizzazione di eventi collettivi, che possono realizzarsi sia on line che in presenza, dove vari esperti si succedono per relazionare su caratteristiche del progetto, sull'evoluzione dello stesso e su temi specifici legati all'argomento fulcro del progetto. Accanto a queste attività, la divulgazione comprende anche la realizzazione di pubblicazioni e di video che consentono ad una platea più vasta di accedere ad informazioni di particolare interesse per gli addetti al settore.

## **Università Politecnica delle Marche (UNIVPM)- Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali(D3A) – Sezione Agronomia e Sistemi culturali erbacei**

### **APPLICAZIONI A DIVERSA SCALA DI INDAGINE DI REMOTE E PROXIMAL SENSING SU SISTEMI COLTURALI CEREALICOLI**

L'obiettivo è di valutare, attraverso applicazioni a diversa scala di remote e proximal sensing, la produttività del frumento duro coltivato con metodo convenzionale. Questa indagine ha

consentito di validare tecnologie di agricoltura di precisione attraverso l'analisi di dati agronomici derivanti da esperimenti parcellari (approccio riduzionistico), applicandoli ad una più ampia scala spaziale (approccio territoriale) (Orsini et al, 2020; Fiorentini et al 2021; Orsini et al., 2023).

## **1. DESCRIZIONE DEI SITI SPERIMENTALI**

### Azienda agricola didattico – sperimentale “Pasquale Rosati” di Agugliano (AN)

Le attività descritte sono state condotte in parte in un dispositivo sperimentale di lungo termine denominato “prova lavorazioni” che ha avuto inizio nel 1994 in un appezzamento dell’Azienda Didattico-sperimentale “Pasquale Rosati” dell’Università Politecnica delle Marche. Il sito sperimentale è diviso in due blocchi e si estende su circa 18.000 m<sup>2</sup>, su un versante con pendenza media del 12% ed esposizione Nord-Sud. In questa prova sperimentale sono stati messi a confronto tre diversi tipi di gestione del suolo (fattore primario) semina su sodo (S), minima lavorazione (M), lavorazione tradizionale (T) per ognuno dei quali sono stati previsti tre livelli di concimazione azotata (fattore secondario): 0 (N0), 90 (N1) e 180 (N2) kg/ha di N. Nella prova viene praticata una rotazione biennale che prevede frumento duro (*Triticum turgidum* L. var. durum, cv. tirex) in alternanza a mais (*Zea mays* L. ibrido DKC4316 Dekalb, classe FAO 300).

Azienda agricola “Guzzini Francesco” di Recanati (MC)

La seconda parte delle attività sperimentali sono state condotte presso l’azienda agricola “Guzzini Francesco” di Recanati (MC). L’azienda Guzzini si estende per una superficie di circa 8 ha ed è a prevalente indirizzo cerealicolo. In questo sito è stata praticata

lavorazione tradizionale e sono stati confrontati due livelli di concimazione azotata (90 e 225 kg/ha). Per consentire un confronto tra quanto emerso a scala parcellare (sito azienda sperimentale “P. Rosati” di Agugliano) e quanto osservato a scala aziendale (sito Azienda Guzzini di Recanati) è stata adottata per il sito “Guzzini” la stessa rotazione con le stesse varietà di colture praticate nel sito “P. Rosati”.

## **2. VARIABILI MISURATE**

Le variabili misurate sono state: sviluppo fenologico, Numero spighe/m<sup>2</sup>, numero cariossidi spiga, peso mille semi, componenti della resa e letture SPAD ed ognuna di tali misurazioni sono state georeferite con il GPS per potersi correlare con i dati del drone. Ad accostamento, levata e antesi sono stati condotti dei rilievi multispettrali con drone con due camere multispettrali MAIA S2 e MAIA WV2, che hanno consentito di poter calcolare l'indice NDRE.

## **3. RISULTATI SPERIMENTALI**

***SITO: Azienda agricola didattico – sperimentale “Pasquale Rosati” di Agugliano (AN)***

### **Variabili produttive**

Per il sito di Agugliano è stata presa in considerazione solo la lavorazione tradizionale rappresentata da una aratura a 40 cm di profondità e successivi affinamenti con erpice rotante. In questo caso, partendo dal numero di cariossidi per spiga, osserviamo un sensibile incremento in funzione del maggior apporto di azoto, infatti, in N0 abbiamo mediamente 18 ( $\pm 4,3$ ) cariossidi/spiga, in N90 saliamo a 42 ( $\pm 2,57$ ) per arrivare a N180 con 48 ( $\pm 4,17$ ). Il

numero medio di spighe per metro quadro è stato di 295 ( $\pm 32$ ) per N0, 421 ( $\pm 70$ ) per N90 e 500 ( $\pm 113$ ) per N180. Si è assistito ad un incremento del 30 % tra N0 e N90 mentre l'incremento raggiunge il 41 % tra N0 e N180. La concimazione azotata come atteso ha permesso la differenziazione di un maggior numero di spighe per unità di superficie. Il peso delle 1000 cariossidi, in accordo con quanto affermato da Karam et al. nel 2009, è rimasto costante fra i diversi livelli di fertilizzazione azotata, attestandosi in media sui 60 grammi. Le rese per ettaro sono state influenzate dalla concimazione, passando dalle 1,42 t/ha di N0, a 5,25 t/ha di N90 a 6,75 t/ha di N180. Dalle parcelle non concimate a quelle cui è stata apportata la dose più alta di azoto, si è riscontrata una differenza produttiva del 79 %.

### **Lecture SPAD**

Le letture SPAD sono state eseguite in due date: 3/04/2020 e 15/05/2020, che corrispondono alle fasi di levata (scala Zadoks 35) ed antesi (Scala Zadoks 60). Come precedentemente osservato da Fiorentini et al., 2020 la dose crescente di azoto ha influenzato le letture SSPAD; infatti, si passa da 26 di N0 a 45 di N180 nel primo campionamento effettuato a poco più di un mese dalla prima somministrazione di azoto. Il secondo campionamento è stato eseguito ad un mese dalla seconda concimazione azotata e sono stati rilevati valori pari a 32 per l'N0 e 54 per l'N180.

***SITO: Azienda agricola Francesco Guzzini di Recanati (MC)***

**Variabili produttive**

Relativamente al numero di cariossidi per spiga la minore concimazione azotata ha portato ad un maggiore numero di cariossidi per spiga; infatti, si riscontrano in media 50 ( $\pm 4,0$ ) cariossidi per spiga contro le 43 ( $\pm 3,6$ ) del frumento cui è stato somministrato più azoto. Il trattamento con 90 unità di azoto ha portato all'ottenimento in media di 440 spighe per metro quadro con una deviazione standard pari a 60, mentre la fertilizzazione con 225 unità di azoto ha raggiunto le 624 spighe con deviazione standard di 146, una differenza percentuale del 29,5. Il peso di 1000 semi non registra differenze significative tra i due trattamenti; infatti, risulta un valore medio di  $60 \pm 1,5$  per il frumento che ha ricevuto 90 unità di azoto e  $60 \pm 2,9$  per quello che ne ha ricevute 225. La resa media è stata di 5,35 t/ha per N90 e 6,54 per N225.

### **Letture SPAD**

Le letture SPAD sono state eseguite in due date: 19/03/2020 e 24/04/2020, in corrispondenza delle fasi di levata ed antesi. Da queste è possibile notare che i valori più alti si ottengono sempre nelle zone in cui è stato apportato il maggior quantitativo di azoto, infatti N90 da valori di 38 nel primo campionamento e 41 nel secondo, mentre N225 rispettivamente 48 e 51. Come precedentemente affermato aumentando l'azoto disponibile aumentano i valori rilevati dallo SPAD questo in relazione al maggior contenuto di clorofilla presente nelle lamine fogliari del frumento maggiormente rifornito di azoto.

### **Indici di vegetazione**

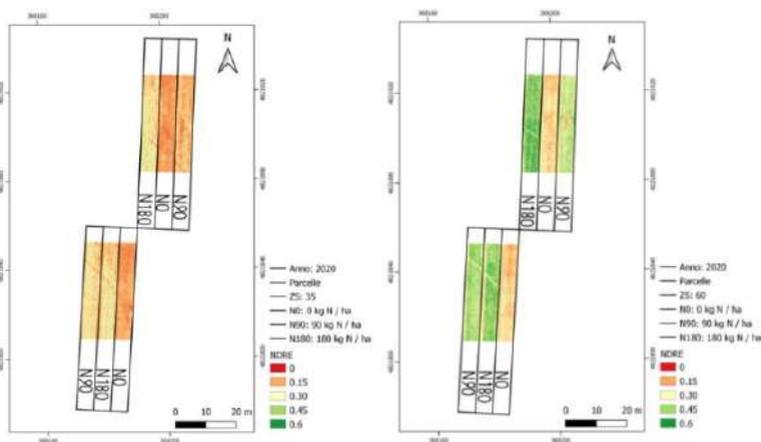
In linea con quanto emerso in letteratura circa l'accuratezza dell'indice Normalized Difference Red-Edge (NDRE) per stimare lo stato vegetativo e nutrizionale di una coltura (Orsini et al. 2020; Ku Wang et al. 2019) nel sito didattico-sperimentale "Pasquale

Rosati” dell’Università Politecnica delle Marche è stato osservato un incremento dell’indice NDRE all’aumentare dell’azoto somministrato con valori che sono oscillati tra 0,35 per N0 a 0,60 per N180 nel volo del 3/04/2020 e tra 0,41 per N0 e 0,83 per N180 nel volo del 15/05/2020 per la camera MAIA S2 (Sentinel); la camera MAIA WV (WorldView) rileva N0 = 0,15 e N180 = 0,31 il 3/04/2020 mentre N0 = 0,29 e N180 = 0,45 il 15/05/2020. Come si nota il valore dell’indice cresce anche nel trattamento di controllo non fertilizzato (N0) questo probabilmente per la mineralizzazione dalla sostanza organica. Per l’azienda “Guzzini” è stato riscontrato lo stesso andamento, ma i valori sono maggiori dato che al frumento è stato apportato un quantitativo di azoto più alto. Risulta comune in entrambe le prove che l’NDRE derivato dalla camera Sentinel 2 assume valori più alti di quelli riportati dalla WorldView.

## **Mappe vegetazionali**

La mappa vegetazionale derivata dal volo effettuato ad inizio aprile, relativa alla “prova lavorazioni” (foto 1), è stata fatta tra la prima e la seconda somministrazione di azoto; infatti, iniziano a delinearci le prime differenze fra le diverse parcelle. Osserviamo come le zone che non hanno ricevuto alcun apporto di azoto (N0) mostrano una colorazione rossastra uniforme, a testimonianza di un NDRE molto basso. Nel trattamento N90 osserviamo come i colori risultino più chiari per la presenza di punti in giallo e verde; quindi, l’NDRE è in aumento proprio in quanto il concime sta manifestando il suo effetto sulla vegetazione. Tutto è reso ancora più evidente in N180 dove il colore verde tende a prevalere. Nella mappa vegetazionale rilevata nel mese di maggio, quando anche la seconda dose di azoto ha iniziato a fare effetto, possiamo osservare con chiarezza il variare dell’indice NDRE in base alla dose di azoto; infatti, si assiste ad un incremento dell’intensità di verde tra N0, N90 e N180. Anche N0, rispetto alla precedente mappa, segna un

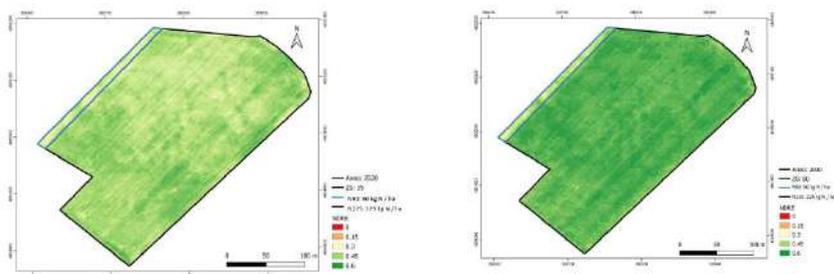
lieve incremento, sicuramente dovuto alla crescita delle piante in seguito alla disponibilità di N liberatosi per mineralizzazione.



**Foto 1. Mappa vegetazionale NDRE acquisita presso l'azienda agraria didattico-sperimentale "Pasquale Rosati" dell'Università Politecnica delle Marche ad aprile (a sinistra) e a maggio (a destra) 2020**

Nell'azienda "Guzzini" le mappe vegetazionali sono state redatte nei mesi di marzo e aprile, perché la coltura è stata seminata con più di un mese di anticipo rispetto al sito di Agugliano in ogni caso l'acquisizione delle immagini è stata programmata al raggiungimento della fase fenologica di interesse. La mappa di marzo (foto 2) mostra una colorazione verde chiaro abbastanza uniforme in quanto il volo è stato effettuato dopo la seconda concimazione, quindi la coltura, a parità di fase fenologica, era più rifornita rispetto al sito sperimentale di Agugliano. Si nota comunque che la parcella che ha ricevuto la dose minore di azoto è di un colore più chiaro, cioè presenta un NDRE inferiore rispetto al resto dell'appezzamento. La mappa di aprile (foto 2) evidenzia

una colorazione nettamente più intensa della parte di terreno che ha ricevuto la piena concimazione (N225), mentre la fascia che ne ha ricevuta meno (N90) si presenta decisamente più chiara.



**Foto 2. Mappa vegetazionale NDRE acquisita presso l'azienda "Guzzini", marzo (a sinistra) e aprile (a destra) 2020.**

Analizzando la resa per ettaro: il controllo N0 di Agugliano ha prodotto 1,42 t/ha di granella; gli N90 di Agugliano e Recanati hanno prodotto rispettivamente 5,25 e 5,35 t/ha, senza alcuna differenza significativa. Il trattamento N180 di Agugliano ha prodotto 6,75 t/ha contro le 6,54 del trattamento N225 di Recanati. Nonostante il sito di Recanati abbia ricevuto un quantitativo di azoto superiore a quello di Agugliano ha registrato una produzione di granella leggermente inferiore seppur non significativa dal punto di vista statistico. Questa dinamica è spiegata probabilmente al minore allettamento che ha interessato il frumento coltivato nel sito di Agugliano a testimonianza che è determinante scegliere il giusto dosaggio di concime al fine di ridurre gli sprechi e le spese. Inoltre, a Recanati, a causa della maggior fittezza delle piante dovuta ad una minor distanza tra le file ha portato le colture a competere per la luce solare differenziando culmi più lunghi ed esili. Le letture SPAD in entrambi i siti hanno dimostrato un andamento linearmente crescente al crescere della concimazione azotata. Nel trattamento

N180 di Agugliano sono stati osservati valori medi superiori a quelli osservati presso l'azienda "Guzzini" di Recanati (N225) a conferma che, oltre un certo limite, ad un incremento di concimazione non corrisponde più un sostanziale assorbimento di azoto confermato anche dal medesimo tenore proteico riscontrato. L'indice di vegetazione NDRE derivato sulla coltura allo stadio di levata e di antesi ha permesso la delimitazione delle zone omogenee, applicando l'algoritmo di clusterizzazione k-means. Questo si è dimostrato essere accurato nella determinazione delle zone omogenee in quanto perfettamente sovrapponibile allo schema sperimentale previsto sugli appezzamenti oggetto di indagine. I diversi parametri rilevati in campo, direttamente sulla coltura, (peso fresco e secco, letture SPAD, numero spighe/m<sup>2</sup>, resa della granella) mostrano valori con differenze statisticamente significative all'interno delle zone omogenee individuate dall'algoritmo, confermando che, gli strumenti e le procedure descritte siano utili per identificare porzioni di campo sulle quali poter massimizzare l'utilizzo degli input azotati riducendo l'impatto ambientale dei sistemi colturali. Tenuto conto del fatto che le dinamiche osservate a diversa scala spaziale (parcellare vs aziendale) sono del tutto analoghe, i risultati conseguiti, forniscono interessanti spunti circa la possibilità di utilizzo delle informazioni derivanti da applicazioni di remote e proximal sensing per la definizione di mappe vegetazionali a livello regionale, in grado di indicare con precisione la variabilità dello stato nutrizionale del frumento duro coltivato con tecniche agronomiche convenzionali evitando quindi apporti sproporzionati rispetto alle reali necessità della coltura garantendo così un maggior efficientamento d'uso degli input produttivi e contenendo quello che è il rischio di perdita per lisciviazione di nutrienti dai sistemi colturali cerealicoli che caratterizzano la collina marchigiana.

# **Università Politecnica delle Marche (UNIVPM), Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali (D3A) –Sezione di Economia e Politica agraria**

## **L'ADOZIONE DELLE TECNOLOGIE DI PRECISIONE NEL SETTORE CEREALICOLO REGIONALE: ANALISI DELLA SOSTENIBILITA' ECONOMICA ED AMBIENTALE**

La transizione verso un sistema agricolo sostenibile rappresenta oggi una delle priorità preconizzate dalle strategie europee Green Deal e Farm to Fork fino alla nuova riforma della Politica Agricola 2023-2027. In particolare, la Commissione europea ha definito nelle sue ultime strategie la volontà di ridurre entro il 2030 l'uso di sostanze chimiche e fertilizzanti, mantenere la biodiversità, riconvertire la produzione agricola verso modelli sostenibili come l'agricoltura bio e assistere gli agricoltori nei processi gestionali attraverso modelli innovativi che ricorrono alla digitalizzazione. Inoltre, la transizione verso un'agricoltura sostenibile diventa fondamentale alla luce dell'attuale periodo storico e del quadro geopolitico. Infatti, a partire dal Covid-19 nel 2020, i conseguenti lockdown e chiusure in tutto il mondo hanno portato ad un'inevitabile situazione di criticità, legata alle restrizioni all'export e ai cambiamenti nei comportamenti di acquisto soprattutto dei cereali e dei derivati (Laborde et al., 2020). Queste circostanze hanno posto l'Europa e i Paesi come l'Italia in condizione di grave deficit in termini di scorte, esponendoci a fenomeni di accentuata volatilità dei prezzi. Inoltre, la guerra in corso in Ucraina ha contribuito a ridurre la produzione/commercializzazione di grano in questo Paese, sconvolgendo i mercati mondiali. Difatti, la guerra Russo-Ucraina ha causato il più alto aumento, dal 2008, dei livelli della volatilità dei prezzi nei mercati agricoli, in particolare per il

grano, creando una vulnerabilità continua per la sicurezza alimentare globale (Ben Hassen et al., 2022). La relativa ristrettezza delle azioni globali suggerisce che la volatilità dei prezzi continuerà a rimanere elevata rispetto agli ultimi dieci anni.

Inoltre, a complicare ulteriormente una situazione già compromessa, si è assistito ad un aumento dei prezzi dei fertilizzanti. Tale aumento è anche innegabilmente legato all'attuale crisi energetica dovuta ai prezzi elevati del gas naturale, materia prima essenziale per la produzione di fertilizzanti a base di azoto come l'urea e l'ammoniaca (Shahini, et al 2022).

In questo contesto, è importante analizzare il settore dei cereali, con riferimento alla produzione di grano (grano duro), che rimane un pilastro dell'alimentazione sia in Italia che nel mondo. Questo perché è fondamentale capire come affrontare le crisi attuali, considerando le dinamiche di mercato che si stanno determinando. Come conseguenza dell'instabilità globale, la realizzazione di strategie resilienti sostenibili in agricoltura è fondamentale. Ciò comporta l'attuazione di pratiche agricole innovative in grado di aumentare la produttività e quindi la redditività delle produzioni al netto dei costi; ma allo stesso tempo, di aiutare a tutelare le risorse ambientali, mantenendo in equilibrio gli agro-ecosistemi (Schieffer and Dillon, 2015; Balafoutis et al., 2017).

Un fattore chiave per la gestione sostenibile dei sistemi produttivi è l'introduzione delle tecnologie digitali, in grado di aiutare il processo decisionale nella gestione delle aziende. Questi nuovi sistemi sono noti con il termine di “tecnologie per l'agricoltura di precisione”, un concetto di gestione dell'azienda agricola, basato sull'osservazione, la misurazione e la risposta alla variabilità dei terreni in maniera sito specifica e con continuità temporale. L'implementazione di tecnologie per l'agricoltura di precisione, con strumenti prossimali e da remoto può offrire un prezioso supporto per i produttori. Tuttavia, l'adozione di strumenti di Agricoltura di Precisione è ancora molto al di sotto delle attese, a causa della

mancata quantificazione e dimostrazione dei benefici economici ed ambientali, delle insufficienti conoscenze sulle funzioni tecnologiche da parte dei produttori, della prevalenza sul territorio di piccole aziende agricole per lo più gestite da agricoltori anziani e dalla carenza di un sistema di incentivi pubblici da parte della politica di settore (Finco et al., 2021; Bucci et al., 2020; Bucci et al., 2019; Orsini et al., 2019).

Con queste premesse, il gruppo di Economia Agraria del D3A, nell'ambito del GO SAT, si è posto l'obiettivo di valutare la sostenibilità economica ed ambientale, principalmente espressa in termini di redditività, delle aziende cerealicole che adottano (o meno) queste tecnologie di precisione. In dettaglio, il lavoro si è concentrato sul periodo 2014-2022 per due aziende agricole (A e B) che coltivano grano duro nella Regione Marche. L'azienda agricola A utilizza tecnologie di agricoltura di precisione dal 2018; l'azienda B è a conduzione agronomica convenzionale. Il pacchetto tecnologico acquisito dall'azienda A comprende:

Sistemi di guida assistita

Sistemi per la mappatura del suolo, dell'umidità, della chioma e della resa

Tecnologie a rateo variabile per processi di irrigazione, semina, fertilizzazione e diserbo

DSS (sistemi di supporto alle decisioni).

Precisiamo che l'azienda A è stata selezionata in quanto rappresenta una delle poche aziende regionali (azienda pioniera), che ha deciso di adottare le diverse tecnologie di agricoltura di precisione. L'azienda agricola B, partner di progetto, è stata invece scelta in quanto simile all'azienda agricola A per natura, dimensioni, ubicazione e orientamento tecnico produttivo (seminativo-cereali). Al fine di raccogliere le informazioni necessarie a sviluppare l'analisi della sostenibilità economico-ambientale, è stato predisposto un questionario di indagine che è stato sottoposto, sottoforma di intervista, ai titolari delle imprese. Si tratta di un

questionario quali-quantitativo, ovvero volto non solo a raccogliere i necessari dati economici ed agronomici, ma anche ad indagare approfonditamente in merito agli aspetti strutturali, organizzativi e manageriali dell'impresa.

## 2. Risultati: Analisi della sostenibilità economica-ambientale

In questo paragrafo verranno presentati i principali risultati economici. La Tabella 1 mostra il confronto tra le aziende cerealicole A e B dal 2014 al 2022 in termini di efficienza, produttività e redditività.

Anno	Resa		Prezzo di mercato		Costi variabili		Utile lordo		Reddito operativo	
	(t/ha)		del grano duro(€/t)		(€/ha)		(€/ha)		(€/ha)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
2014	6,40	6,20	287,30	230,00	580,40	702,50	1183,32	598,50	889,89	398,50
2015	4,90	5,80	306,40	240,00	600,50	712,50	817,86	554,50	511,60	354,50
2016	5,70	5,80	213,00	180,00	588,80	672,50	576,30	246,50	409,28	46,50
2017	5,60	6,00	245,00	200,00	564,85	677,50	753,84	397,50	377,41	197,50
2018	5,20	7,00	234,00	215,00	600,55	709,50	548,99	670,50	300,90	470,50
2019	5,60	5,50	270,00	245,00	572,80	662,50	898,87	560,00	410,22	360,00
2020	5,90	6,50	326,60	270,00	592,58	698,50	1296,09	93,50	965,21	731,50
2021	5,30	5,80	480,00	470,00	605,00	692,50	1879,00	1908,50	1528,29	1708,50
2022	4,70	5,50	490,00	490,00	771,40	1017,50	1531,60	1699,50	1170,97	1499,50

**Tabella 1: Analisi economica**

Dal confronto dei livelli di efficienza emerge che, in termini di utile lordo - ossia il profitto che un'azienda realizza dopo aver dedotto i costi di produzione (variabili) - vi sono differenze significative tra i due casi studio. L'azienda A è caratterizzata da un utile lordo mediamente superiore del 25% rispetto all'azienda B. Questi dati suggeriscono che:

l'azienda agricola A (pioniera per le tecniche di agricoltura di precisione) fa leva sia sulla produttività che sulla efficienza

gestionale di impresa, sfruttando i risultati qualitativi degli output per spuntare prezzi di mercato (prezzo del grano duro), superiori alla media mercato;

l'azienda B fa leva esclusivamente sulla produttività, ottenendo un utile lordo inferiore a quello realizzato dall'azienda A.

L'azienda A risparmia in media il 16% in termini di costi variabili (ovvero i costi sostenuti per l'acquisto degli input impiegati nel ciclo colturale come sementi, fertilizzanti, agrofarmaci, gasolio ed eventuale acqua di irrigazione, ed i costi eventualmente affrontati nella coltivazione per il ricorso a servizi di contoterzismo e per il pagamento di premi assicurativi) rispetto all'azienda B, dimostrandosi strutturalmente più efficiente in termini di costi.

Da questi risultati è già possibile avanzare alcune ipotesi e considerazioni per individuare i fattori chiave che potrebbero essere alla base della scelta imprenditoriale di adottare un pacchetto tecnologico.

In primo luogo, la produttività potrebbe rappresentare il primo vero vincolo alla diffusione dell'agricoltura di precisione, trattandosi di una tecnologia in grado di efficientare la gestione aziendale.

Tuttavia, non vi è alcun aumento di produttività nell'azienda agricola A dopo l'adozione del pacchetto tecnologico, ma piuttosto nell'azienda B.

Ciò può dipendere da vari fattori, come la stagione climatica e le calamità naturali durante le annate agricole e la dose di concime azotato che viene somministrata.

Allo stesso tempo, dall'analisi emerge che l'azienda A, per effetto dell'utilizzo delle tecnologie, ha registrato una standardizzazione delle rese.

L'azienda B mostra invece una produttività sempre maggiore rispetto ad A, ma con un'elevata variabilità.

Pertanto, l'aumento della produttività non può essere l'unica motivazione che spinge un'azienda agricola ad adottare tali

tecnologie. Infatti, l'azienda B, che non adotta queste tecnologie, è sempre più produttiva dell'azienda A.

Un'ulteriore condizione per favorirne l'adozione potrebbe essere il posizionamento di mercato in un segmento qualitativamente differenziato e ad alto valore aggiunto della materia prima prodotta.

Infatti, l'azienda A ottiene un prezzo medio di mercato superiore del 12% rispetto a quello dell'azienda B per tutto il periodo analizzato.

A questo proposito, va considerato che l'adozione dell'agricoltura di precisione, poiché consente un'ottimizzazione degli input in funzione delle esigenze specifiche della coltura, concorre a migliorare la qualità del prodotto (contenuto proteico).

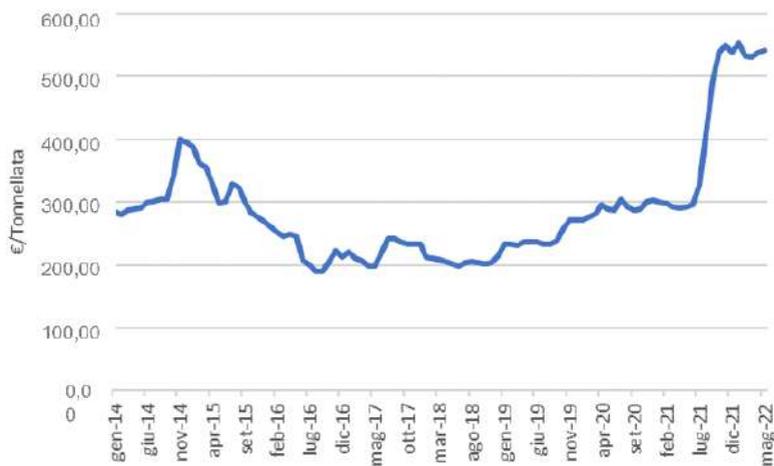
Pertanto, è possibile ipotizzare che una condizione essenziale per incentivare l'adozione risieda nella capacità imprenditoriale di gestire la propria filiera a valle facendo leva sulla qualità della materia prima oltre che sulla produttività.

Osservando il reddito operativo, l'azienda agricola A è stata negativamente influenzata dal piano di ammortamento delle tecnologie di agricoltura di precisione in coincidenza con il cambio tecnologico nel biennio 2018-2019.

Le tecnologie di precisione sono investimenti molto costosi che peraltro necessitano di aggiornamenti continui.

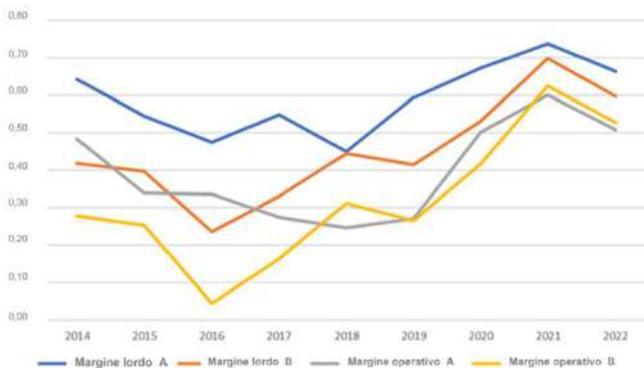
Nonostante ciò, nel 2020-2022, il reddito operativo dell'azienda agricola A è migliorato portandosi a livelli superiori alle condizioni di preadozione.

Ciò può essere spiegato soprattutto dall'andamento dei prezzi di mercato del grano duro (Figura 1) che, oltre a compensare il tasso di ammortamento dell'investimento in agricoltura di precisione, ha garantito un consistente margine lordo, soprattutto nel periodo post-pandemia.



**Figura 1: Andamento prezzi mercato del grano duro**

Considerando gli altri indici economici, la Figura 2 mostra il margine lordo e operativo delle due aziende. Il margine lordo e il margine operativo sono due indicatori economici fondamentali utilizzati per valutare l'attuale condizione finanziaria di un'azienda e le prospettive di redditività futura.

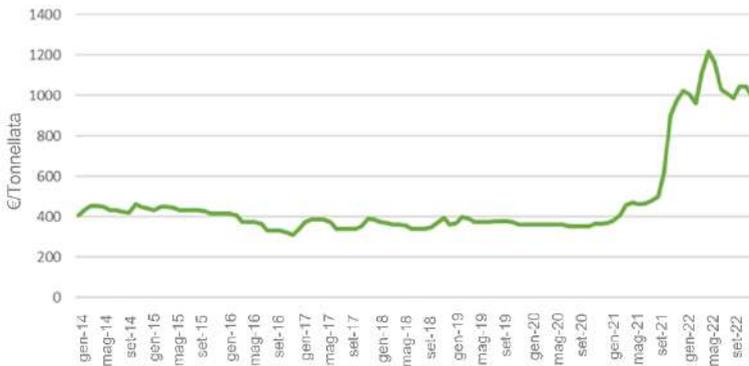


**Figura 2: Andamento del margine lordo e del margine operativo**

Osservando la Figura 2, sono due le riflessioni che si possono avanzare. La prima emerge confrontando il margine lordo che ricordiamo essere il profitto al lordo dei soli costi diretti di produzione. L'azienda A (curva blu) è strutturalmente più efficiente in termini di costi diretti di produzione rispetto all'azienda B (curva arancione). Nonostante ciò, nel periodo 2021-2022 il margine lordo delle due aziende ha avuto un declino speculare. Ciò significa che non sembra esserci una relazione diretta tra tecnologie e risultato economico. Perché anche l'azienda A subisce un decremento del margine lordo.

Passando ad osservare l'indicatore "margine operativo" che tiene conto anche dei costi fissi della gestione produttiva, emerge che tale indicatore nell'azienda B (curva gialla) è cresciuto nel periodo 2016-2022, mentre il margine operativo dell'azienda A (curva grigia) ha registrato una diminuzione fino al 2018, anno di adozione della tecnologia. Dopo il 2018, il margine operativo dell'azienda A inizia a crescere, attestandosi sullo stesso livello del margine operativo dell'azienda B nel periodo 2021-2022. Ciò significa che la quota di ammortamento dell'investimento in tecnologie di precisione dell'azienda A dal 2018 non incide significativamente sulla sua capacità di generare reddito operativo. In sintesi, emerge che l'investimento dell'azienda agricola A in tecnologie di precisione non genera evidenze in termini di risparmio dei costi diretti; tuttavia, il margine operativo generato dall'azienda agricola A mostra una tendenza crescente nel periodo post-adozione. Inoltre, l'adozione delle tecnologie di precisione da parte delle aziende agricole crea vantaggi rispetto all'agricoltura tradizionale in termini di una migliore gestione delle risorse. Questo aspetto è particolarmente rilevante per l'utilizzo del fertilizzante azotato.

Vale la pena di ricordare che a causa della guerra Russo-Ucraina, questo input ha aumentato il suo prezzo del 176% da gennaio 2020 a dicembre 2022 (Figura 3).



**Figura 3: Andamento costi fertilizzante azotato**

In questo scenario, le tecnologie di precisione hanno consentito all'azienda agricola A di ottimizzare la distribuzione di fertilizzante azotato in funzione della specifica necessità della coltura. In questo modo l'azienda agricola A lavora ottenendo sia una migliore qualità della produzione sia minimizzando gli impatti negativi sull'ambiente.

## CONCLUSIONI

Poiché l'adozione delle tecnologie di precisione è ancora ad uno stato pionieristico in Italia, il nostro caso di studio può rappresentare un utile punto di riferimento sia per i produttori cerealicoli che per i decisori politici.

Dall'analisi economica emerge che, in termini di utile lordo, vi sono differenze sostanziali tra i due casi studio. L'azienda agricola A è caratterizzata da una redditività lorda mediamente superiore a

quella dell'azienda agricola B nel periodo pre-crisi 2014-2020. Gli indicatori economici dell'azienda A sono stati certamente influenzati dal piano di ammortamento delle tecnologie in coincidenza con il cambiamento tecnologico.

Tuttavia, nonostante ciò, l'efficienza economica dell'azienda agricola A è migliorata portandosi a livelli superiori alle condizioni di pre-adozione, grazie alle nuove condizioni di mercato nel periodo 2020-2022.

Inoltre, le aziende agricole che adottano tecnologie di precisione ottimizzano l'uso di input come la fertilizzazione azotata, in base alle esigenze della coltura e del suolo determinati in maniera sito specifica dagli strumenti digitali; allo stesso tempo l'applicazione di tali tecnologie favoriscono l'efficienza della gestione aziendale in termini di risorse umane.

Alla luce di questi risultati, si consiglia ai responsabili politici di incoraggiare l'adozione di queste tecnologie predisponendo incentivi ad hoc grazie alle misure di politica agricola di cui oggi disponiamo.

Tuttavia, l'azienda agricola che decide di adottare tali tecnologie deve già possedere sia le caratteristiche strutturali ma anche una impostazione manageriale, poiché adottare tecnologie promettenti ed efficienti su sistemi produttivi obsoleti o inefficienti – analogamente a quanto accade nel campo dell'automazione dei processi produttivi manifatturieri – non significa innovare ma automatizzare un preesistente processo produttivo inefficiente.

Inoltre, l'adozione dell'agricoltura di precisione richiede programmi di formazione per agricoltori, al fine di acquisire le giuste competenze.

La disponibilità di formazione specialistica è infatti condizione necessaria per familiarizzare con le tecnologie di precisione, oltre che per sfruttarne appieno le potenzialità in termini di efficienza ed efficacia.

## **Agenzia per l'Innovazione nel Settore Agroalimentare e della Pesca (AMAP, ex ASSAM)**

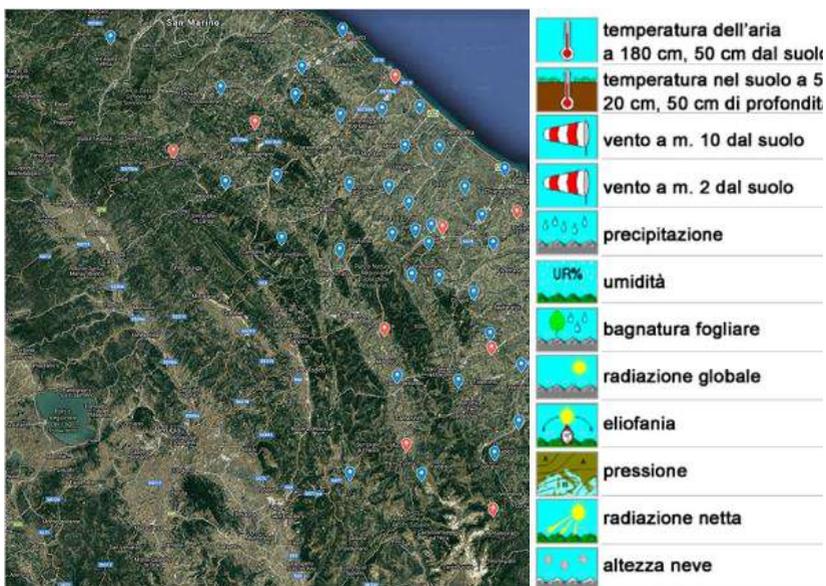
Con legge regionale n. 11 del 12.05.2022 l'A.S.S.A.M. è stata trasformata in ente pubblico non economico denominato Agenzia per l'Innovazione nel Settore agroalimentare e della Pesca "Marche Agricoltura Pesca", AMAP, ente strumentale della Regione Marche, dotata di personalità giuridica di diritto pubblico e di autonomia amministrativa, organizzativa, contabile e patrimoniale, che esercita le funzioni attribuite dalle leggi regionali di settore, nonché svolge attività di servizio per i settori agricolo, compreso l'allevamento, agroalimentare, forestale, e della pesca in conformità alla programmazione regionale e secondo gli indirizzi programmatici della Giunta regionale. Con Delibera CDA AMAP n. 13 del 28.02.2023 e n. 19 del 19.04.2023 sono stati approvati il Regolamento di organizzazione e funzionamento dell'Agenzia e il nuovo assetto organizzativo macro della stessa.

Al Settore "Fitosanitario e Agrometeorologia, Laboratori e Qualità delle produzioni", identificato con l'acronimo FALQ sono attribuite le seguenti funzioni:

- gestione dei servizi fitosanitari, difesa integrata, e Comitato Fitosanitario Nazionale;
- controlli fitosanitari import ed export, autorizzazioni RUOP;
- gestione dei laboratori fitopatologico, agrochimico, microbiologico e sensoriale;
- gestione del servizio agrometeo, PAN, sostenibilità ambientale e cambiamenti climatici;
- analisi fisico, chimico, microbiologico e sensoriale e qualità dei prodotti agroalimentari.

Il Servizio agrometeorologico regionale, attraverso l'attività dei Centro Agrometeo Locali (CAL) provinciali riveste un ruolo essenziale nel supporto tecnico-scientifico alle aziende agricole necessario al fine di operare in maniera corretta per l'ottimizzazione della resa produttiva e per la tutela dell'ambiente. La razionalizzazione della tecnica e della difesa colturale presuppone una conoscenza approfondita di numerosi parametri agrometeorologici. I CAL provvedono ad effettuare un monitoraggio continuo delle fasi fenologiche e della situazione fitosanitaria per le colture di maggiore interesse. La conoscenza dettagliata dell'andamento climatico sul territorio viene garantita dai dati rilevati dalle stazioni della rete agrometeorologica. Giornalmente vengono redatte previsioni meteorologiche a quattro giorni a carattere locale per la programmazione delle attività agricole. Un prodotto fondamentale è il Notiziario Agrometeorologico settimanale con le linee guida per gli addetti agricoli sulle operazioni colturali sia di natura fitoiatrica sia agronomica.

Il Servizio Agrometeorologico regionale AMAP gestisce e archivia i dati di oltre 60 stazioni meteo distribuite sull'intero territorio regionale. Con cadenza oraria (sub-oraria in qualche caso) vengono rilevate di molteplici parametri tra cui: la temperatura dell'aria e del terreno, la precipitazione, l'umidità dell'aria e del terreno, la bagnatura fogliare, il vento, la radiazione solare.

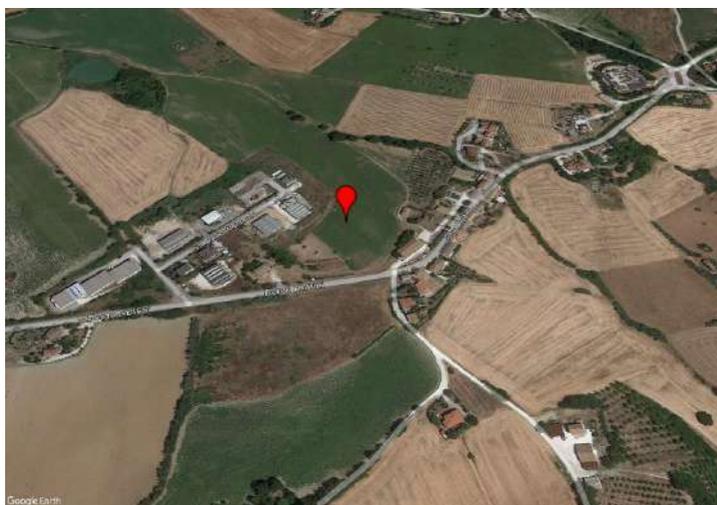


**Foto 3. Stazioni meteo AMAP**

Nell'ambito del progetto di cooperazione per l'innovazione "S.A.T. SMART AGRICULTURE TEAM sono stati forniti i dati delle due stazioni meteo dislocate nei comuni di Agugliano e Montefano, utili per caratterizzare dal punto di vista meteo climatico i siti inerenti l'attività.



**Foto 4. Stazione meteo di Agugliano**



**Foto 5. Posizione geografica della stazione meteo di Agugliano**



**Foto 6. Posizione geografica della stazione meteo di Montefano**

In una prima fase sono state elaborati i dati mensili storici di temperatura e precipitazione. Per ogni anno e per ogni mese del periodo 1999 – 2020 sono stati calcolati le medie per le temperature ed i totali per le precipitazioni. I dati di partenza per il calcolo dei mensili sono quelli rilevati dalle due stazioni con intervallo giornaliero; dati giornalieri mancanti o non validi sono stati preventivamente ricostruiti tramite misure di stazioni vicine e di analoghe caratteristiche geografiche delle due considerate.



**Foto 7. Stazione meteo di Montefano**

In una seconda fase è stata realizzata una procedura di invio automatico dei dati in modo da fornire senza soluzione di continuità misure orarie di temperatura media, umidità relativa, precipitazione totale, bagnatura fogliare rilevate sempre dalle due stazioni di Montefano e Agugliano. L'attività è poi proseguita con la valutazione della piattaforma di SMART AGRI al fine di evidenziare le potenzialità come supporto ai servizi AMAP nell'ambito della fertilizzazione azotata dei cereali.

Nello specifico sono state valutate le singole sezioni della piattaforma attraverso l'implementazione nel modello di dati di campo dapprima simulati e successivamente riferiti ad aziende cerealicole raccolti sul territorio, ciò ha consentito di evidenziarne le funzionalità quale strumento di analisi delle caratteristiche delle singole superfici aziendali nonché di intravedere possibili sviluppi per un supporto più completo alle decisioni aziendali inerenti la fertilizzazione azotata dei cereali. La piattaforma, sebbene ancora nella fase di prototipo, rappresenta un buon punto di partenza per ulteriori sviluppi permettendo agli utenti di consultare i dati e generare bollettini e relative elaborazioni statistiche dei dati ambientali ed epidemiologici misurati dai dispositivi presenti in campo in grado di supportare la gestione degli input azotati dei cereali.

Il Centro Agrochimico Regionale A.M.A.P. di Jesi svolge, a sostegno dei comparti agricolo, agroalimentare, zootecnico ed agroambientale della Regione Marche, rivolgendosi principalmente alle Istituzioni Pubbliche quali Regione Marche, Enti Locali, Università, Organi Istituzionali di Controllo, alle organizzazioni professionali di categoria, alle cooperative, alle associazioni e consorzi di produttori e alle aziende agricole, varie attività di servizio, alcune delle quali nell'ambito di funzioni assegnate tramite leggi regionali (L.R. n° 37/99, riguardanti l'attività dei servizi di miglioramento genetico e funzionale degli allevamenti da latte; L.R. 33/2012 “Disposizioni regionali in materia di Apicoltura”, aggiornata dalla L.R. 2 del 10/02/2023) e grazie a riconoscimenti legati all'accREDITAMENTO ACCREDIA.

Le attività di cui si occupa in generale comprendono:

Ricerca e Sperimentazione

## Divulgazione

### Controlli analitici

- Analisi chimico-fisiche (di miele e prodotti dell'alveare; di terreni; di acque; di cereali e derivati; di oli vegetali e grassi; di latte e derivati; di prodotti alimentari ad uso umano e zootecnico; di oli essenziali estratti da piante officinali.
- Analisi microbiologiche su acqua, alimenti e superfici;
- Analisi palinologiche su prodotti dell'alveare;
- Ricerca di contaminanti (agrofarmaci, micotossine, metalli pesanti, ecc.) su matrici alimentari ed ambientali;
- Analisi sensoriale

Il laboratorio effettua dette analisi ai fini:

- dell'autocontrollo su richiesta del cliente e secondo specifico dispositivo
- della determinazione di parametri merceologici e caratterizzazione delle produzioni tipiche (su differenti matrici come miele, olio di oliva, formaggi, vino, pane, salumi, ecc...)
- di monitoraggi o studi sperimentali

In particolare, il Centro Agrochimico Regionale di Jesi nell'ambito del progetto ha svolto analisi del terreno, attività questa che costituisce un supporto indispensabile alla conoscenza delle caratteristiche intrinseche dei suoli, quindi alla loro classificazione ed alla individuazione della vocazionalità colturale.



In genere, le informazioni che ne scaturiscono sono necessarie all'elaborazione di una corretta pianificazione colturale, di un piano di fertilizzazione dei suoli e di un piano di utilizzazione agronomica (PUA).

Tutto ciò consente di orientare meglio le lavorazioni e le diverse pratiche agronomiche, le irrigazioni, le scelte delle varietà e dei portainnesti, le eventuali carenze o eccessi nutrizionali, ecc...

Le analisi possono essere:



- Analisi di base: i parametri necessari e sufficienti ad identificare le caratteristiche fondamentali del suolo e la sua dotazione in elementi nutritivi sono: Scheletro; Tessitura (Sabbia, Limo, Argilla); Sostanza organica; Reazione del suolo (pH); Calcare totale e calcare attivo; Conduttività elettrica; Azoto totale; Fosforo assimilabile; Capacità di Scambio Cationico (CSC); Basi di scambio (Potassio scambiabile, Calcio scambiabile, Magnesio scambiabile, Sodio scambiabile); C/N; Mg/K; S.A.R.; E.S.P.;
- Analisi complementare: è possibile determinare anche altri parametri quali: Microelementi assimilabili (Ferro, Manganese, Zinco, Rame); Boro solubile; Massa volumica apparente; Massa volumica reale; Ritenzione idrica a 33kPa (Capacità idrica di campo); Ritenzione idrica a 1500 kPa (Punto d'appassimento),

utili in caso di situazioni pedologiche anomale, correzioni del terreno, esigenze nutritive particolari della coltura, fitopatie, stima dei più corretti volumi d'irrigazione;

- Analisi di sostanze contaminanti: vengono principalmente ricercati i residui di metalli pesanti (Cadmio, Cromo, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Mercurio) e di agrofarmaci;
- Analisi microbiologiche: vengono effettuate analisi per la Conta di Escherichia coli, la Conta di Coliformi fecali, la Ricerca di Salmonella spp., necessarie per i piani di utilizzazione agronomica (PUA) del digestato;



Altre analisi: il laboratorio è in grado anche di effettuare analisi più mirate necessarie sia nel settore agricolo che in quello della sperimentazione, come: Azoto ammoniacale; Azoto nitrico e nitroso; Carbonio di acidi umici e acidi fulvici; Carbonio Organico Estraibile (T.E.C.); Carbonio Organico Totale (T.O.C.); Cadmio assimilabile; Cromo assimilabile; Nichel assimilabile; Piombo assimilabile. Il laboratorio fa parte della rete SILPA (Società Italiana Laboratori Pedologici e Agrochimici).

Per il progetto di cooperazione per l'innovazione "S.A.T. SMART AGRICULTURE TEAM" il laboratorio ha analizzato 36 campioni di terreno suddivisi in 3 serie, ciascuna costituita da 6 coppie di campioni: la prima comprendente campioni prelevati nell'azienda Guzzini ubicata a Recanati, le altre 2 nell'azienda Sperimentale dell'Università di Agraria ad Agugliano.

Campione	pH in H2O	Calcare totale	Calcare attivo	Carbonio organico	C/N	Sostanza organica	Azoto totale	Fosforo assimilabile	Potassio scambiabile	CSC	Capacità idrica di campo	Punto di appassimento
	unità pH	g/kg	g/kg	g/kg		g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	meq/100g	%	%
A1 0-20 cm-GUZ	8,05	257	154	9,9	7,9	17	1,25	12,7	215	29,4	31,62	19,3
A2 21-40 cm-GUZ	8,09	250	155	9,6	8,0	16,6	1,2	11,5	181	29,3	28,57	19,6
B1 0-20 cm-GUZ	8,13	203	125	8,1	8,1	14	1	6,4	166	32	27,92	18,44
B2 21-40 cm-GUZ	8,12	195	119	8,7	7,9	15	1,1	8,4	182	30,2	29,92	16,81
C1 0-20 cm-GUZ	8,13	335	169	8,9	8,1	15,3	1,1	17,2	286	27,7	30,91	18,95
C2 21-40 cm-GUZ	8,14	320	170	9,3	8,1	16	1,15	15,7	253	25,3	28,23	16,41
D1 0-20 cm-GUZ	8,12	304	159	7,5	7,2	13	1,05	9	172	26,7	27,89	18,16
D2 21-40 cm-GUZ	8,14	327	160	7,1	6,8	12,3	1,05	8,6	171	25,5	27,71	16,46
E1 0-20 cm-GUZ	8,16	342	170	7,9	7,9	13,6	1	12	133	26,8	30,2	21,63
E2 21-40 cm-GUZ	8,18	338	174	7,3	7,7	12,6	0,95	10,3	105	26,8	25,42	13,42
F1 0-20 cm-GUZ	8,15	299	155	8,5	8,5	14,6	1	5,6	160	28	26,08	12,77
F2 21-40 cm-GUZ	8,14	311	158	8,1	8,6	14	0,95	6,4	153	28	27,53	2,87

<b>MEDIA</b>	<b>8,13</b>	<b>290,08</b>	<b>155,67</b>	<b>8,41</b>	<b>7,90</b>	<b>14,50</b>	<b>1,07</b>	<b>10,32</b>	<b>181,42</b>	<b>27,98</b>	<b>28,50</b>	<b>16,24</b>
<b>MIN</b>	8,05	195,00	119,00	7,10	6,80	12,30	0,95	5,60	105,00	25,30	25,42	2,87
<b>MAX</b>	8,18	342,00	174,00	9,90	8,60	17,00	1,25	17,20	286,00	32,00	31,62	21,63

Per il campione di terreno A1 0-20 cm-GUZZINI è stata effettuata anche la tessitura a 3 frazioni ottenendo un profilo tendenzialmente argilloso con valori di sabbia 142 g/kg, limo 462 g/kg e argilla 396 g/kg.

Campione	pH in H2O	Calcare totale	Calcare attivo	Carbonio organico	C/N	Sostanza organica	Azoto totale	Fosforo assimilabile	Potassio scambiabile	CSC	Capacità idrica di campo	Punto di appassimento
	unità pH	g/kg	g/kg	g/kg		g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	meq/100g	%	%
BLOCCO 1-M0-PART.19-CAMP.M	8,02	307	149	7,7	7,4	13,3	1,05	14,9	396	21,1	30,95	15,48
BLOCCO 1-M180-PART.21-CAMP.M	7,99	307	149	9,6	7,4	16,6	1,3	1,1	393	22,4	30,54	17,51
BLOCCO 1-S0-PART.23-CAMP.M	8	311	151	9,5	7,6	16,3	1,25	9,5	383	26,1	31,12	15,52
BLOCCO 1-S180-PART.24-CAMP.M	7,86	319	155	10,2	7,3	17,6	1,4	2,6	408	26,3	29,51	16,88
BLOCCO 1-T0-PART.26-CAMP.M	8,06	342	153	7	7,7	12	0,9	5,7	275	25,4	28,44	14,22
BLOCCO 1-T180-PART.25-CAMP.M	8,04	334	153	7,9	7,9	13,6	1	9,8	339	25,5	33,72	16,12
BLOCCO 1-M0-PART.19-CAMP.V	8,08	291	150	10	8,7	17,3	1,15	15,7	337	26,3	29,27	18,94
BLOCCO 1-M180-PART.21-CAMP.V	8,1	292	148	11	8,1	18,9	1,35	9,6	362	28,6	33,36	17,22
BLOCCO 1-S0-	8,06	292	150	10,8	8,6	18,6	1,25	6,5	298	27,5	27,88	15,63

PART.23- CAMP.V													
BLOCCO 1-S180- PART.24- CAMP.V	8,06	300	153	12,7	9,1	21,9	1,4	12,8	367	27,2	29,89	16,06	
BLOCCO 1-T0- PART.26- CAMP.V	8,14	320	151	7,7	7,7	13,3	1	5,6	314	27,4	29,38	16,82	
BLOCCO 1-T180- PART.25- CAMP.V	8,1	320	153	8,5	8,5	14,6	1	6,6	311	27,5	30,25	16,67	

<b>MEDIA</b>	<b>8,04</b>	<b>311,25</b>	<b>151,25</b>	<b>9,38</b>	<b>8,00</b>	<b>16,17</b>	<b>1,17</b>	<b>8,37</b>	<b>348,58</b>	<b>25,94</b>	<b>30,36</b>	<b>16,42</b>
<b>MIN</b>	7,86	291,00	148,00	7,00	7,30	12,00	0,90	1,10	275,00	21,10	27,88	14,22
<b>MAX</b>	8,14	342,00	155,00	12,70	9,10	21,90	1,40	15,70	408,00	28,60	33,72	18,94

Campione	pH in H2O	Calcare totale	Calcare attivo	Carbonio organico	C/N	Sostanza organica	Azoto totale	Fosforo assimilabile	Potassio scambiabile	CSC	Capacità idrica di campo	Punto di appassimento
	unità pH	g/kg	g/kg	g/kg		g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	meq/100g	%	%
BLOCCO 2-M0- PART.36- CAMP.M	8,1	304	151	8,9	8,4	15,3	1,06	12,7	299	27,4	27,91	15,47
BLOCCO 2-M180- PART.34- CAMP.M	8,06	308	151	8,9	7,7	15,3	1,15	11,1	318	25,8	29,68	15,97
BLOCCO 2-S0- PART.28- CAMP.M	8,11	300	148	9	8,2	15,6	1,1	3,1	254	29,9	28,09	15,02
BLOCCO 2-S180- PART.29- CAMP.M	8,06	304	150	10,6	7,6	18,3	1,4	9,8	291	28,6	30,27	20,5

Campione	pH in H2O	Calcare totale	Calcare attivo	Carbonio organico	C/N	Sostanza organica	Azoto totale	Fosforo assimilabile	Potassio scambiabile	CSC	Capacità idrica di campo	Punto di appassimento
	unità pH	g/kg	g/kg	g/kg		g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	meq/100g	%	%
BLOCCO 2-T0-PART.33-CAMP.M	8,1	312	148	6,7	7,5	11,6	0,9	6	274	24,7	23,58	19,21
BLOCCO 2-T180-PART.32-CAMP.M	8,09	296	146	7,5	8,0	13	0,95	9,3	260	26,1	27,31	19,7
BLOCCO 2-M0-PART.36-CAMP.V	8,06	292	146	9,6	8,8	16,6	1,1	13,3	307	27,3	31,4	18,09
BLOCCO 2-M180-PART.34-CAMP.V	8,05	294	149	10,2	8,5	17,6	1,2	11,4	354	27	30,15	20,82
BLOCCO 2-S0-PART.28-CAMP.V	8,08	294	149	8,3	7,6	14,3	1,1	13,6	328	27,1	29,09	20,05
BLOCCO 2-S180-PART.29-CAMP.V	8,06	322	151	10,4	8,3	17,9	1,25	6,4	287	28,5	30,97	18,27
BLOCCO 2-T0-PART.33-CAMP.V	8,2	294	145	8,3	7,9	14,3	1,05	5,9	303	27,4	29,49	21,06
BLOCCO 2-T180-PART.32-CAMP.V	8,13	294	145	7,9	7,9	13,6	1	5,1	299	28,6	28	20,2

<b>MEDIA</b>	<b>8,09</b>	<b>301,17</b>	<b>148,25</b>	<b>8,86</b>	<b>8,03</b>	<b>15,28</b>	<b>1,11</b>	<b>8,98</b>	<b>297,83</b>	<b>27,37</b>	<b>28,83</b>	<b>18,70</b>
<b>MIN</b>	8,05	292,00	145,00	6,70	7,50	11,60	0,90	3,10	254,00	24,70	23,58	15,02
<b>MAX</b>	8,20	322,00	151,00	10,60	8,80	18,30	1,40	13,60	354,00	29,90	31,40	21,06

Di seguito sono riportati i metodi applicati

<b>PARAMETRO</b>	<b>UM</b>	<b>METODO</b>
<b>pH in H<sub>2</sub>O</b>	unità pH	D.M. 13/09/99 GU SO n. 248 del 21/10/1999 - III.1
<b>Calcare totale</b>	g/kg	D.M. 13/09/99 GU SO n. 248 del 21/10/1999 - V.1
<b>Calcare attivo</b>	g/kg	D.M. 13/09/99 GU SO n. 248 del 21/10/1999 - V.2
<b>Carbonio organico</b>	g/kg	D.M. 13/09/99 GU SO n. 248 del 21/10/1999 - VII.3
<b>C/N</b>	-	per calcolo
<b>Sostanza organica</b>	g/kg	D.M. 13/09/99 GU SO n. 248 del 21/10/1999 - VII.3, VII.3.6
<b>Azoto totale</b>	g/kg	D.M. 13/09/99 GU SO n. 248 del 21/10/1999 - XIV.2 + XIV.3 mod. D.M. 25/03/2002 GU n. 84 del 10/04/2002
<b>Fosforo assimilabile</b>	mg/k g	D.M. 13/09/99 GU SO n. 248 del 21/10/1999 - XV.3
<b>Potassio scambiabile</b>	mg/k g	D.M. 13/09/99 GU SO n. 248 del 21/10/1999 - XIII.2, XIII.2.6
<b>Capacità di scambio cationico</b>	meq/ 100g	D.M. 13/09/99 GU SO n. 248 del 21/10/1999 - XIII.2
<b>Capacità idrica di campo</b>	%	D.M. 01/08/97 SO n. 173 GU n. 204 del 02/09/97 - 3
<b>Punto di appassimento</b>	%	D.M. 01/08/97 SO n. 173 GU n. 204 del 02/09/97 - 3
<b>Tessitura a 3 frazioni</b>	g/kg	D.M. 13/09/99 GU SO n. 248 del 21/10/1999 - II.5

## Filippetti S.P.A. e Pegaso Management S.r.l.

Nell'ambito del progetto hanno avuto il compito di sviluppare una piattaforma per il monitoraggio dello stato vegetativo del grano duro. L'agricoltura di precisione è un approccio innovativo che può supportare l'agricoltore ad ottimizzare la gestione delle pratiche agricole utilizzando la tecnologia e i dati. Questa modalità di gestione si basa su tre principi chiave:

1. Raccolta dei dati,
2. Analisi dei dati
3. Supporto alle decisioni.

Infatti, attraverso l'installazione della sensoristica in campo è possibile raccogliere informazioni la temperatura, l'umidità del terreno, vigore vegetativo e altri fattori che influenzano la crescita delle colture. Tutti i dati vengono registrati e inviati alla Piattaforma SAT che li elabora. Attraverso l'elaborazione dei dati, la piattaforma restituisce i dati raccolto attraverso mappe e grafici che mostrano la variabilità nel campo, evidenziando le aree che potrebbero richiedere un intervento specifico. Ad esempio, la piattaforma potrebbe segnalare aree che sono più o meno fertili delle altre e che necessitano di una diversa gestione.

Infine, le informazioni fornite dalla piattaforma possono supportare l'agricoltore nella gestione del campo. Ad esempio, è possibile determinare la quantità esatta di acqua o fertilizzante necessaria per ogni area specifica del campo anziché applicarne una quantità uniforme su tutto il terreno. Questo supporto fornito dalla piattaforma aiuta ad ottimizzare l'uso delle risorse e a massimizzare la produttività della coltura.

In dettaglio la soluzione implementata nell'ambito del progetto costituita da una parte hardware, ovvero fisica, costituita dall'insieme della sensoristica installata in campo, e da una parte

software, ovvero virtuale, costituita dalla piattaforma che raccoglie tutti i dati provenienti dai sensori, e restituisce le informazioni all'agricoltore.



**Figura 4: Struttura della SmartAgriPlatform**

La piattaforma ha la capacità di raccogliere, memorizzare e trattare i dati/misure attraverso la gestione di una rete di sensori in grado di misurare la realtà nelle sue molteplici grandezze che ne

definiscono il comportamento e garantire un sistema robusto, semplice ed efficace di convogliare questi dati verso un centro di elaborazione.

La Smart AgriPlatform è implementata dai dati che vengono raccolti dal prototipo installato in campo. Ciascun prototipo è costituito da un sistema integrato di trasmissione dati meteo e suolo, dotato di una centralina meteo Davis, ciascuna dotata di consolle/ricevitore Vantage Pro2 senza fili (Foto 8); e da diversi sensori di umidità del suolo (Foto 9) costituiti da Trasmettitori wireless Davis DW-6345CSOV, ciascuno dotato di sensori di foglia elettronica (n.1) temperatura suolo (n.4) umidità suolo (n. 4) e da una sonda multilivello Sentek 120 a trasmissione dati indipendente.



**Foto 8. Centralina meteo evoluta**

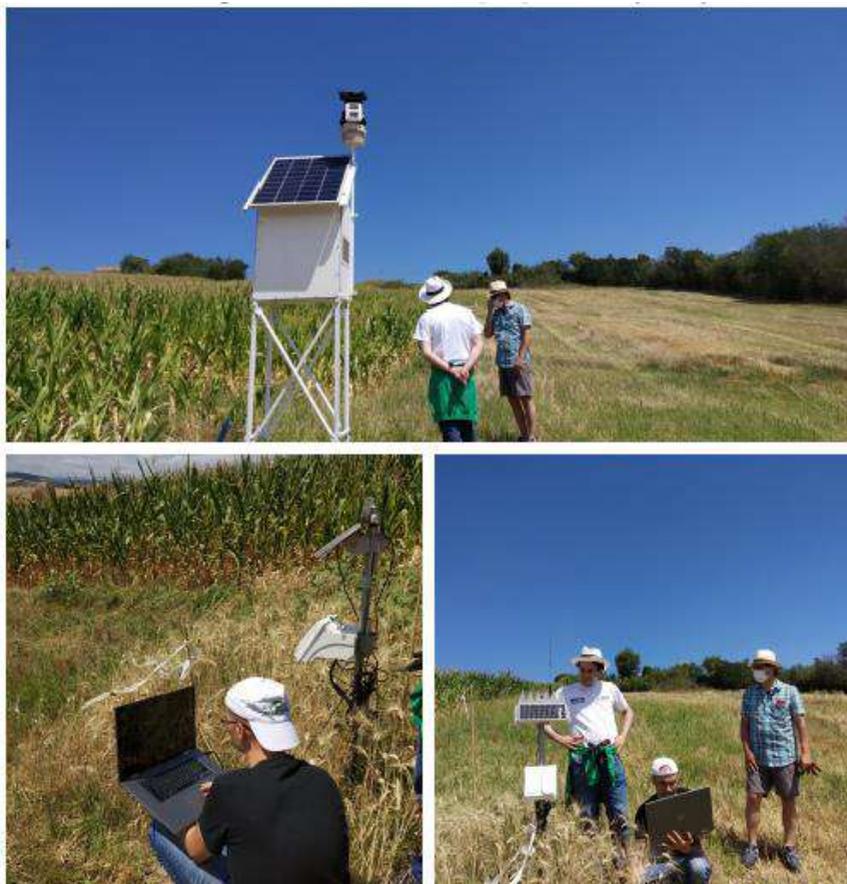


**Foto 9. Sensoristica per la rilevazione dei dati umidità**

Il sistema appena descritto costituisce nel suo complesso un Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS), che permette all'agricoltore un utilizzo razionale delle risorse sia in termini di qualità che di quantità, e di migliorare standard qualitativi del prodotto. Il DSS integra l'andamento meteorologico, lo sviluppo fenologico delle colture e algoritmi matematici per fornire all'utente informazioni preziose per la gestione della coltura e le operazioni di fertilizzazione.

Dopo la fase di test in laboratorio, tutta la sensoristica è stata installata nei due siti pilota del progetto:

1. Azienda Agraria Didattico Sperimentale "Pasquale Rosati" dell'Università Politecnica delle Marche, sita nel comune di Agugliano (AN) (Foto 10 e 11)
2. Azienda agricola Guzzini, ubicata nel comune di Recanati (MC). (Foto 12 e 13)



**Foto 10. Sperimentazione presso l'azienda Agraria Didattico Sperimentale "Pasquale Rosati"**



**Foto 11. Sperimentazione presso l'azienda Agraria Didattico Sperimentale "Pasquale Rosati"**



**Foto 12. Sperimentazione presso l'azienda agricola Guzzini**



**Foto 13. Sperimentazione presso l'azienda agricola Guzzini**

Il sistema prototipale installato in campo rileva i dati da diverse fonti:

- dati da sensori a terra (meteo, suolo, bagnatura)
- dati da drone (rilievi multispettrali e indici derivati)
- dati da satellite (immagini e indici derivati)
- dati da sensori sulla pianta (fisiologia e flusso linfatico)

Di seguito i dati vengono convogliati all'interno della Piattaforma SAT, che rileva e rappresenta la variabilità spaziale del campo ed elabora delle indicazioni precise sulla concimazione in campo, rappresentando inoltre degli indici dinamici di stato della vegetazione e del suolo.

Una volta effettuato l'accesso all'interno della piattaforma, è possibile visualizzare i dati, e leggere le informazioni raccolte attraverso una interfaccia grafica semplificata.

Lo scopo della Piattaforma SAT è quello di mettere a disposizione degli utenti (imprenditori agricoli, contoterzisti, agronomi, tecnici) attraverso un'opportuna gestione informatica delle informazioni disponibili, una serie di servizi volti a:

- unificare e centralizzare le informazioni dell'azienda agricola in unica piattaforma;
- supportare le attività di campo
- garantire un monitoraggio e un sistema di supporto alle decisioni per la coltura del grano duro

Relativamente alla concimazione, la piattaforma SAT è in grado di definire delle sottozone omogenee con produttività bassa (o alta) e zone con produttività molto variabile da un anno all'altro. Di conseguenza la piattaforma è un grado di quantificare la dose da distribuire in maniera puntuale o nelle sottozone uniformi.

Per il calcolo del bilancio previsionale dell'azoto, è stato utilizzato il metodo del bilancio previsionale delle entrate e delle uscite delle diverse forme di azoto, quali le asportazioni della coltura, la mineralizzazione della sostanza organica del suolo e l'apporto di azoto dei residui colturali della stagione precedente.

Una volta stabilita la dose, che potrà essere ad esempio più alta nelle zone ad elevata produttività e minore laddove ci siano limitazioni conosciute all'utilizzo dell'azoto da parte della coltura, questa si potrà aggiustare sulla base delle osservazioni sullo stato nutrizionale della coltura nella stagione in corso. Nel dettaglio, la formula utilizzata per il calcolo del bilancio previsionale dell'azoto è la seguente:

$$Q_n = F_n - (N_p + N_m + N_{co}) + N_l + N_{cp}$$

L'utente finale ottiene, alla fine del procedimento, una mappa sia in formato Raster che vettoriale della prescrizione di bilancio azotato suggerito per una determinata area (Foto 14)

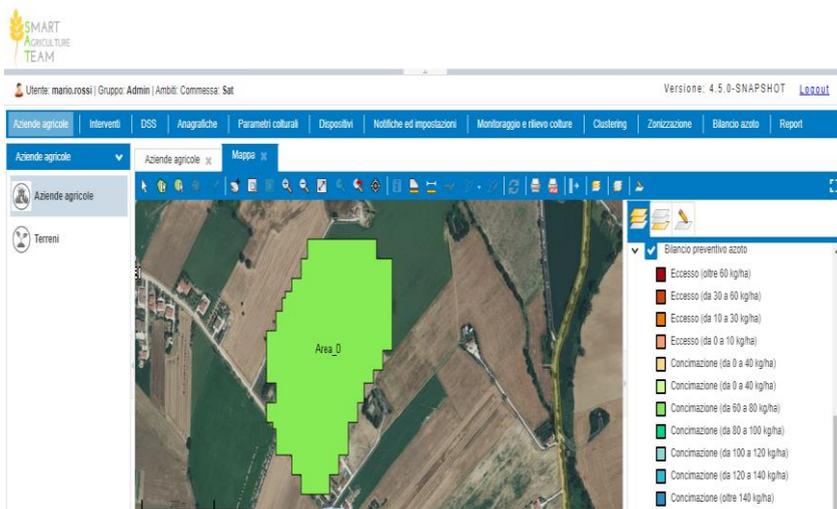


Foto 14. Mappa di bilancio dell'azoto

## **Realizzazione testi a cura dei partner di progetto:**

- Consorzio Agrario Adriatico
- Università Politecnica delle Marche (UNIVPM)-  
Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali(D3A) – Sezione Agronomia e Sistemi colturali erbacei (Roberto Orsini e Marco Fiorentini)
- Università Politecnica delle Marche (UNIVPM),  
Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali (D3A) –Sezione di Economia e Politica agraria (Adele Finco, Deborah Bentivoglio, Matteo Belletti)
- Agenzia per l’Innovazione nel Settore Agroalimentare e della Pesca (AMAP, ex ASSAM)
- Impresa Verde Marche srl
- Filippetti S.P.A. e Pegaso Management S.r.l.