

AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2015 DEL TIPO DI OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"

FOCUS AREA 2A, 4B, 4C, 5A E 5E DGR N. 2268 DEL 28 DICEMBRE 2015

RELAZIONE TECNICA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO n. 5005238

DOMANDA DI PAGAMENTO n. 5111849

FOCUS AREA: 5A

Titolo Piano	Sensori e IRRINET: integrazione delle informazioni provenienti da reti di stazioni meteorologiche e sensori privati con il modello di bilancio idrico IRRINET.
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Consorzio di bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo
Elenco partner del Gruppo Operativo	Consorzio di bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo - capofila ALMA MATER STUDIORUM – Università di Bologna - partner effettivo C.R.P.V. – Centro Ricerche Produzioni Vegetali – Soc. Coop. – partner effettivo Apofruit Italia soc. coop. agricola – partner effettivo Società agricola Sandri Maurizio e Paolo s.s. – partner associato C.I.O. – Consorzio interregionale ortofrutticoli soc. coop. a r.l. – partner associato

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	31
Data inizio attività	01/09/2016
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	31/03/2019

Relazione relativa al periodo di attività dal	01/09/2016	Al 31/03/2019
Data rilascio relazione	27/05/2019	

Autore della relazione	Stefano Anconelli		
telefono	3357561660	email	anconelli@consorzioer.it

1. Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Negli ultimi anni le aziende agricole e le organizzazioni di produttori (OP) hanno manifestato il sempre crescente interesse verso l'utilizzazione di strumentazione tecnologica a servizio dell'agricoltura per il monitoraggio del sistema coltura-suolo-clima. In tale contesto il problema principale è rappresentato dalla carenza di integrazione e fruibilità nel processo di acquisizione ed elaborazione dei dati ambientali (suolo-coltura-clima) e dalla conseguente mancanza di un reale beneficio per l'agricoltore relativamente al risparmio idrico in agricoltura. A partire dal settembre 2016 il piano in oggetto è stato attivato in collaborazione con i partner al fine di analizzare e realizzare l'integrazione dei sensori suolo-coltura-clima con il sistema di gestione delle irrigazioni regionale IRRINET. Quindi nella prima azione (3.1) del piano sono stati studiati i dati storici disponibili al fine di sviluppare le logiche di assimilazione delle misure rilevate nelle aziende agricole (meteo, umidità del suolo, accrescimento frutti) nel sistema IRRINET e, successivamente, è stata avviata la azione due (3.2) nella quale tali logiche sono state rese funzionante nella versione beta del sistema. Nella azione tre (3.3) si è iniziata la fase di test in campo integrando i dati provenienti dalle aziende agricole e validandoli con rilievi.

1.1. Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività reale	Mese termine attività previsto	Mese termine attività reale
Azione 1	CER – UNIBO DIPSA – APOFRUIT - CRPV	Esercizio cooperazione	1	1	31	31
Azione 3.1	CER – UNIBO DIPSA	Valutazione preliminare della qualità dei dati monitorati e dei metodi di assimilazione degli stessi in IRRINET - investimento funzionale	1	1	10	10
Azione 3.2	CER	Sviluppo delle logiche per l'integrazione in IRRINET dei dati ottenuti dai sensori presenti nelle aziende agricole - investimento funzionale	8	8	20	20
Azione 3.3	CER – UNIBO DIPSA - APOFRUIT	Applicazione e verifica a scala aziendale del sistema di integrazione automatica dei dati sito-specifici (clima-suolo-coltura) in IRRINET - prove in campo	11	11	31	31
Azione 4	CER – UNIBO DIPSA - CRPV	Piano divulgazione	1	1	31	31

2. Descrizione per singola azione

2.1. AZIONE 1

2.1.1. Attività e risultati Azione 1

Azione 1	Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	<p>Il CER, nel suo ruolo di capo mandatario ha mantenuto la funzione di coordinamento generale e di responsabilità tecnico-scientifica delle attività, demandando, in accordo con gli altri Partner, al CRPV il ruolo organizzativo per garantire il funzionamento tecnico ed amministrativo del Gruppo Operativo (GO).</p> <p>Al CRPV è stato affidato quindi il compito di pianificare le attività previste nel Piano, mettendo in atto tutte le iniziative necessarie alla realizzazione e al conseguimento dei risultati previsti. Per questo si è avvalso di proprio personale tecnico, amministrativo e di segreteria qualificato e dotato di esperienza pluriennale nel coordinamento tecnico-organizzativo di progetti di ricerca, sperimentazione e divulgazione a vari livelli, nonché nella gestione di comitati tecnici e gruppi di lavoro riguardanti i principali comparti produttivi.</p> <p><u>Attivazione del Gruppo Operativo</u></p> <p>La fase di attivazione del GO ha riguardato sia gli aspetti formali e amministrativi, sia il consolidamento degli obiettivi con l'intero gruppo di referenti coinvolti a vario titolo nel Piano.</p> <p>In merito agli aspetti formali, con particolare riferimento alle attività del Piano e ai relativi costi ammessi, il CRPV, unitamente al Responsabile Tecnico Scientifico (RTS) Stefano Anconelli e ai Responsabili dei partner del GO, ha verificato la congruenza dei budget approvati rispetto alle attività da svolgere. Con questo passaggio si è autorizzata l'attivazione del GO, comunicata a tutti i partner tramite e-mail. Inoltre, in questa fase si è proceduto alla costituzione formale del raggruppamento (ATS).</p> <p><u>Costituzione del Comitato di Piano</u></p> <p>In occasione della riunione di attivazione del 03-11-2016 si è proceduto all'attivazione formale del progetto, nella quale il RTS Roberto Genovesi ha riproposto i contenuti e gli obiettivi del Piano, al fine di avere la più ampia condivisione possibile delle informazioni e impostare le modalità di realizzazione delle azioni d'innovazione. Nella medesima riunione si è anche proceduto alla costituzione del Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento del GO, che è così composto:</p> <ul style="list-style-type: none">- Responsabile Tecnico-Scientifico (RTS), nella persona di Stefano Anconelli (CER);- Responsabile Organizzativo del Piano (RO), nella persona di Renato Canestrone (CRPV);

- Rappresentante dell'Università di Bologna: Luca Corelli Grappadelli;
- Rappresentante di APOFRUIT: Claudio Lucchi;
- Rappresentante dell'Azienda Agricola Sandri: Maurizio Sandri;
- Rappresentante di CIO: Alessandro Piva;

Gestione del Gruppo Operativo

Dalla data di attivazione del GO il Responsabile Organizzativo di Piano ha svolto una serie di attività funzionali a garantire la corretta applicazione di quanto contenuto nel Piano stesso, e in particolare:

- Il monitoraggio dello stato d'avanzamento dei lavori;
- La valutazione dei risultati in corso d'opera;
- L'analisi degli scostamenti, comparando i risultati intermedi raggiunti con quelli attesi;
- La definizione delle azioni correttive.

Il Responsabile Organizzativo di Piano (RO), in stretta collaborazione con il Responsabile Tecnico-Scientifico (RTS), si è occupato di pianificare una strategia di controllo circa il buon andamento delle attività del Piano, attraverso un sistema basato sull'individuazione delle fasi decisive, cioè momenti di verifica finalizzate al controllo del corretto stato di avanzamento lavori. Allo stesso modo, l'RO e l'RTS si sono occupati di valutare i risultati/prodotti intermedi e finali ottenuti in ciascuna fase e in tutto il Piano. In particolare, CRPV ha curato per la sua parte la relazione delle attività relative all'esercizio della cooperazione che sono state presentate alla Regione Emilia-Romagna nel corso del controllo amministrativo cui ha partecipato il RO del 24/04/2018, effettuato a seguito della Relazione Intermedia di Progetto. Il RO ha tenuto regolari rapporti con il Responsabile Scientifico per monitorare lo stato di avanzamento (18/07/2017, 27/03/2018, 22/03/2019). Tutto ciò agendo in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali del CRPV (v. Autocontrollo e Qualità).

Verifica dei materiali, strumenti e attrezzature impiegate in campo e in laboratorio

A campione, il RO ha verificato la congruenza tra le caratteristiche dei materiali e prodotti impiegati dai partner, rispetto a quanto riportato nel Piano. A tal fine il RO ha eseguito alcune verifiche ispettive presso i partner, in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali del Sistema Gestione Qualità del CRPV.

Preparazione dei documenti per le domande di pagamento

In occasione della prima domanda di pagamento (stralcio), l'RO e l'RTS, insieme a tutti i partner coinvolti, hanno completato l'analisi dei risultati intermedi ottenuti, nonché l'analisi della loro conformità a quanto previsto dal Piano. In particolare, è stata verificata la completezza della documentazione relativa alle spese affrontate dai singoli soggetti operativi e raccolta la

documentazione per la redazione del rendiconto tecnico ed economico. Analoga attività è stata svolta per la preparazione dei documenti relativi alla domanda di pagamento a saldo.

Altre attività connesse alla gestione del GO

Oltre alle attività descritte in precedenza, il CRPV ha svolto una serie di altre attività di supporto al mandatario CER dell'ATS, come le attività di interrelazione con la Regione Emilia-Romagna, l'assistenza tecnico-amministrativa agli altri partner, le richieste di chiarimento e la redazione e l'inoltro di eventuali richieste di proroga e/o varianti.

Il CRPV si è inoltre occupato dell'aggiornamento della Rete PEI-AGRI in riferimento al Piano, come richiesto dalla Regione, al fine di stimolare l'innovazione, tramite l'apposita modulistica presente sul sito.

Il progetto è stato inoltre presentato al Convegno "AGRI INNOVATION SUMMIT", organizzato dalla Rete PEI-AGRI in data 11-12 Ottobre 2017 a Lisbona, Portogallo.

Autocontrollo e Qualità

Attraverso le Procedure Gestionali e le Istruzioni operative approntate nell'ambito del proprio Sistema Gestione Qualità, il CRPV ha lavorato al fine di garantire efficienza ed efficacia all'azione di esercizio della cooperazione, come segue:

- Requisiti, specificati nei protocolli tecnici, rispettati nei tempi e nelle modalità definite;
- Rispettati gli standard di riferimento individuati per il Piano;
- Garantita la soddisfazione del cliente tramite confronti diretti e comunicazioni scritte;
- Rispettate modalità e tempi di verifica in corso d'opera definiti per il Piano;
- Individuati i fornitori ritenuti più consoni per il perseguimento degli obiettivi.

La definizione delle procedure, attraverso le quali il RP ha effettuato il coordinamento e applicato le politiche di controllo di qualità, sono la logica conseguenza della struttura organizzativa del CRPV. In particolare, sono state espletate le attività di seguito riassunte.

Attività di coordinamento

Le procedure attraverso le quali si è concretizzato il coordinamento del GO si sono sviluppate attraverso riunioni e colloqui periodici con il Responsabile Tecnico Scientifico e con quelli delle Unità Operative coinvolte.

Attività di controllo

La verifica periodica dell'attuazione progettuale si è realizzata secondo cadenze temporali come erano state individuate nella

	<p>scheda progetto. Più in particolare è stata esercitata sia sul funzionamento operativo che sulla qualità dei risultati raggiunti; in particolare è stata condotta nell'ambito dei momenti sotto descritti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verifiche dell'applicazione dei protocolli operativi in relazione a quanto riportato nella scheda progetto; - Visite ai campi sperimentali e ai laboratori coinvolti nella conduzione delle specifiche attività. <p><i>Riscontro di non conformità e/o gestione di modifiche e varianti</i> Non si sono verificate situazioni difformi a quanto previsto dalla scheda progetto.</p> <p>Tutte le attività svolte come previsto nella procedura specifica di processo sono registrate e archiviate nel fascicolo di progetto e certificate attraverso visite ispettive svolte dal Responsabile Gestione Qualità del CRPV.</p> <p>Il Sistema Qualità CRPV, ovvero l'insieme di procedure, di misurazione e registrazione, di analisi e miglioramento e di gestione delle risorse, è monitorato mediante visite ispettive interne e verificato ogni 12 mesi da Ente Certificatore accreditato (DNV-GL).</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti.</p> <p>Nessuno scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare.</p> <p>Nessuna criticità è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>
Attività ancora da realizzare	Nessuna

2.1.2. Personale Azione 1

PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Anconelli Stefano	Ricercatore Quadro preposto	Know how risparmio idrico in agricoltura	34	1.331,72
Genovesi Roberto	Ricercatore Quadro preposto	Know how servizi di assistenza tecnica per l'irrigazione	20,25	802,85
			Totale	2.134,57

PERSONALE UNIBO DIPSA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Corelli Grappadelli Luca	PO	Know How applicazione strategie innovative per il risparmio idrico e trasferimento tecnologico	23	1.498,28
			Totale	1.498,28

PERSONALE APOFRUIT

Nessuna spesa del personale sostenuta

Personale CRPV

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Guidi Claudia	Segreteria	Segreteria	24	598,80
Vincenzi Roberto	Amministrativo	Supporto	12	446,52
Serra Sabrina	Amministrativo	Supporto	49	1.090,61
Barchi Gian Luca	Tecnico	Coordinamento	12	221,76
Canestrone Renato	Tecnico	Coordinamento	38	1.058,22
Donati Paolo	Tecnico	Coordinamento	24	700,08
			Totale	4.115,99

2.1.3. Trasferte

Nessuna spesa di trasferta sostenuta per il CRPV

2.2. AZIONE 3

2.2.1. Attività e risultati Azione 3

Azione 3.1.	Valutazione preliminare della qualità dei dati monitorati e dei metodi di assimilazione degli stessi in IRRINET
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	In questa fase l'analisi dei dati storici disponibili e lo studio delle metodiche di assimilazione si è articolata in tre punti: 1) Dati Meteo (Cer in collaborazione con AGROMET Srl). A) I partner del progetto hanno reso disponibili le serie storiche dei dati meteo provenienti dalle stazioni meteo private (stazioni Pessl e Winet). Tali dati sono stati analizzati e confrontati con i dati provenienti dalle stazioni meteo del reticolo ARPAE al fine di valutarne la qualità degli stessi. La metodica è stata sviluppata ed applicata alle stazioni meteo Metos della Pessl Instruments. B) È stato realizzato un manuale per la corretta implementazione delle stazioni meteo che consideri gli standard richiesti dal WMO che riportiamo in allegato in pdf. C) È stato sviluppato l'algoritmo per la validazione dei dati meteo al fine di controllare nel processo di acquisizione la qualità del dato fornito dalla stazione privata. D) Aggiornamento della climatologia regionale utilizzata dal sistema IRRINET: è stato aggiornato il database del "meteo standard" utilizzato da Irrinet sulla base del cambiamento climatico regionale rilevato nel periodo 2001-2016.

	<p>2) Umidità del suolo da sensore: studio dei metodi di assimilazione dei dati in Irrinet. Le serie storiche afferenti alle prove svolte dal CER sono state analizzate al fine di valutare la soglia di accettabilità del dato.</p> <p>3) Accrescimento frutti (CER in collaborazione con Unibo Dipsa e HK Srl): studio delle serie storiche per l'elaborazione della funzione di integrazione dei dati di crescita del frutto all'interno del modello di gestione delle irrigazioni di Irrinet per la coltura del melo. Lo studio delle serie storiche dei dati di accrescimento dei frutti in funzione delle restituzioni irrigue è stato eseguito sia per la coltura di Melo che di Pero. In questo modo è stato possibile sviluppare il modello di calcolo della dose irrigua in funzione del tasso di accrescimento rapportato al diametro alla raccolta stimato rispetto al diametro obiettivo. Il modello è stato convertito in algoritmo all'interno del servizio Irrinet e testato per le annate agrarie 2017-2018 per la coltura di Melo e per l'annata 2018 per la coltura di Pero.</p> <p>Per il dettaglio tecnico delle attività si rimanda all'allegato 1. Relazione tecnica azione 3.1</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'azione 3.1 sono stati tutti conseguiti senza scostamenti rispetto al progetto originario. Non sono emerse evidenti criticità tecnico-scientifiche anche se comunque si sono manifestate le comuni difficoltà nell'adattamento ed utilizzazione delle innovazioni tecniche e tecnologiche dal settore della ricerca al settore produttivo.
Attività ancora da realizzare	Nessuna.

Azione 3.2.	Sviluppo delle logiche e del software per l'integrazione in IRRINET dei dati ottenuti dai sensori
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	<p>L'attività è stata svolta dal CER in collaborazione con Altavia s.r.l. In questa fase le logiche sviluppate nella fase 1 sono state implementate nel sistema Irrinet secondo il seguente schema:</p> <p>1) Dati Meteo. L'acquisizione dei dati meteo è integrata in IRRINET ampliando e modificando la soluzione già presente nel sistema e denominata "pluviometro" aggiungendo le funzionalità di acquisizione dei dati termometrici e, ciò, è disponibile per la singola azienda agricola iscritta in IRRINET. All'interno della procedura di validazione del dato sono state implementate le logiche sviluppate nella fase 1. per i partner del progetto</p> <p>2) Umidità del suolo da sensore. E' stata attivata la procedura per cui i dati di umidità del suolo potranno essere acquisiti in automatico attraverso una specifica chiamata WebAPI JSON. La chiamata può inviare i dati ad IRRINET in particolare saranno</p>

	<p>acquisiti i seguenti valori: A) valore umidità del suolo espressa in percentuale sul volume e B) profondità della misurazione. Le logiche di assimilazione del dato come sviluppate nella fase 1 sono state implementate nel sistema.</p> <p>3) Accrescimento frutti con Calibit di PerFrutto. Il sistema consente di inserire all'interno del bilancio IRRINET obiettivi produttivi connessi con la misurazione dell'accrescimento del frutto, in modo da poter validare il criterio gestionale seguito o in alternativa modificarlo per rispondere ai requisiti prefissati. L'estensione PerFrutto (PF) funziona esternamente al sistema di bilancio idrico e viene essa stessa interrogata dal sistema IRRINET, qualora l'utente decida di utilizzare l'estensione all'interno del servizio. In questo caso IRRINET prima dell'invio del consiglio interrogherà l'estensione PF per verificare gli obiettivi produttivi previsti ed eventualmente modificare di conseguenza il consiglio irriguo.</p> <p>I dettagli tecnici dell'azione sono di seguito riportati nell'allegato 2. Relazione tecnica azione 3.2</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'azione 2 sono stati tutti conseguiti come previsto dal cronoprogramma senza scostamenti rispetto al progetto originario.
Attività ancora da realizzare	Nessuna

Azione 3.3	Applicazione e verifica a scala aziendale del sistema di integrazione automatica dei dati sito-specifici (clima-suolo-coltura) in IRRINET
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	<p>L'attività è stata svolta da CER in collaborazione con UNIBO DIPSA e APOFRUIT. I dati meteo-suolo-coltura provenienti dalle stazioni di sensori presenti nelle aziende agricole partner del progetto sono stati integrati automaticamente nel sistema Irrinet. In questa fase le logiche sviluppate nella fase 1 sono state implementate nel sistema Irrinet secondo il seguente schema:</p> <p>a) RILIEVI IN CAMPO E SVILUPPO SOFTWARE E HARDWARE.</p> <p>b)</p> <p>1) Come previsto nel Piano le attività svolte nel 2017 sono state implementate in altre aziende agricole anche nel 2018 per un totale di 10 Aziende Agricole di cui riportiamo un elenco:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Azienda Agricola RICCI (FC). 2. Azienda Agricola Società Agricola Sandri Maurizio (IMOLA) 3. Azienda Agricola Marconi (RA) 4. Azienda Agricola Giuliani (FC)

5. Azienda Agricola Barbieri (PC)
6. Azienda Agricola Cattivelli (PC)
7. Azienda Agricola Repetti (PC).
8. Azienda Agricola Ghirardello (FE)
9. Azienda Agricola Rigattieri (BO)
10. Azienda Agricola Venturi (RA)

Ogni azienda, la cui sensoristica di campo è stata integrata in Irrinet, era dotata di specifiche strumentazioni tali da richiedere un'approfondita valutazione e validazione dei dati forniti. Nel primo anno sono state valutate varie metodiche di integrazione, soprattutto per quanto riguarda l'umidità del suolo, per definire il passo temporale e la profondità rappresentativa di integrazione. Nel secondo anno il sistema validato è stato replicato nelle altre aziende. Al fine di ampliare le opportunità fornite dal sistema di integrazione sono state sviluppate funzionalità aggiuntive quali:

- Integrazione in Irrinet del volume di adacquamento rilevato dai pressostati su linee gocciolanti
- Integrazione in Irrinet del volume di adacquamento rilevato da pluviometri di campo per impianto ad aspersione

Tali procedure risultano di fondamentale importanza per la precisione del bilancio, per una corretta gestione dell'irrigazione e per ottenere il risparmio idrico in agricoltura.

Nel 2018 l'integrazione con il servizio PerFrutto è stata testata anche per la coltura di Pero.

c) VERIFICA DI FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA DI COMUNICAZIONE TRA IRRINET E I SENSORI INTERFACCIATI CON ESSO ED ANALISI DELLA QUALITÀ DEL DATO.

I dati ottenuti dalla sensoristica di campo, i log dei processi di estrazione, trasformazione e caricamento dei dati dalle strumentazioni di campo su Irrinet sono stati valutati al fine di evidenziare le possibili criticità del sistema e i benefici nella loro applicazione.

I dati meteorologici misurati in campo dalle stazioni private hanno manifestato una certa difformità rispetto a quanto rilevato dalle stazioni del meteo regionale, come era prevedibile, soprattutto per gli eventi meteorici estivi. Comunque, anche per quanto riguarda le temperature massime e minime si sono notate alcune difformità. Tali discrepanze hanno portato a calcolare evaporati di riferimento, per alcuni giorni, maggiori di 1,5 mm rispetto a quanto fornito dal servizio meteo regionale, utilizzando la stessa formula validata.

Per quanto riguarda l'integrazione dei dati di umidità del suolo è stato necessario un'attenta validazione delle bontà del dato in particolare data la grande variabilità di sensori presenti sul mercato. Inoltre, sono state riscontrate una moltitudine di

	<p>metodiche installazione di sensori di umidità del suolo, in termini di profondità di posizionamento, distanza dalla fila e numerosità degli stessi, tale da richiedere uno specifico studio, validazione e sviluppo per ogni azienda. I sensori di umidità del suolo forniscono l'evidente vantaggio di fornire all'agricoltore l'informazione su quando irrigare e soprattutto risultano molto utili in seguito ad eventi meteorici e periodi di massima evapotraspirazione. In tali condizioni è possibile valutare con correttezza l'effettiva infiltrazione di acqua nel terreno e la sua redistribuzione, a seguito di una pioggia quindi evitando una sovrastima che potrebbe ritardare la ripresa dell'irrigazione a discapito della produzione. Allo stesso modo in periodo di massimo fabbisogno il trend di decremento dell'umidità del suolo da una evidente conferma della correttezza della pratica irrigua. In condizioni così variabili come per il caso della sensoristica per l'umidità del suolo, e della sua installazione a disposizione degli agricoltori dell'Emilia-Romagna l'integrazione con Irrinet a consentito da evidenziare i seguenti aspetti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - i sensori di umidità del suolo forniscono una informazione molto utile per l'aggiustamento del bilancio idrico di Irrinet e quindi per il risparmio idrico, in funzione delle condizioni sito specifiche della coltura e del suolo. - La installazione e l'interpretazione dei dati è sempre complessa perché rapportata ai parametri idrologici del terreno <p>I dettagli tecnici dell'azione sono di seguito riportati nell'allegato 3. Relazione tecnica azione 3.3</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'azione 3 sono stati conseguiti come previsto dal cronoprogramma senza scostamenti rispetto al progetto originario.
Attività ancora da realizzare	Nessuna

2.2.2. Personale Azione 3

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Anconelli Stefano	Ricercatore Quadro preposto	Realizzazione	512	20.021,10
Chiari Gioele	Personale di concetto	Realizzazione	71,77	1.913,80

Genovesi Roberto	Ricercatore Quadro preposto	Realizzazione	175,82	6.968,91
Letterio Tommaso	Personale concetto	Realizzazione	644,84	13.314,57
Solimando Domenico	Impiegato direttivo	Realizzazione	276	8.918,23
Toschi Alfio	Capo operaio	Realizzazione	119	2.232,44
Wyczawska Monika	Operaio specializzato	Realizzazione	119	2.094,40
Totale				55.463,45

PERSONALE UNIBO DISPA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Morandi Brunella	RTDa	Realizzazione	78	2.059,98
Corelli Grappadelli Luca	PO	Realizzazione	105	6.865,46
Manfrini Luigi	RTDa	Realizzazione	40	1.056,40
Totale				9.981,84

PERSONALE APOFRUIT

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Lucchi Claudio	Tecnico	Realizzazione	128	3.829,76
Totale				3.829,76

2.2.3. Trasferte

CER

Cognome e nome	Descrizione	Costo
Anconelli Stefano	Missione per verifica preliminare delle aziende e per esecuzione dei rilievi e verifica funzionamento delle stazioni di rilievo	1.987,12
Letterio Tommaso	Missione per installazione e verifica della stazione sperimentale	193,74

Solimando Domenico	Missione per verifica preliminare delle aziende, per esecuzione dei rilievi dell'umidità del suolo e per esecuzione dei rilievi e verifica funzionamento delle stazioni di rilievo	947,45
Totale:		3.128,31

Nessun spesa di trasferta sostenuta per UNIBO DIPSA

Nessun spesa di trasferta sostenuta per APOFRUIT

2.2.4. Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo €
Altavia s.r.l.	Giannerini Gianfranco	€ 109.500,00 di cui rendicontate 7.200,00	Implementazione formule in applicativo Faldanet e test funzionamento - Implementazione modello in applicativo irrinet/Irriframe e test funzionamento	7.200,00
Agromet s.r.l.	Volta Antonio	€ 12.295,00 di cui rendicontate 4.917,95	Realizzazione formule, analisi con indicatori statistici e validazione stazioni falda	4.917,95
HK - Horticultural Knowledge srl	Zibordi Marco	€ 12.297,60 di cui rendicontate 5.040,00	Analisi e sviluppo modello di integrazione dati di accrescimento frutto in Irrinet	5.040,00
HK - Horticultural Knowledge srl	Zibordi Marco	€ 12.297,60 di cui rendicontate 5.040,00	Analisi e sviluppo modello di integrazione dati di accrescimento frutto in Irrinet	5.040,00
Altavia s.r.l.	Giannerini Gianfranco	€ 109.500,00 di cui rendicontate 12.000,00	Implementazione formule in applicativo Faldanet e test funzionamento - Implementazione modello in applicativo irrinet/Irriframe e test funzionamento	12.000,00
Altavia s.r.l.	Giannerini Gianfranco	€ 109.500,00 di cui rendicontate 5.725,00	Implementazione formule in applicativo Faldanet e test funzionamento - Implementazione modello in applicativo irrinet/Irriframe e test funzionamento	5.725,00

Totale €	39.922,95
-----------------	------------------

2.3. AZIONE 4

2.3.1. Attività e risultati Azione 4

Azione 4	Piano di divulgazione di trasferimento dei risultati e implementazione della rete PEI
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	<p>L'attività ha coinvolto il CER, UNIBO DIPSA e CRPV. È stata pubblicata un'apposita pagina sul sito web dell'ente capofila, dedicata esclusivamente al piano ed i risultati che via via saranno acquisiti. La pagina contiene testi descrittivi, immagini e documenti scaricabili.</p> <p>Sono stati progettati e realizzati 2 tutoriali.:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Corretta installazione e posizionamento delle centraline meteorologiche di rilievo e dei sensori. 2. Uso dei dati delle centraline meteorologiche e dai sensori in Irrinet <p>Inoltre sono stati realizzati:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 video da utilizzare all'interno dell'informazione televisiva (servizio tg) (RAI 3 TGR Maggio 2017; Nettuno TV luglio 2018, Nettuno TV Marzo 2019). - 3 video da utilizzare all'interno dell'informazione televisiva specialistica o di settore (tipo redazionale) (Telesanerno Maggio 2017; Nettuno TV Agosto 2017, Nettuno TV Marzo 2019) <p>Tutto il materiale audiovisivo è in fase di caricamento sul sito del Consorzio CER, attraverso il canale YouTube dedicato con lo scopo di amplificare il messaggio veicolato dall'intero Piano, aumentandone la ricaduta sia territoriale, sia coinvolgendo categorie di fruitori più avvezzi a questi mezzi di comunicazione assai differenti e più immediati rispetto ai tradizionali manuali cartacei.</p> <p>Sono stati progettati, stampati e installati n.5 appositi pannelli illustrativi del progetto, uno per ogni sito ed uno in caso di danneggiamento di quelli installati, per permettere una diffusione dell'impegno dei partner e della Regione anche con metodi tradizionali e a livello locale, dando particolare risalto all'impegno concreto e territoriale.</p> <p>Durante lo svolgimento del progetto sono state effettuate riprese, sia col drone, sia da terra, finalizzate alle produzioni descritte</p> <p>Sono state effettuate tre visite guidate e quattro incontri tecnici e pubblicati sei articoli tecnici e divulgativi, come riportato nella tabella riassuntiva di seguito riportata.</p> <p>Tutte le iniziative svolte, al di là degli articoli, hanno rappresentato anche momenti di discussione e confronto sul tema oggetto dell'evento, permettendo così un utile scambio di esperienze e risposte a vantaggio di tutti i partecipanti e del GO stesso.</p> <p>Tutta la documentazione relativa alle locandine prodotte e diffuse ed i fogli firma registrati in occasione delle diverse iniziative sopra riportate, nonché copia degli articoli sono disponibili presso il CRPV.</p> <p>Il CRPV ha messo a disposizione del Gruppo Operativo il proprio Portale Internet, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente Piano siano facilmente identificabili e fruibili dall'utenza.</p> <p>All'interno del portale CRPV è stata individuata una pagina dedicata al Piano, composta da una testata e da un dettaglio dove sono stati caricati tutti i dati essenziali del progetto e i primi aggiornamenti relativi alle attività condotte. Inoltre attraverso un contatto continuo con il Responsabile di Progetto un referente CRPV ha proceduto all'aggiornamento della pagina con notizie, informazioni e materiale divulgativo ottenuti nell'ambito del Piano. Questo lavoro ha</p>

permesso, unitamente alla pubblicazione dei risultati, la consultazione dell'elenco dei Piani coordinati da CRPV, dal quale, selezionando un singolo Piano/progetto si accede ad una nuova pagina simile a quella del Portale CRPV, con cui si possono vedere i dettagli delle attività. Questo strumento comunicativo e divulgativo consente altresì di poter visionare collegamenti e sinergie che il presente piano può avere anche con altri progetti e/o iniziative.

Tabella 1 – Descrizione delle iniziative di divulgazione svolte dal 1° settembre 2016 al 31 marzo 2019 GO 5005238

Titolo (Provincia, data, n. presenze, link portale CRPV)	
Incontri tecnici	<p>Integrazione dei dati da stazione meteorologica e da sensori di umidità del terreno con il modello IRRINET</p> <p>RN 11-05-17 (no)</p> <p>SENSORIIncontro11magg2017RN</p> <p>Interazione del modello di previsione della pezzatura "PERFRUTTO" con il bilancio idrico IRRINET</p> <p>RN 12-05-17 (25)</p> <p>SENSORIIncontro12magg2017RN</p> <p>Approcci <i>plant based</i> per una gestione idrica razionale delle colture arboree</p> <p>RN 11-05-18 (75)</p> <p>SENSORIIncontro11magg2018RN</p> <p>Sensori e irrigazione di precisione</p> <p>BO 22-03-19 (16)</p> <p>SENSORIIncVisita22mar2019BO</p>
Visite guidate	<p>Interazione del modello di previsione della pezzatura "PERFRUTTO" con il bilancio idrico IRRINET</p> <p>RA 18-07-17 (17)</p> <p>SENSORIVisita18lug2017RA</p> <p>Visita alle prove di campo con impiego dei sensori</p> <p>BO 3-07-18 (22)</p> <p>SENSORIVisita3lug2018BO</p> <p>Sensori e irrigazione di precisione</p> <p>BO 22-03-19 (16)</p> <p>SENSORIIncVisita22mar2019BO</p>
Pubblicazioni	<p>Nuove frontiere del risparmio a portata di app (Rivista Agricoltura 4/2017)</p> <p>SENSORIRivistaAgricolturaAprile2017</p> <p>Sensori nel terreno per ridurre gli sprechi (Rivista Agricoltura 7-8/2017)</p> <p>SENSORIRivistaAgricolturaLugAgo2017</p> <p>IrriFrame, continua l'evoluzione</p> <p>(Terra è Vita 20-2018)</p> <p>SENSORITerraVita202018</p> <p>IrriFrame, continua l'evoluzione</p> <p>(Frutticoltura 5-2018)</p> <p>SENSORIFrutticoltura52018</p> <p>Actinidia, migliorare la qualità con l'irrigazione di precisione (Informatore Agrario 19-2018)</p> <p>SENSORIInformatoreAgrario192018</p> <p>Tecnologia e intelligenze artificiali per sistemi irrigui di precisione (Frutti coltura 4 2019)</p> <p>SENSORIFrutticoltura42019</p> <p>Poster presentato alla 11° ECPA</p> <p>17-07-17 Edimburgo</p>

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

Attività ancora da realizzare

Tutte le attività previste e precedentemente illustrate sono state realizzate in accordo con quanto previsto dal Piano.

Nessuna

2.3.2. Personale

PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Chiari Gioele	Personale di concetto	Realizzazione materiale illustrativo e promozionale - svolgimento attività dimostrativa	23,25	624,00
Genovesi Roberto	Ricercatore Quadro preposto	Realizzazione materiale illustrativo e promozionale - svolgimento attività dimostrativa	20	800,45
			Totale	1.424,45

PERSONALE UNIBO DIPSA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Corelli Grappadelli Luca	PO	Realizzazione	39	2.544,94
			Totale	2.544,94

Personale CRPV

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Crociani Alvaro	Tecnico	Divulgazione	12	658,48
Guidi Claudia	Segreteria	Segreteria	16	399,20
Savorelli Mario	Tecnico	Divulgazione	4	201,40
Foschi Piera	Tecnico	Divulgazione	20	501,80
Canestrone Renato	Tecnico	Divulgazione	40	1.111,60
			Totale	2.872,48

2.3.3. Trasferte

Nessuna spesa di trasferta sostenuta per il CRPV

2.3.4. Materiale consumabile

Sono state sostenute tutte le spese nella rendicontazione intermedia.

1.3.5. Attività di formazione

CRPV

E' stata sostenuta l'attività di formazione, con il seminario "Integrazione della sensoristica ambientale per monitoraggio del suolo e delle colture con il sistema IRRINET" – Domanda di sostegno 5005308.

2.3.6. Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo €
Urca di Romagnoli Umberto	Romagnoli Umberto	€ 81.000,00 di cui rendicontate 1.350,00	Riprese, montaggio video e realizzazione tutorial	1.350,00
Urca di Romagnoli Umberto	Romagnoli Umberto	€ 81.000,00 di cui rendicontate 2.050,00	Riprese, montaggio video e realizzazione tutorial	2.050,00
Totale €				3.400,00

3. Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Criticità Tecnico - scientifiche	nessuna
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	nessuna
Criticità finanziarie	nessuna

4. Altre informazioni

Molte della attività previste nel progetto sono state svolte con protocolli di comunicazione via web che hanno reso necessario un maggior numero di ore di lavoro d'ufficio per la programmazione. Questo però ha consentito di ridurre il numero di trasferte necessarie per il coordinamento e per la raccolta dei dati in campo.

5. Considerazioni finali

/

Data 27 maggio 2019

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

dott. Massimiliano Pederzoli

firmato digitalmente



**Programma di
Sviluppo Rurale**
dell'Emilia-Romagna
2014-2020



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



 Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

Breve manuale sui principi generali da adottare per l'installazione di reti e di stazioni meteorologiche



Canale
Emiliano
Romagnolo



Breve manuale sui principi generali da adottare per l'installazione di reti e di stazioni meteorologiche

Indice

- 1. Introduzione e note per l'utilizzo del manuale**
- 2. Progettazione di una rete di osservazione**
- 3. Pianificazione di una rete e delle sue stazioni**
- 4. Gestione delle stazioni automatiche**
 - 4.1 Note generali**
 - 4.2 Organizzazione amministrativa**
 - 4.3 Supervisione della rete di stazioni automatiche**
- 5. Le stazioni meteorologiche di superficie**
 - 5.1 Note generali**
 - 5.2 Posizionamento e collocazione della stazione**
 - 5.3 Area di osservazione meteorologica**
 - 5.4 Identificazione della stazione**
 - 5.5 Requisiti generali di una stazione meteorologica**
 - 5.6 Requisiti generali degli strumenti**
- 6. Osservazioni di superficie e grandezze osservate**
 - 6.1 Note generali**
 - 6.2 Pressione atmosferica**
 - 6.3 Temperatura dell'aria**
 - 6.4 Umidità**
 - 6.5 Vento**
 - 6.6 Precipitazione**
 - 6.7 Radiazione**
 - 6.8 Ore di luce**

1. Introduzione e note per l'utilizzo del manuale

Questo manuale è stato redatto riassumendo e traducendo i seguenti testi ufficiali pubblicati dal WMO ("Manual on the Global Observing System", 2003 WMO and "Guide to the Global Observing System", 2007 WMO) ai quali si deve fare riferimento per ulteriori specifiche.

L'obiettivo di questo documento è di fornire all'utente che voglia installare una stazione meteorologica automatica una panoramica sulle problematiche che dovrà affrontare e ottenere una prima valutazione di fattibilità dell'opera prima di procedere all'installazione.

Va oltre lo scopo di questo manuale ma comunque è caldamente consigliata per l'applicazione di carattere agrometeorologico una lettura di: Guide to Agricultural Meteorological Practices, 2012 WMO.

2. Progettazione di una rete di osservazione

La gestione delle reti di stazioni è basata sulle specifiche funzioni delle stazioni che costituiscono il network: sinottiche, aeronautiche, climatologiche, agrometeorologiche oppure ad usi speciali.

I seguenti criteri devono essere applicati ad una rete di osservazione:

- (a) il posizionamento di ciascuna stazione deve essere rappresentativo delle condizioni meteo nello spazio e nel tempo;
- (b) il distanziamento fra stazioni e l'intervallo tra osservazioni deve corrispondere con la risoluzione spaziale e temporale desiderata delle variabili meteorologiche che devono essere misurate o osservate;
- (c) il numero totale di stazioni, per motivi economici, deve essere il più ristretto possibile ma sufficientemente grande per soddisfare i requisiti di accuratezza necessari.

Di principio le proprietà della massa d'aria devono essere campionate presso una stazione che copra un'area più piccola possibile, sebbene gli strumenti devono essere posti in modo tale che non compromettano le misurazioni l'una con l'altra. I siti per le stazioni vengono selezionati con l'intento di ottenere dati che siano rappresentativi di un'area maggiore. Idealmente, tutte le misurazioni e le osservazioni presso tutte le stazioni della rete dovrebbero essere fatte allo stesso tempo, cioè, ad una ora sinottica predeterminata. Tuttavia, dato che ciò non è pratico, le misurazioni dovrebbero essere eseguite all'interno di un tempo il più ristretto possibile.

Per motivi di uniformità, i seguenti termini verranno usati in questo manuale:

- a) tempo standard di osservazione (see the Manual on the Global Observing System (WMO No. 544), Volume I, Part III, 2.3 and Appendix (Definitions, part A);
- b) Tempo di osservazione programmato.

Oltre a questi tempi, ci sarà un "tempo reale di osservazione", cioè, il tempo in cui un'osservazione è effettivamente compiuta presso la stazione. Questo tempo non deve deviare di più che pochi minuti dal tempo di osservazione programmato. Ogni qualvolta le variabili possano cambiare considerevolmente all'interno del periodo normalmente richiesto per completare un'osservazione, devono essere stabilite regole per ottenere un'informazione sulle variabili in osservazione il più aderente possibile all'orario programmato.

Il distanziamento tra stazioni deve essere tale da fornire valori sufficientemente accurati per le variabili meteorologiche richieste in qualsiasi punto fra le due stazioni per mezzo di un'interpolazione visuale oppure numerica, prendendo doverosamente in considerazione gli effetti della topografia sulla variazione delle variabili di interesse.

La stessa considerazione si applica alle serie temporali di variabili le quali richiedono una distanza fra i siti di osservazione minima e un'accuratezza di misurazione maggiore di quella ottenuta tramite interpolazione. D'altro canto, un network molto denso o ad alta frequenza di osservazione potrebbe portare a più dati del necessario e così ad alti costi superflui.

Le variazioni in spazio e tempo differiscono per variabile meteorologica e dipendono dalla topografia dell'area. Se qualche informazione è disponibile o può essere ottenuta riguardo a variazioni spaziali o temporali, essa può essere usata per decidere la configurazione della rete che è necessaria per fornire dati con un'incertezza prestabilita.

Per alcune variabili, come la precipitazione, una separazione di non più di 10 chilometri tra stazioni è normalmente richiesta per molteplici motivi, come l'individuazione e previsione di celle temporalesche a corto termine, la climatologia e la previsione idrologica, sebbene, nel caso di pioggia, anche dati da radar meteorologici più ampiamente potrebbero soddisfare parecchi requisiti. Per variabili come la pressione atmosferica e i venti convettivi, una separazione di 100 chilometri tra stazioni risulta sufficiente. In generale, una distribuzione giustamente omogenea di stazioni di osservazione è la più adatta per supportare analisi numeriche e previsioni. Tuttavia, una densità relativamente alta di stazioni può risultare necessaria per supportare una previsione locale, per esempio per determinare le differenze fra condizioni del litorale e dell'entroterra oppure il cambiamento meteo tra valle e montagna, mentre una più bassa densità è plausibilmente sufficiente in regioni a bassa densità di popolazione o con una variazione minima della topografia come in pianura.

Generalmente non è fattibile all'interno di una rete un'ottimizzazione di requisiti così differenti senza pregiudicare severamente o i requisiti di sistema e scientifici oppure quelli economici. La soluzione a questo problema è di stabilire differenti tipi di rete all'interno del sottosistema, tali che la rete regionale basica sinottica e le sue stazioni selezionate per lo scambio globale, come pure stazioni preposte a livello nazionale o reti speciali di osservazione di "altre variabili" garantiscano una copertura con dati con una determinata accuratezza.

3. Pianificazione di una rete e delle sue stazioni

Quando un ente ha difficoltà nel risolvere un problema dovuto alla mancanza di osservazioni all'interno della sua propria area di competenza, dovrebbe per prima cosa valutare quali dati sono richiesti e per quale area, luogo e altitudine. Il passo successivo nella decisione da prendere è di determinare il tipo di rete o stazione più adatto per fornire i dati richiesti. Se una stazione deve essere integrata in una rete, il sito deve essere scelto in primo luogo basandosi sulla configurazione della rete. Questo può essere fatto aggiungendo ad una stazione esistente un nuovo strumento di misurazione, oppure spostando una stazione già esistente, oppure installando una nuova stazione.

Considerazioni fondamentali sul posizionamento delle stazioni all'interno di una rete di stazioni ottimizzata deve pure prendere in considerazione lo sviluppo di un sistema di indicatori di stazione con conseguenti codici alfanumerici univoci e coerenti. Inoltre non è mai fattibile installare tutte le stazioni richieste per una rete allo stesso tempo, e alcuni codici devono essere presi come riserva per riempire i rimanenti gap. Se una tale precauzione non è presa le nuove stazioni possono creare un caos crescente in tutto il sistema.

Per lo studio di fenomeni di piccola scala, dispositivi di tipo off-line potranno a volte risultare adeguati e allo stesso tempo più economici. Questi possono applicarsi ad osservazioni agrometeorologiche con una singola stazione rappresentativa. Il processo di decisione deve includere considerazioni sul rapporto costi-benefici. Il metodo più adatto per raggiungere il miglior rapporto costi-benefici è normalmente la co-locazione di più dispositivi nello stesso sito o di due stazioni. Questo può essere ottenuto installando una stazione di un altro tipo vicino ad una esistente, o aumentando i compiti della stazione passando da una a più variabili osservate. Questo può iniziare con la sola misura della precipitazione per diventare alla fine una stazione pienamente equipaggiata richiedendo dispositivi aggiuntivi e personale dedicato. Prima di decidere l'installazione di una nuova stazione, e se c'è una possibilità di scelta del sito, sarebbe utile rispondere alle seguenti domande nella progettazione:

- a) Il sito è rappresentativo per i dati meteo richiesti?
- b) Il sito rimarrà rappresentativo in vista di esistenti o promessi piani di costruzioni o variazioni di vegetazione?
- c) Possono essere prese misure amministrative che tutelino la rappresentatività del sito, come ad esempio il taglio di alberi o l'impedimento di costruire nelle prossimità?
- d) E' il sito sufficientemente accessibile al personale operante sulla stazione per eseguire ispezioni e operazioni di manutenzione?
- e) Il sito offre mezzi di custodia e immagazzinamento, e possono essere resi disponibili quando necessario?
- f) Le attrezzature come la corrente elettrica, telecomunicazione e acqua corrente sono disponibili se richiesto?
- g) Fino a che punto sono richieste misure di sicurezza contro fulmini, inondazioni, furti o altre possibili interferenze, e come possono essere adottate?
- h) Le problematiche di personale incaricato possono essere superate parzialmente o totalmente attraverso l'automazione o con personale in loco?

Parecchi punti sono da considerare quando si pianifica una nuova stazione di osservazione e la sua rete. Durante questa fase, la gestione da parte dell'ente responsabile per lo sviluppo della rete osservativa dovrebbe porsi le seguenti domande:

- a) Quale sistema è da preferire per l'osservazione richiesta?
- b) Qual è la rappresentatività delle osservazioni meteorologiche di un'area rispetto all'applicazione per la quale esse sono usate?
- c) Quali sono gli standard e le definizioni delle misurazioni da seguire?
- d) Quali sono le procedure di standardizzazione?
- e) Quali strumenti sono richiesti?
- f) Quali sono le incertezze strumentali raggiungibili e l'accuratezza richiesta?
- g) Quali sono i requisiti generali della stazione e della rete riguardo al posizionamento e all'esposizione, ispezione e manutenzione, monitoraggio delle prestazioni di sistema e disponibilità e qualità dei dati?

- h) Come condurre le osservazioni meteorologiche?
- i) Come stabilire efficaci procedure di collegamento fra i responsabili per il monitoraggio e quelli per la manutenzione in modo da agevolare immediate azioni di ripristino?
- j) Quali metadati connessi alle osservazioni meteo sono richiesti?
- k) Quali misure sono state dedicate alla formazione del personale?

Inoltre, è saggio scegliere posizioni di installazione che siano in proprietà pubblica o comunque affidabile, in modo da ridurre la necessità di spostare la stazione in futuro. Contratti a lungo termine devono essere sottoscritti fra le autorità gestrici della rete e proprietari del terreno, se necessario, tramite agenti intermediari. La validità del contratto si dovrebbe basare sullo standard internazionale consueto per misurazioni climatologiche e avere una durata di almeno 30 anni. Dovrebbero essere proibiti cambi di uso del suolo per evitare la costruzione di edifici nelle vicinanze della stazione. Il contratto dovrebbe inoltre curare gli aspetti dell'installazione e delle operazioni da effettuare sulla strumentazione e su altro equipaggiamento richiesto, linee di trasmissione e di elettricità ed una regolamentazione dei diritti di accesso al sito.

C'è un' incomprensibile tendenza a selezionare un sito stazione che non può altrimenti essere utilizzato e il cui costo è quindi relativamente basso. Solo in rarissime circostanze tale sito corrisponderà con i requisiti meteorologici, i quali primariamente determinano la fattibilità dell'installazione. Deve essere tenuto in conto che nulla è più costoso e frustrante di verificare che lunghe serie di osservazioni sono poi inutili o addirittura fuorvianti. Quindi, la seguente regola deve essere osservata: "Scegli standard di qualità elevati come richiesto e cerca di contenere i costi il più possibile".

4. Gestione delle stazioni automatiche

4.1 Note generali

Una stazione automatica deve in linea di principio seguire le regole generali e le pratiche di gestione di una stazione meccanica. Questo anche al fine di garantire compatibilità in termini di qualità e accuratezza con le meccaniche. In accordo con il WMO (WMO-No. 544) le stazioni automatiche devono essere ispezionate almeno una volta ogni 6 mesi.

Per ragioni di compatibilità e omogeneità dei dati generati dalle stazioni automatiche con dati simili provenienti da stazioni meccaniche, la responsabilità per la gestione della rete di stazioni automatiche deve rimanere sotto la stessa unità organizzativa all'interno dell'Autorità meteorologica incaricata per la gestione delle stazioni meccaniche. Il principale scopo deve essere quello di implementare un sistema di osservazione composito di qualità consistente a livello globale, nazionale e regionale.

4.2 Organizzazione amministrativa

La gestione dell'unità della rete delle stazioni deve avere accesso a tutti i dettagli tecnici della configurazione e ai file dei sensori per ogni stazione automatica installata della rete operativa. L'esperienza nelle valutazioni di sistemi operativi e studi scientifici di reti hanno mostrato che la preparazione di istruzioni operative per l'equipaggiamento con apparecchi per l'acquisizione di dati in automatico è essenziale per un utilizzo soddisfacente dei nuovi componenti come le stazioni meteo automatiche.

In vista del ruolo speciale di una stazione automatica meteo all'interno del flusso di dati dal sito di osservazione al centro di elaborazione dati, parecchie caratteristiche di sistema devono essere considerate quando si prepara la manualistica necessaria. Poiché la tecnologia usata presso le stazioni automatiche è in continua evoluzione, la maggior enfasi deve essere posta sulle nuove aree di automazione, per esempio, nel campo dell'acquisizione dati, elaborazione e tecniche di archiviazione locale per le misurazioni meteorologiche. In sistemi automatizzati, un discreto numero di diversi algoritmi sono utilizzati per definire le routine del controllo della qualità: bisogna valutare con un'approssimazione appropriata le quantità fisiche dalle misurazioni digitali e trasferirle alla lista dei risultati delle quantità misurate nel formato stabilito dal WMO. Tuttavia una standardizzazione internazionale deve ancora essere accettata.

4.3 Supervisione della rete di stazioni automatiche

Le procedure operative dell'unità di supervisione della rete possono variare in base al tipo di stazione automatica utilizzata.

a) Supervisione di una rete di stazioni semiautomatiche

Come nelle reti completamente meccaniche, le istruzioni di osservazione delle procedure standard devono essere preparate e strettamente seguite dal personale in carico. Le istruzioni devono includere la guida sulle operazioni di strumentazione e sulle misure di manutenzione preventiva, e qualora fattibile, includere la possibilità di piccole riparazioni di certa strumentazione automatica o sensori gestiti nei siti di osservazione. L'unità deve provvedere a ispezioni regolari alle stazioni per verificare il corretto funzionamento dei sensori/strumenti automatici.

Qualora sia il caso, un check diagnostico dell'operazione può essere condotto insieme al controllo di qualità dei dati presso il centro di raccolta dati. Qualsiasi informazione su un possibile malfunzionamento deve essere trasmessa tempestivamente al personale addetto alla manutenzione.

b) Supervisione di una rete di stazioni completamente automatica

Poiché la tecnologia usata nei sistemi di osservazione automatici è complicata, l'unità può avere bisogno di consultare specialisti per valutare diversi problemi di elettronica, software, telecomunicazioni e ingegneristica dei sensori. È utile per l'unità essere coinvolti nella rete di gestione per i passi iniziali del suo sviluppo partendo con la consegna, la preparazione del sito, il controllo e l'attivazione. L'unità deve avere accesso a tutta la documentazione che riguarda l'equipaggiamento, la configurazione di sistema, le specifiche del sito, il sistema software e i servizi di ingegnerizzazione. Per assicurare l'affidabilità dei sensori i sistemi di acquisizione

dei dati e la qualità di essi, lo staff deve essere provvisto di materiale esplicativo riguardo i requisiti per test sia condotti da personale che automatici. Le procedure di controllo dell'equipaggiamento attraverso test da remoto possono includere verifiche di mansioni eseguite su base giornaliera. Tuttavia, test regolari *in situ* sugli strumenti di campo e ispezioni sono necessarie per garantire il corretto funzionamento della rete delle stazioni automatiche. L'unità deve fornire supporto ingegneristico per le operazioni sulla rete e per il materiale di guida fornito allo staff tecnico. È probabile che modifiche di sistema, aggiunte o ricollocazioni in altro sito nel futuro possano richiedere supporto ingegneristico e in certi casi la revisione dei software operativi. I compiti operativi dell'unità di supervisione della rete delle stazioni automatiche include anche l'organizzazione di corsi di formazione.

5. Le stazioni meteorologiche di superficie

5.1 Note generali

L'installazione di una rete di stazioni, la loro operatività che deve rispettare gli standard e le regole di manutenzione porta con sé parecchie domande di natura organizzativa a differenti gradi di complessità, dipendendo dal tipo di stazione, dal suo posizionamento, dalle sue funzioni, e dall'equipaggiamento strumentale, dai collegamenti di comunicazione per la trasmissione dati e la richiesta di personale formato a differenti livelli. Gli aspetti di queste problematiche, differiscono in base alla categoria cui la stazione appartiene e che sono citati qui sopra. In particolare ci concentreremo sulle stazioni di superficie.

5.2 Posizionamento e collocazione della stazione

Ogni stazione preposta alle osservazioni sinottiche di superficie deve essere posizionata in un sito dove dati meteorologici ottenuti sono rappresentativi dello stato dell'atmosfera su un'area maggiore. Le dimensioni di questa area, o area di rappresentatività, possono arrivare fino a 2000 km² in pianura o altipiani, essendo invece molto inferiori altrimenti.

La stazione deve avere una porzione di terreno dedicata per sé. L'area ottimale deve aggirarsi intorno all' ettaro di estensione.

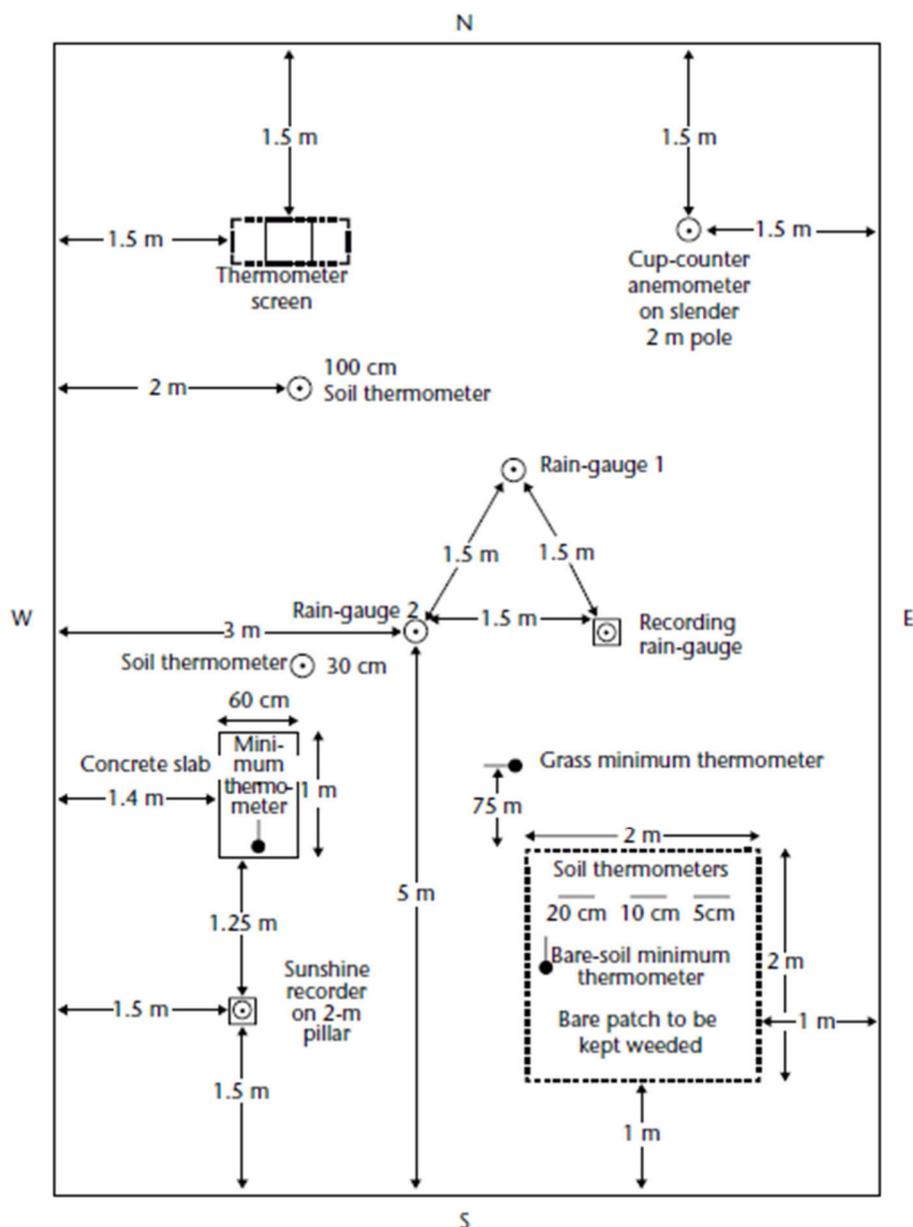
La collocazione dei punti di osservazione, e le aree di strumenti meteorologici, deve essere tipica delle condizioni geografiche dell'area limitrofa e protetta dall'influenza delle attività industriali. Quindi, l'area di misurazione deve essere posta in un sito aperto e lontano da qualsiasi tipo di costruzione o di superficie a bosco. La distanza minima dalle costruzioni o da gruppi di alberi dovrebbe essere rispettivamente maggiore di 10 o 20 volte la loro altezza. Il sito dovrebbe pure essere lontano almeno 100 m da corpi idrici, ad eccezione delle misure da stazioni costiere.

5.3 Area di osservazione meteorologica

L'area di osservazione meteorologica è quella dove la maggior parte degli strumenti e dispositivi sono situati. Dove ci sono molteplici installazioni, l'area di osservazione dovrebbe essere idealmente non più piccola di 25 metri x 25 metri. Tuttavia in casi

dove ci sono relativamente poche installazioni, l'area può essere considerevolmente più piccola. I lati dell'area di osservazione devono essere orientati nord-sud e est-ovest. Un'adeguata dimensione nord-sud è molto importante per le misurazioni che possono essere seriamente influenzate dall'ombreggiamento, per esempio, radiazione, ore di luce e gradienti di temperatura sopra e sotto terra.

Gli strumenti e l'equipaggiamento devono essere disposti in un determinato ordine e allineati. Nell'emisfero nord i sensori sono disposti nel seguente modo: equipaggiamento per la misurazione del vento sul lato nord, seguito da equipaggiamento di temperatura e umidità, poi una serie di pluviometri con le misure di temperatura del suolo poste nella parte sud dell'area. La seguente figura fornisce un esempio di layout di una stazione di osservazione per l'emisfero nord mostrando le distanze minime tra le installazioni.



L'area di osservazione meteorologica dovrebbe essere recintata con palizzate aperte per allontanare personale non autorizzato.

La superficie dell'area di osservazione deve essere lasciata allo stato naturale; l'erba deve essere mantenuta al di sotto dei 20 cm. L'area non deve essere calpestabile se non lungo le direzioni stabilite. Le vie d'accesso non dovrebbero essere di asfalto o di cemento. Nell'interesse dell'incolumità degli operatori, la tensione elettrica erogata all'equipaggiamento non dovrebbe superare i 24 o 36 Volt. Le installazioni dovrebbero preferibilmente essere di colore bianco; altri colori invece possono essere utilizzati per pali e recinzioni.

Se l'area copre uno o più ettari, devono essere stabilite attorno alla postazione zone speciali protette che si estendono per circa 200 m in tutte le direzioni dai limiti dell'area della stazione.

Dove è possibile, queste zone dovrebbero essere lasciate intatte e il loro uso dovrebbe essere conforme ai canoni seguiti dal servizio meteorologico pubblico. Si deve prestare particolare attenzione ai seguenti punti nel selezionare il sito per la misura della precipitazione:

- a) qualsiasi metodo di misura delle precipitazioni deve avere come fine l'ottenimento di un campione rappresentativo di un reale quantitativo di pioggia su tutta l'area che la misurazione intende coprire. La scelta del sito e l'errore sistematico di misurazione sono quindi importanti;
- b) La deformazione sistematica del campo di vento sopra l'orifizio elevato dello strumento, come pure gli effetti dello stesso sito sulle traiettorie aeree, dovrebbero essere considerati quando si sceglie il sito;
- c) Per ciascun sito, l'angolo verticale medio degli ostacoli deve essere stimato, e fatto un piano del sito. Siti in pendenza o su tetti vanno evitati. La superficie attorno al pluviometro può essere coperta da erba tenuta bassa, ghiaia o ciottoli. Invece superfici veramente piatte, come quelle di cemento devono essere evitate per evitare un elevato rischio di schizzi;
- d) In aree dove è presente una vegetazione densa e omogenea, questa vegetazione deve essere tagliata regolarmente per mantenerla a livello non superiore al pluviometro;
- e) I siti selezionati per le misurazioni della neve e dell'altezza del manto nevoso devono essere protetti dal vento per quanto possibile. I siti migliori sono spesso trovati in radure all'interno di boschi o frutteti, fra alberi, nella boscaglia o in arbusteti, o dove altri oggetti agiscono da efficace frangivento per venti provenienti da tutte le direzioni.

Ulteriori dettagli su posizionamento ed esposizione possono essere trovati in: 1.1.2 and 1.3.3.1, Chapter 1, Part I, of the Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO No. 8).

5.4 Identificazione della stazione

Una stazione di superficie inclusa in una rete deve essere identificata da un codice identificativo della stazione assegnato in ottemperanza allo schema descritto in: Manual on Codes (WMO No. 306), Volume I.1, Part A. La lista dei numeri di indice

delle stazioni, programmi osservativi e altre informazioni rilevanti è pubblicato da: WMO Secretariat in Weather Reporting (WMO No. 9), Volume A – Observing stations. A ciascun membro delle stazioni operative sinottiche è richiesto di fornire tutte le informazioni per questo proposito per ottemperare i regolamenti descritti in: Manual on the Global Observing System (WMO No. 544), Volume I, Part III, 2.3.2.

E' necessario mantenere una lista aggiornata, o cartella, delle stazioni sinottiche sul proprio territorio, fornendo le seguenti informazioni per ciascuna di esse:

- a) Nome e codice identificativo
- b) Coordinate geografiche con risoluzione 1:1000;
- c) Altitudine della stazione, altitudine del barometro sul livello del mare;
- d) Categoria della stazione e programma dell'osservazione;
- e) Tempistica nella quale le misure sinottiche sono fatte e trasmesse;
- f) Breve descrizione della topografia attorno;
- g) Esposizione dello strumento, in particolare altezza da terra dei termometri, pluviometri e anemometri;
- h) Diario della stazione: data in cui le regolari osservazioni sono incominciate, trasferimenti, interruzioni delle osservazioni, cambio di nome e ogni cambio sostanziale fatto nel programma di osservazione;
- i) Nome dell'ente/azienda preposto alla supervisione;
- j) Qualsiasi altra informazione utile a soddisfare le ulteriori specifiche che si trovano su: Weather Reporting (WMO No. 9), Volume A – Observing stations.

5.5 Requisiti generali di una stazione meteorologica

Ogni stazione deve essere equipaggiata con strumenti calibrati propriamente e con tecniche adeguate di osservazione e misurazione, in modo tale che le misurazioni e le osservazioni di diversi elementi meteorologici siano accurate abbastanza per venire incontro alle esigenze della meteorologia sinottica, la meteorologia aeronautica, la climatologia e le altre discipline meteorologiche.

Per soddisfare i requisiti dei dati, gli output provenienti dagli strumenti e i sistemi di osservazione devono essere convertiti in variabili meteorologiche.

L'esposizione degli strumenti per lo stesso tipo di osservazione in differenti stazioni deve essere simile affinché le osservazioni possano essere comparabili.

Un'altezza di riferimento deve essere stabilita in ciascuna stazione meteorologica.

Per assicurare la manutenzione di standard elevati di osservazione e il corretto funzionamento degli strumenti, le stazioni devono essere ispezionate periodicamente.

Le ispezioni della stazione devono essere condotte da personale con esperienza per assicurare che:

- a) il posizionamento e l'esposizione degli strumenti siano noti, registrati e accettabili;
- b) Gli strumenti abbiano caratteristiche accettate, siano in buono stato e regolarmente verificati per mezzo di procedure standard;
- c) Ci sia uniformità nei metodi di osservazione nella procedura al fine della riduzione delle osservazioni;

- d) Gli osservatori e il personale preposto alla cura della stazione siano competenti e svolgano le mansioni loro affidate.

Tutte le stazioni sinottiche di superficie devono essere ispezionate non meno di 1 volta ogni 2 anni;

Stazioni agrometeorologiche e altre stazioni speciali devono essere ispezionate almeno 1 volta all'anno;

Le principali stazioni climatologiche devono essere ispezionate almeno 1 volta all'anno; stazioni climatologiche e di precipitazione devono essere ispezionate almeno una volta ogni 3 anni. Se possibile, rilevanti ispezioni devono essere occasionalmente svolte durante la stagione invernale.

La strumentazione automatica della stazione deve essere ispezionata almeno una volta ogni 6 mesi.

5.6 Requisiti generali degli strumenti

Gli strumenti meteorologici devono essere accurati e affidabili.

Gli strumenti di uso operativo devono essere periodicamente comparati direttamente e indirettamente con gli standard nazionali rilevanti.

Dove sono utilizzati strumenti automatici, i valori di riferimento e di controllo delle variabili devono essere misurati considerando criteri di differenze consentite fra strumenti controllati e di controllo come pure un minimo intervallo di tempo fra confronti.

Presso le stazioni climatologiche di riferimento, ogni cambiamento di strumentazione deve essere tale che non si abbassi il grado di accuratezza di ogni tipo di osservazione confrontato con le osservazioni precedenti, e ognuno di tali cambiamenti deve essere preceduto da una adeguata sovrapposizione (almeno due anni) con la precedente strumentazione.

Se non diversamente specificato, gli strumenti stabiliti come standard regionali o nazionali devono essere confrontati per mezzo di controlli standard almeno una volta ogni 5 anni.

6. Osservazioni di superficie e grandezze osservate

6.1 Note generali

Un'osservazione deve essere fatta in modo tale che:

- a) Un valore temporaneamente approssimato ma rappresentativo della variabile può essere trovato nelle vicinanze della stazione;
- b) Tutti i valori rappresentativi estremi (o altri indicatori di dispersione) possono essere determinati, se richiesto;
- c) Tutte le discontinuità sinottiche (per esempio fronti) possono essere identificati immediatamente o il prima possibile dopo che l'osservazione è stata effettuata.

Per soddisfare questi requisiti, metodi osservativi devono essere scelti così che si ottenga:

- a) un campionamento spaziale e temporale adeguato di ciascuna variabile;
- b) un'accuratezza giustificata per la misurazione di ciascuna variabile;
- c) un'altezza di osservazione rappresentativa sopra terra.

Per evitare l'effetto di fluttuazioni di piccola scala, la variabile meteorologica deve essere misurata in continuo o ripetutamente su un lasso di tempo adeguato al fine di ottenere una media e valori estremi rappresentativi. Alternativamente, strumenti con adeguato effetto di ritardo e smorzamento devono essere eliminati o sostanzialmente ridotti i rumori ad alta frequenza.

Il tempo medio di osservazione deve essere corto in confronto con la scala temporale di tali discontinuità come fronti o burrasche, che normalmente delineano masse d'aria con differenti caratteristiche, mentre si rimuovono gli effetti di disturbo di piccola scala. Per esempio, a fini sinottici una media presa su 10 minuti sarà sufficiente per la misurazione della pressione atmosferica, temperatura dell'aria, umidità, vento, temperatura di superficie del mare e visibilità.

La lettura degli strumenti deve essere corretta e riportata con l'unità appropriata.

6.2 Pressione atmosferica

Lecture barometriche devono essere effettuate dall'accelerazione di gravità locale a standard gravitazionali. Il valore standard dell'accelerazione di gravità g_n deve essere ricondotto alla costante convenzionale

$$g_n = 9.80655 \text{ m/s}^2$$

L'ettopascal (hPa) o millibar, uguale a 100 Pa, deve essere l'unità nella quale le pressioni sono riportate per scopi meteorologici.

La pressione atmosferica deve essere determinata da un appropriato dispositivo di misura per la pressione con incertezza specificata in: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8), Part I, Chapter 1, Annex 1.B.

Affinché le letture effettuate con barometro di mercurio siano confrontabili a diverso tempo e luogo, le seguenti correzioni devono essere applicate:

- a) correzione dell'indice di errore
- b) correzione della gravità
- c) correzione della temperatura.

Qualora sia necessario calcolare il valore locale teorico dell'accelerazione di gravità, si dovrà seguire la procedura spiegata in: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8), Part I, Chapter 3, Annex 3.A.

La pressione atmosferica calcolata ad una certa stazione deve essere ricondotta al livello del mare, eccetto per quelle stazioni dove gli enti regionali prescrivono risoluzioni differenti.

I riferimenti standard per scopi di confronto possono essere forniti da un dispositivo di misurazione della pressione adeguato che, generalmente, dovrebbe essere della più alta qualità metrologica disponibile ad un dato sito o presso una data organizzazione dalla quale le misurazioni fatte lì sono derivate.

Nella calibrazione di un barometro standard di cui gli indici di errore sono risaputi e accettati, non devono essere superate le tolleranze per barometro presenti in: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8), Part I, Chapter 3

6.3 Temperatura dell'aria

Uno dei seguenti termometri deve essere utilizzato:

- a) Termometro con fluido in vetro;
- b) Termometro a resistenza;
- c) Termocoppie.

Tutte le temperature devono essere riportate in gradi Celsius.

L'altezza dello strumento compresa fra 1,25 m e 2 m da terra è considerata soddisfacente per ottenere misurazioni rappresentative della temperatura dell'aria.

Tuttavia, presso una stazione dove una copertura nevosa considerevole può capitare, un'altezza maggiore è permessa o, alternativamente, un supporto mobile può essere usato permettendo che la collocazione del termometro possa essere alzata o abbassata per prendere la giusta altezza al di sopra del manto nevoso.

Gli schermi dei termometri devono essere costruiti in modo da minimizzare gli effetti radiativi e allo stesso tempo permettere il libero flusso e circolazione dell'aria.

I termometri devono essere testati con uno strumento standard di riferimento ogni 2 anni.

Le incertezze richieste sono espresse in: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8), Part I, Chapter 1, Annex 1.B.

Per scopi psicrometrici, i termometri devono avere incertezza massima di 0.1°C.

6.4 Umidità

Definizioni e specifiche di vapor d'acqua in atmosfera si trovano in: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8), Part I, Chapter 4, Annex 4.A.

Nelle osservazioni superficiali, per temperature sopra lo 0°C i valori di umidità dovrebbero essere derivati dalle letture di uno psicrometro oppure un altro strumento di uguale o maggiore accuratezza.

Se la ventilazione forzata degli psicrometri viene utilizzata, allora il flusso d'aria dopo il passaggio sul bulbo del termometro deve essere compresa tra i 2,5 m/s e i 10 m/s.

Per osservazioni di umidità in superficie i requisiti di altezza per le misurazioni sono gli stessi della temperatura dell'aria.

6.5 Vento

L'esposizione degli strumenti deve essere sopra livello, in campo aperto a 10 metri al di sopra del terreno. Per campo aperto è definita un'area dove la distanza fra l'anemometro e qualsiasi ostacolo deve essere 10 volte ma meglio 20 volte l'altezza dell'ostacolo.

Per stazioni aeronautiche i sensori di vento devono essere collocati in modo da ottenere misurazioni rappresentative di condizioni da 6 a 10 metri da terra a metà della pista di decollo e atterraggio.

La velocità del vento deve essere misurata con l'unità più opportuna in m/s o km/h e deve rappresentare, per gli scopi sinottici, una media sui 10 minuti, oppure se il vento cambia significativamente durante i 10 minuti, una media sul periodo prima e dopo il cambio.

La direzione del vento dovrebbe essere misurata in gradi e riportata ai 10 gradi più vicini e deve essere una media scalare su 10 minuti, oppure se il vento cambia significativamente durante il periodo di 10 minuti, una media sul periodo prima e dopo il cambio.

Vento "calmo" è indicato per velocità inferiori di 0,5 m/s. In questi casi la direzione a fini sinottici non è rilevata.

In assenza di anemometro, la velocità del vento può essere stimata usando la scala di Beaufort. La scala di Beaufort è spiegata in: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8), Part I, Chapter 5.

6.6 Precipitazione

La quantità di precipitazione è data dalla somma del liquido precipitato più l'equivalente liquido della precipitazione solida.

Quantità di pioggia giornaliere devono essere riportate con 0,2 mm di precisione, o se fattibile 0,1 mm. Precipitazioni giornaliere devono essere registrate sempre alla stessa ora del giorno.

Il disegno e l'esposizione di un pluviometro dovrebbe essere tale che minimizzi gli effetti del vento, evaporazione e schizzi, essendo questi la maggior fonte di errore.

In generale, oggetti/ostacoli non devono trovarsi a distanza di meno di due volte la loro altezza al di sopra dello strumento.

6.7 Radiazione

Il confronto tra strumenti di radiazione deve essere condotto almeno ogni 5 anni. La calibrazione di strumenti di radiazione dovrebbe essere testata e ricalibrata, se necessario, almeno una volta all'anno con standard esistenti.

I dettagli per la calibrazione dei sensori di radiazione si trovano in: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8), Part I, Chapter 7.

6.8 Ore di luce

Il valore di soglia di luce intensa dovrebbe essere 120 W/m² di irradianza solare diretta

AZIONE 3.1. Valutazione preliminare della qualità dei dati monitorati e dei metodi di assimilazione degli stessi in IRRINET

1. Dati Meteo

1.1. Introduzione

Il lavoro portato avanti da Agromet srl ed in particolare dal Dr. Antonio Volta ha riguardato diversi ambiti finalizzati al miglioramento dell'informazione di carattere meteorologico che può giungere al Canale Emiliano Romagnolo per l'erogazione del servizio IRRINET. In particolare il lavoro si è concentrato sui dati meteorologici e sulle stazioni meteo sia pubbliche che private che possono migliorare l'informazione per una più corretta stima da parte di IRRINET dei volumi irrigui della regione Emilia-Romagna.

L'attività è cominciata a novembre 2016 e ha riguardato i seguenti ambiti:

1. Realizzazione di un breve manuale per la pianificazione di una rete o l'inserimento di una stazione in una rete già esistente;
2. Controllo qualità delle stazioni meteorologiche private, per l'inserimento di esse nella banca dati a supporto di IRRINET;
3. Inserimento delle regole del controllo qualità delle principali variabili meteorologiche all'interno di IRRINET;
4. Aggiornamento della climatologia regionale utilizzata dal sistema IRRINET.

Ognuno dei punti sopra elencati verrà analizzato, fornendo un quadro sintetico dell'attività svolta senza entrare troppo nel dettaglio. Per le minute tecniche rimandiamo ai documenti tecnici che sono stati sviluppati durante lo svolgimento di queste azioni di progetto.

1.2. Realizzazione di un breve manuale per la pianificazione di una rete o l'inserimento di una stazione in una rete già esistente

Al fine di migliorare l'informazione meteorologica, fine al calcolo del bilancio idrico e quindi del consiglio irriguo, è fondamentale che il dato utilizzato abbia significatività e che possa essere giudicato a tutti gli effetti conforme agli standard su cui si basano gli algoritmi di bilancio.

Per questo motivo il punto di partenza fondamentale per la catena operativa è che la produzione del dato meteorologico sia buona e che rispetti certi standard codificati. La codifica delle procedure da seguire sono quelle dettate dall'Organizzazione Mondiale della Meteorologia in inglese WMO. Se non si rispettano queste direttive allora il dato perde di significatività meteorologica perché non è più rappresentativo del territorio che lo circonda ma ha semplicemente una valenza puntuale.

Si è reso necessario nell'ambito di questo progetto la stesura di questo manuale poiché negli ultimi anni si stanno installando sul territorio parecchie stazioni e reti di stazioni private che stanno popolando il territorio regionale (vedi manuale in allegato). Se da un lato è molto positivo il fatto che ci sia una grande densità di stazioni, bisogna porre attenzione su diverse questioni di carattere logistico, gestionale, economico e anche scientifico.

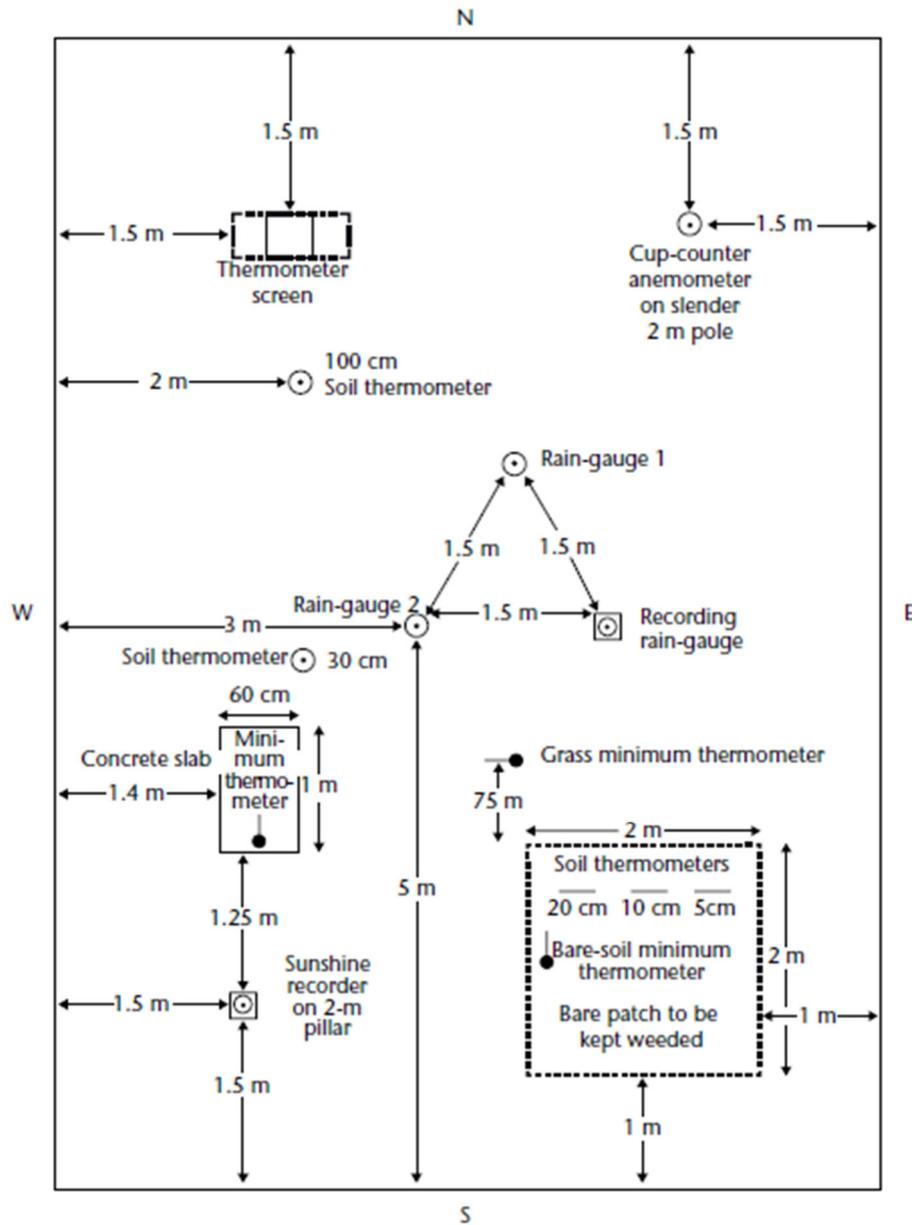
Il manuale redatto quindi non è una guida all'installazione di una stazione ma ha il compito di far ragionare l'utente sulla fattibilità, sui costi di gestione che una stazione e una rete hanno e sull'utilità oppure no dell'installazione.

Una volta che sono stati verificati i prerequisiti che sono esposti nel manuale, allora l'utente può procedere ad una corretta installazione sempre facendo riferimento a sensori e procedure che rispettino gli standard richiesti dal WMO.

Ricordiamo inoltre che la regione Emilia-Romagna è già densamente popolata da stazioni della rete pubblica e che i dati pubblici vengono forniti a IRRINET nel formato grigliato ERG5, cioè una griglia 5x5 km che copre tutto il territorio regionale. Questo sistema che conta su una base di dati validati dal punto di vista scientifico, può trarre giovamento da ulteriori stazioni, soprattutto in quelle zone di territorio meno coperte. Il caso più interessante è sicuramente quello che riguarda i temporali estivi. Una maggior copertura aiuterebbe di molto nell'individuare i temporali che un singolo pluviometro può anche ignorare del tutto e che hanno molta importanza invece soprattutto in un contesto di cambiamento climatico nel quale ci troviamo.

Il manuale dal titolo "Breve manuale sui principi generali da adottare per le reti e l'installazione di stazioni meteorologiche", è riportato in forma completa in coda alla seguente relazione. È stato diviso in 6 capitoli:

- 1) Introduzione:** piccolo cappello introduttivo con le indicazioni necessario per l'uso del manuale;
- 2) Progettazione di una rete di osservazione:** elenco delle attività e criteri che vanno rispettati per costruire una rete di osservazione. Alcuni concetti base quali l'uniformità del segnale proveniente dalle diverse apparecchiature o la necessità di utilizzare la minor superficie possibile per coprire adeguatamente il massimo del territorio sono sviluppati all'interno di questo capitolo;
- 3) Pianificazione di una rete e delle sue stazioni:** in questo capitolo si passa alla fase successiva, cioè una volta appurata la possibilità e aver ben in mente le necessità di tempo e di costi di una rete per la sua gestione globale, adesso si affronta il problema tecnico dell'individuazione dei siti di installazione che devono rispettare per quanto possibile gli standard WMO.
- 4) Gestione delle stazioni automatiche:** la problematica della gestione e manutenzione non è di facile risoluzione per cui l'utente che abbia individuato il sito ideale per montare la stazione/rete deve pensare se ha la potenzialità della gestione/manutenzione di essa, senza che i dati perdano di qualità dopo poco tempo. Nel capitolo sono esposti i quesiti che l'utente deve porsi e le strade per cercare il modo più razionale per risolvere le questioni legate alla manutenzione.
- 5) Le stazioni meteorologiche di superficie:** Qui si affrontano le tematiche del posizionamento dei sensori per la qualità del dato. Inoltre si danno alcune regole pratiche sulla disposizione per ridurre al minimo la superficie occupata dalla stazione. A titolo di esempio inseriamo qui sotto lo schema ideale per la collocazione dei sensori.



6) Osservazioni di superficie e grandezze osservate: un ultimo punto anch'esso importante è l'accenno alle grandezze misurate. Non capita di rado di vedere installatori competenti dal punto di vista elettronico e informatico ai quali però manca la capacità di interpretazione del dato e quindi repentinamente intuire se qualcosa non va. E' quindi importante avere una cognizione minima della variabile e degli intervalli plausibili della variabile analizzata.

1.3. Controllo qualità delle stazioni meteorologiche private, per l'inserimento di esse nella banca dati a supporto di IRRINET

All'interno del progetto vi sono diverse reti candidate ad entrare nella banca dati per il miglioramento del segnale altresì gestito solo dai dati pubblici provenienti da ERG5. In questo primo anno di progetto è stato valutato l'ingresso delle stazioni meteorologiche della rete di ASSOPA, l'associazione dei produttori di patate. La rete di stazioni ASSOPA copre la parte orientale della pianura bolognese. E' una rete strategica perché in questa zona la densità della rete pubblica non è molto elevata e la probabilità di mancare eventi precipitosi di carattere convettivo quindi risulta maggiore che altrove.

Le stazioni prese in esame sono le seguenti: Villanova di Castenaso, Budrio-Rotta del Giardino, Molinella-Marmorta, Prunaro, Budrio-Dondina, Sasso Morelli, Castel San Pietro-Rusticale, Vedrana di Budrio, Riccardina di Budrio, Baricella e Sant'Antonio di Medicina.

Le stazioni di questa rete sono PESSL che hanno un elevato standard di qualità dei sensori. Per i fini del progetto sono state considerate solo le variabili necessarie per il calcolo del bilancio idrico; per cui abbiamo analizzato, la temperatura, la precipitazione e l'umidità relativa ovvero la temperatura di rugiada.

Dato che un'analisi di qualità spaziale era impossibile da effettuare limitatamente agli scopi di progetto, abbiamo concentrato l'analisi a carattere puntuale, quindi escludendo i valori al di fuori di certi limiti irragionevoli. E' stato poi effettuato sulle serie temporali riferite all'anno 2016 un confronto tra i dati stazione e i dati della cella di griglia ERG5 entro il quale dette stazioni cadevano.

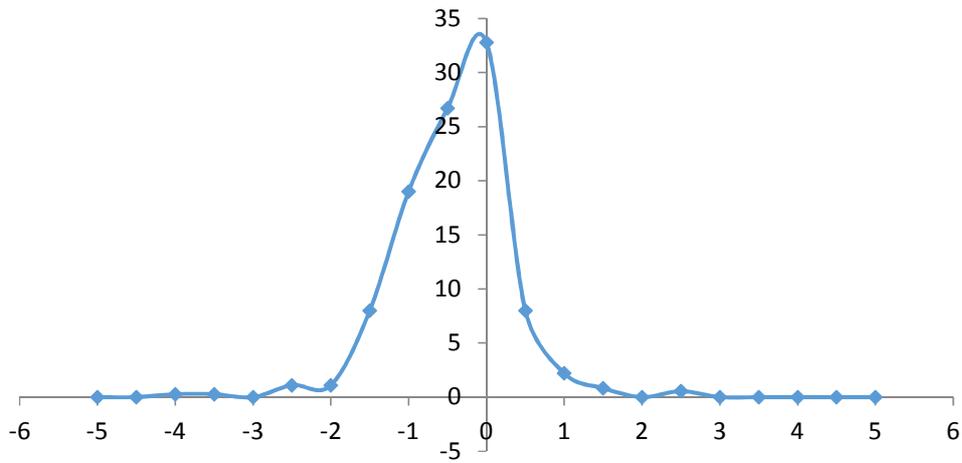
E' stata effettuata un'analisi dei dati orari e giornalieri. Alla fine è stata prodotta una relazione che riassume i risultati dei valori giornalieri, poiché di maggiore interesse ai fini del bilancio idrico.

Infine le grandezze sottoposte ad analisi statistica sono state:

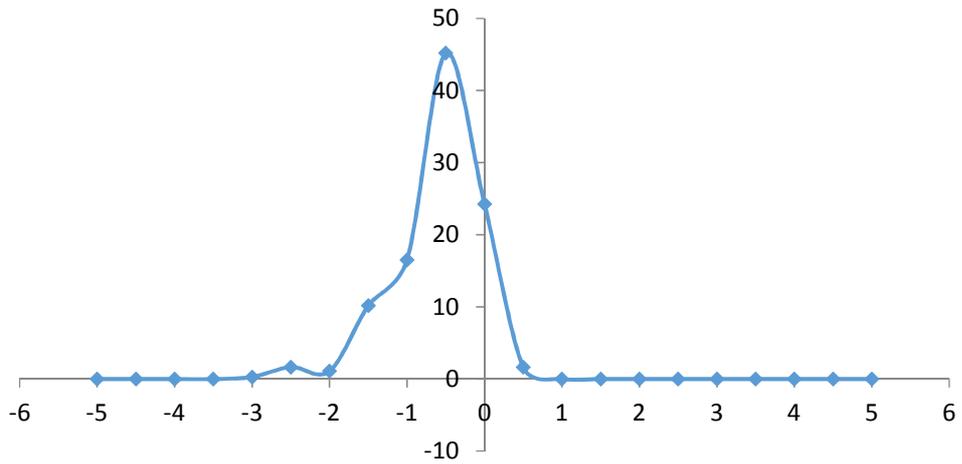
- 1) temperatura massima giornaliera;
- 2) temperatura minima giornaliera;
- 3) temperatura media giornaliera;
- 4) temperatura di rugiada media giornaliera;
- 5) precipitazione cumulata giornaliera.

Qui sotto riportiamo a titolo esemplificativo le distribuzioni delle anomalie medie giornaliere ($X_{\text{stazione}} - X_{\text{cellaERG5}}$) registrate per la stazione di Castel San Pietro – Rusticale per le grandezze temperatura minima giornaliera, temperatura massima giornaliera, temperatura media giornaliera, temperatura di rugiada media giornaliera, precipitazione cumulata giornaliera:

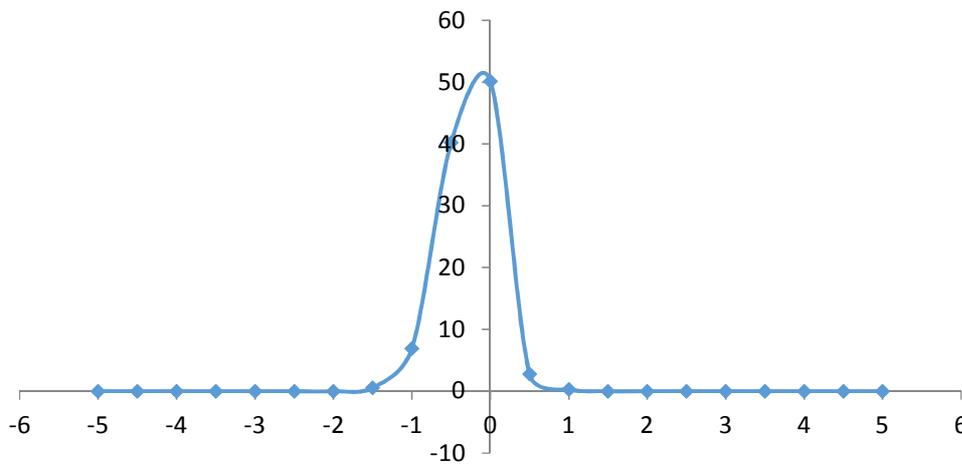
Delta Tmin (°C)

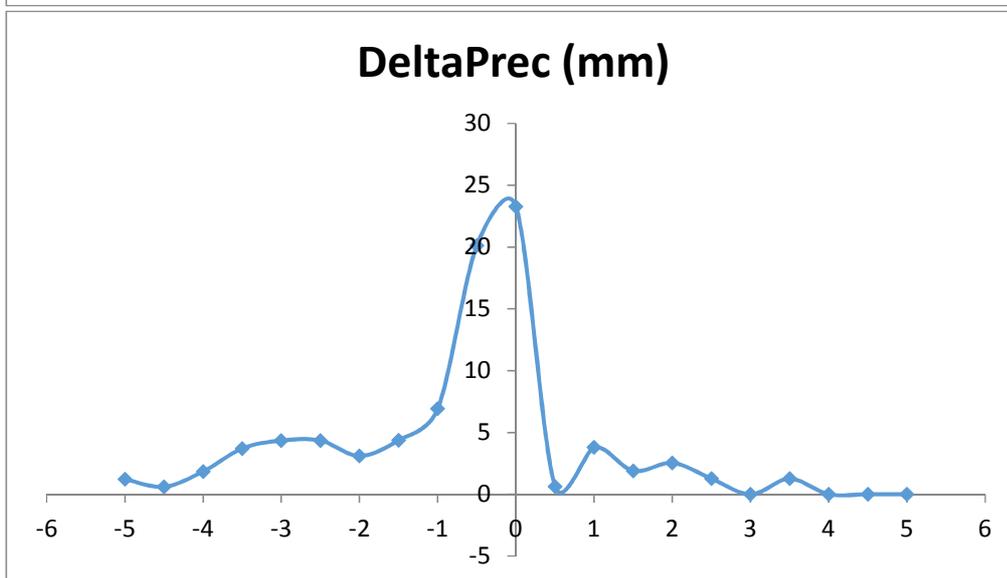
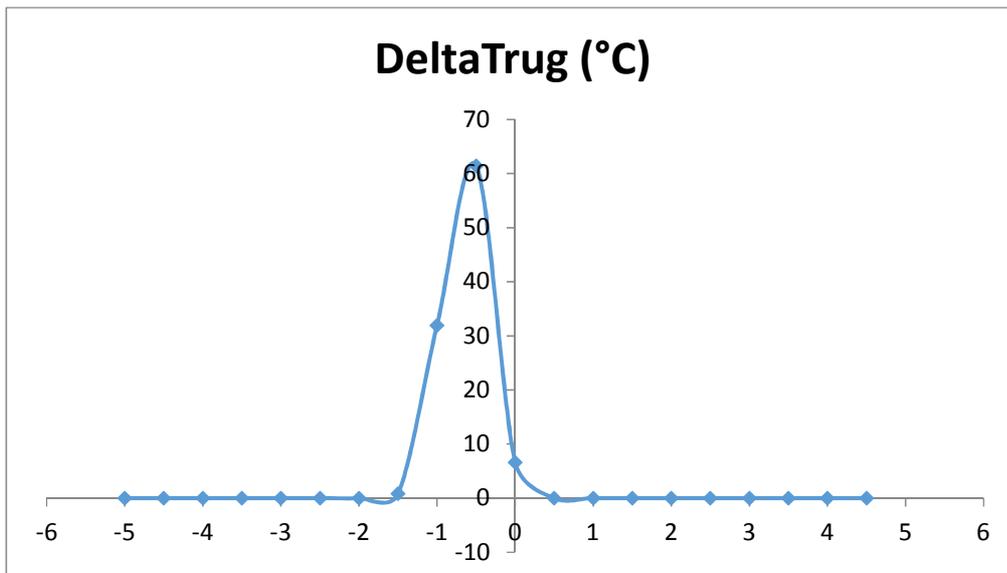


Delta Tmax (°C)



Delta Tave (°C)





Per tutte le variabili è stata analizzata la densità di presenza del dato. Per le temperatura si è fatta un'analisi di comparazione tra i dati rilevati dalla stazione e quelli provenienti dalla cella ERG5. Un discostamento maggiore in valore assoluto a 1,5°C è stato ritenuto come dato di attenzione e difformità tra le due provenienze del dato.

Per quanto riguarda la precipitazione è stata individuata (mutuata da precedenti studi effettuati dal servizio meteo di ARPAE) una soglia di 5mm come soglia di interesse per avere una differenza significativa dei risultati. Nel complesso la rete è risultata robusta con la capacità di individuare meglio i microclimi locali. E' possibile asserire questo soprattutto analizzando la distribuzione delle differenze di temperatura di rugiada ed escursione termica, per cui se un dato mostrava un'escursione termica maggiore allora risultava anche una minore umidità relativa e viceversa. Questo ha prodotto per la temperatura di rugiada delle campane di distribuzione simmetriche e centrate sullo 0.

Un discorso a parte meritano le precipitazioni. Se da un lato le stazioni hanno il pregio di individuare con maggior precisione i temporali, dall'altro si è manifestato un problema comune a tutte le stazioni di una sottostima significativa del cumulado mensile dal mese di maggio in poi. Proprio nel mese di maggio era stato effettuato un cambio sensore che ha iniziato a provocare la sottostima. Questo suggerisce che prima di accettare queste stazioni per alimentare la catena operativa di IRRINET si verifichi a cosa è dovuta questa discrepanza e vedere di correggerla.

1.4. Inserimento delle regole del controllo qualità delle principali variabili meteorologiche all'interno di IRRINET

Un altro tassello importante per lo studio dell'alimentazione di dati meteo di IRRINET da stazioni di reti private, è il capitolo riguardante il controllo istantaneo di qualità del dato. A differenza infatti del dato ERG5 che giunge già validato e quindi ripulito da eventuali errori di misura o trasmissione, i dati delle stazioni private sono dati osservati grezzi e quindi ad un alto grado di errore. Per evitare che l'errore entri nel calcolo e infici i risultati finali, è stata fornita una serie di regole per il controllo puntuale del valore in arrivo dalla stazione. Queste regole sono state riprese, per uniformità di procedura, dai controlli che vengono quotidianamente effettuati dal servizio meteo di ARPAE prima che questi vengano utilizzati per l'interpolazione. La procedura di controllo dato completa prevede un primo controllo a soglie secondo il quale un dato è accettato se rientra in certe soglie e scartato altrimenti. Successivamente viene effettuato un controllo di tipo climatico per capire se il dato rilevato rientra nella plausibilità della climatologia locale. Terzo controllo sarebbe un controllo di tipo spaziale con la cosiddetta tecnica di cross-validation. Le prime due analisi citate, che sono di carattere puntuale, sono state sottoposte all'attenzione del Canale Emiliano Romagnolo e di Altavia per l'implementazione all'interno di IRRINET. L'analisi di cross-validation di carattere spaziale invece si è deciso di escluderla per impossibilità tecnica di applicazione.

1.5. Aggiornamento della climatologia regionale utilizzato dal sistema IRRINET

Il sistema IRRINET prevede una base climatologica a scala giornaliera. Uno degli obiettivi di progetto è stato quello di fare un'analisi comparativa tra la presente base climatologica implementata risalente a più di dieci anni fa con una aggiornata all'anno 2016. Questa operazione risulta di estrema importanza in un contesto di cambiamento climatico nel quale ci troviamo e per cui anche il clima sta registrando delle considerevoli variazioni negli ultimi anni.

Per essere coerenti con l'architettura di dati meteo su cui poggia IRRINET è stato scelto di calcolare il clima partendo dalla griglia di ARPAE-SIMC ERG5 utilizzando le serie temporali dal 2001 al 2016 inclusi. La scelta da un punto di vista climatologico potrebbe non essere condivisa per due motivi:

1) Il primo è la scelta degli anni; infatti la serie temporali è di 16 anni mentre per definizione una climatologia andrebbe calcolata su una scala temporale di 30 anni. La scelta è ricaduta invece su questi anni perché dal 2001 in poi è migliorata molto la qualità dei dati e quindi della griglia, in particolare fino all'anno 2000 erano presenti nella rete una maggioranza di stazioni urbane le quali sono soggette al cosiddetto fenomeno dell'isola urbana di calore. Questo comporta in fase di interpolazione una stima non corretta nelle zone limitrofe alla città. Con l'aumento della densità delle stazioni fuori dai centri urbani si è ovviato a questo bias di sistema.

2) Una seconda critica che può essere mossa su questa scelta è che la popolazione di stazioni che alimentano ERG5 è variabile, nel senso che la rete durante gli anni ha avuto un progressivo aumento. Questo fatto invalida l'uso di questa climatologia per studi di tipo climatico in senso stretto (analisi dei trend climatici delle variabili sul territorio). Tuttavia non si perde la grande utilità dal punto di vista operativo che anzi vede migliorare la definizione del dato man mano che le stazioni aumentano.

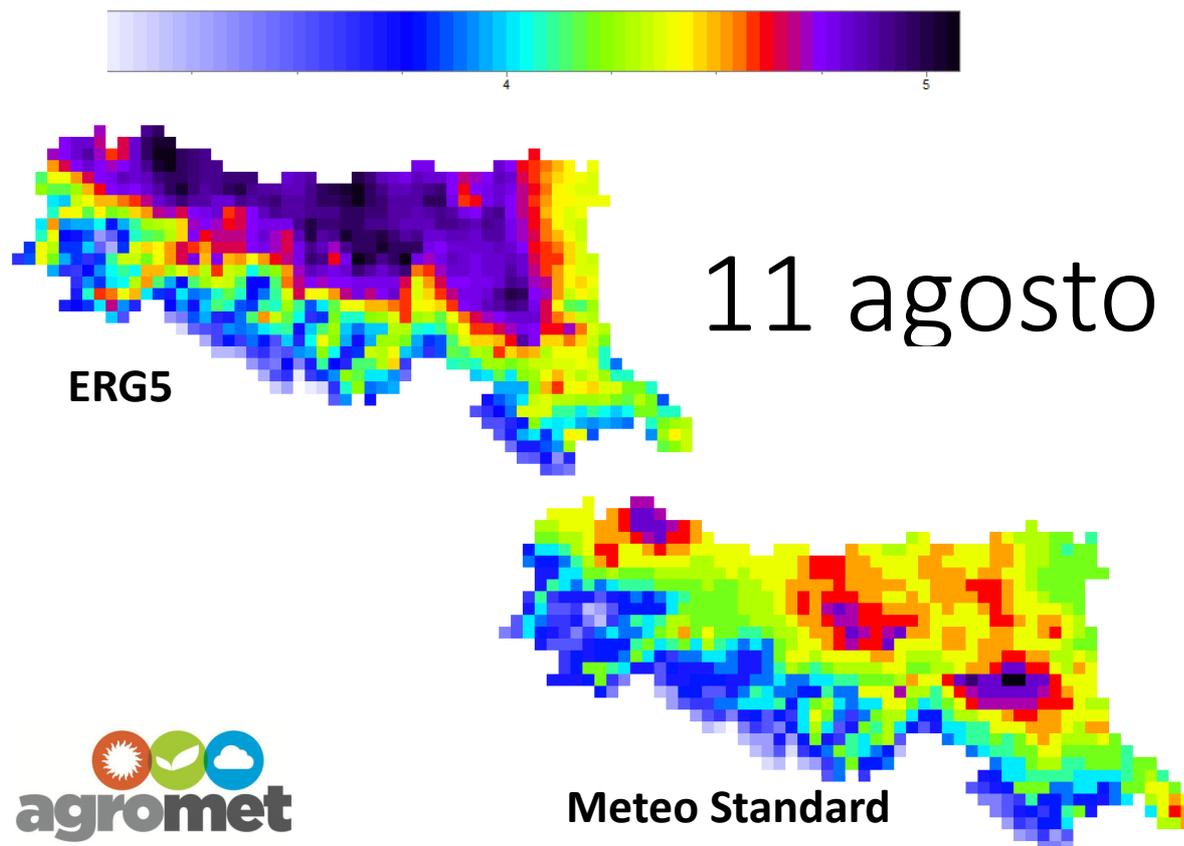
Il così chiamato "Meteo Standard" di IRRINET ha bisogno di una media climatica giornaliera delle variabili 1) Temperatura media giornaliera 2) Evapotraspirazione potenziale.

Mentre la prima è una grandezza direttamente osservabile, la seconda è derivata da formule.

La formula più comunemente usata e consigliata anche dalla FAO è quella di Penman-Monteith che ha però lo svantaggio di richiedere molte variabili di input per il calcolo. Ricordiamo che ad ogni variabile è associato

un errore e quindi si ha una maggior propagazione dell'errore. Per ovviare a questo problema si è fatto ricorso alla formula di Hargreaves-Samani che basa la stima solo sulle temperature massime e minime giornaliere. Questa semplificazione da un lato non tiene in considerazione molte variabili importanti, dall'altro riduce il rischio di errore dovuto alla propagazione, e quello di dato invalidato a causa di un dato mancante (il sensore di temperatura è il più resistente e affidabile) ed evita di utilizzare il dato di vento; attualmente gli anemometri in regione hanno una bassa densità spaziale e quindi una scarsa significatività. Inoltre in Emilia-Romagna, a causa della conformazione regionale, il vento non gioca un ruolo importante e questo è un ulteriore punto a favore della seconda formula citata, cioè quella adottata.

Mostriamo a seguire la mappa regionale del clima dell'11/08, come si può vedere si ha un deciso aumento di ETP nel clima ERG5 in pianura rispetto al precedente meteo standard, a conferma di un cambiamento climatico già evidente sul territorio regionale.



Seguendo la procedura descritta sono state apportate le necessarie modifiche al meteo standard del database di IRRINET, aggiornandolo sulla base del cambiamento climatico osservato.

2. Umidità del suolo

2.1. Introduzione

La misura del contenuto idrico del suolo rappresenta un parametro di fondamentale importanza all'interno del modello di bilancio idrico di IRRINET. Infatti, per quanto riguarda il dato di umidità del suolo e la sua integrazione, come descritto nel progetto, è stato realizzato uno studio sulle metodiche di assimilazione del dato. L'assimilazione del dato è una analisi in cui l'informazione ottenuta dalla misurazione viene accumulata nello stato di un modello dinamico combinando le osservazioni distribuite nel tempo con il modello stesso. A partire dagli anni '90, tale tema è stato studiato ed approfondito, ma solo negli ultimi anni si è diffuso in molti campi delle scienze ambientali.

La serie storiche di dati di umidità del suolo selezionate per l'analisi di assimilazione si riferiscono ad una prova sperimentale eseguita da CER nel 2012 per il progetto AGER InnovaPero 2011-2013.

L'obiettivo del presente lavoro è quello di identificare la soglia di accettabilità del dato da sensore al fine della sua corretta integrazione all'interno del modello di calcolo Irrinet, applicando tecniche di *data assimilation* quale l'*Ensemble Kalman Filter*.

2.2. Materiali e Metodi

La serie storica di dati di umidità del suolo è stata monitorata durante alcune sperimentazione eseguite da CER realizzate nel 2012 al fine di valutare l'effetto della riduzione degli apporti irrigui sulle performance fisiologiche ed agronomiche della cultivar Abate Fétel innestata su quattro differenti portinnesti e densità di impianto (foto 1): MC (12.000 piante/ha a V), Sydo, Adams ed MH (3800 piante/ha a fusetto), sottoposti a 4 livelli di irrigazione decrescenti: 100%, 50%, 25% e 0% del bilancio idrico calcolato con il modello IRRINET, che già tiene conto del regime di Deficit di irrigazione controllato (RDI). L'umidità del suolo è stata stimata convertendo il valore del potenziale idrico del suolo, misurato con sensori tipo resistivo (Watermark), in contenuto volumetrico di acqua suolo utilizzando una formula di calibrazione sito-specifica sviluppata da CER. I sensori erano posizionati a 20, 40 e 60 cm da piano campagna. Per il presente lavoro è stata utilizzata la media dei 3.

I valori di umidità del suolo sono stati confrontati con il valore di umidità del suolo calcolato dal modello di bilancio idrico di Irrinet. Il modello di assimilazione del dato basato sull'*Ensemble Kalman Filter* può essere formulato come segue:

$$x_i^p = (1 - K)(\mu + \varepsilon) + K(d + \epsilon)$$

ove X rappresenta il dato calcolato di umidità del suolo, μ è il dato dal modello, d è il dato dal sensore mentre ε , ϵ rappresentano i rispettivi errori. Il parametro K viene calcolato come segue:

$$K = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_x^2 + \sigma_d^2}$$

ove σ_x rappresenta la varianza del modello e σ_d l'accuratezza delle misure. La variabilità del modello è stata simulata variando le caratteristiche granulometriche del terreno. I valori ottenuti dai 6 campioni di terra prelevati nell'appezzamento in prova sono stati utilizzati nel modello Irrinet per creare 4 scenari di simulazione con le seguenti classi tessiturali di argilla e sabbia rispettivamente di: 16-34, 25-19, 19-29, 23-26. L'accuratezza della misura è stata calcolata utilizzando i 4 valori di umidità del suolo provenienti dalle 4 repliche presenti nell'appezzamento in prova. Ogni valore di umidità è calcolato come media dei valori alle 3 profondità. Al fine di valutare l'effetto di attenuazione della variabilità del dato calcolato il filtro kalman è stato calcolato utilizzando di campioni diversi sia per dati misurati che simulati: utilizzando solo i dati del tempo t_i (k), utilizzando i dati dal tempo t_0 al giorno t_i (K_{pid}) oppure utilizzando semplicemente la media complessiva.

2.3. Risultati e discussione

Nella Figura 1 riportiamo l'andamento dei valori di umidità del suolo come simulato con Irrinet e come rilevato con i sensori per le 4 repliche insieme all'andamento del parametro K.

Nella figura 2 vediamo la linea blu e la linea rossa che sono le medie dei valori dei sensori e delle simulazioni. La linea gialla, marrone e viola che rappresentano i valori di umidità calcolati con il metodo dell'Ensemble Kalman Filter e le rispettive linee tratteggiate che rappresentano il fattore K. Il fattore K è stato calcolato utilizzando i valori delle 4 repliche (sia per il modello che per le misure): a) scala giornaliera (K), b) come incrementale utilizzando i dati disponibili fino al giorno di calcolo (Kpid) e c) come media di tutti i dati disponibili (KmediaM). Tale differenziazione è stata fatta per valutare l'effetto

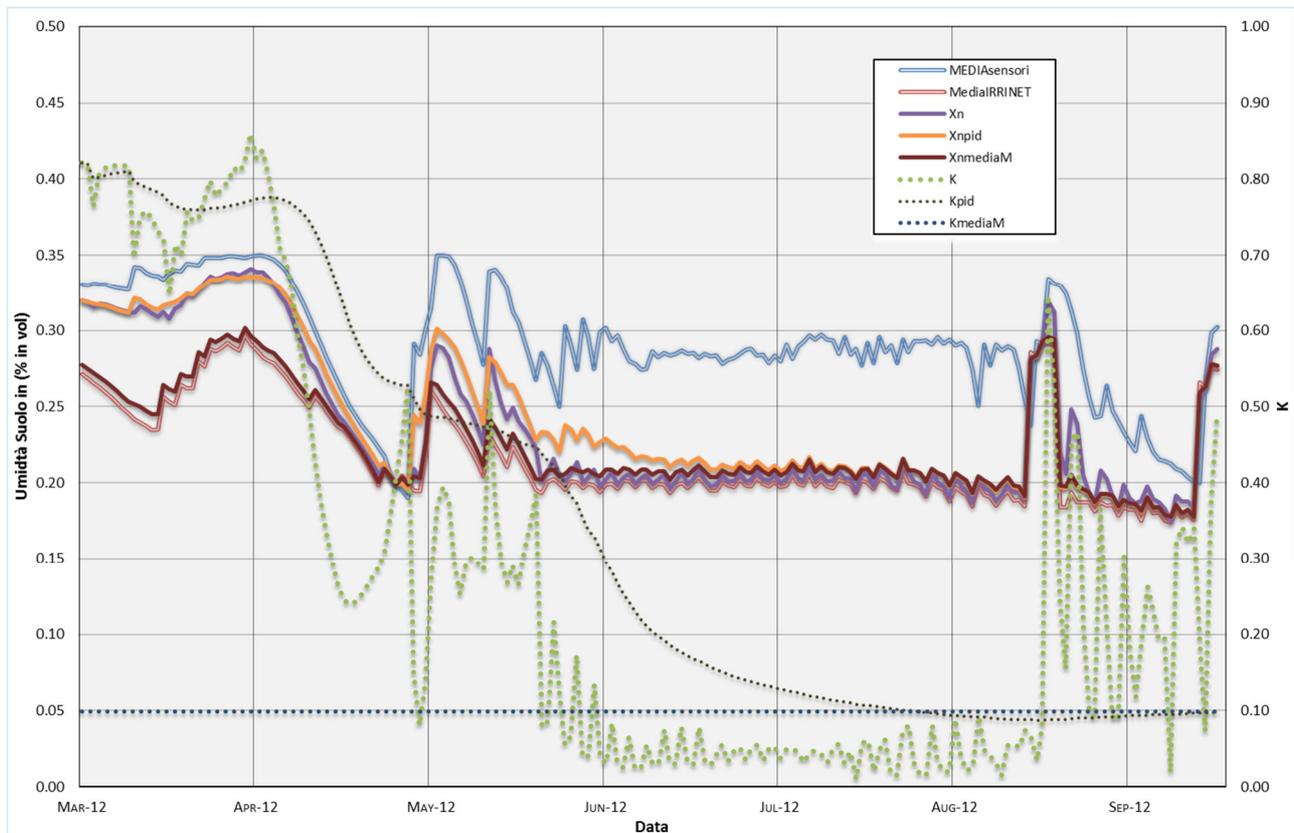


Figure 1: andamento dell'umidità del suolo e del parametro K nel corso della stagione

di distorsione connesso a giorni in cui i sensori avrebbero potuto dare un marcato scostamento.

Come si nota dal grafico in figura 2 fino ad inizio maggio i valori di umidità del suolo calcolati con il filtro Kalman (X_n e X_{npid}) sono più vicini alla media dei sensori. A partire dai mesi successivi al contrario tali valori sono più prossimi alla media dei valori del modello, come si nota anche dall'andamento del parametro K il cui valori, nei primi mesi è vicino a 1 mentre nei restanti mesi è vicino a 0. Il valore del parametro K funziona da peso nell'equazione del filtro Kalman: con valore 0 il risultato sarà uguale alla media dei valori del modello e viceversa. Utilizzando il valore medio del parametro K calcolato a scala giornaliera (K_{mediaM}) il valore X_{mediaM} assume uno scostamento medio dal modello (MediaIrrinet) del 16%. Tale valore sarà sottoposto a test nelle prove in campo previste nell'azione 3.3.

Il grafico mette in evidenza che nei periodi primaverili e autunnali, caratterizzati da precipitazioni diffuse, il modello Irrinet è meno preciso rispetto ai sensori (valori di K elevati) nella stima delle piogge utili, e quindi è opportuna la correzione con i dati misurati dai sensori. Viceversa il modello Irrinet diventa molto attendibile nei mesi estivi, durante la gestione delle irrigazioni (valori di K prossimi allo 0).

3. Accrescimento frutti

3.1. Introduzione

Nella presente attività l'obiettivo è stato quello valutare come integrare le informazioni fornite dal servizio Pefrutto, in grado di fornire previsioni di pezzatura finale della produzione sulla base del tasso di accrescimento dei frutti, ed il servizio Irriframe di gestione delle irrigazioni. Tutto questo per dare l'opportunità all'agricoltore, utente Irriframe e Perfrutto, di poter usufruire di informazioni integrate tra i due sistemi e, quindi, un consiglio irriguo centrato sugli obiettivi produttivi e di pezzatura del suo appezzamento specifico.

Per questa attività, insieme alla start-up HK S.r.l., sono state studiate le serie storiche di dati di accrescimento dei frutti, al fine di verificare le curve ottimali di accrescimento e al fine di verificare l'incremento di volume irriguo necessario al conseguimento degli obiettivi di pezzatura. I dati storici ottenuti dalle prove sperimentali eseguite nei decenni di sperimentazione da HK Srl e dal Gruppo di Ecofisiologia del Dipartimento di Scienze Agrarie di Bologna sono stati elaborati al fine di sviluppare un modello che consenta di modificare il consiglio irriguo in funzione dell'accrescimento dei frutti e, quindi, di affrontare con tempestività la variabilità stagionale che ogni anno condiziona l'esito della produzione. Attraverso l'applicazione di algoritmi specifici per le diverse specie e cv frutticole è stato possibile sviluppare un algoritmo che possa stimare il diametro dei frutti alla raccolta e correggere l'andamento di crescita degli stessi durante la stagione attraverso l'irrigazione. Questo protocollo di gestione si basa sul monitoraggio del diametro dei frutti, ma, a differenza di quelli utilizzati nel resto del mondo, non necessita di dati storici, è applicabile su qualsiasi varietà di melo e pero, in frutteti di qualsiasi età, forma d'allevamento e latitudine ed è quindi efficace già dal primo anno di applicazione. I dati utilizzati per lo studio si riferiscono al triennio 2004-2006, per le seguenti varietà di melo fuji, gala e pink lady. Nel presente studio tali dati sono stati analizzati al fine di valutare l'effetto dell'irrigazione sulla produzione e in particolare sul diametro dei frutti, al fine di stimare il fattore correttivo del bilancio idrico di Irrinet da utilizzare per integrare il servizio PERFRUTTO con il servizio Irrinet.

3.2. Materiali e Metodi

Nei tre anni di sperimentazione per le 3 varietà erano disponibili i dati di accrescimento dei frutti (diametro medio) sottoposti a 3 livelli di irrigazione decrescenti: 100%, 50% e 0% del bilancio idrico calcolato con il modello IRRINET, che già tiene conto del regime di Deficit di irrigazione controllato (RDI). È stato calcolato la differenza del diametro dei frutti dall'inizio e alla raccolta che diviso per il numero di giorni ha fornito un dato sul tasso di accrescimento del frutto in termini di millimetri di diametro al giorno. Il tasso di restituzione idrica alla pianta per ogni trattamento è stata calcolato sommando gli apporti meteorici a quelli irrigui diviso per l'evapotraspirazione della coltura.

3.3. Risultati preliminari e discussione

Le serie storiche di dati delle sperimentazioni eseguite da CER, HK Srl e dal Gruppo di Ecofisiologia del Dipartimento di Scienze Agrarie di Bologna. Il database di dati dal quale è stato estrapolato l'algoritmo ed il modello per la modifica del consiglio irriguo in funzione dell'obiettivo di pezzatura dei frutti misurati dall'agricoltore è riportato nella tabella seguente.

var	anno	treatment	diam. mm	mm/giorno	Etm	Pioggie	Irrigazioni	(P+I)/Etm	1-(Eta)/Etm	1-(Da)/Om	Kkk	Pel mm	I mm/g	1-(As/Am)
fuji	2004	1T	44.6	0.319048	113.44	9	0	0.079337	0.920663	0.447043	0.485566	49	0	0.937845
fuji	2004	1T	50.50556	0.421825	80.75	49	0	0.606811	0.393189	0.287056	0.730071	9	0	0.421078
fuji	2004	1T	54.1	0.513492	40.28	4	0	0.099305	0.900695	0.230622	0.255649	4	0	0.847909
fuji	2004	1T	58.81667	0.196528	114.28	6	0	0.052503	0.947497	0.404495	0.426909	6	0	0.953362
fuji	2004	1T	63.81475	0.146989	109.77	32	0	0.291519	0.708481	0.282638	0.398936	32	0	0.676244
fuji	2004	1T	70.79938	0.997871	16.26	10	0	0.615006	0.384994	0	0	10	0	0.76985
fuji	2005	1T	47.375	0.452273	148.2	11	0	0.074224	0.925776	0.246212	0.265952	11	0	0.920954
fuji	2005	1T	54.075	0.394118	121.9	37.5	0	0.307629	0.692371	0.236467	0.341533	37.5	0	0.675325
fuji	2005	1T	61.45	0.335227	132.78	98	0	0.738063	0.261937	0.026403	0.100798	98	0	0.527027
fuji	2005	1T	68.225	0.376389	91.78	71.8	0	0.782306	0.217694	0	0	71.8	0	0.157079
fuji	2005	1T	72.025	0.2375	63.21	56	0	0.889336	0.114054	0.191489	1.678785	56	0	0.417516
fuji	2005	1T	79.04981	0.439051	44.27	107	0	2.416987	-1.41699	0.021428	0.015125	107	0	0
fuji	2006	1T	53.025	0.4125	148.01	0	0	0	1	0.182098	0.182098	0	0	1
fuji	2006	1T	54.45	0.075	137.6	3	0	0.021802	0.978198	0.817891	0.836121	3	0	0.9806
fuji	2006	1T	61.86364	0.336983	118.61	52.6	0	0.44347	0.55653	0.046478	0.083513	52.6	0	0.617009
gala	2006	1T	72.25	0.415455	113.37	83	0	0.732116	0.267884	0	0	83	0	0.596264
gala	2004	1T	52.83333	0.488492	141.79	9	0	0.083474	0.916526	0.180425	0.192655	9	0	0.920354
gala	2004	1T	58.08333	0.375	100.94	49	0	0.485437	0.514563	0.326923	0.635341	49	0	0.597701
gala	2004	1T	61.66667	0.511905	50.35	4	0	0.079444	0.920556	0.338462	0.367671	4	0	0.928571
gala	2004	1T	68.7964	0.419396	106.43	0	0	0	1	0.110994	0.110994	0	0	1
gala	2005	1T	51.15	0.406818	164.66	11	0	0.066804	0.933196	0.258799	0.277326	11	0	0.937993
gala	2005	1T	57.05	0.347059	135.45	37.5	0	0.276855	0.723145	0.331445	0.458338	37.5	0	0.744376
gala	2005	1T	62.13628	0.391253	95.76	0	0	0	1	0.304734	0.304734	0	0	1
gala	2005	1T	65.31972	0.24488	79.23	133	0	1.678657	-0.67866	0.244314	-0.36	133	0	0.055398
gala	2006	1T	54.925	0.448864	164.45	0	0	0	1	0.247619	0.247619	0	0	1
gala	2006	1T	60.525	0.294737	152.89	3	0	0.019622	0.980378	0.350725	0.357744	3	0	0.97777
gala	2006	1T	64.20415	0.262197	87.49	39.2	0	0.448051	0.551949	0.427177	0.739843	39.2	0	0.619048
pink	2004	1T	45.36667	0.337698	141.79	9	0	0.083474	0.916526	0.332025	0.354529	9	0	0.948157
pink	2004	1T	50.36667	0.357143	100.94	49	0	0.485437	0.514563	0.244332	0.474835	49	0	0.404183
pink	2004	1T	53.66667	0.471429	50.35	4	0	0.079444	0.920556	0	0	4	0	0.83871
pink	2004	1T	56.45	0.115972	142.85	6	0	0.042002	0.957998	0.661393	0.690965	6	0	0.960422
pink	2004	1T	60.17157	0.137121	137.21	31	0	0.701129	0.298871	0.394537	0.394537	31	0	0.88918
pink	2004	1T	65.557	0.150658	49.54	72.2	0	1.457408	-0.45741	0.095014	-0.20772	72.2	0	0.301741
pink	2005	1T	42.625	0.217045	164.66	11	0	0.066804	0.933196	0.513995	0.55079	11	0	0.934132
pink	2005	1T	48.25	0.347059	135.45	37.5	0	0.276855	0.723145	0.25521	0.353346	37.5	0	0.731029
pink	2005	1T	52.725	0.190909	147.53	98	0	0.664272	0.335728	0.317073	0.944434	98	0	0.491279
pink	2005	1T	60.75	0.145833	101.97	71.8	0	0.704129	0.295871	0	0	71.8	0	0.148078
pink	2005	1T	62.96875	0.296875	70.24	56	0	0.972767	0.027233	0	0	56	0	0.400685
pink	2005	1T	70.95106	0.11598	86.06	125	0	1.452475	-0.45248	0	0	125	0	0
pink	2006	1T	46.725	0.353409	164.45	0	0	0	1	0.108883	0.108883	0	0	1
pink	2006	1T	49.1	0.125	152.89	3	0	0.019622	0.980378	0.653285	0.66636	3	0	0.97923
pink	2006	1T	56.825	0.351136	131.78	52.6	0	0.39915	0.60085	0	0	52.6	0	0.587386
pink	2006	1T	61.075	0.127	125.97	83	0	0.659887	0.340113	0.251101	-0.736124	83	0	0.588232
fuji	2004	250	51.5	0.501361	113.44	9	67.9	0.677891	0.322109	0.131067	0.406903	76.9	3.233333	0.468923
fuji	2004	250	58.90417	0.528689	80.75	49	17.82	0.827492	0.172508	0.106137	0.612528	66.82	1.272857	0.210539
fuji	2004	250	62.77917	0.553571	40.28	4	11.15	0.376117	0.623883	0.170182	0.272778	15.15	1.592857	0.423954
fuji	2004	250	70.59583	0.325694	114.28	6	61.325	0.589123	0.410877	0.013104	0.031892	67.325	2.555208	0.476681
fuji	2004	250	79.10088	0.133088	109.77	32	42.42	0.400927	0.599073	0.040927	0.857464	65.42	4.380122	0.519498
fuji	2004	250	79.14005	0.574168	16.26	10	16.725	1.643604	-0.6436	0.424607	-0.65973	26.725	3.289286	0.384925
fuji	2005	250	52.475	0.469318	148.2	11	64.08	0.506613	0.493387	0.217803	0.441444	75.08	2.912727	0.460477
fuji	2005	250	60.6	0.477941	121.9	37.5	39	0.627564	0.372436	0.074074	0.198891	76.5	2.294118	0.337662
fuji	2005	250	66.825	0.282955	132.78	98	54.6	1.149269	-0.14927	0.18218	-1.19393	152.6	2.481818	0.263514
fuji	2005	250	72.025	0.13125	91.78	71.8	6.69	0.855197	0.144803	0.169742	1.172227	78.49	0.371667	0.078564
fuji	2005	250	77.15	0.29375	63.21	56	20.07	1.203449	-0.20345	0	0	76.07	1.254375	0.208758
fuji	2005	250	83.07324	0.370202	44.27	107	0	2.416987	-1.41699	0.174879	-0.12342	107	0	0
fuji	2006	250	58.125	0.485227	148.01	0	71.36	0.48213	0.51787	0.037894	0.073173	71.36	3.243636	0.5
fuji	2006	250	65.15	0.369737	137.6	3	75.82	0.57282	0.42718	0.102236	0.293229	78.82	3.990526	0.4903
fuji	2006	250	72.825	0.348864	118.61	52.6	42.37	0.800691	0.199309	0.012862	0.064532	94.97	1.925909	0.308504
fuji	2006	250	78.29	0.129	113.37	83	61.29	1.272735	-0.27274	0.472867	-1.73379	144.29	2.4516	0.298132
gala	2004	250	54.35	0.579762	141.79	9	52	0.450214	0.569786	0.027297	0.047907	61	2.47619	0.460177
gala	2004	250	61.66667	0.508333	100.94	49	36.4	0.846407	0.153953	0.087607	0.56905	85.4	2.6	0.298851
gala	2004	250	65.31667	0.55	50.35	4	26	0.595829	0.404171	0.289231	0.171565	30	3.714286	0.464286
gala	2004	250	73.33656	0.471758	106.43	0	72.15	0.67791	0.32209	0	0	72.15	4.244118	0.5
gala	2005	250	53.625	0.408636	164.66	11	63.4	0.572088	0.427812	0.109731	0.255643	94.2	3.781818	0.468927
gala	2005	250	61.975	0.491176	135.45	37.5	54.6	0.679956	0.320044	0.053824	0.168178	92.1	3.211765	0.372188
gala	2005	250	68.19255	0.478273	95.76	0	50.7	0.529449	0.470551	0.150096	0.318979	50.7	3.9	0.5
gala	2005	250	70.8098	0.201327	79.23	133	3.9	1.727881	-0.72788	0.387816	-0.5203	136.9	0.3	0.027699
gala	2006	250	57.35	0.528409	164.45	0	82.225	0.5	0.5	0.114286	0.228571	82.225	3.7375	0.5
gala	2006	250	64.225	0.361842	152.89	3	65.95	0.851141	0.148859	0.020899	0.069674	68.975	3.472368	0.488885
gala	2006	250	68.73353	0.323039	87.49	39.2	31.85	0.812093	0.187907	0.129804	1.586126	71.05	2.175	0.309524
fuji	2004	250	47.86667	0.46627	141.79	9	82.3	0.67981	0.322109	0.10999	0.437711	76.9	3.233333	0.468923
fuji	2004	250	53.38333	0.394048	100.94	49	16.62	0.650089	0.349911	0.166247	0.475112	65.62	1.87143	0.202091
fuji	2004	250	55.41667	0.290476	50.35	4	10.4	0.285998	0.714002	0.383838	0.535787	14.4	1.485714	0.419355
fuji	2004	250	63.65	0.349306	142.85	6	72.8	0.551628	0.448372	0	0	78.8	3.033333	0.480211
fuji	2004	250	72.14137	0.143137	137.21	31	6.68	0.659047	0.330953	0.267055	0.787999	69.48	1.944459	0.394459
fuji	2004	250	72.93474	0.129943	49.54	72.2	15.6	1.772305	-0.77231	0.219444	-0.28414	87.8	0.458824	0.15087
pink	2005	250	46.9	0.365909	164.66	11	78	0.540508	0.459492	0.180662	0.393177	89	3.545455	0.467066
pink	2005	250	54.3	0.435294	135.45	37.5	50.96	0.653082	0.346918	0.066246	0.190956	88.46	2.997647	0.365514
pink	2005	250	60.225	0.269318	147.53	98	47.32	0.98802	0.01498	0.036585	2.44			

fuji	2005	4100	83.29589	0.416931	44.27	107	0	2.416987	-1.41699	0.07073	-0.04992	107	0	0
fuji	2006	4100	57.4	0.460227	148.01	0	142.72	0.964259	0.035741	0.087464	2.441738	142.72	6.487273	0
fuji	2006	4100	65.225	0.411842	137.6	3	151.64	1.123837	-0.12384	0	0	154.64	7.981053	0
fuji	2006	4100	73	0.353409	118.61	52.6	84.74	1.157912	-0.15791	0	0	137.34	3.851818	0
fuji	2006	4100	78.25	0.21	113.37	83	122.58	1.813355	-0.81335	0.49453	-0.60801	205.58	4.9032	0
gala	2004	4100	56.08333	0.543254	141.79	9	104	0.796953	0.203047	0.088549	0.4361	113	4.952381	0
gala	2004	4100	63.7	0.544048	100.94	49	72.8	1.206657	-0.20666	0.023504	-0.11374	121.8	5.2	0
gala	2004	4100	69.11667	0.77381	50.35	4	52	1.112214	-0.11221	0	0	56	7.428571	0
gala	2004	4100	74.40281	0.310949	106.43	0	144.3	1.355821	-0.35582	0.340871	-0.95799	144.3	8.488235	0
gala	2005	4100	54.2	0.538636	164.66	11	166.4	1.077372	-0.07737	0.018634	-0.24083	177.4	7.563636	0
gala	2005	4100	61.975	0.457353	135.45	37.5	109.2	1.083056	-0.08306	0.11898	-1.43252	146.7	6.423529	0
gala	2005	4100	68.54598	0.50546	95.76	0	101.4	1.058897	-0.05889	0.101785	-1.72819	101.4	7.8	0
gala	2005	4100	71.82265	0.252052	79.23	133	7.8	1.777105	-0.7771	0.222181	-0.38591	140.8	0.6	0
gala	2006	4100	56.15	0.515909	164.45	0	164.45	1	0	0.135238	#DIV/0!	164.45	7.475	0
gala	2006	4100	64.775	0.453947	152.89	3	131.95	0.882661	0.117339	0	0	134.95	6.944737	0
gala	2006	4100	70.0338	0.375629	87.49	39.2	63.7	1.176134	-0.17613	0.181235	-1.02896	102.9	4.55	0
pink	2004	4100	48.95	0.467857	141.79	9	164.6	1.224346	-0.22435	0.074568	-0.33238	173.6	7.838095	0
pink	2004	4100	54.4	0.389286	100.94	49	33.24	0.814741	0.185259	0.176322	0.951764	82.24	2.374286	0
pink	2004	4100	57.56667	0.452381	50.35	4	20.8	0.492552	0.507448	0.040404	0.079622	24.8	2.971429	0
pink	2004	4100	65.26667	0.320833	142.85	6	145.6	1.061253	-0.06125	0.064777	-0.10574	151.6	6.066667	0
pink	2004	4100	71	0.168627	137.21	32	119.6	1.104876	-0.10488	0.129114	-1.23111	151.6	3.517647	0
pink	2004	4100	76.66017	0.166475	49.54	72.2	31.2	2.087202	-1.0872	0	0	103.4	0.917647	0
pink	2005	4100	48.25	0.388636	164.66	11	156	1.014211	-0.01421	0.129771	-9.13166	167	7.090909	0
pink	2005	4100	55.325	0.427941	135.45	37.5	101.92	1.02931	-0.02931	0.082019	-2.79835	139.42	5.995294	0
pink	2005	4100	61.475	0.279545	147.53	98	94.64	1.305768	-0.30577	0	0	192.64	4.301818	0
pink	2005	4100	65.35	0.215278	101.97	71.8	12.48	0.826518	0.173482	0.517134	2.980902	84.28	0.693333	0
pink	2005	4100	69.15	0.2375	70.24	56	37.44	1.330296	-0.3303	0.2	-0.60552	93.44	2.34	0
pink	2005	4100	73.23688	0.086955	86.06	125	0	1.452475	-0.45248	0.25026	-0.55309	125	0	0
pink	2006	4100	49.125	0.396591	164.45	0	191.36	1.163636	-0.16364	0	0	191.36	8.698182	0
pink	2006	4100	54.6	0.288158	152.89	3	141.44	0.944732	0.055268	0.20073	3.631905	144.44	7.444211	0
pink	2006	4100	59.25	0.242045	131.78	52.6	74.88	0.96737	0.03263	0.31068	9.521246	127.48	3.403636	0
pink	2006	4100	64.9	0.199	125.97	83	118.6	1.600381	-0.60038	0.123348	-0.20545	201.6	4.744	0
fuji	2004	5100 RDI	49.84697	0.542713	113.44	9	135.8	1.276446	-0.27645	0.059397	-0.21486	144.8	6.466667	0
fuji	2004	5100 RDI	56.33485	0.46242	80.75	49	35.64	1.048173	-0.04817	0.216755	-0.49948	84.64	2.545714	0
fuji	2004	5100 RDI	61.00455	0.6671	40.28	4	22.3	0.652929	0.347071	0	0	26.3	3.185714	0
fuji	2004	5100 RDI	68.925	0.330019	114.28	6	122.65	1.125744	-0.12574	0	0	128.65	5.110417	0
fuji	2004	5100 RDI	75.79167	0.201961	109.77	32	66.84	0.900428	0.099572	0.014354	0.144158	98.84	1.965882	0
fuji	2004	5100 RDI	78.93303	0.448766	16.26	10	33.45	2.672202	-1.6722	0.550277	-0.32907	43.45	4.778571	0
fuji	2005	5100 RDI	52.175	0.6	148.2	11	128.16	0.939001	0.069999	0	0	139.16	5.825455	0
fuji	2005	5100 RDI	59.9	0.454412	121.9	37.5	78	0.947498	0.052502	0.119658	2.279113	115.5	4.588235	0
fuji	2005	5100 RDI	67.475	0.344318	132.78	98	109.2	1.560476	-0.56048	0	0	207.2	4.963636	0
fuji	2005	5100 RDI	74.175	0.372222	91.78	71.8	13.38	0.928089	0.071911	0.01107	0.153942	85.18	0.743333	0
fuji	2005	5100 RDI	76.375	0.1375	63.21	56	40.14	1.520962	-0.52096	0.531915	-1.02102	96.14	2.50875	0
fuji	2005	5100 RDI	81.83797	0.341436	44.27	107	0	2.416987	-1.41699	0.238996	-0.16866	107	0	0
fuji	2006	5100 RDI	56.875	0.502723	148.01	0	142.72	0.964259	0.035741	0.040697	0.114622	142.72	6.487273	0
fuji	2006	5100 RDI	64.45	0.398684	137.6	3	151.64	1.123837	-0.12384	0.031949	-0.25799	154.64	7.981053	0
fuji	2006	5100 RDI	71.0625	0.300568	118.61	52.6	84.74	1.157912	-0.15791	0.149518	-0.94684	137.34	3.851818	0
fuji	2006	5100 RDI	76.15	0.2035	113.37	83	122.58	1.813355	-0.81335	0.510175	-0.62725	205.58	4.9032	0
gala	2004	5100 RDI	53.86667	0.596032	141.79	9	104	0.796953	0.203047	0	0	113	4.952381	0
gala	2004	5100 RDI	61.66667	0.557143	100.94	49	72.8	1.206657	-0.20666	0	0	121.8	5.2	0
gala	2004	5100 RDI	65.35	0.52619	50.35	4	52	1.112214	-0.11221	0.32	-2.85168	56	7.428571	0
gala	2004	5100 RDI	73.20799	0.462235	106.43	0	144.3	1.355821	-0.35582	0.020188	-0.05674	144.3	8.488235	0
gala	2005	5100 RDI	53.275	0.548864	164.66	11	153.4	0.998421	0.001579	0	0	164.4	6.972727	0.073281
gala	2005	5100 RDI	62.1	0.519118	135.45	37.5	109.2	1.083056	-0.08306	0	0	146.7	6.423529	0
gala	2005	5100 RDI	69.4156	0.562738	95.76	0	101.4	1.058897	-0.05889	0	0	101.4	7.8	0
gala	2005	5100 RDI	72.0664	0.203908	79.23	133	7.8	1.777105	-0.7771	0.37075	-0.47709	140.8	0.6	0
gala	2006	5100 RDI	56.825	0.596591	164.45	0	164.45	1	0	0	#DIV/0!	164.45	7.475	0
gala	2006	5100 RDI	63.35	0.343421	152.89	3	131.95	0.882661	0.117339	0.243748	2.074994	134.95	6.944737	0
gala	2006	5100 RDI	69.63377	0.448841	87.49	39.2	63.7	1.176134	-0.17613	0.021653	-0.12293	102.9	4.55	0
pink	2004	5100 RDI	48.01667	0.505556	141.79	9	164.6	1.224346	-0.22435	0	0	173.6	7.838095	0
pink	2004	5100 RDI	54.63333	0.472619	100.94	49	33.24	0.814741	0.185259	0.185259	0.951764	82.24	2.374286	0
pink	2004	5100 RDI	57.43333	0.4	50.35	4	20.8	0.492552	0.507448	0.151515	0.298583	24.8	2.971429	0
pink	2004	5100 RDI	65.25	0.325694	142.85	6	145.6	1.061253	-0.06125	0.050607	-0.8262	151.6	6.066667	0
pink	2004	5100 RDI	71.83333	0.193627	137.21	32	119.6	1.104876	-0.10488	0	0	151.6	3.517647	0
pink	2004	5100 RDI	75.72318	0.114407	49.54	72.2	31.2	2.087202	-1.0872	0.312767	-0.28768	103.4	0.917647	0
pink	2005	5100 RDI	47.025	0.446591	164.66	11	156	1.014211	-0.01421	0	0	167	7.090909	0
pink	2005	5100 RDI	54.825	0.458824	135.45	37.5	101.92	1.02931	-0.02931	0.015773	-0.53814	139.42	5.995294	0
pink	2005	5100 RDI	60.075	0.238636	147.53	98	94.64	1.305768	-0.30577	0.146341	-0.4786	192.64	4.301818	0
pink	2005	5100 RDI	65.1	0.279167	101.97	71.8	12.48	0.826518	0.173482	0.373832	2.154869	84.28	0.693333	0
pink	2005	5100 RDI	69.2	0.25625	70.24	56	37.44	1.330296	-0.3303	0.136842	-0.4143	93.44	2.34	0
pink	2005	5100 RDI	74.59998	0.114102	86.06	125	0	1.452475	-0.45248	0.011022	-0.02436	125	0	0
pink	2006	5100 RDI	49.1	0.385227	164.45	0	191.36	1.163636	-0.16364	0.028653	-0.1751	191.36	8.698182	0
pink	2006	5100 RDI	55.95	0.360526	152.89	3	141.44	0.944732	0.055268	0	0	144.44	7.444211	0
pink	2006	5100 RDI	60.075	0.1875	131.78	52.6	74.88	0.96737	0.03263	0.466019	14.28187	127.48	3.403636	0
pink	2006	5100 RDI	65.3	0.209	125.97	83	118.6	1.600381	-0.60038	0.079295	-0.13207	201.6	4.744	0

Table 1: database utilizzato per l'elaborazione del modello

Nella Table 1 sono riportati tutti i dati rilevati nelle campagne di rilievo. Per ogni varietà, per ogni anno e per ogni tesi è stato calcolato la differenza tra il diametro medio iniziale ed il diametro finale. Tale differenza è stata rapportata al numero di giorni preso in considerazione calcolando il tasso medio di crescita espresso in millimetri al giorno per ogni tesi e varietà. Per ogni tesi poi è stato calcolato il rapporto tra apporti idrici e evapotraspirazione massima. Tale valore rappresenta il tasso di restituzione. Nel grafico riportato in Figure 2 possiamo notare la relazione tra il tasso di accrescimento di frutti e il tasso di restituzione idrica alla coltura.

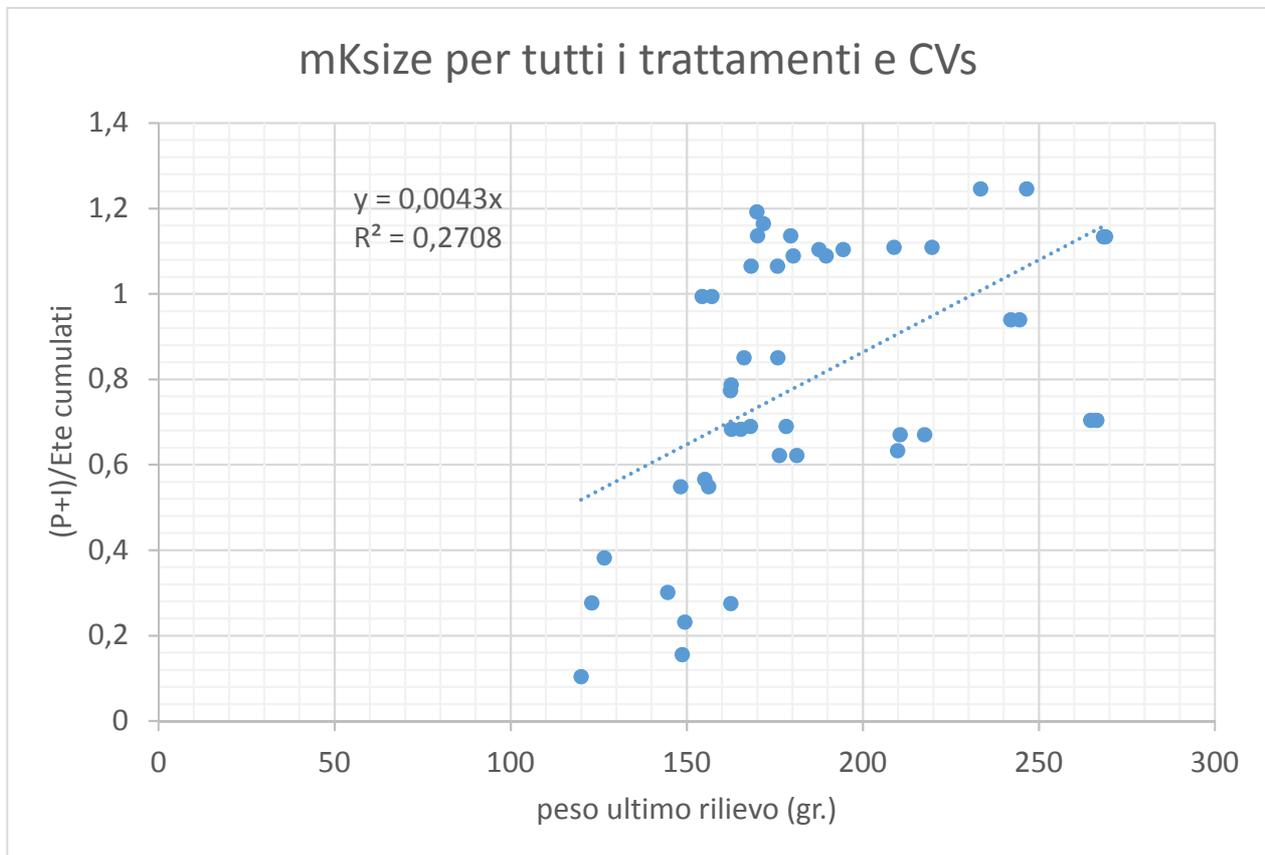


Figure 2: scatterplot tra l'accrescimento diametro e il tasso di restituzione idrica per tutte le cv. di melo prese in esame

La pendenza della retta di regressione riportata nel grafico di Figure 2, il cui valore è di 0,0043, rappresenta il rapporto tra l'accrescimento diametro e l'apporto idrico alla coltura. Ovvero per avere un incremento di crescita di 1 gr è necessario incrementare l'apporto idrico del 0.43%. L'analisi dati eseguita è stata utilizzata come base per l'elaborazione dell'algoritmo di interazione tra servizio perfrutto e irriframme, e rappresenta il valore di mKsize da inserire nelle procedure di calcolo che verranno descritte dettagliatamente nell'azione 3.2.

Un lavoro analogo è stato effettuato per la coltura del pero nel 2018 sulla base dei dati raccolti in altre sperimentazioni, tra cui quella all'azienda Navarra, dal confronto sulla cv. Abate sottoposta a diversi regimi irrigui (0, 25, 50, 100% Ete) di cui sono stati rilevati in oltre un quinquennio di dati, gli accrescimenti diametrici dei frutti. È stata fatta l'elaborazione per il pero di cui riportiamo il grafico alla figura 3 per il valore del Ksize che è risultato pari a 0,0035.

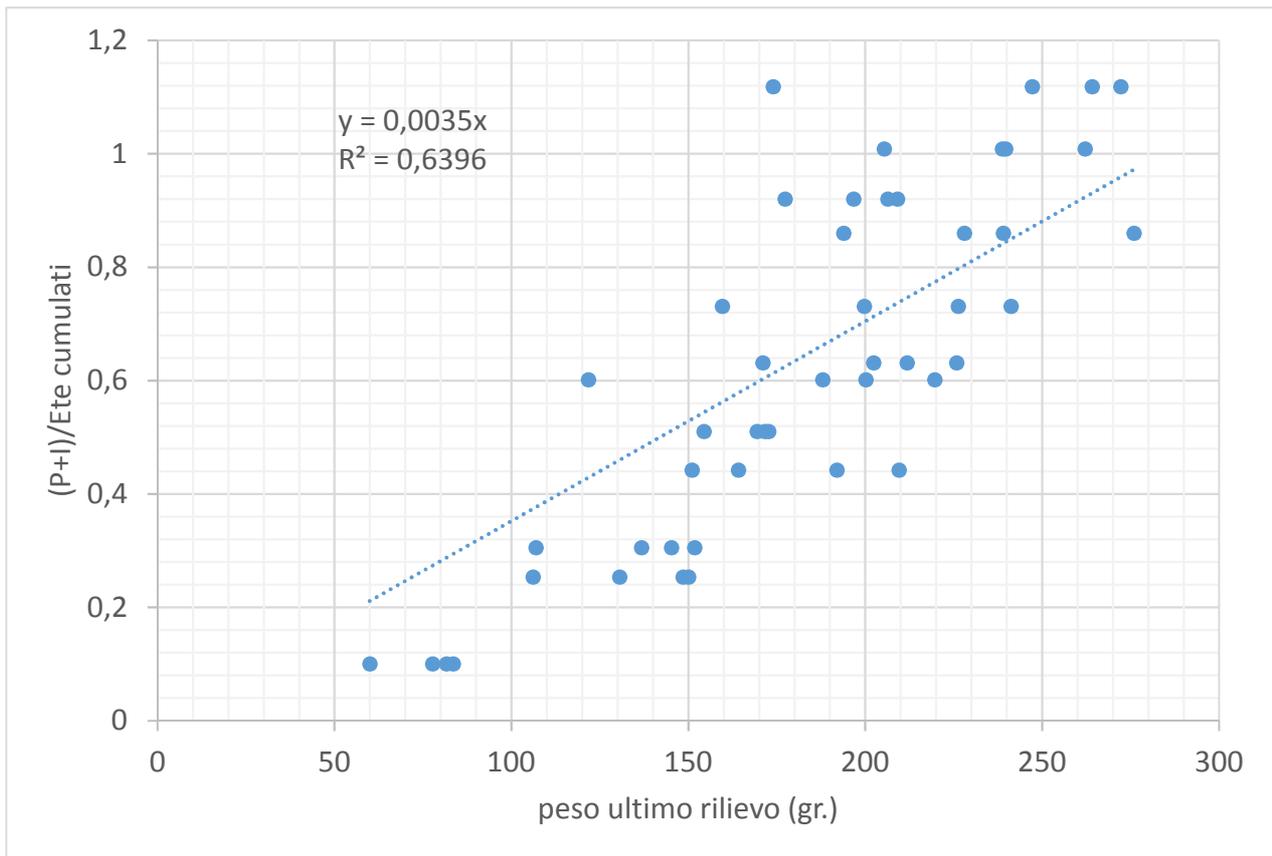


Figure 3: scatterplot tra l'accrescimento diametro e il tasso di restituzione idrica per la coltura del pero

AZIONE 3.2. Sviluppo delle logiche e del software per l'integrazione in IRRINET dei dati ottenuti dai sensori

In questa fase sono stati sviluppati gli algoritmi ed i codici informatici per l'acquisizione e l'integrazione dei dati provenienti dai sensori localizzati nelle aziende agricole all'interno del servizio IRRINET. Lo sviluppo degli algoritmi è stato eseguito da CER mentre lo sviluppo del software è stato eseguito da **ALTAVIA S.r.l.** in collaborazione con CER. I dati per i quali è stata prevista una integrazione in automatico sono: pioggia, durata, temperatura minima, temperature massima, umidità del terreno, volume irriguo e pezzatura dei frutti. Di seguito riportiamo l'elenco e le modalità di acquisizione dai dati:

1. DATI METEO

L'acquisizione dei dati meteo è stata integrata in IRRINET ampliando e modificando la soluzione già presente nel sistema e denominata "pluviometro". Il servizio è stato esteso aggiungendo le funzionalità di acquisizione dei dati termometrici e, ciò, è disponibile per la singola azienda agricola iscritta in IRRINET. L'utente può associare la "nuova stazione meteo" ad 1 o più appezzamenti. L'applicativo è stato integrato delle formule del calcolo dell'ETO di Hargreaves. Oltre all'estensione dell'interfaccia web per l'acquisizione dei dati meteo è stata realizzata anche un specifica chiamata WebAPI JSON per l'integrazione automatica che inserirà il dato direttamente nella base del calcolo di IRRINET. **La realizzazione della WebAPI JSON consentirà, a qualsiasi agricoltore** che dispone di una stazione meteo, di **inviare direttamente ad IRRINET** i dati meteo relativi al suo specifico appezzamento migliorando la puntualità della previsione in maniera automatizzata.

1.1. Gestione stazione meteo locale

Il concetto di pluviometri già presente in IN è stato esteso per comprendere anche le temperature e l'evapotraspirazione. Le stazioni meteo locali sono memorizzati nella tabella MeteoStation con OwnerType = 'F' (F = farm) per distinguerli dalle stazioni meteo di rete che sono di tipo N = network.

L'interfaccia di gestione delle stazioni meteo locali permette di compilare anche i due campi [MeteoStLatitude] e [MeteoStLongitude] con verifica che siano numeri decimali compresi in un range di validità WGS84, i campi non sono obbligatori però sono necessari per il calcolo di Et0 con la formula di Hargreaves.

Nella lista stazioni meteo locali sono presenti i link per accedere al registro dei relativi dati meteo.

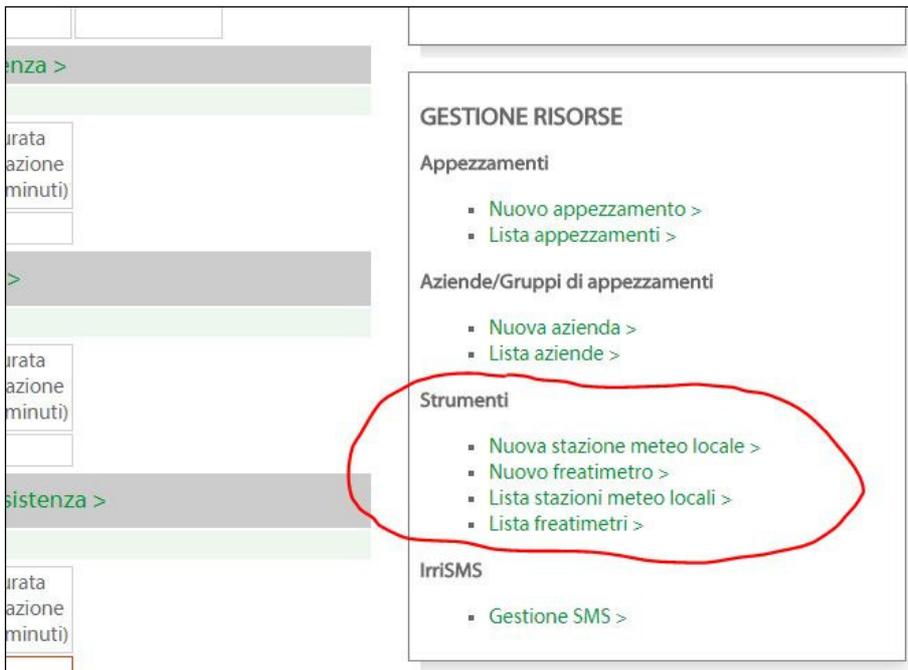


Figura 1 Menu per la gestione delle stazioni meteo locali

The image shows a form titled "Creazione nuova stazione meteo locale". At the top, there is a header with the logos for "Irrinet CANALE EMILIANO ROMAGNOLO" and "Irriframe by ANBI". To the right of the logos, it says "Utente Marione Rossi" and "Email demo@irriframe.it".

The form fields are:

- Descrizione:
- Attivo: (dropdown menu)
- Latitudine:
- Longitudine:

At the bottom left, there is a green button labeled "Salva".

Figura 2 Inserimento e modifica di una stazione meteo locale



Figura 3 Lista stazioni meteo locali

1.2. Gestione del dato meteo locale

Sono state modificate le interfacce con la lista dei dati meteo di stazione locale e l'inserimento/modifica del dato meteo in modo che oltre alla pioggia e durata di pioggia sia possibile inserire, modificare e cancellare i seguenti dati:

[ET] ETO (fornita o calcolata)

[Tmin]

[Tmed]

[Tmax]

Il campo ET è facoltativo: se l'utente lo lascia vuoto viene calcolato al salvataggio in base alla formula di Hargreaves se invece non è nullo viene salvato tal quale senza calcolo.

Nel caso la stazione locale non abbia le coordinate di geolocalizzazione ET non può essere calcolata e quindi si segnala all'utente.

In caso di modifica del dato meteo, il valore di ET viene comunque mostrato sia che sia stato imputato dall'utente sia che risulti dal calcolo (non esiste nel DB IN un campo per discriminare). E' l'utente che se lo cancella e salva induce un ricalcolo se invece lo edita verrà salvato tal quale (stesso principio dell'inserimento nuovo dato meteo).

Controlli sui dati inseriti:

1. ET e temperatura sono numeri decimali
2. Intervallo di validità dei valori
3. Valore minimo di Temperatura = "-30"
4. Valore massimo di Temperatura = "50"
5. Valore minimo di precipitazione = "0,001" (le piogge a zero non vengono salvate in DB in quanto default)
6. Valore Massimo di precipitazione ="200"
7. Valore minimo di ET = "0"
8. Valore massimo di ET = "20"

Nel caso di ET siccome è un dato molto importante è presente una ulteriore validazione solo se il dato non proviene da calcolo ma è imputato dall'utente. In pratica si accetta uno scostamento percentuale dal dato meteo standard di quel giorno per la stazione di riferimento.

La stazione meteo di riferimento viene trovata in base alla geolocalizzazione della stazione meteo locale. Se la geolocalizzazione è assente oppure è presente ma non si trova nessuna stazione meteo di riferimento (si trova fuori dall'area coperta dal servizio) allora il controllo non viene eseguito. Solo nel caso di trovi una stazione meteo di riferimento in base al MeteoSTD si fa il seguente controllo:

Massimo scostamento percentuale dal dato standard di stazione di competenza per quel giorno (MeteoSTD):
 $MeteoSTD - X\% < \text{dato} < MeteoSTD + X\%$ con X configurabile e per ora impostato al 20%.

Se si comunicano solo le temperature ci devono essere tutte e 3 (Min, Med e Max) ed allora la pioggia non è obbligatoria. Per cui l'utente può comunicare o solo la pioggia, o solo le temperature (tutte e 3) oppure sia pioggia che temperature (tutte e 3)

E' inoltre presente un criterio di validazione relativo alla massima escursione termica:

$T_{max} - T_{min} \geq 40$

$T_{max} - T_{min} < 0.1$

Se il dato non rispetta una delle due condizioni non viene salvato.

The screenshot shows the Irrinet website interface. At the top, there is a navigation bar with the Irrinet logo (CANALE EMILIANO ROMAGNOLO) and Irriframe ANBI logo. Below the logo, there are fields for 'Utente' and 'Email', and a 'Profilo >' link. On the right side of the navigation bar, there are links for 'Cruscotto', 'Help', and 'Esci'.

The main content area is titled 'Stazione meteo locale 1136 -Principale > REGISTRO DATI'. Below this title is a table with the following columns: Data, Pioggia valore mm, Pioggia durata h, Et0 mm, Tmin °C, Tmed °C, Tmax °C, Data ricezione, and User. The table contains one row of data for 17/12/2016, with values: Pioggia valore mm: 50, Pioggia durata h: 7, Et0 mm: NP, Tmin °C: NP, Tmed °C: NP, Tmax °C: NP, Data ricezione: 17/12/2016, and User: [redacted]. A 'Modifica Elimina' link is present at the end of the row.

To the right of the table, there is a sidebar with the following text: '< Torna al Cruscotto Irriguo', '< Torna a lista stazioni', 'Questi dati di pioggia interessarano tutti gli hanno come pluviometro aziendale il pluviom', 'Per modificarlo tornare al menù appezzamer', and '"Contesto ambientale"'. At the bottom of the sidebar, there is a link 'Nuovo dato meteo >'.

Figura 4 Lista dati meteo di stazione locale

Pluviometro 1136 > REGISTRO METEO > MODIFICA

[< Lista meteo](#)

Per inserire le
(Min, Med e Ma
E' possibile in
possieda un pl
L' Et0 (Evapot
oppure **se il ca**
sistema con la
Per il calcolo
temperature e
compilate.
Modificando le
essere cancella
cliccare su salv

Data	<input type="text" value="17/12/2016"/>
Pioggia valore (mm)	<input type="text" value="50"/>
Pioggia durata (h)	<input type="text" value="7"/> ▼
Et0 (mm)	<input type="text" value="4,3"/>
Tmin (°C)	<input type="text" value="10,4"/>
Tmed (°C)	<input type="text" value="11,7"/>
Tmax (°C)	<input type="text" value="12,4"/>

Figura 5 Inserimento di un dato meteo locale

1.3. Calcolo di Hargreaves per determinare ET0

La funzione non è calcolabile se la stazione meteo locale non è geolocalizzata. Partendo dalla geolocalizzazione e dai dati di temperatura la formula restituisce ET0. La formula restituisce gli stessi risultati di quella utilizzata in fase di importazione dati meteo di rete nel caso di ET calcolata e non fornita dalla rete meteo.

1.4. Utilizzo del dato meteo locale nel calcolo del bilancio idrico

Se il dato locale è presente e completo cioè esistono i valori delle 3 temperature (Min, Med e Max) e di ET0 allora si prende questo, in caso contrario si prende quello della stazione meteo di riferimento e se manca anche quello allora si usa MeteoSTD (questi ultimi due passaggi erano già implementati in IN). Non è quindi necessario che l'utente comunichi sempre tutti i dati di temperatura ed ET0 ma vengono utilizzati quelli presenti e dove i locali non sono presenti si usa quello della stazione di rete oppure MeteoSTD.

1.5. WebAPI MeteoG per la gestione del dato meteo

Per gli stessi dati descritti precedentemente è stata realizzata una specifica interfaccia WebAPI per l'integrazione automatica dei dati meteo che, chiamata dalle stazioni meteo aziendali, inserisce i dati direttamente nel DB IN, eventualmente prima calcolando ET0 con formula Hargreaves, e dopo le opportune verifiche di validità.

Gli algoritmi di verifica e controllo dei dati ricevuti prima del loro inserimento sono gli stessi descritti per inserimento via WEB. Se i dati non superano la validazione la chiamata restituisce un errore con il dettaglio di validazione in caso contrario una conferma di inserimento.

La chiamata di tipo POST comprende sia l'inserimento di un dato nuovo che la modifica di uno esistente per facilitare il colloquio con centraline e sensori. Per cui se esiste il dato per quella stazione e per quella data viene eseguito un UPDATE (modifica dato esistente), altrimenti un INSERT (inserimento dato nuovo).

2. DATI DI PEZZATURA DEI FRUTTI

Oltre all'integrazione di IRRINET con i dati climatici e del suolo è stata sviluppata una interfaccia per il monitoraggio dei parametri della coltura. In particolare è stata inserita l'estensione per la gestione degli obiettivi di pezzatura sulle colture arboree da frutto (PF). Il sistema consente di inserire all'interno del bilancio IRRINET obiettivi produttivi connessi con la misurazione dell'accrescimento del frutto, in modo da poter validare il criterio gestionale seguito o in alternativa modificarlo per rispondere ai requisiti prefissati. L'estensione PF funziona esternamente al sistema di bilancio idrico e è essa stessa interrogata dal sistema IRRINET, qualora l'utente decida di utilizzare l'estensione all'interno del servizio. In questo caso IRRINET prima dell'invio del consiglio può interrogare l'estensione PF per verificare gli obiettivi produttivi previsti ed eventualmente modificare di conseguenza il consiglio irriguo.

2.1. Integrazione tra PF e IN: estensione della base dati e relative interfacce WEB

In PF è stato inserito come attributo di appezzamento il campo ID Irrinet di plot [IdPlotIF]. E' sufficiente ID plot in quanto come CHUNIT si considera sempre quella corrente.

Questa associazione è di tipo manuale e viene effettuata dal gestore di PF per i clienti che fanno richiesta di una integrazione con IN.

E' stata estesa l'interfaccia PF di gestione plot (solo per utente admin vedi Figura 6) con questo nuovo campo. Per facilitare l'inserimento degli ID plot è stato aggiunto un pulsante "Cerca ID" che sulla base della email di un utente IN restituisce la lista dei plot presenti in IN con i relativi ID.

In pratica inserendo una email se questa è presente in IN permette di scegliere tra una lista di ID:

Per ciascun ID vengono mostrate le seguenti informazioni:

1. <PlotId>
2. <PlotNum>
3. <CropTypeDescr>

In IN è stato aggiunto alla tabella Plot il campo [PFidPlot] che contiene ID del Plot di PF da chiamare per ottenere le pezzature. Saranno chiamati solo i Plot con valore non nullo di questo campo per ottimizzare le prestazioni.

Per ora il campo viene gestito direttamente nel DB IN e non è stato integrato nella interfaccia Web

In PF nella pagina dei risultati è stata inserita la pezzatura obiettivo che viene compilata dall'utente (vedi Figura 7). Nel DB PF è stato aggiunto il campo [TargetSize] alla tabella HarvestingDates ed è gestito l'inserimento di un solo record per idPlot di PF e Anno

Nella dashboard di IN è stato modificato il link al dettaglio irriguo come segue:

1. Dettaglio con obiettivo pezzatura > (se attivo solo PF cioè plot.IdPF non nullo)
2. Dettaglio con fertirrigazione/obiettivo pezzatura > (se attivo sia PF che fertirrigazione)

Nel caso sia attiva l'integrazione con PF nella pagina di dettaglio irriguo viene visualizzata anche una sezione con le informazioni di pezzatura fornite da PF (vedi Figura 8).

Numero di frutti da misurare per pianta

Tag di aggregazione

Tag di aggregazione

Identificativo Plot in Irrinet/Irriframe

Id utente Irriframe:

Figura 6 Interfaccia plot di PF con campo identificativo IN


PERFrutto Horticultural Knowledge

CER - Consorzio di Bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo (User) - Ultimo accesso 07/08/2017 [Esci](#)

Seleziona anno:

Home Risultati globali Assistenza

[Date di raccolta a confronto >](#) [Confronto previsioni/risultati >](#)

Risultati appezzamento - MARCONI Rosy Glow 2011 PROVA PSR IRRINET PERFRUTTO Melo Rosy Glow

Data raccolta

Numero frutti per pianta

Pezzatura obiettivo

DIAMETRI REALI e PREVISTI (25/10/2017)

Data	26/06/2017	07/07/2017	21/07/2017
Diametro medio - REALE	47,8	52,1	56,4

Figura 7 Interfaccia risultati di PF con inserimento dell'obiettivo pezzatura

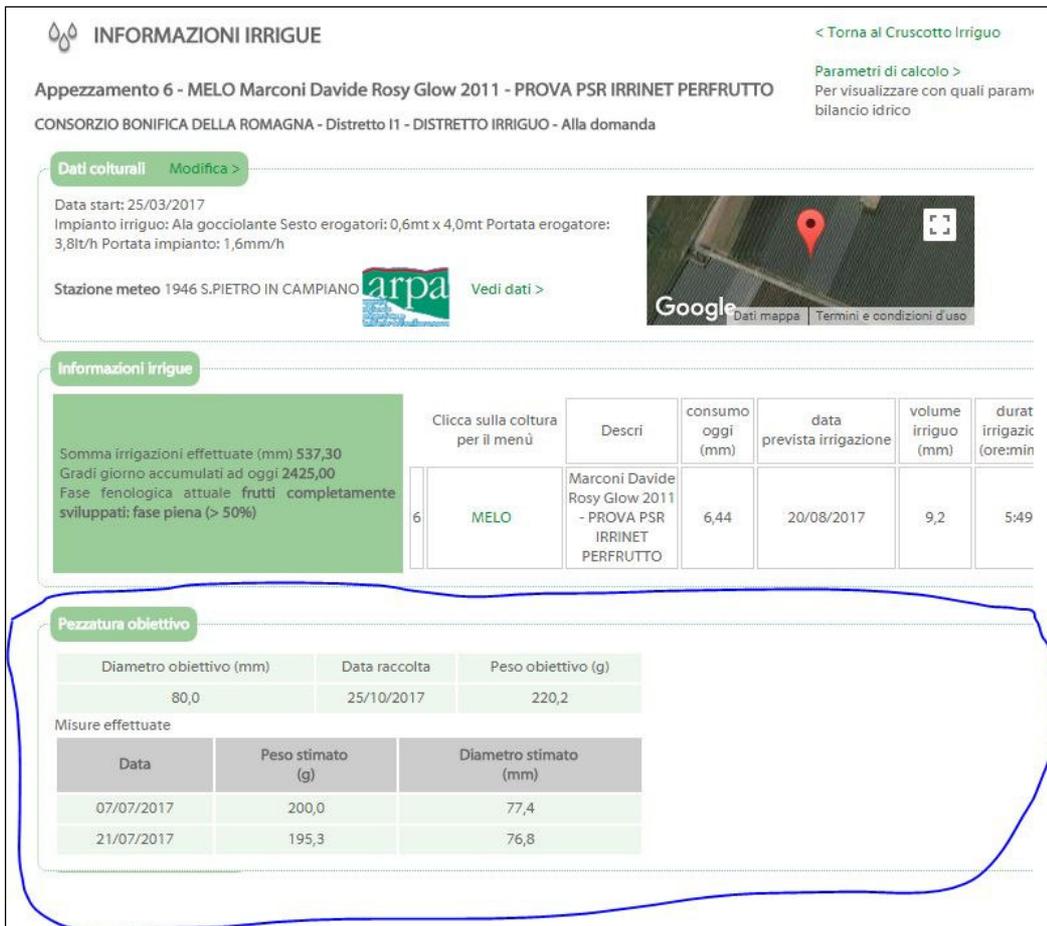


Figura 8 Dettaglio irriguo con valori restituiti da PF

2.1. Modifica al calcolo di bilancio inserendo il nuovo KegSize

Estensione dell'attuale algoritmo di calcolo del bilancio idrico inserendo nel calcolo dei consumi anche il KegSize.

Il KegSize ha valore 1 fino a quando non è presente la SECONDA misurazione di PF ovvero fino a quando non viene prodotta la prima proiezione di peso.

Il KegSize viene applicato dalla "MeasuresDate" fino alla successiva comunicazione di PF. Quando è presente una NUOVA MISURAZIONE di PF da quella data INDIETRO viene mantenuto il KegSize precedente.

L'algoritmo per il calcolo del KegSize è ripotato nel box seguente.

1) Variabili di:

a. PERFRUTTO

PesoUOB = peso unitario obiettivo – u.m. [gr.] (Calcolato in PERFRUTTO a partire dal diametro obiettivo inserito dall'utente)

PesoUR = peso unitario rilevato – u.m. [gr.] (Calcolato in PERFRUTTO a partire dal diametro MISURATO al giorno d)

DeltaPeso = PesoUOB – PesoUR -> variabile da passare a IRRIFRAME FINO a nuova rilevazione

b. IRRIFRAME

mKsize = variabile come da tabella seguente

IDCropType	SumT	mKsize
crop type	somma termica	

SumT = si intende il valore di somma termica relativo alla fase fenologica, quindi coincide con i valori che fanno scattare le varie fasi fenologiche

KsizeMAX = valore massimo del parametro KsizeMAX da mettere in GENERAL PARAMETERS fissato per ora ad 0,5

2) ALGORITMO:

1) $Ksize = DeltaPeso * mKsize$

2) IF $|Ksize| > KsizeMAX$ THEN

 IF $Ksize < 0$ THEN

$Ksize = KsizeMAX * -1$

 ELSE

$Ksize = KsizeMAX$

3) $KegeSize = 1 + Ksize$

• Il KegeSize dovrà essere utilizzato per il calcolo di ETe nella seguente FORMULA riportata in modo esemplificativo:

○ $Ete = ETO * Kc * KEGE * KegeSize$

○ Quindi KegeSize non dovrà andare a sommarsi agli altri Kege

• A passo TEMPORALE il KegeSize rimarrà SEMPRE valido fino a NUOVA COMUNICAZIONE

• Il KegeSize deve rimanere 1 fino a quando non ho la SECONDA misurazione di perfrutto ovvero fino a quando non ho una proiezione di peso

• Il KegeSize deve essere applicato dalla "MeasuresDate" fino alla successiva comunicazione di perfrutto

• Quando ho una NUOVA MISURAZIONE di perfrutto bisogna che da quella data INDIETRO venga mantenuto il KegeSize precedente ovvero che il KegeSize venga conservato in un db

2.2. Estensione del CSV IN con nuova colonna KegSize

Il CSV IN utilizzato nelle verifiche e collaudo è stato esteso con una nuova colonna KegSize. La nuova colonna è aggiunta come ultima colonna dopo BF (beneficio) per compatibilità con il pregresso.

2.3. Nuova tabella parametrica WBPARGegSize

Nel DB IN è stata inserita una nuova tabella parametrica denominata WBPARGegSize che sulla base del tipo di coltura (IDCropType) ed il valore percentuale di scostamento recuperi un coefficiente (Keg) che aumenta o riduce i consumi calcolati dal bilancio idrico.

La tabella WBPARGegSize ha la seguente struttura:

- IDCropType
- Sequelnd
- SumT
- MKsize (Coefficiente che moltiplicato per il Delta Peso stimato da Perfrutto, serve a calcolare il KegSize)

2.4. WebAPI TargetSize in PF che restituisce pezzatura stimata e obiettivo

Nella piattaforma PF è stata realizzata una WebAPI che in base ad un ID plot fornito restituisce i due valori di pezzatura prevista, risultato dell'algoritmo di calcolo di PF e la pezzatura obiettivo

3. DATI UMIDITA' DEL SUOLO

I dati di umidità del suolo possono essere acquisiti in automatico essendo stata aperta, anche per essi, una specifica chiamata WebAPI JSON. La chiamata consente di inviare i seguenti dati ad IRRINET: 1) valore umidità del suolo espressa in percentuale sul volume e 2) profondità del misurazione. Le centrali meteo dotate di sensori di umidità e/o singoli sensori dotati di GPRS possono comunicare direttamente ad IRRINET i dati di umidità del suolo. In considerazione del passo di calcolo di IRRINET si studierà nella fase 3 la frequenza di invio più adatta, ma comunque al massimo a cadenza giornaliera. Il dato inviato deve essere calcolato come media dei valori elementari di umidità del suolo a partire dalla mezzanotte fino alle sette del mattino. Tale procedura è stata sottoposta a test nella fase 3 del piano. Il dato non deve essere inviato in caso di piogge o irrigazioni. Particolare attenzione è riposta nello sviluppo degli algoritmi che consentono la validazione qualitativa del dato al fine di non apportare modifiche al bilancio che possano inficiare il consiglio irriguo. La prima verifica a livello di ciclo di controllo del dato viene eseguita confrontando i parametri idrologici calcolati in IRRINET con il valore comunicato al fine di evidenziare eventuali problemi intrinseci del sistema. Inoltre durante l'acquisizione del dato di umidità del suolo viene applicato e validato il metodo di interpolazione del dato misurato lungo il profilo a partire dalla profondità comunicata dall'utente per una corretta integrazione nel modello IRRINET.

3.1. WebAPI UmiditaG per la gestione del dato di umidità del suolo

Per la gestione del dato di umidità è stata realizzata una specifica interfaccia WebAPI che inserisce i dati direttamente nel DB IN dopo le opportune verifiche di validità.

Gli algoritmi di verifica e controllo dei dati ricevuti prima del loro inserimento sono gli stessi dell'inserimento via WEB. Se i dati non superano la validazione la chiamata restituisce un errore con il dettaglio di validazione in caso contrario una conferma di inserimento.

La chiamata di tipo POST comprende sia l'inserimento di un dato nuovo che la modifica di uno esistente. Per cui se esiste il dato di umidità per quel PLOT e per quella data viene eseguito un UPDATE (modifica dato esistente), altrimenti un INSERT (inserimento dato nuovo).

Il parametro ORIGINE, per le sonde volumetriche, assumerà sempre un valore fisso in quanto legato al tipo di strumento (sonda, satellite, etc..).

3.2. Controlli e validazione del dato di Umidità del suolo

Sono stati implementati degli algoritmi di validazione qualitativa del dato ricevuto prima del suo inserimento. In particolare la verifica viene eseguita confrontando l'umidità calcolata da IN per il giorno di rilievo con il valore comunicato sulla base di un range di tolleranza come studiato nella fase 1 del provetto.

Se i dati non superano la validazione sarà restituito un errore con il dettaglio di validazione in caso contrario una conferma di inserimento.

I controlli effettuati sono schematicamente i seguenti

- Il primo valore di umidità del sensore dopo la data fase start viene accettato se ricade nell'intervallo tra CIM (capacità idrica massima) e PA (punto di appassimento)

- Dal secondo valore di umidità dopo data start vengono applicate le seguenti regole:

UmS_d = Umidità suolo da assimilare in irriframe al giorno d

Umlrri_d = Umidità suolo calcolata da Irrinet al giorno d

UmSens_d = Umidità suolo dal sensore al giorno d

DeltaUm_d = |(Umlrri_d – UmSens_d)/ Umlrri_d| al giorno d (in valore assoluto)

SogliaALPHA = 0.20

Il valore di soglia Alpha deriva dalle analisi del dato riportate nella relazione nell'azione 3.1 in base al metodo dell'*Ensemble Kalman Filter* in cui lo scostamento medio dal modello risultava del 16%. Prudenzialmente si adottato il valore del 20% aumentando la soglia di accettabilità.

Le altre variabili sono quelle standard di irrinet.

- 1) Il **primo valore** di umidità suolo del sensore dopo data fase start viene assimilato prendendo come soglia di accettazione minore di CIM e maggiore PA.
- 2) Dal **secondo valore** di umidità suolo dopo start:

- a. IF **UmSens_d** > CIM_d OR **UmSens_d** < PA_d THEN **UmS_d** = **Umlrri_d** (ovvero non prendo il dato di sensore perché sono fuori scala)
- b. IF **UmSens_d** > CIC_d AND **UmSens_d** < CIM_d THEN **UmS_d** = **UmSens_d**
- c. IF **UmSens_d** <= **SolrrInf_d** THEN **UmS_d** = **SolrrInf_d**
- d. IF **DeltaUm_d** < **SogliaALPHA** THEN **UmS_d** = **Umlrri_d**
ELSE IF
DeltaUm_d > **SogliaALPHA** THEN **UmS_d** = **UmSens_d**

Il valore della SOGLIA dovrà essere soggetto a TEST

3.3. Estensione tabella UmiditaG per dato comunicato e normalizzato

Alla tabella registro umidità (UmiditaG) sono stati aggiunti dei campi in modo che venga salvato tal quale il dato originale comunicato mentre nell'attuale campo viene salvato il dato normalizzato secondo il processo di validazione:

- A. Umidita_perc_Vol_comu
- B. Umidita_perc_Vol_calc
- C. IsInRange
- D. Origin

Se il dato comunicato non passa i controlli viene salvato ma il campo IsInRange viene a posto a FALSE e viene escluso dal calcolo di bilancio.

Il campo Origin serve per discriminare la fonte del dato e assume i seguenti valori:

- A. Utente via WEB = 1
- B. Sensore = 2
- C. Satellite = 3

AZIONE 3.3. Applicazione e verifica a scala aziendale del sistema di integrazione automatica dei dati sito-specifici (clima-suolo-coltura) in IRRINET

Nel 2018 l'attività di sviluppo e verifica in campo dell'integrazione tra la sensoristica a terra ed IRRINET è stata ampliata a molte aziende presenti in tutto l'areale produttivo della regione Emilia-Romagna. Di seguito riportiamo l'elenco delle aziende agricole del 2018 nelle quali le stazioni di monitoraggio sono state integrate nel sistema Irrinet.

1. **Azienda Agricola RICCI** (FC) che produce Kiwi, afferente alla organizzazione di produttori APOFRUIT. L'azienda è localizzata in provincia di Forlì Cesena e sono presenti ed installati i seguenti strumenti: 1 stazione meteo, vari sensori di umidità del terreno (FDR e tensiometri) e vari contatori volumetrici digitali per i volumi irrigui.
2. **Azienda Agricola Società Agricola Sandri Maurizio e Paolo S.S** (IMOLA) che produce patata, afferente alla organizzazione di produttori ASSOPA. L'azienda è localizzata in località Sasso Morelli e sono presenti ed installati i seguenti strumenti: 1 stazione meteo, vari sensori di umidità del terreno (FDR e tensiometri) e vari pluviometri dislocati sugli appezzamenti per la misurazione dei volumi irrigui distribuiti con metodi a pioggia.
3. **Azienda Agricola Marconi** (RA) afferente alla OP APOFRUIT che produce mele. Nell'azienda sono stati installati sensori di accrescimento del frutto oltre ai sensori già presenti rappresentati da: 1 stazione meteo, vari sensori di umidità del terreno (FDR e tensiometri).
4. **Azienda Agricola Giuliani** (FC) afferente alla OP APOFRUIT che produce kiwi con stazioni meteo, sensori per l'umidità del suolo e pressostati per il rilievo della pressione sulle linee gocciolanti e sulle linee di adduzione dell'acqua al sistema irriguo per aspersione.
5. **Azienda Agricola Barbieri** (PC) afferente al gruppo CIO che produce pomodoro con sensori di umidità del suolo multilivello.
6. **Azienda Agricola Cattivelli** (PC) afferente al gruppo CIO che produce pomodoro con sensori di umidità del suolo.
7. **Azienda Agricola Repetti** (PC) afferente al gruppo CIO che produce pomodoro con sensori di umidità del suolo.
8. **Azienda Agricola Ghirardello** (FE) afferenti alla OP COPACOLOGNA che produce mais con sensori di umidità del suolo.
9. **Azienda Agricola Rigattieri** (BO) che produce patata con sensori di umidità del suolo.
10. **Azienda Agricola Venturi** (RA) che produce kiwi con sensori di umidità del suolo e pressostati per la misura della durata dell'intervento irriguo.
11. **Azienda Agricola Po (le Querce)** (MO) che produce pere ed è stata integrata con il servizio PERFRUTTO.

Per le aziende agricole Ricci, Giuliani e Sandri l'integrazione tra la sensoristica in campo e il servizio Irrinet è stata eseguita anche utilizzando i dati delle stazioni meteo locali confrontate con i dati dei quadranti meteo ERG5 di ARPAE.

1) FASE 1: RILIEVI IN CAMPO E SVILUPPO SOFTWARE E HARDWARE (2018)

In questa fase sono stati eseguiti i rilievi in campo ed i test informatici per la verifica del funzionamento del sistema di integrazione tre sensori nelle aziende agricole e servizio Irrinet. Il CER ha sviluppato il software di comunicazione tra la strumentazione già presente nelle aziende agricole ed il sistema IRRINET. La presente fase è stata realizzata in collaborazione con 2 aziende fornitrici di sensoristica: Pessl instruments – Metos con sede in Austria partner di ASSOPA e APOFRUIT e Winet Srl di Cesena partner di APOFRUIT.

Le aziende fornitrici di stazioni meteo e sensoristica, che già lavorano con le OP partner del progetto, hanno reso disponibile l'accesso ai dati attraverso applicazioni per smartphone, pagine web dedicate o sistemi automatizzabili. Utilizzando quest'ultimo metodo le stazioni meteorologiche e gli altri sensori, ad uso delle Aziende Agricole partner del progetto, sono stati integrati nel sistema IRRINET sviluppando un software specifico nel server del CER. Nella Figura 1 abbiamo riportato uno schema del flusso di dati. Il servizio IRRINET, ampliato all'interno del progetto attraverso lo sviluppo di applicazioni software interoperabili, ha assunto le dimensioni di piattaforma applicativa distribuita

agganciandosi al concetto più ampio di Web Service. Il paradigma del Web Service rende la piattaforma capace di interagire in maniera trasparente con applicazioni sviluppate con linguaggi diversi incrementando l'efficienza e scalabilità del servizio Irrinet. Rendendo il servizio Irrinet un Web Service le possibilità di diffusione si amplificano perché integrabili all'interno di altre piattaforme che possono raggiungere l'utente finale attraverso molte strade.

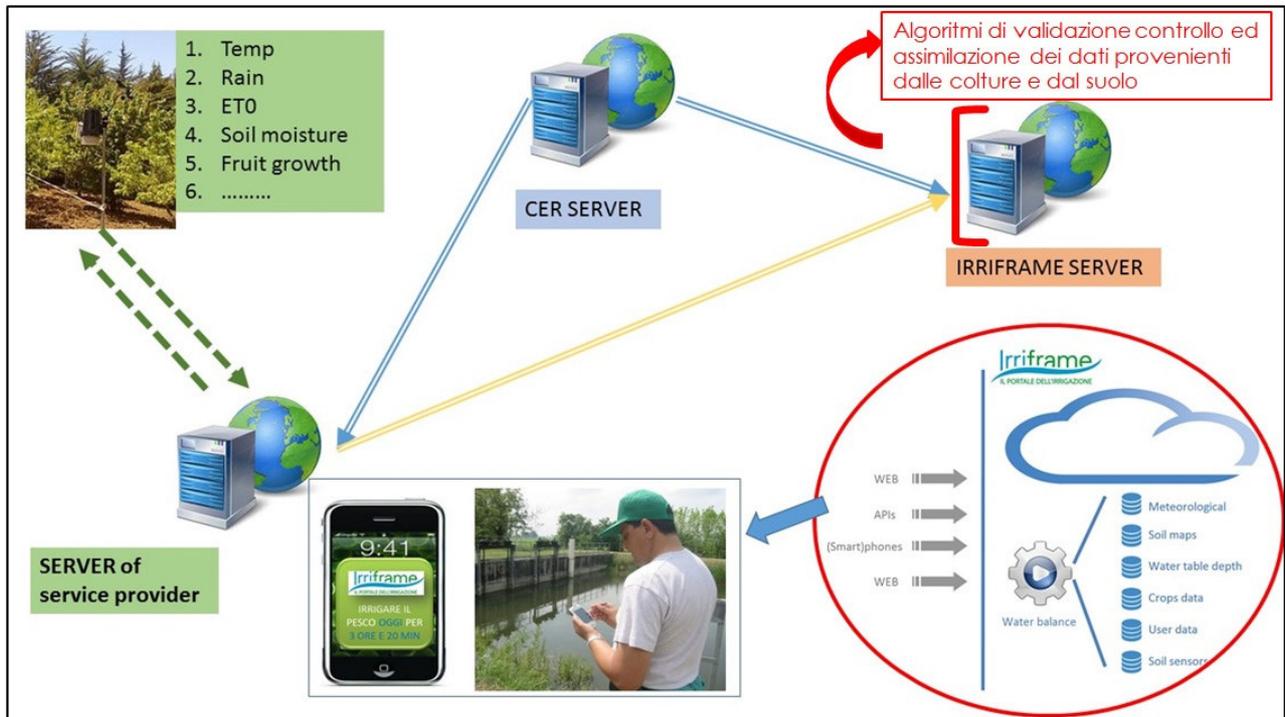


Figura 1: schema di flusso dei dati

Il server CER è stato sviluppato tipo pipeline ETL (Extract, Transform and Load), ovvero implementando funzionalità di estrazione dei dati dai server di Pessl, trasformando e formattando tali dati in funzione delle necessità e, successivamente, caricando poi tali dati tramite API REST nel server IF secondo le tempistiche definite.

Per quanto riguarda le stazioni meteo Winet Srl l'estrazione dei dati e la trasformazione è stata fatta direttamente dalla azienda utilizzando per il caricamento tramite API REST sui IF usando una libreria sviluppata per il progetto.

Nel 2018, oltre a quanto sviluppato nel 2017, sono state implementate altre funzionalità di cui riportiamo un breve descrizione. Di seguito l'elenco dei processori sviluppati (Extract) per l'estrazione dei dati acquisiti dai sensori di campo:

- **Umidità del suolo** come media del valore orario dalle ore 00:00 sino alle ore 06:30 del giorno t
- **Pluviometria totale** giornaliera del giorno t-1
- **Numero di ore di pioggia** del giorno t-1
- **Temperatura Media, Massima e Minima** giornaliera del giorno t-1
- **Evapotraspirazione** di riferimento del giorno t-1 (ove disponibile) altrimenti dal dato di temperatura il sistema Irrinet calcola l'ETO con la formula di Hargreaves di ARPAE.
- **Durata dell'intervento irriguo**, in minuti del giorno t-1, **misurate dai pressostati posizionati sulle linee gocciolanti e sulle linee di adduzione dell'acqua al sistema per aspersione** (doppio impianto irriguo per i frutteti)
- **Volume dell'intervento irriguo come misurato dal pluviometro di campo** per impianti di irrigazione per aspersione

Tali dati sono poi post-processati (Transform) al fine di ottenere delle informazioni adatte per correggere il bilancio idrico del suolo, effettuato con IF, quindi migliorandone l'affidabilità secondo il seguente schema:

- L'**umidità del suolo** è stata inserita all'interno del bilancio a **cadenza settimanale** al fine di limitare l'effetto che tale valore avrebbe avuto sul bilancio qualora inviata giornalmente
- Per quanto riguarda Pessl i valori di pioggia provenienti delle stazioni meteo di campo sono stati utilizzati per calcolare i volumi irrigui applicati alle colture con impianti irrigui semoventi tipo rotoloni o barre, confrontando tali valori con le pluviometrie registrate dai pluviometri meteo presenti. In questo modo è stato possibile verificare la natura dell'evento meteorico registrato dal pluviometro di campo e quindi attribuirlo all'intervento irriguo o no. Di seguito riportiamo l'algoritmo sviluppato per tale verifica.

```

if ($valOUT_IrrH < 1) {$valOUT_IrrH = 0;} // set rain mininum 1 mm perchè se metto con < 1 then = 0
poi conta nelle ore e vede magari 0.2 e considerata durata 1 ora
/**/
/**/ CONTROL IF IrrH is IRRIGAZIONE or RAIN
if ($valOUT_RainH > 0) {$valOUT_IrrH = 0;} // controllo Irrigazione se pioggia è > di 0 allora
Irrigazione = 0
if ($valOUT_IrrH < 10) {$valOUT_IrrH = 0;} // se Irrigazione è minore di 10 allora irrigazione = 0
(perchè vuol dire che il pluviometro da campo ha letto una pioggia localizzata

```

- Per quanto riguarda sia Winet Srl che Pessl è stato sviluppato un algoritmo per integrare i volumi irrigui realmente applicati misurati dai pressostati in campo, all'interno del bilancio idrico considerando la presenza di eventuali doppi impianti. È prassi comunque, nelle aree frutticole, di predisporre il doppio impianto irriguo (microirrigazione più aspersione). Tale tendenza si è andata affermando negli ultimi anni per varie cause tra le quali: il sottodimensionamento degli impianti micro-irrigui più vetusti alla luce degli incrementi di evaporati (negli anni più caldi si arriverà a picchi di 7 mm al giorno), la diffusione della pratica della climatizzazione dei frutti nelle settimane di massima insolazione. Nelle aziende pilota, ove presenti pressostati per la misura della durata dell'intervento irriguo sia sull'impianto microirriguo che per aspersione, è stato sviluppato un algoritmo che considerasse i volumi irrigui complessivi applicati alle colture.

Per il progetto nel 2018 sono state sviluppate nuove funzionalità nella libreria PHP denominata *dll_APIrest_IRRIFRAME.php*, sviluppata nel 2017. Di seguito riportiamo alcune specifiche delle funzionalità:

```

// /**/ /**/ dll_APIrest_IRRIFRAME /**/ /**/
// *** - date 23/06/2018
// *LIST OBJECT and FUNCTION
// 1 - pushToIrriframe_IrrigationAmount : send to irrinet IRRIGATION AMOUNT
// 2 - getData : get data from PESSL WEBAPI SERVICE
// 3 - pushToIrriframe_SoilMoisture : send to irrinet Soil MOISTURE VALUE
// 4 - pushToIrriframe_MeteoData : send to irrinet Soil MOISTURE VALUE
// 5 - extractData : extract and Elaborate data from PESSL WEBAPI SERVICE

```

class getData	// OGGETTO estrai data da PESSL webAPI: input : \$stationID, \$TimeStep (hourly and daily), \$LengthBack(timestep back) output : response from server //LISTA FUNZIONI: getID= restituisce l'ID della stazione di pessl getTimeStep = restituisce il time step delle chiamate getRequest = restituisce la stringa di request che viene inviata al server pessl getHeaders = restituisce gli headers della chiamata getResponse = restituisce la RISPOSTA del server pessl della chiamata
class extractData	//OGGETTO ESTRAI VALORI E CALCOLI extractData INPUT: \$request = id del valore da estrarre da response di pessl \$response = response of api pessl call to parse \$scal = calculation of parameter (avg, last, precDurataCalc, Et0) OUTPUT: \$output = output value of calculation PROCESS: convert parameter name to pessl parameters extract from response to parse and calculate value
class pushToIrriframe_SoilMoisture	// OGGETTO push data SOIL MOISTURE into IRRIFRAME via webapi: input : \$IDplot, \$SoilMoisture, \$Date, \$DeepLevel output : response from server //LISTA FUNZIONI: GetPushToIrriframe = inserisce dato umidità suolo in IRRIFRAME
class pushToIrriframe_MeteoData	// OGGETTO push data METEO into IRRIFRAME via webapi: input : \$RainstationId \$Date, \$RainMM, \$RainH, \$Et, \$Tmin, \$Tmed, \$Tmax output : response from server

	//LISTA FUNZIONI: GetPushToIrriframeMeteo = inserisce dato meteo in IRRIFRAME
class pushToIrriframe_IrrigationAmount	// OGGETTO push data IRRIGATION AMOUNT into IRRIFRAME via webapi: input : \$IDuser, \$IDplot, \$DateIrr, \$Volumemm, \$DurataMinuti //output : response from server //LISTA FUNZIONI: checkIrrFormat = verifica il formato dell'irrigazione (durata o volume) GetPushToIrriframeIRRI = esegui l'upload via Web api sul server

Al fine di poter disporre di una serie di informazioni sui processori di integrazione dei dati dei sensori sviluppati nel progetto è stata realizzata una pagina web con i log dei risultati. Nell'immagine seguente riportiamo uno screenshot della pagina web di log generate dal server del CER.

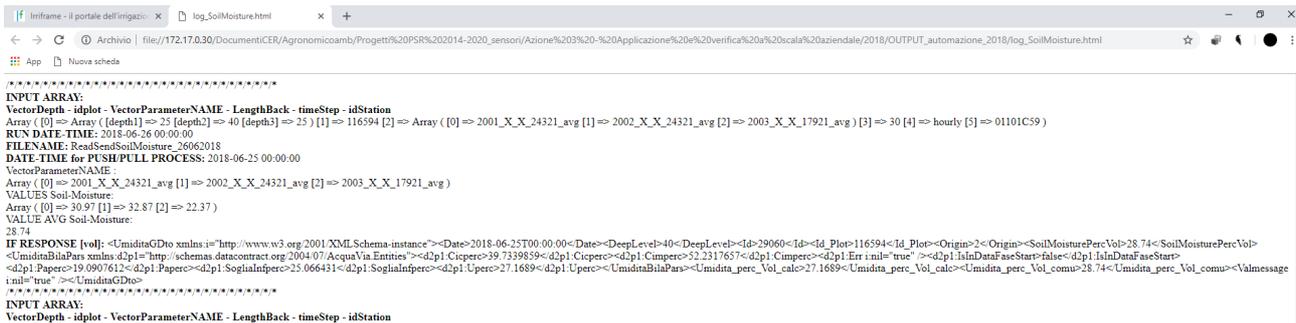


Figura 2: screenshot della pagina di log

Nella figura 2 abbiamo riportato un estratto della pagina web di log realizzata, dalla quale era possibile visualizzare i dati estratti dal server Pessl, il risultato della loro elaborazione e la risposta all'upload, tramite webAPI, sul portale Irrinet. Per quanto riguarda i dati Pessl viene riportata la stringa con l'ID della centralina, i vari ID dei parametri estratti riferiti ai diversi sensori, la data in cui è avvenuto il processo, il risultato del post-processamento riportato sotto a "VALUE AVG Soil-Moisture" e la risposta di Irrinet al caricamento. Nella risposta di Irrinet all'upload, ritroviamo tutti i parametri calcolati utilizzati nell'algorithmo per l'assimilazione del dato quali: capacità idrica massima, capacità idrica di campo, soglia inferiore e superiore di intervento, umidità del suolo calcolata ed umidità del suolo comunicata. Il valore integrato nel modello, dopo l'esecuzione dell'algorithmo di controllo, validazione ed integrazione del dato, è riportato all'interno del tag <SoilMoisturePercVol>.

Nella stazione meteo Pessl da campo sono presenti sensori di umidità 10HS della azienda produttrice Decagon, oltre che a sensori di tensione dell'acqua nel suolo denominati Watermark. Il sensore 10HS stima l'umidità del suolo tramite la misura della permittività dielettrica con metodo capacitivo alla frequenza di 70 MHz. La tecnica della misura della capacitanza si basa sulla rilevazione del tempo necessario a caricare un condensatore secondo la seguente formula:

$$t = RC \ln \left[\frac{V - Vf}{Vi - Vf} \right]$$

Ove R è la serie di resistenze, V è il voltaggio al tempo t, Vi è il voltaggio iniziale e Vf è il voltaggio applicato. La capacitanza C è correlata ad un fattore geometrico F e alla permittività dielettrica (ε) secondo la seguente formula:

$$C = \epsilon_0 * \epsilon * F$$

Ove ε₀ rappresenta la permittività del vuoto ed ε la permittività del suolo che può essere determinata misurando il tempo di ricarica t del sensore nel mezzo poroso. La permittività dielettrica di un materiale è costituita da due componenti: la componente reale, che descrive l'attenuazione delle onde elettromagnetica nel mezzo in termini di velocità e lunghezza d'onda, ed una componente immaginaria che descrive la perdita di carica. La permittività elettrica apparente, composta dalla componente reale ed immaginaria del suolo è correlata al contenuto idrico dello stesso perché il valore della costante dielettrica è circa 8 per la parte solida del suolo, 80 per l'acqua ed 1 per l'aria e, quindi, il valore della permittività dielettrica è strettamente correlato alla stima del contenuto idrico.

L'installazione dei sensori e i dati che essi forniscono possono comunque avere una inevitabile variabilità connessa alla loro localizzazione, al volume di suolo esplorato, alla superficie di contatto con il suolo stesso e ad eventuali malfunzionamenti dei circuiti. Quindi per l'integrazione dei sensori con sistemi automatici è necessario validare la bontà dell'installazione ed il trend delle misure al fine di conseguire risultati affidabili.

Per quanto riguarda i sensori di tensione di umidità del suolo watermark è stata sviluppata una curva di calibrazione per convertire i dati di tensione in umidità espressa in percentuale. Nella tabella seguente riportiamo la formula applicata nell'algoritmo per convertire il dato tensiometrico in umidità del suolo, espresso in percentuale.

```
////*****FUNCTION per conversione cbar to %umidità SUOLO
////*****
function soilwaterpotToSoilwatercontet ($val){
$y = round( (-3 * (pow(10, -10)) * pow($val, 4) + 9 * (pow(10, -8)) * pow($val, 3) + 5 * (pow(10, -6)) * pow($val, 2) - (0.003 * $val) + 0.3874) * 100, 2);
return $y;
}
```

La formula di calibrazione è stata sviluppata dal CER per suoli di medio impasto nei laboratori dell'ente. La formula è stata ottenuta utilizzando il metodo del lisimetro: in un contenitore riempito con suolo, in cui era stato inserito un sensore watermark, è stata aggiunta acqua secondo precisi step incrementali. Il vaso è stato pesato dopo ogni aggiunta per calcolare il contenuto idrico del suolo in volume. Da tale procedura si è ottenuta la formula applicata per l'integrazione del dato da sensore.

2) FASE 2: VERIFICA DI FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA DI COMUNICAZIONE TRA IRRINET E I SENSORI INTERFACCIATI CON ESSO ED ANALISI DELLA QUALITÀ DEL DATO (CER) per l'anno 2018

a. Azienda Agricola SANDRI

Per quanto riguarda l'Azienda Agricola Sandri, per l'annata agraria 2018, si è provveduto ad eseguire l'integrazione della sensoristica in campo presente nell'appezzamento coltivato a patata, varietà primura, di estensione pari a 0,57 Ha. La data di semina è stata il 31/03/2018, mentre la raccolta è avvenuta in data 02/07/2018.

Nell'appezzamento in esame era presente una stazione meteo della Pessl i cui dati sono stati integrati all'interno del servizio Irrinet.

Per l'appezzamento dell'Az.Agr. Sandri sono stati creati 3 appezzamenti su Irrinet:

1. 1 appezzamento con dato meteo da ARPAE ed umidità del suolo comunicata da sensori
2. 1 appezzamento con dato meteo da Pessl con umidità del suolo
3. 1 appezzamento on dato meteo Pessl senza umidità del suolo comunicata da sensori.

Nella seguente figura abbiamo riportato lo screenshot della pagina web di irrinet in cui sono registrati i valori di umidità del suolo integrati dal sistema in automatico. L'invio del dato di umidità del suolo è stato attivato a partire dal mese di marzo. L'invio è avvenuto a cadenza settimanale ogni lunedì mattina alle ore 06:30.

← → 🔍 Non sicuro | www2.irrinet.it/iframe/1002/Plots/umiditaqList/116594

App Nuova scheda

Coltura 9. PATATA > REGISTRO COMUNICAZIONI UMIDITA'

Data start: 31/03/2018
 Impianto irriguo: Rotolone 110
 Sesto erogatori: mt x mt - Portata erogatore: lt/h - Portata impianto: mm/h

Data	Classe stimata	Dato campione TERRA	Dato SENSORE	Profondità del rilievo cm	Data ricezione	Utente	
06/08/2018				40	07/08/2018	Assopa	Modifica Elimina
05/08/2018				40	06/08/2018	Assopa	Modifica Elimina
29/07/2018				40	30/07/2018	Assopa	Modifica Elimina
22/07/2018				40	23/07/2018	Assopa	Modifica Elimina
15/07/2018				40	16/07/2018	Assopa	Modifica Elimina
08/07/2018			23,654	40	09/07/2018	Assopa	Modifica Elimina
01/07/2018			24,41454	40	02/07/2018	Assopa	Modifica Elimina
27/06/2018			24,84914	40	28/06/2018	Assopa	Modifica Elimina
25/06/2018			28,74	40	26/06/2018	Assopa	Modifica Elimina
17/06/2018			34,44	40	18/06/2018	Assopa	Modifica Elimina
10/06/2018			34,48	40	11/06/2018	Assopa	Modifica Elimina
03/06/2018			28,44	40	04/06/2018	Assopa	Modifica Elimina
27/05/2018			28,37	40	28/05/2018	Assopa	Modifica Elimina
20/05/2018			30,82	40	21/05/2018	Assopa	Modifica Elimina
18/05/2018			29,18	40	25/05/2018	Assopa	Modifica Elimina
14/05/2018				40	15/05/2018	Assopa	Modifica Elimina

Figura 3: screenshot della pagina di Irrinet di Sandri relativa ai dati di umidità del suolo inviati

Il valore di umidità del suolo è stato ottenuto come media tra 3 valori di umidità del suolo: 2 proveniente da sensori capacitivi tipo SM100 ed 1 proveniente dalla conversione in volume dell'umidità espressa come tensione misurata con il sensore watermark, utilizzando una formula sviluppata ad hoc dal CER sulla base di dati rilevati in campo come segue.

Nella immagine seguente riportiamo lo screenshot, relativo alla pagina web su Irrinet, della stazione meteo Pessl SASSO MORELLI-BEGHINA che ha alimentato con i dati meteo sito specifici in real-time il bilancio idrico di Irrinet per il consiglio irriguo dell'Az.Agricola Sandri.

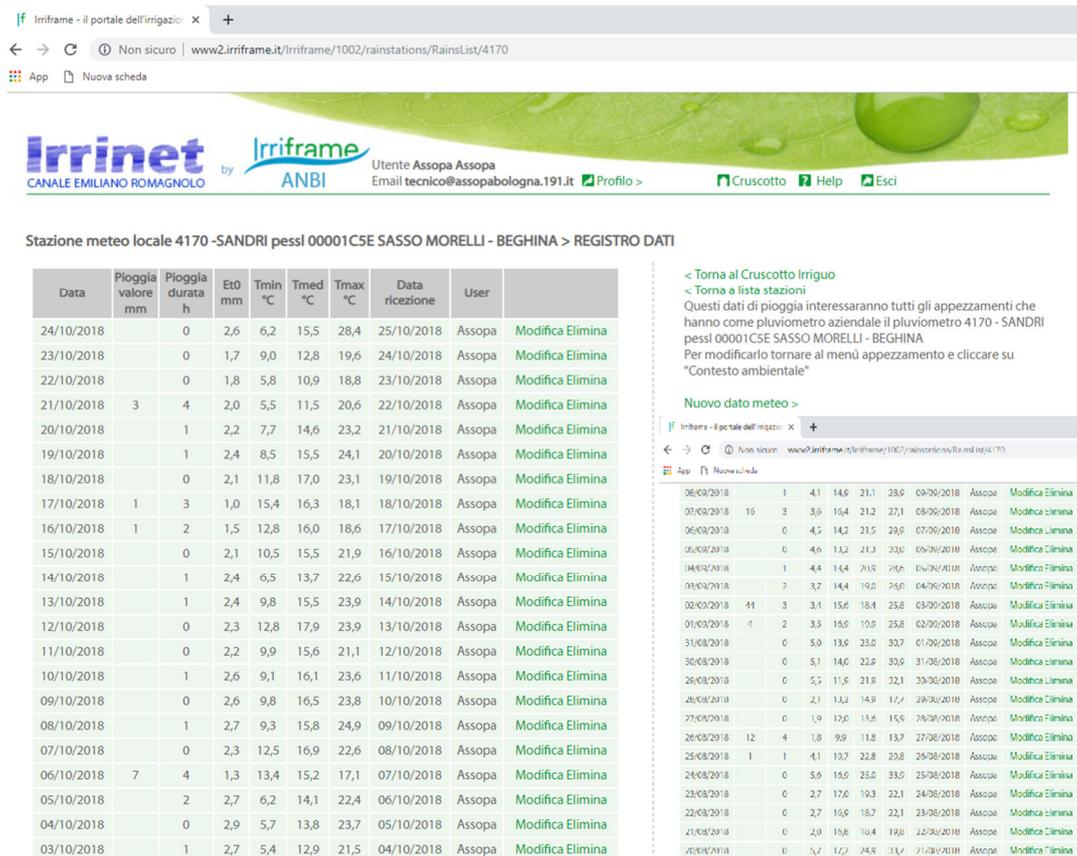


Figura 4: screenshot della pagina web della stazione meteo Sandri Pessl con i dati ricevuti in tempo reale.

I dati sono stati inviati a cadenza giornaliera attraverso il servizio ETL sviluppato nel server del CER. Il servizio estrare i dati meteorologici registrati dalla stazione, li elabora e li invia al servizio Irrinet attraverso delle WEBapi specifiche come descritte precedentemente.

Nella stazione meteo di campo, localizzata nell'appezzamento di patata, erano stati installati 3 sensori di umidità del suolo: 1 sensore tensiometrico watermark posizionato a 25 centimetri, e 2 sensori capacitivi EC10.

I sensori capacitivi sono diffusi per la semplicità di uso e per le semplici caratteristiche dei circuiti elettrici per la loro lettura, anche se le misure sono meno precise dei TDR o FDR e possono essere influenzati dalla presenza di sali.

Il dato di umidità del suolo rilevato dai tre sensori è stato mediato per le profondità di installazione ed inviato a cadenza settimanale ad Irrinet. Nel riquadro sottostante riportiamo la parte di codice implementata nel server ETL per l'estrazione, l'elaborazione e l'invio del dato.

```

//////*****
//////*****MAIN VARIABLE
//////*****SANDRI
$VectorDepth1 = array( "depth1" => 25, "depth2" => 40, "depth3" => 25);
$idplot1 = "116594"; // id plot SANDRI 1
$VectorParameterNAME = array("2001_X_X_24321_avg", "2002_X_X_24321_avg", "2003_X_X_17921_avg");
$VectorParameterTYPE = array("1", "1", "2"); // ID = 1 valori % VOLUME, ID = 2 valori da WATERMARK
$LengthBack2 = "30";
$timeStep2 = "hourly";
$idStation1 = "01101C59";
$VectorForSoilWater = array($VectorDepth1, $idplot1, $VectorParameterNAME, $VectorParameterTYPE, $LengthBack2, $timeStep2,
$idStation1);
$public_key = "****";
$private_key = "****";
$tokenPlotALTAVIA = "****";
//READ AND SEND SANDRI
//////*****
$sendIRRI = new ReadANDPush_SoilMoisture($VectorDepth1, $idplot1, $VectorParameterNAME, $VectorParameterTYPE, $LengthBack2,
$timeStep2, $idStation1);
$sendIRRI -> readANDsend();
//////*****
$idplot2 = "116595"; //idPLOT altavia
$VectorForSoilWater = array($VectorDepth1, $idplot1, $VectorParameterNAME, $VectorParameterTYPE, $LengthBack2, $timeStep2,
$idStation1);
$sendIRRI1 = new ReadANDPush_SoilMoisture($VectorDepth1, $idplot2, $VectorParameterNAME, $LengthBack2, $timeStep2, $idStation1);
$sendIRRI1 -> readANDsend();

```

La classe sviluppata, si appoggia alla libreria in *php* sviluppata *ad hoc* per il progetto denominata *dll_APIrest_IRRIFRAME.php* come descritto precedentemente. Nella classe vengono richiesti 7 parametri di input di cui:

- Vettore di dati delle profondità dei sensori
- ID del plot di Irrinet
- vettore contenente gli id dei sensori presenti nelle stazioni
- vettore contenente il tipo di sensori (1 per volumetrici, 2 per tensiometrici)
- il periodo a ritroso dal quale estrarre i dati da Pessl
- il timestep del recupero di dati (hourly, daily)
- ID della stazione di pessl.

Tali parametri vengono utilizzati all'interno della libreria sviluppata per eseguire l'estrazione dei dati, l'elaborazione degli stessi ed il successivo invio in Irrinet. Il parametro *\$LengthBack2*, viene espresso in funzione del parametro *\$timeStep2*, ove, nel caso in esempio, è uguale 30. Questo perché l'elaborazione viene lanciata in formato batch ogni mattina alle 6.30 e vengono estratti gli ultimi 6 valori di un vettore composto da 30 valori ordinati dal più vecchio, quindi dei dati rilevati dalle 24.00 al 06.00 del giorno dopo sono utilizzati solo gli ultimi 6. Tali valori sono poi mediati per avere un valore rappresentativo comprensivo anche dell'eventuale pioggia notturna che potrebbe far modificare il consiglio irriguo del giorno seguente. Tale aspetto è estremamente importato perché evita l'incorrere di un errore: il consiglio irriguo arriva all'agricoltore anche se durante la notte è avvenuta una pioggia. Ciò avviene perché il meteo viene comunicato la mattina al servizio riferito al giorno prima. Con l'integrazione dei sensori di umidità come realizzato nel progetto, al contrario, la pioggia notturna fa innalzare il contenuto idrico del terreno tale da non far scattare l'irrigazione.

Dalla figura seguente si può notare come la data di ricezione sia sempre un giorno prima della data a cui i dati meteo si riferiscono essendo stata realizzata l'automazione con un scheduling giornaliero alle ore 06:30 di ogni giorno. Al fine di valutare l'effetto dell'integrazione del dato del sensore di umidità del suolo abbiamo riportato l'andamento dell'umidità del suolo per i seguenti tre scenari:

- 1- Irrigazione con meteo di ARPAE giornalieri e dato di umidità del suolo settimanale
- 2- Irrigazione con meteo Pessl giornalieri e dato di umidità del suolo settimanale
- 3- Irrigazione con meteo Pessl giornalieri senza dato di umidità del suolo

La finestra temporale del grafico si estende fino a fine 2018 ben oltre la data di raccolta della patata per l'azienda in esame che è stata il 2 luglio 2018. Dall'andamento dell'umidità del suolo a partire dal 1/6 si può notare come lo scenario con la comunicazione dell'umidità del suolo hanno seguito un andamento diverso in cui l'umidità del suolo è diminuita in modo meno intenso rispetto alla sola simulazione e si può notare anche come a seguito dell'evento meteorico successivo l'umidità del suolo sia aumentata meno a dimostrazione che parte di quella pioggia probabilmente non si è infiltrata nel terreno.

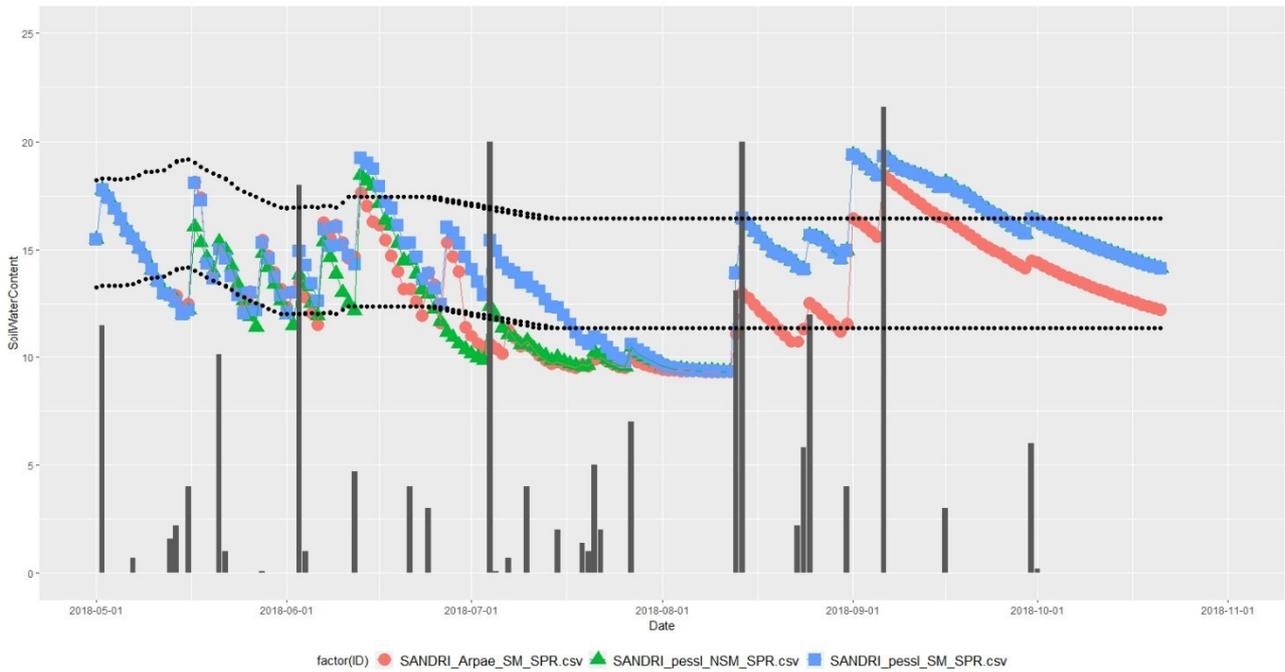


Figura 5: andamento dell'umidità del suolo per i tre scenari dell'azienda agricola Sandri: Rosso: meteo arpae e umidità del suolo da pessl, verde: meteo pessl senza umidità suolo, blu:meteo pessl con umidità suolo.

A fine luglio si nota come gli andamenti dell'umidità del suolo per sandri_arpae e sandri_pessl_sm siano paralleli e distanziati solo per una variabilità di evapotraspirazione connessa alla presenza della stazione meteo nell'appezzamento. Nel grafico successivo riportiamo il confronto tra l'andamento dei dati meteo della stazione pessl presente nell'appezzamento ed i dati di Arpae.



Figura 6: andamento dell'ET0 e delle piogge per la stazione pessl di SASSO MORELLI ed il quadrante meteo di ARPAE

L'andamento dell'ETO è risultato in media simile anche se per la stazione pessl sono stati registrati alcuni giorni con valori molto bassi e ciò probabilmente è connesso alle formule utilizzate per il calcolo. Per quanto riguarda le piogge sino al 20 di luglio circa troviamo valori simili sia per la stazione pessl che per il quadrante Arpae, mentre da quella data in poi la stazione pessl ha registrato valori di pioggia leggermente superiori rispetto a quanto stimato sul quadrante ERG5.

Per quanto riguarda l'azienda agricola Sandri è stato sviluppato anche un sistema di integrazione nel bilancio Irrinet del volume di adacquamento misurato dal pluviometro di campo. Con irrigazione in goccia ed in presenza di misuratore di pressione collegato alla centralina è possibile misurare la durata dell'evento irriguo. Tale valore poi può essere utilizzato sapendo la pluviometria dell'impianto per calcolare il volume distribuito. Per l'irrigazione per aspersione in presenza di pluviometro si è dovuto procedere secondo il seguente schema:

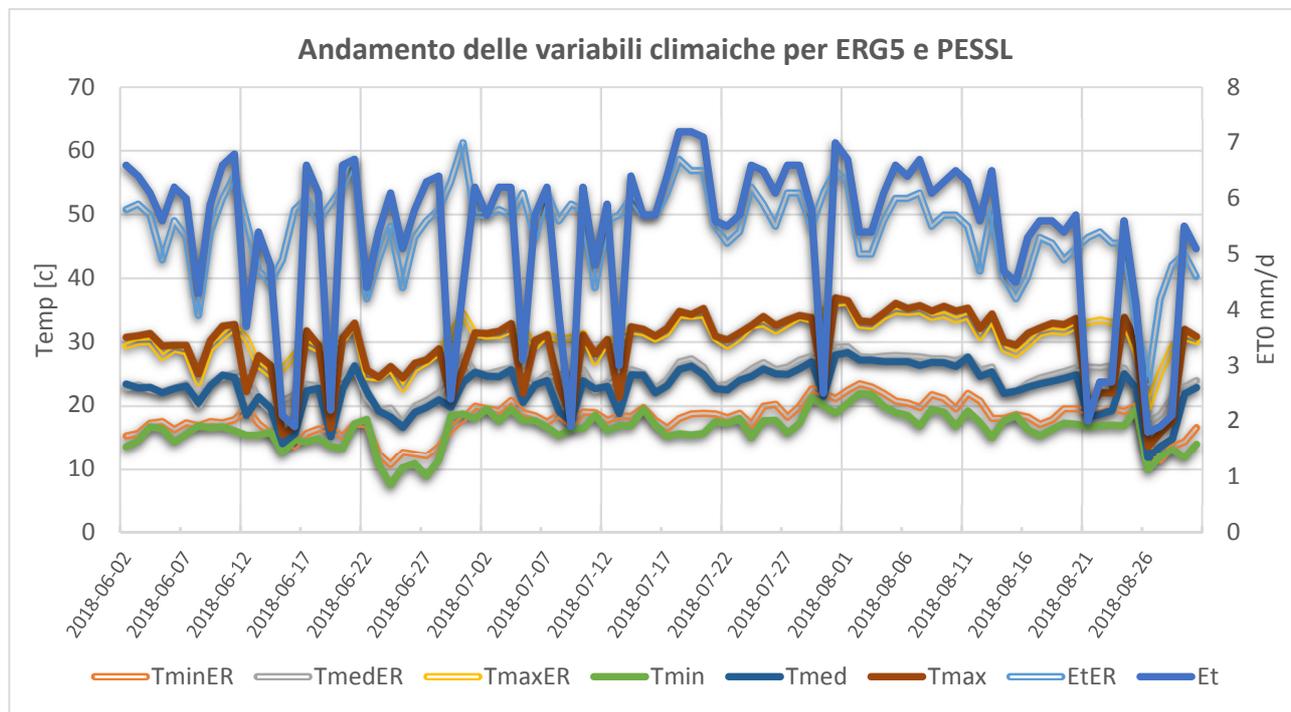
- 1) Rilevare la pluviometria giornaliera dalla stazione di campo
- 2) Rilevare la pluviometria dalla stazione meteo più vicina
- 3) Confrontare i valori al fine di verificare se l'evento registrato dalla stazione di campo fosse veramente una irrigazione
- 4) Integrare il dato della irrigazione nel bilancio di Irrinet

Di seguito riportiamo la parte dell'algoritmo sviluppato per valutare l'evento irriguo.

```
////*****
//Variable FOR PESSL CALL
$IdStation1 = "00001C5E";//id Pessl STATION METEO SANDRI
$IdStation2 = "01101C59";//id Pessl STATION STAZIONE DI CAMPO SANDRI aspersione
////////////////////////////////////
//DAILY CLASS //"avg", "last", "precDurataCalc", "last", "Et0"
$CLASS_OUT_IRRH = new extractData($variableRAIN1, $response2, "lastDailyRain");
//RAIN DURATION CLASS
$CLASS_OUT_IRRDURATION = new extractData($variableRAIN1, $response2, "precDurataCalc");
////*****
////*****
//SET DATA STAZIONE METEO
$valOUT_RainH = round($CLASS_OUT_RainH -> GetExtractAndCalculate_Data(),1);// metto integer perchè
così vuole negli input di IRRIFRAME
$valOUT_RainDURATION = $CLASS_OUT_RainDURATION -> GetExtractAndCalculate_Data();
// $valOUT_SoilWaterAvg = $CLASS_OUT_SoilWaterAvg -> GetExtractAndCalculate_Data();
if ($valOUT_RainH > 0 && $valOUT_RainH < 1) {$valOUT_RainH = 1;} // set rain minimum 1 mm perchè
se metto con < 1 then = 0 poi conta nelle ore e vede magari 0.2 e considerata durata 1 ora
////*****
//SET DATA IRRIGAZIONE
$valOUT_IrrH = round($CLASS_OUT_IRRH -> GetExtractAndCalculate_Data());// metto integer perchè
così vuole negli input di IRRIFRAME
$valOUT_IrrDURATION = $CLASS_OUT_IRRDURATION-> GetExtractAndCalculate_Data();
$valOUT_IrrHout1 = $valOUT_IrrH;
if ($valOUT_IrrH < 1) {$valOUT_IrrH = 0;} // set rain minimum 1 mm perchè se metto con < 1 then =
0 poi conta nelle ore e vede magari 0.2 e considerata durata 1 ora
//*/
//*/ CONTROL IF IrrH is IRRIGAZIONE or RAIN
if ($valOUT_RainH > 0) {$valOUT_IrrH = 0;} // controllo Irrigazione se pioggia è > di 0 allora
Irrigazione = 0
if ($valOUT_IrrH < 10) {$valOUT_IrrH = 0;} // se Irrigazione è minore di 10 allora irrigazione =
0 (perchè vuol dire che il pluviometro da campo ha letto una pioggia localizzata
////*****
```

Il sistema è stato testato per l'azienda agricola SANDRI di cui riportiamo di seguito il log del sistema sviluppato e l'interfaccia web di Irrinet. L'irrigazione effettuata il 30/06 è stata integrata dal sistema correttamente.

Per maggior chiarezza riportiamo il grafico seguente dove sono visualizzate le variabili climatiche misurate dalla stazione Pessl SASSO MORELLI e presenti nei dati ERG5 di ARPAE.



Per la stazione meteo Pessl sono stati misurati valori temperature minime, leggermente inferiori, ma soprattutto giornate con valori delle temperature massime estremamente inferiori. Tale minima variabilità all'interno della formula per il calcolo dell'ETO di Hargreaves ha prodotto valori, per quelle giornate specifiche, che si sono discostati marcatamente dall'andamento climatico della cella meteo ERG5. Tale andamento della temperatura massima è stato riscontrato per il periodo fine luglio-agosto. Nel complesso comunque l'evapotraspirazione effettiva per il mese di giugno 2018 è stata:

- 140 mm per meteo erg5
- 139 mm per meteo Pessl

I fabbisogni idrici della coltura rilevati per il mese di luglio, comprensivi di piogge ed irrigazione, sono stati:

- 110 mm per meteo ERG5
- 134 mm per meteo Pessl

L'unico apporto irriguo, per l'appezzamento in questione, è associato all'unico intervento irriguo del mese di giugno del 28/06, per un totale di 30 mm, come rilevato dal sistema automatico di integrazione dei volumi irrigui per impianti ad aspersione. L'umidità del suolo ha registrato valori all'interno delle soglie irrigua a dimostrazione della correttezza nella gestione dell'irrigazione da parte dell'agricoltore.

La miglior congruenza tra il consumato e lo stimato, per la stazione Pessl, è da attribuirsi quindi alla misura delle piogge per la stazione meteo locale. L'evapotraspirazione di riferimento complessiva del mese di giugno per il 2018 sia per la centralina Pessl che per la cella meteo ERG5 è stato circa simile nonostante la forte variabilità riscontrata dai sensori di temperatura della Pessl. È evidente che l'andamento molto variabile della temperatura massima misurata influisce sul

valore dell'evapotraspirazione di riferimento generando valori estremi probabilmente difforni dalla realtà. Per il 2016 tale sovrastima della stazione meteo locale era stata confermata anche se non erano state evidenziate discrepanze così marcate tra dati stimati da ERG5 ARPAE e dati misurati dalla stazione meteo locale.

b. Az. Agricola Giuliani

Nella figura sottostante riportiamo gli scenari realizzati per l'annata agricola 2018 presso l'azienda agricola Giuliani che produce Actinidia.

La bordatura rossa indica che per quell'appezzamento non sono ancora presenti dati meteo aggiornati e quindi sono stati utilizzati nel calcolo dati storici di stazione che non comprendono eventuali piogge. Per visualizzare l'ultima data aggiornamento meteo cliccare su dettaglio e consultare la sezione "qualità del dato"

CONSORZIO BONIFICA DELLA ROMAGNA Assistenza >

Azienda non assegnata

Clicca sulla coltura per il menù	Descr	consumo oggi (mm)	data prevista irrigazione	volume irriguo (mm)	durata irrigazione (ore:minuti)
1	ACTINIDIA	Actinidieto Sun Gold 3 anno impianto 2015 - Venturi Luca	Coltura scaduta AGGIORNA >		
2	MELO	Marconi Davide Rosy Glow 2011	Coltura scaduta AGGIORNA >		
3	MELO	Marconi Melo Galaval 2015	Coltura scaduta AGGIORNA >		
4	ACTINIDIA	Actinidia G3 Giuliani Stefano	Coltura scaduta AGGIORNA >		
6	MELO	Marconi Davide Rosy Glow 2011 - PROVA PSR IRRINET PERFRUTTO	Coltura scaduta AGGIORNA >		
23	ACTINIDIA	GIULIANI_Arpae_SM_G3	Coltura scaduta AGGIORNA >		
24	ACTINIDIA	GIULIANI_Arpae_NSM_G3	Coltura scaduta AGGIORNA >		
25	ACTINIDIA	GIULIANI_wiinet_SM_G3	Coltura scaduta AGGIORNA >		
26	ACTINIDIA	GIULIANI_wiinet_NSM_G3	Coltura scaduta AGGIORNA >		
5	ACTINIDIA	Actinidia Hayward Giuliani Stefano	Coltura scaduta AGGIORNA >		
10	ACTINIDIA	Actinidia Hayward Giuliani Stefano - prova orari di irrigazione	Coltura scaduta AGGIORNA >		
19	ACTINIDIA	GIULIANI_Arpae_SM_VERDE	Coltura scaduta AGGIORNA >		
20	ACTINIDIA	GIULIANI_Arpae_NSM_VERDE	Coltura scaduta AGGIORNA >		
21	ACTINIDIA	GIULIANI_wiinet_SM_VERDE	Coltura scaduta AGGIORNA >		
22	ACTINIDIA	GIULIANI_wiinet_NSM_VERDE	Coltura scaduta AGGIORNA >		
11	ACTINIDIA	RICCI H2005 Arpae SM	Coltura scaduta AGGIORNA >		

GESTIONE RISORSE

Appezzamenti

- Nuovo appezzamento >
- Lista appezzamenti >

Aziende/Gruppi di appezzamenti

- Nuova azienda >
- Lista aziende >

Strumenti

- Nuova stazione meteo locale >
- Nuovo freatimetro >
- Lista stazioni meteo locali >
- Lista freatimetri >

Figura 8: plot differenziati per i due appezzamenti di Actinidia dell'Azienda Agricola Giuliani

Per i due appezzamenti in prova dell'azienda sono stati generati 4 scenari di bilancio per ognuno al fine di valutare l'effetto dei diversi tipi di integrazione. L'appezzamento coltivato ad actinidia Club G3 Gold si estende per una superficie di circa 5 Ha, la coltura è stata messa a dimora nel 2014 con un sesto di impianto 2x4,5 metri con interfilare inerbito.

L'altro appezzamento in prova è coltivato con Actinidia a polpa verde. Si estende su una superficie di circa 2 Ha con sesto di impianto 2x5 metri. La coltura è stata messa a dimora nel 2004 con interfilare inerbito.

Per una più precisa descrizione degli scenari realizzati riportiamo la seguente tabella:

ID	Coltura	Descrizione sintetica	Integrazione con sensoristica
----	---------	-----------------------	-------------------------------

23	ACTINIDIA	GIULIANI_Arpae_SM_G3	G3 Gold – stazione meteo ARPAE con comunicazione umidità suolo settimanale
24	ACTINIDIA	GIULIANI_Arpae_NSM_G3	G3 Gold – stazione meteo ARPAE
25	ACTINIDIA	GIULIANI_wiinet_SM_G3	G3 Gold – stazione meteo Winet SRL con comunicazione umidità suolo settimanale
26	ACTINIDIA	GIULIANI_wiinet_NSM_G3	G3 Gold – stazione meteo Winet SRL
19	ACTINIDIA	GIULIANI_Arpae_SM_VERDE	Verde – stazione meteo ARPAE con comunicazione umidità suolo settimanale
20	ACTINIDIA	GIULIANI_Arpae_NSM_VERDE	Verde – stazione meteo ARPAE
21	ACTINIDIA	GIULIANI_wiinet_SM_VERDE	Verde – stazione meteo Winet SRL con comunicazione umidità suolo settimanale
22	ACTINIDIA	GIULIANI_wiinet_NSM_VERDE	Verde – stazione meteo Winet SRL

Per quanto riguarda l'integrazione dei dati meteo provenienti dalla stazione meteo gestita da Winet Srl riportiamo di seguito lo screenshot della pagina web di Irrinet ove sono riportati i dati meteo inviati.

The screenshot shows the 'REGISTRO DATI' page for station 4120. The main table contains the following data:

Data	Pioggia valore mm	Pioggia durata h	Et0 mm	Tmin °C	Tmed °C	Tmax °C	Data ricezione	User	
29/12/2018			0,7	-1,8	2,5	10,4	30/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
28/12/2018			0,7	-2,6	2,2	9,5	29/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
27/12/2018			0,3	-0,6	0,5	1,6	28/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
26/12/2018			0,4	0,1	1,8	4,2	27/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
25/12/2018			0,4	3,8	4,8	6,9	26/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
24/12/2018			0,5	1,5	3,6	5,9	25/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
23/12/2018			0,5	-0,4	3,0	4,5	24/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
22/12/2018			0,5	0,1	3,1	6,3	23/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
21/12/2018			0,9	0,1	6,9	14,2	22/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
20/12/2018	4	3	1,0	-0,1	8,0	14,2	21/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
19/12/2018			1,1	-5,1	6,3	14,2	20/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
18/12/2018			1,1	-3,6	7,3	14,2	19/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
17/12/2018	21	9	1,0	0,0	7,5	14,2	18/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
16/12/2018	2	1	1,1	-2,7	7,3	14,2	17/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
15/12/2018			1,0	-1,0	7,7	14,2	16/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
14/12/2018	5	3	1,0	1,0	8,5	14,2	15/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
13/12/2018	15	10	1,0	0,4	8,4	14,2	14/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina

The sidebar on the right contains navigation links: '< Torna al Cruscotto Irriguo', '< Torna a lista stazioni', and a description of the data format. Below the sidebar is another table showing a different set of data for the same station.

Figura 9: screenshot della pagina di upload dei dati della stazione meteo locale di Winet Srl

Come si può notare i dati meteo quali temperatura minima, media e massima giornalieri vengono inviati ogni giorno alle ore 06:30 di ogni mattina riferiti al giorno precedente. Nella colonna "Data ricezione" troviamo la data di ricezione che come anticipato è rappresentata dal giorno successivo alla acquisizione del dato meteo. Come si può notare l'invio della pioggia avviene tramite l'upload di due valori: 1 valore riferimento alla altezza di pioggia piovuta nel giorno t-1 ed 1 valore riferimento alla durata dell'evento meteorico espresso in ore. Il rapporto tra i precedenti 2 valori consente di calcolare l'intensità di pioggia, tale valore sarà utilizzato per stimare l'infiltrazione efficace ovvero la quantità di acqua che realmente si infila nel terreno a seguito dell'evento meteorico.

Per quanto riguarda l'umidità del suolo la stazione di acquisizione presente nei due appezzamenti in prova, allestita con 1 sensore capacitivo di umidità ha inviato a cadenza settimanale il dato al portale Irrinet consentendo di migliorare il consiglio irriguo perché corretto ed integrato con la misura di umidità del suolo.

Per tutti gli scenari dei 2 appezzamenti in prova dell'azienda agricola Giuliani è stata realizzata l'automazione dell'invio del volume irriguo applicato alle colture come rilevato dai pressostati localizzati sulla linea gocciolante e sulla tubazione di mandata dell'impianto irriguo per aspersione presente nell'appezzamento. L'automazione ha previsto l'acquisizione della durata di funzionamento dell'impianto in minuti al giorno e la conversione di tale valore in volume di acqua applicato alla coltura, conoscendo la pluviometria dell'impianto. Tale elaborazione è stata eseguita sia per l'impianto a goccia che per l'impianto a pioggia sommando i due volumi calcolati ed integrando tale valore nel bilancio idrico di Irrinet. L'automazione rende il bilancio idrico molto più robusto perché basato sui reali volumi applicati alla colture

oltre a sollevare evidentemente l'agricoltore dall'incombenza di compilare il dato dell'irrigazione da interfaccia web dell'applicativo.



Coltura 19. ACTINIDIA > REGISTRO IRRIGAZIONI

Data start: 26/03/2018
 Impianto irriguo: Ala gocciolante
 Sesto erogatori: 0,6 mt x 5 mt - Portata erogatore: 2,2 lt/h - Portata impianto: 0,733 mm/h

Data	Valore (mm)	Durata (h)	Data ricezione	User	
29/12/2018	0,0	0:00	30/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
28/12/2018	0,0	0:00	29/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
27/12/2018	0,0	0:00	28/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
26/12/2018	0,0	0:00	27/12/2018	Ulivi	Modifica Elimina
25/03/2018	7,7	10:26	25/03/2018	Ulivi	Modifica Elimina
21/09/2018	7,7	10:26	22/09/2018	Ulivi	Modifica Elimina
20/09/2018	7,6	10:23	21/09/2018	Ulivi	Modifica Elimina
19/09/2018	5,7	7:50	20/09/2018	Ulivi	Modifica Elimina
18/09/2018	0,0	0:00	19/09/2018	Ulivi	Modifica Elimina
17/09/2018	5,7	7:47	18/09/2018	Ulivi	Modifica Elimina
16/09/2018	7,6	10:23	17/09/2018	Ulivi	Modifica Elimina
15/09/2018	3,2	4:19	16/09/2018	Ulivi	Modifica Elimina
14/09/2018	7,6	10:23	15/09/2018	Ulivi	Modifica Elimina
13/09/2018	7,6	10:23	14/09/2018	Ulivi	Modifica Elimina
12/09/2018	7,6	10:23	13/09/2018	Ulivi	Modifica Elimina

Figura 10: screenshot della pagine web di Irrinet dove viene riportata la data in cui è stata eseguita l'irrigazione ed il volume distribuito

Nella tabella successiva riportiamo il risultato dell'assimilazione dei dati di umidità del suolo per l'appezzamento G3 dell'Azienda Agricola Giuliani.

Data	GIULIANI_winet_SM_G3	GIULIANI_Arpae_SM_G3
	umidità comunicata %Vol	umidità comunicata %Vol
30/09/18	31	
23/09/18		33
29/07/18		
22/07/18		34
15/07/18		35
08/07/18	35	
01/07/18	34	
25/06/18		34
24/06/18		33
17/06/18		
12/06/18	34	34

Figura 11: dati di umidità del suolo integrati in Irrinet a partire dal 12/06/2018 sino al 30/09/2018 per l'appezzamento G3 con meteo Arpae e con meteo Winet Srl.

Nella tabella precedente si può notare che per alcuni giorni l'algoritmo di assimilazione del dato ha fatto sì che il valore dal sensore venisse scartato come è avvenuto in data 17/06 per tutti e due gli scenari a confronto o solo per lo scenario winet_SM_G3 del 24/06. E' da notare come il dato proveniente dal sensore sia sempre lo stesso per le due casistiche come si nota per il giorno 12/06 ma il risultato è differenziato a partire dal 17/06 in funziona dell'umidità del suolo

calcolata al giorno dell'acquisizione. La variazione tra le due tesi è connessa alle differenze tra i dati meteo rilevati dalla stazione meteo winet e il quadrante meteo Arpae. L'algoritmo di assimilazione del dato di umidità del suolo confronta il valore proveniente dal sensore con il dato calcolato dal bilancio ed esclude valori eccessivamente devianti al fine di evitare di integrare possibili errori nel modello stesso.



Figura 12: Andamento dei dati meteorologici ET0 e Pluviometria, come rilevato dalla stazione meteo di campo winet e dal servizio ARPAE.

Come si può notare dalla Figura 12, grafico in alto, si può notare come dal 20 giugno circa, ovvero da quando si è avviato il servizio di invio diretto dei dati meteo della stazione Winet a Irrinet, la stazione meteo Winet ha registrato valori di ET0 leggermente superiori. Dalle verifiche fatte in collaborazione con Arpae si è notato come tali differenze siano da attribuirsi alle diverse temperature massime, minime e medie misurate. La formula di Hargreaves è molto sensibile all'escursione termica giornaliera, tale valore risulta spesso maggiore nella stazione di campo. Un grafico di confronto è stato riportato per l'azienda Agricola Ricci.

Di particolare interesse nel grafico in basso di Figura 12 notiamo che le piogge registrate nel periodo di giugno-luglio differiscono marcatamente da quando rilevato dal servizio Arpae. Nel periodo estivo di luglio a partire dal 10 dello stesso mese, il sistema ERG5, implementato in Irrinet, ha rilevato delle piogge che non si sono manifestate nell'appezzamento in questione, o che si sono manifestate in minore intensità. L'utilizzo della stazione meteo locale, in questo caso, ha consentito di identificare con precisione l'evento meteorico che ha investito l'appezzamento consentendo al bilancio idrico di IF di calcolare correttamente il contenuto idrico del suolo. Ciò rende sempre più affidabile il servizio Irrinet perché basato sulle reali condizioni meteorologiche locali comprensive di eventi localizzati non identificabili attraverso metodi di spazializzazione geostatistici.

c. Az. Agricola Ricci

Per l'Azienda Agricola Ricci, interessata alla coltivazione di Actinidia, sono state create degli scenari fittizi su IF seguendo lo schema implementato per Giuliani. Nella tabella seguente riportiamo l'elenco degli appezzamenti generati su Irrinet:

id plopt	Id scenario	Descrizione combinazione
17	RICCI_H1999_wiinet_SM	Actinidia verde con impianto del 1999 stazione meteo winet e comunicazione umidità del suolo
14	RICCI_H2005_wiinet_NSM	Actinidia verde con impianto del 2005 stazione meteo winet
18	RICCI_H1999_wiinet_NSM	Actinidia verde con impianto del 1999 stazione meteo winet
12	RICCI_H2005_Arpae_NSM	Actinidia verde con impianto del 2005 cella meteo ERG 5 ARPAE
13	RICCI_H2005_wiinet_SM	Actinidia verde con impianto del 2005 stazione meteo winet e comunicazione umidità del suolo
15	RICCI_H1999_Arpae_SM	Actinidia verde con impianto del 1999 cella meteo ERG 5 ARPAE e comunicazione umidità del suolo
11	RICCI_H2005_Arpae_SM	Actinidia verde con impianto del 2005 cella meteo ERG 5 ARPAE e comunicazione umidità del suolo
16	RICCI_H1999_Arpae_NSM	Actinidia verde con impianto del 2005 cella meteo ERG 5 ARPAE

Così come per l'azienda Giuliani si è previsto anche per il 2018 l'implementazione su Irrinet di vari scenari utilizzando sia la stazione meteo locale che la cella ERG5 di Arpae, sia la comunicazione dell'umidità del suolo proveniente dai sistemi di campo per la coltura del 1999 e del 2005. Anche per l'azienda in questione si è provveduto ad utilizzare l'integrazione del volume irriguo rilevato in campo come feedback dell'avvenuto intervento irriguo, considerando sia l'irrigazione a goccia che l'irrigazione a pioggia. Infatti, come anticipato anche per l'azienda in esame erano stati installati dei misuratori di pressione sulle linee di adduzione dell'acqua sia per l'impianto a goccia che a pioggia capaci di rilevare la pressione idraulica e quindi di misurare il tempo di funzionamento. Tale valore espresso in minuti, poi veniva trattato all'interno dell'algoritmo, utilizzando la pluviometria teorica dell'impianto, sia esso a goccia che a pioggia, per calcolare il volume irriguo applicato. Il valore così calcolato veniva inviato automaticamente al server Irrinet per l'integrazione del volume applicato.

Nella Figura 13 abbiamo riportato lo screenshot della pagina web di Irrinet ove viene riportato l'elenco delle irrigazioni eseguite con specificato, data, volume irriguo (mm), durata dell'intervento e data dell'invio. sull'appezzamento così come rilevate in campo dalla centralina. Attualmente, in molte zone dell'Emilia-Romagna, gli agricoltori hanno realizzato impianti irrigui su frutteti dotati di doppio impianto: impianto a goccia ed impianto ad aspersione. Il sistema di integrazione è stato sviluppato con l'obiettivo di rendere realizzabile l'assimilazione del dato relativo al volume irriguo sia esso solo proveniente dall'impianto a goccia, o solo dall'impianto ad aspersione o come somma dei due qualora lo stesso giorno sia stata eseguita un'irrigazione con tutti e due i metodi. Il metodo ha funzionato correttamente come si vede dalla Figura 13 ove i volumi irrigui maggiori sono associati all'intervento per aspersione, esempio 10/07 e 28/07, mentre per le altre date si rilevano interventi irrigui compatibili con l'impianto irriguo presente.

Irriframe - il portale dell'irrigazione x +

Non sicuro | www2.irriframe.it/Irriframe/14507/Plots/IrrigList/116580

30/07/2018	0,9	0:19	31/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
29/07/2018	7,1	2:32	30/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
28/07/2018	11,0	3:54	29/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
27/07/2018	0,9	0:18	28/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
26/07/2018	0,8	0:17	27/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
25/07/2018	0,6	0:13	26/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
24/07/2018	0,0	0:00	25/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
23/07/2018	0,0	0:00	24/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
22/07/2018	0,3	0:06	23/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
21/07/2018	0,7	0:14	22/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
20/07/2018	0,8	0:16	21/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
19/07/2018	0,7	0:14	20/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
18/07/2018	0,4	0:08	19/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
17/07/2018	0,0	0:00	18/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
16/07/2018	0,7	0:15	17/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
15/07/2018	0,8	0:16	16/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
14/07/2018	0,7	0:15	15/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
13/07/2018	0,7	0:15	14/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
12/07/2018	0,5	0:12	13/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
11/07/2018	0,0	0:00	12/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
10/07/2018	14,5	5:08	11/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
09/07/2018	0,7	0:15	10/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina
08/07/2018	0,7	0:15	09/07/2018	Ulivi	Modifica Elimina

Figura 13: Screenshot dell'interfaccia di Irrinet relativa alla combinazione RICCI_H1999_Arpae_SM dove viene riportato l'elenco delle irrigazione eseguite sull'appezzamento come inviate automaticamente al sistema IF dalla centralina aziendale

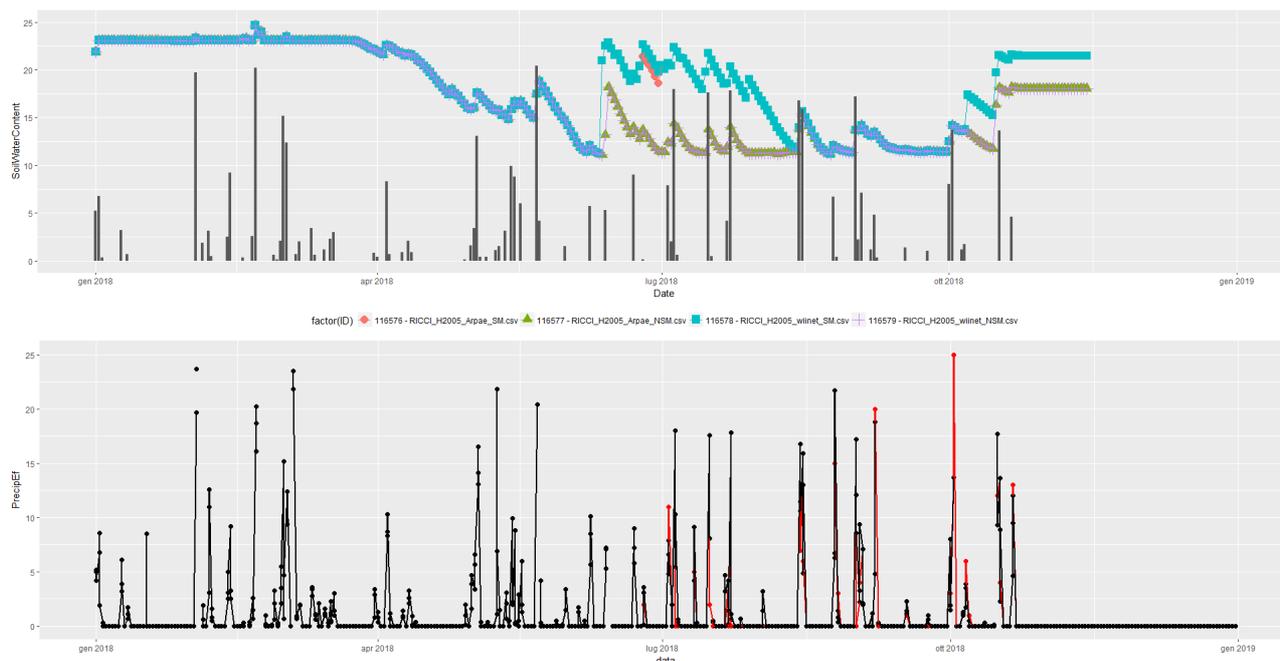


Figura 14: andamento dell'umidità del suolo per i tre scenari dell'azienda agricola Ricci - Actinidia 2005: Rosso: meteo arpae e umidità del suolo da winet, verde: meteo winet senza umidità suolo, blu: meteo winet con umidità suolo.

In Figura 14 riportiamo l'andamento dell'umidità del suolo per i 4 scenari creati su IF utilizzando i dati meteo forniti da Arpae o dalla stazione meteo locale di Winet e utilizzando i dati di umidità del suolo monitorati in campo da centralina sempre Winet.

Per quanto riguarda l'umidità del suolo si può notare come l'invio del dato abbia consentito di correggere il bilancio centrandolo tra le soglie idrologiche del suolo e quindi migliorandone l'affidabilità, sia del bilancio con dato Arpae che con dato Winet. Intorno a metà luglio l'invio del dato che ha fatto sì che l'umidità del suolo differisse (Figura 14 in alto, linea rossa e linea verde) probabilmente è connessa all'evento meteorico registrato dalle stazione meteo Winet associato all'incremento dell'umidità del suolo. Lo scenario Arpae ha ricevuto il dato meteo dal sensore Winet trovandosi ad un valore di umidità maggiore rispetto a quando successo nello scenario Winet ove l'evento pluviometrico è stato di maggiore intensità e ciò ha generato tale difformità. A partire dalla comunicazione del dato dal sensore successiva i due bilanci hanno proseguito appaiati. Dal grafico in basso sempre nella stessa figura ritroviamo l'andamento delle piogge rilevate da meteo Arpae e quelle da centralina in loco Winet. A partire dall'attivazione del servizio che è avvenuta ad inizio Luglio si può notare come il servizio Arpae abbia registrato valori leggermente superiori escludendo l'evento meteorico di inizio ottobre ove la situazione si inverte. I discostamenti comunque possono essere considerati all'interno dell'errore standard dello strumento.

A titolo semplificato in figura 10 riportiamo la pagina web dove vengono registrate le irrigazioni così come inviate ad Irrinet dalla centralina meteo di Winet Srl. Ogni giorno la centralina di acquisizione localizzata in campo ha rilevato la durata dell'evento irriguo, così come registrato dai pressostati localizzati sulle linee di adduzione dell'acqua, convertendo poi tale valore in volume di acqua applicato, in funzione della pluviometria, ed inserendolo all'interno del bilancio idrico di Irrinet.

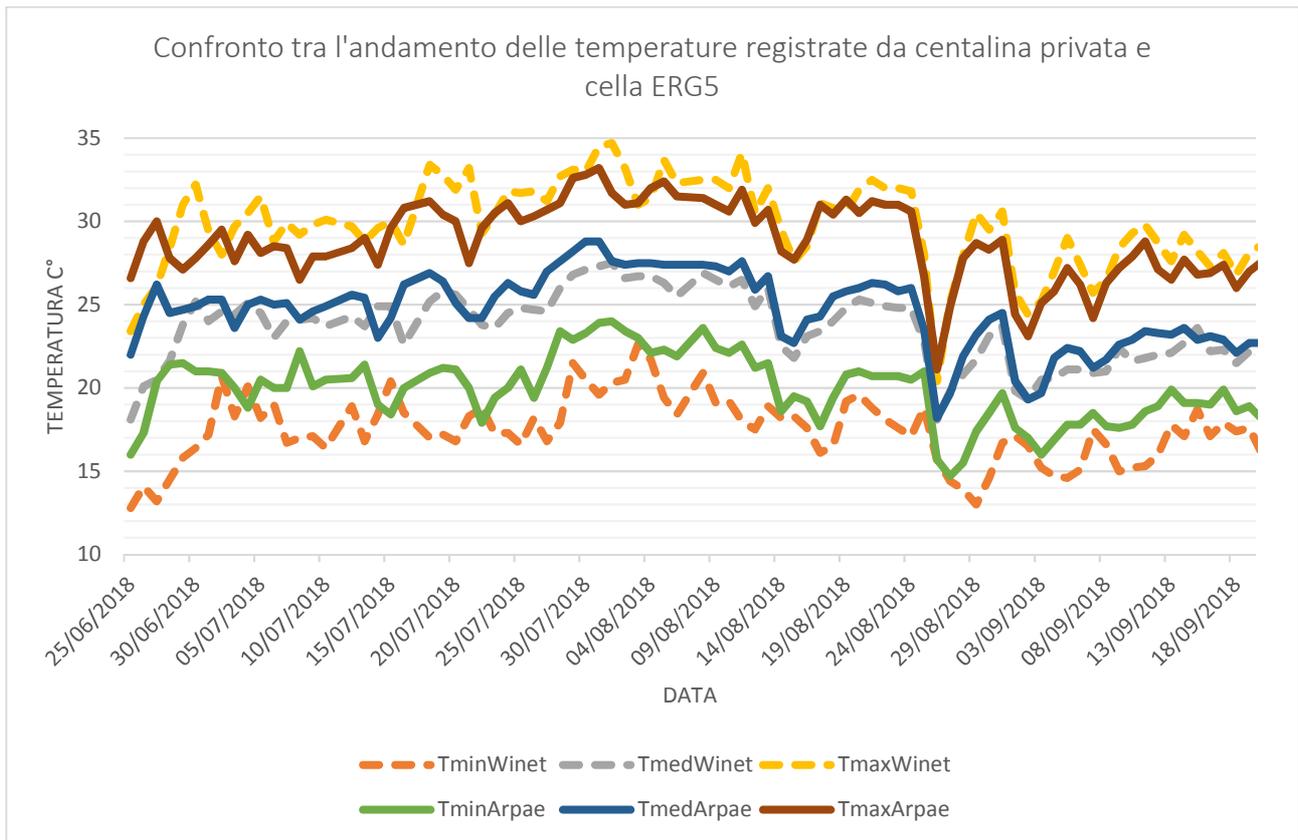


Figura 15: confronto tra l'andamento delle temperature registrate da centralina locale presso Az. Agr. Ricci e cella ERG5 di Arpae

In Figura 15 riportiamo l'andamento delle temperature minime, medie e massime giornaliere rilevate dalla stazione Winet e calcolate dalla rete ERG5 di Arpae. Per le stazioni locali si evidenziano escursioni termiche giornaliere più intense fino a 1.5 – 2.0 °C e ciò nella formula di Hargreaves induce un incremento dell'ET0 fino a 2 mm/giorno.

Gli apporti idrici, piogge più irrigazione, nel mese di luglio sono stati di 119 millimetri. L'evapotraspirazione di riferimento per la stazione di campo ha stimato un consumo totale di 165 millimetri contro i 139 millimetri stimati dal quadrante meteo ARPAE. L'umidità del suolo dai sensori è risultata costante nel periodo a dimostrazione che gli apporti idrici sono stati sufficienti a soddisfare i consumi della coltura. Il calcolo dell'evapotraspirazione con Hargreaves, che stima la radiazione solare in funzione dell'escursione termica ($t_{min} - t_{max}$), può fornire valori sovrastimati, in caso di impiego di stazioni meteo non correttamente installate o dotate di sensori di scarsa qualità, rispetto ai valori interpolati dai quadranti meteo Arpae. La formula di Hargreaves utilizza esclusivamente il dato di temperatura e quindi risulta molto sensibile a tale valore, in particolare al valore del differenziale termico tra temperatura massima e minima. Utilizzando stazioni meteo dotate di sensoristica più completa (RH, vento, Temp e Radiazione) si potrebbero applicare formule più affidabili tipo Penmann, o comunque formule che utilizzano dati provenienti anche da altri sensori che forse potrebbero fornire valori più affidabili.

E' da notare anche come anche il solo pre-processamento dei dati possa incidere sul calcolo finale. Ad esempio se la temperatura massima e minima giornaliera viene estratta dalla serie di misure rilevate a passo, esempio, di 10 minuti può risultare anche di 0,5-1°C diversa rispetto ad utilizzare il dato medio orario dal quale poi viene estratto il massimo e minimo giornaliero.

d. Rilievi in campo per la valutazione dell'integrazione IRRIFRAME - PERFRUTTO presso le Aziende Agricole MARCONI (melo) e PO (pero) - Anno 2018

Nell'azienda Agricola Marconi anche per il 2018 sono state impostate due tesi a confronto: 1) tesi a gestione aziendale dell'irrigazione 2) tesi a gestione Irriframe – Perfrutto dell'irrigazione. Per le due tesi sono stati eseguiti i rilievi dell'accrescimento del diametro dei frutti con metodo PERFRUTTO: il protocollo prevede di effettuare a cadenza quindicinale la misurazione del calibro di 240 frutti per ettaro, utilizzando l'apposito calibro elettronico (calibit) in grado di registrare e inviare direttamente al server PERFRUTTO le misure. Nella Figure 1 riportiamo la tabella riepilogativa dei rilievi effettuati per la gestione integrata IRRINET-PERFRUTTO, contenente: le date dei rilievi, il diametro medio dei frutti, il tasso di accrescimento rispetto al rilievo precedente e i diametri alla raccolta stimati al momento del rilievo. Per ogni campagna di rilievo su ogni tesi sono stati misurati 240 diametri per un totale di 2400 rilievi divisi nelle 5 date di rilievo.



Figure 1: diametri medi misurati nelle 5 date di rilievo, tassi di accrescimento e diametro a raccolta previsto per la tesi a gestione IRRINET-PERFRUTTO

La figura 2 mostra invece la nuova interfaccia web di irrinet, sulla quale è stato riportato il dettaglio dei diametri misurati in campo e disponibili sull'applicativo Perfrutto. Nell'interfaccia è stato riportato il diametro obiettivo ed il corrispondente peso obiettivo che l'agricoltore si prefigge di raggiungere. Per ogni data del rilievo, sulla base della velocità di crescita misurata tra i due rilievi successivi, è riportato il diametro medio stimato da perfrutto alla raccolta ed il corrispondente peso stimato. Tali informazioni dell'applicativo perfrutto vengono trasferite automaticamente ad IRRINET, tramite l'apposita chiamata web-api sviluppata con il progetto, e irrinet calcola la correzione del bilancio idrico

in funzione del diametro stimato alla raccolta e del diametro obiettivo, utilizzando quanto implementato nelle azioni precedenti del piano.

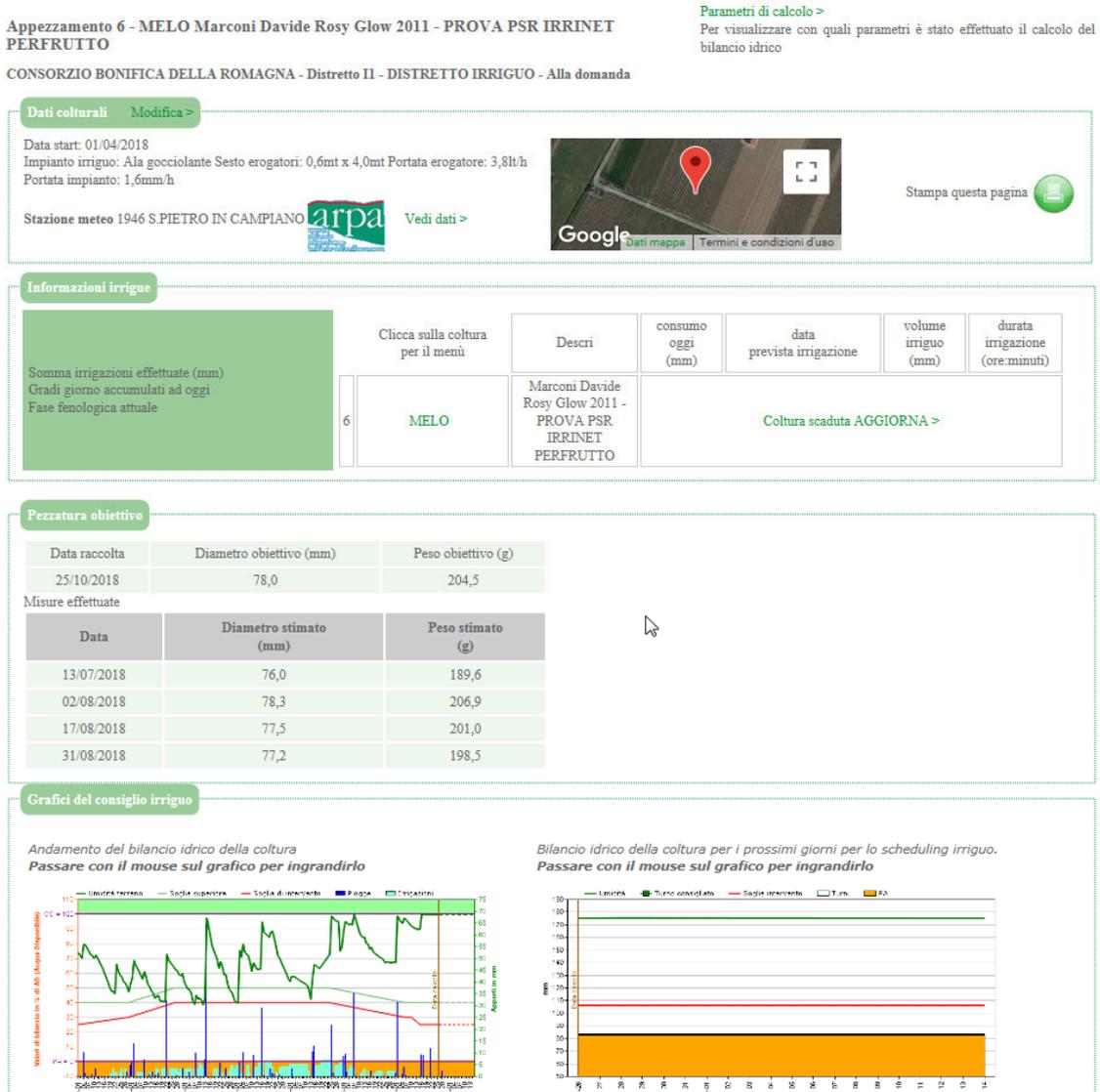


Figure 2 : interfaccia web di Perfrutto dentro Irrinet

Nel 2018 la pezzatura obiettivo fissata dall'agricoltore è stata di 78 mm di calibro: dopo il rilievo del 13 luglio la proiezione della pezzatura finale stimata in base alla velocità di accrescimento rilevata tra il primo e il secondo rilievo (tra il 3 e 13 luglio) era leggermente inferiore, pari a 76 mm: questo ha determinato un incremento delle restituzioni irrigue, maggiorate rispetto al consumo stimato della coltura (fig. 3), in modo da riallineare la velocità di crescita dei frutti con l'obiettivo di pezzatura finale prefissato. In particolare, a fronte di un diametro obiettivo di 78 mm e di una proiezione di 76 mm di pezzatura finale, i valori di evapotraspirazione effettiva sono stati aumentati a partire dal 13/07 del 6.4 % sulla base del coefficiente moltiplicativo Ksize funzione dello scostamento dal calibro obiettivo, descritto nell'azione 2. Grazie a questa gestione integrata, al rilievo successivo del 2 agosto la proiezione finale di diametro è tornata in linea con gli obiettivi del produttore, e si è tornati alla restituzione dei consumi richiesti dal bilancio idrico di IRRINET fino a fine stagione.

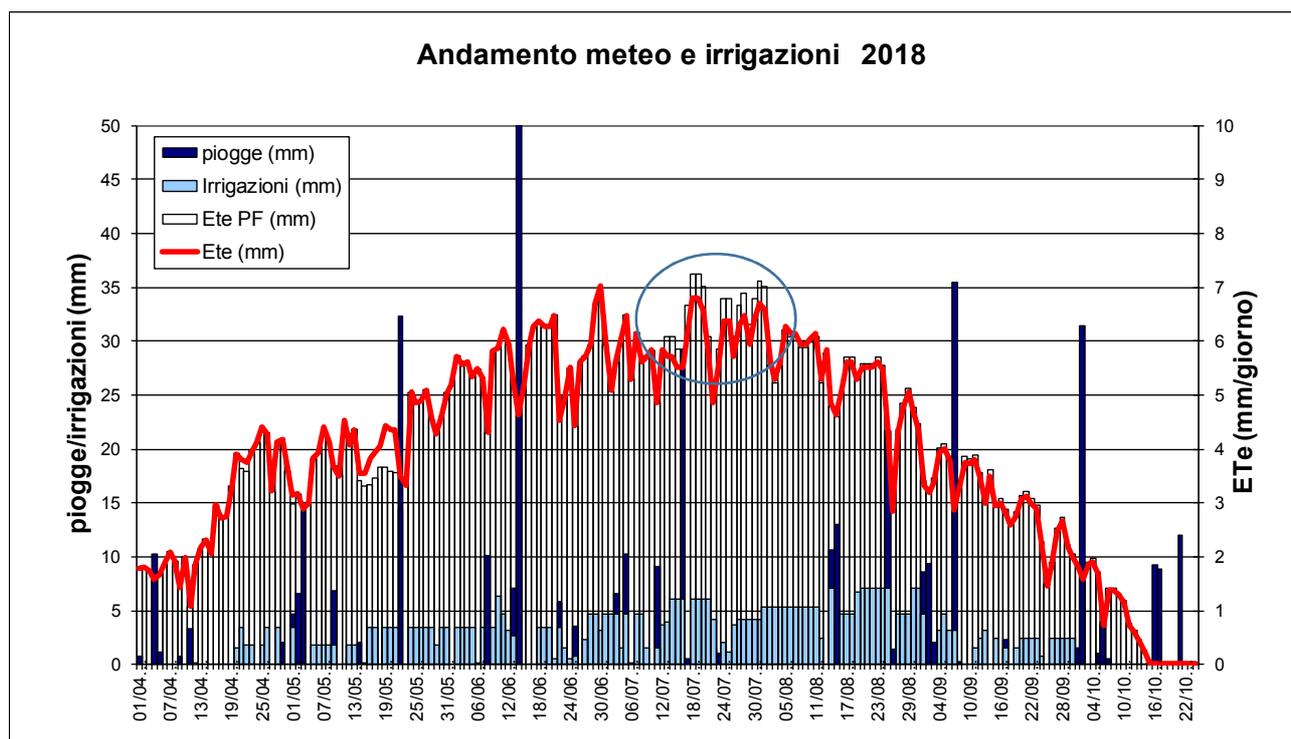


Figura 3: Piogge, irrigazioni ed evapotraspirazione effettiva Ete (la linea rossa rappresenta il consumo stimato da IRRINET, gli istogrammi rappresentano il consumo corretto in base alle stime PERFRUTTO): tra il 13/7 e il 2/8 si osserva l'incremento di Ete del modello integrato.

Per concludere in figura 4 sono riportati i dati produttivi e la ripartizione percentuale per classi di pezzatura rilevati alla raccolta del 24 ottobre 2018, su due ripetizioni di 4 piante ricavate all'interno dei settori in prova.

Le rese ottenute con la gestione Irrinet-perfrutto sono state molto rilevanti rispetto alle medie della zona e al confronto aziendale, con quasi 75 t/ha di prodotto commerciale (70+) contro i 58 del resto dell'azienda. Perfrutto si è dimostrato un buon strumento di previsione della pezzatura finale, pur risultando in media di 75 mm di calibro, inferiore alla stima attesa di 78 mm: questo è spiegabile con il notevole carico di frutti/pianta (87 contro i 61 dell'aziendale). Per ottenere il calibro previsto occorreva evidentemente ricorrere ad un diradamento dei frutti più incisivo tra giugno e luglio, in interazione con l'incremento dei volumi di adacquata.

descrizione trattamenti	replica	resa totale (q/ha)	resa comm. 70+ (%)	resa comm. 70+ (q/ha)	piogge + irrigazioni (mm)	W.U.E. (g/l)	numero frutti pianta	peso medio (grammi)							diam.fruito (mm)
									<65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	80-85 (%)	>85 (%)	
aziendale	-	591,98	98,11	580,80	899,1	6,584	61,38	192,87	0,34	1,55	42,90	41,13	12,48	1,60	75,97
perfrutto	-	784,68	95,29	747,69	899,1	8,728	87,34	179,69	0,20	4,51	58,42	30,75	5,73	0,39	74,43

Figura 10 – dati produttivi mele Rosy Glow rilevati all'azienda Marconi nel 2018

Il sistema di gestione integrato di Irrinet e Perfrutto è stato comunque perfezionato per quanto riguarda gli aspetti informatici, e verificata la validità dei coefficienti di correlazione tra incremento della dose irrigua e la risposta della pianta di melo in termini di incremento del diametro del frutto, per migliorare l'efficienza del DSS.

Nel 2018 era previsto di implementare il sistema anche per la coltura del pero: la prova è stata condotta dal gruppo di Ecofisiologia dell'Università di Bologna in collaborazione con il servizio tecnico APOFRUIT, sulla cv. Abate innestata su BA29 presso l'azienda Po (Le Querce) ed ubicata ad Albareto (Mo). Sono stati messi a confronto 3 diversi regimi irrigui a partire dalla fine della divisione cellulare: un controllo aziendale corrispondente al 100% Irrinet con irrigazione ridotta

al 30% ed al 50%. Durante la stagione è stata monitorata la crescita dei frutti nelle date 25/05, 13/06, 02/07, 18/07/, 02/08.

La pezzatura media fissata dall'agricoltore è stata di 70 mm di calibro dei frutti: visto l'andamento stagionale piuttosto umido, nonostante le riduzioni irrigue, non sono state evidenziate particolari differenze tra i tre trattamenti con una pezzatura finale media comunque nella media superiore ai 70 mm (obiettivo produttivo 70 +, vedi distribuzioni in classi previste alla data di raccolta al 30/8).

In questo caso il sistema congiunto Irriframe/perfrutto ha potuto solo confermare il buon andamento della crescita dei frutti lungo la stagione e confermare la bontà delle previsioni produttive.

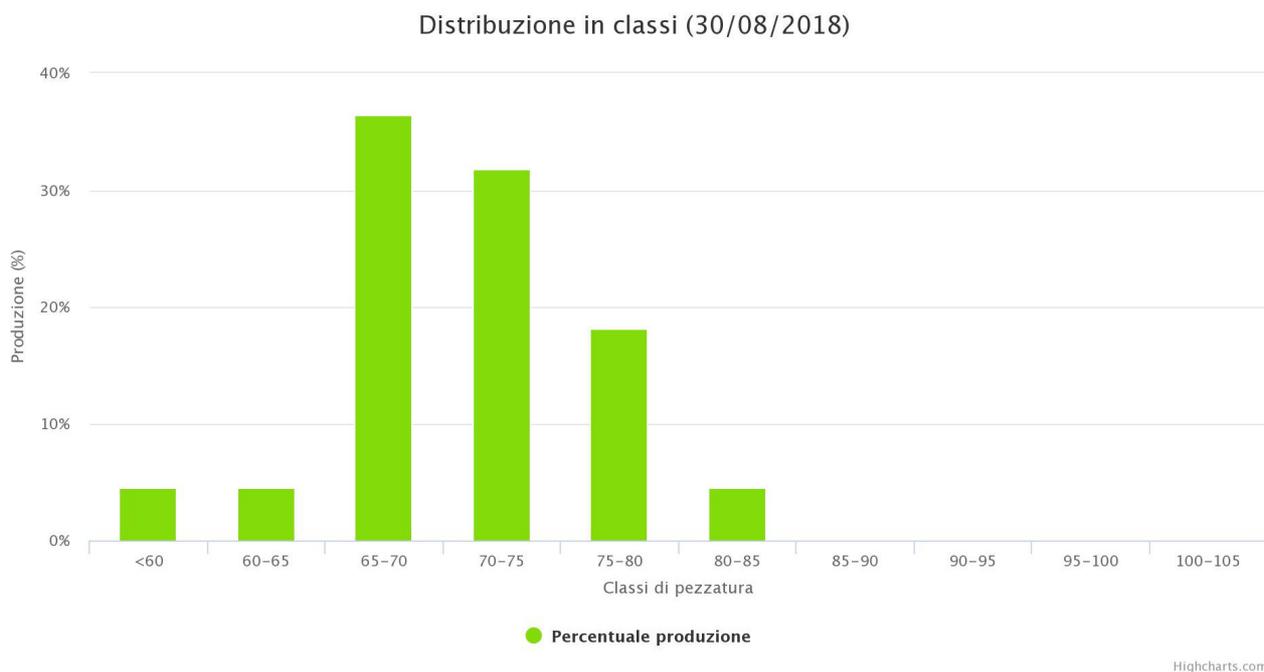


Figura 4: Distribuzione in classi trattamento 100%

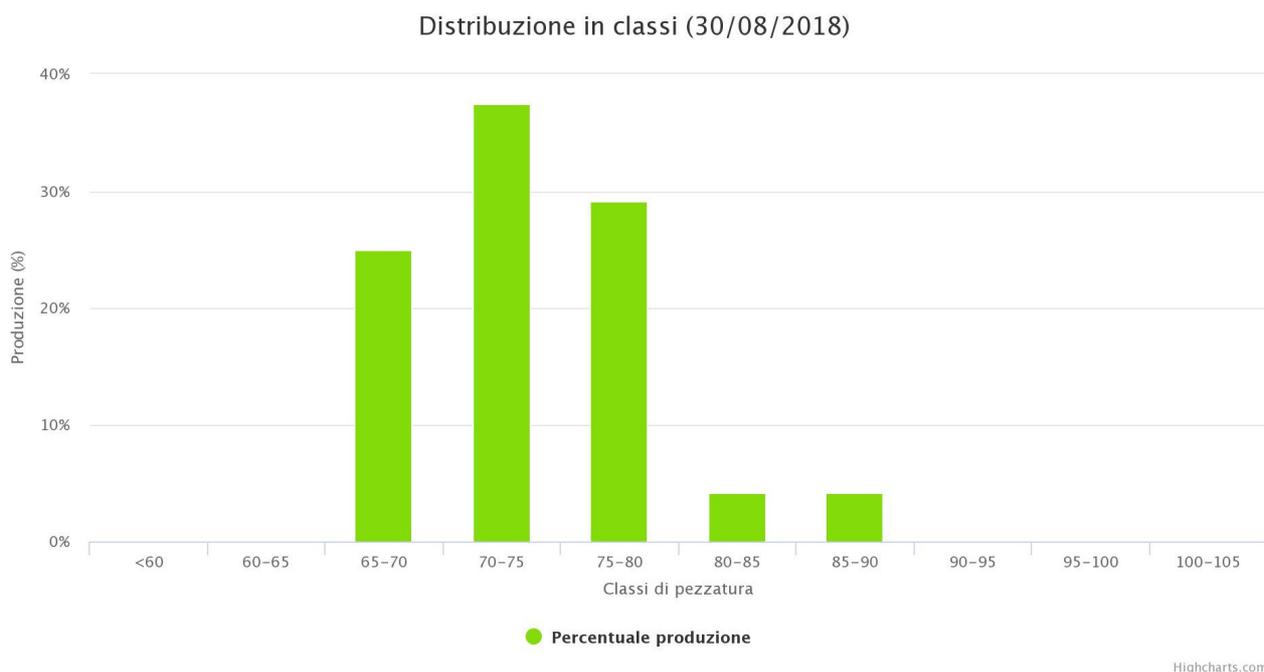


Figura 5: Distribuzione in classi trattamento 70%

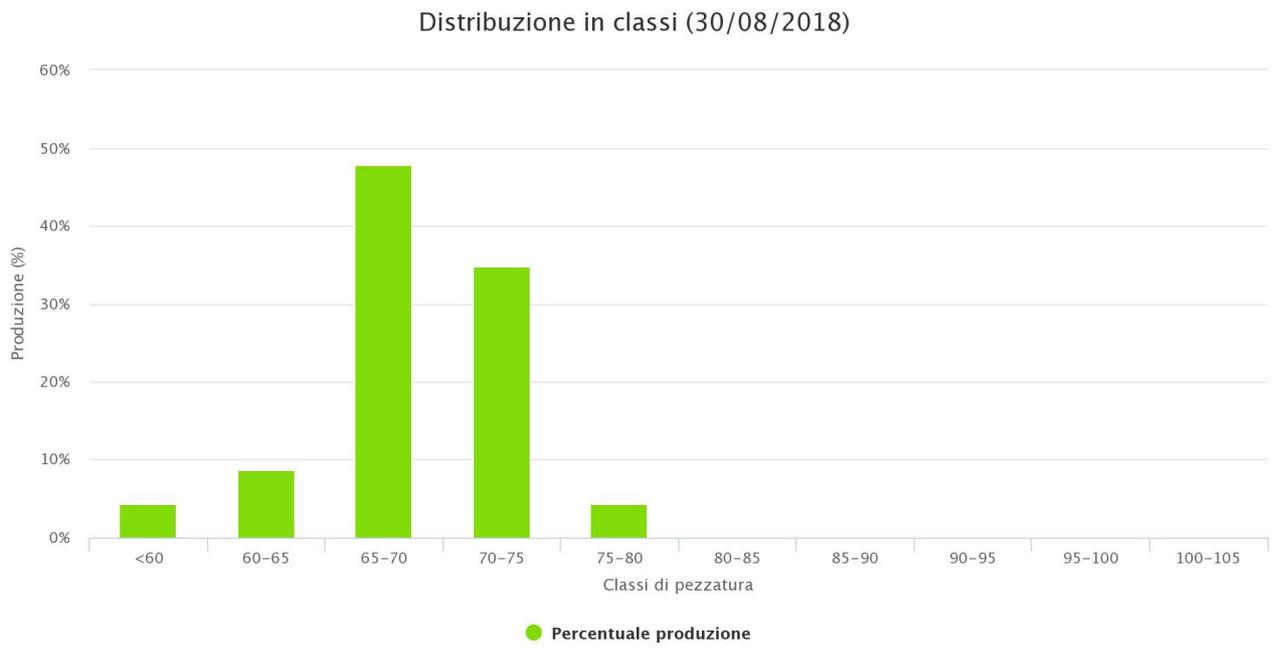


Figura 6: Distribuzione in classi trattamento 50%

e. Azienda Agricola Barbieri

L'azienda agricola Barbieri produce pomodoro da industria nella provincia di Piacenza, ed è associata alla organizzazione di produttori Consorzio Interregionale Ortofrutticoli S.c.a.r.l (CIO), partner del progetto.

Per una precisa localizzazione dell'azienda rimandiamo allo screenshot di Irrinet seguente.

Irrinet by Irriframe
CANALE EMILIANO ROMAGNOLO ANBI
Utente: domenico solimando
Email: solimando@consorzioer.it | Profilo > | Cruscotto | Help | Esci

Appezamento 20 - Barbieri Pomodoro PSR Sensori > GEOLOCALIZZAZIONE

Mappe: Mappa, Satellite, Etichette (checked)

Google Maps interface showing a satellite view of a field with a red location pin. A person icon and zoom controls are visible on the right side of the map.

< Menù appezzamento
Dati catastali >

Per **localizzare** l'appezzamento utilizzare lo zoom e la funzione di pan (manina) per scorrere la mappa tenendo premuto il mouse e quindi cliccare nel punto scelto
Per **correggere/spostare** la localizzazione trascinare il marker rosso nella nuova posizione tenendo premuto il mouse
Gli eventuali marker verdi indicano gli appezzamenti già geolocalizzati nelle vicinanze
Al termine premere "Salva"

Posizione individuata sulla mappa

Latitudine	45,013963
Longitudine	9,7426776

Indirizzo più vicino
29122 Piacenza PC, Italia

Salva

Nella immagine sottostante riportiamo la tabella con i valori di umidità del suolo rilevati in campo ad inviati automaticamente al servizio Irrinet. Come previsto i dati sono stati inviati dal server ETL sviluppato dal CER a Irrinet a cadenza settimanale ogni lunedì mattina con invio alle ore 06.30.

eliminare dal bilancio i valori compresi tra la capacità idrica massima e la capacità idrica di campo attraverso il drenaggio negli strati profondi. La verifica di funzionamento del server ETL attraverso l'utilizzo del file di log ha permesso di risolvere incongruenze di calcolo che si erano verificate al primo sviluppo.

Nella figura sottostante riportiamo l'andamento dell'umidità del suolo simulata di Irrinet e delle piogge. Nel grafico riportiamo l'andamento delle soglie inferiore e superiore di intervento. Le linee verticali rappresentano le date in cui è stata rilevata l'umidità del suolo dai sensori dalla stazione Pessl ed i dati che vengono integrati nel bilancio Irrinet.

Per le date in cui sono stati integrati i valori di umidità del suolo, i valori si sono collocati sulla soglia inferiore quando i dati rilevati erano al di sotto di essa come per le date 01/07 e 29/07. Mentre per altre date, come il 15/07 ed il 06/08, l'umidità del suolo era oltre la soglia superiore di irrigazione e oltre la capacità idrica di campo ma inferiore alla capacità idrica massima ed il valore è stato integrato direttamente.

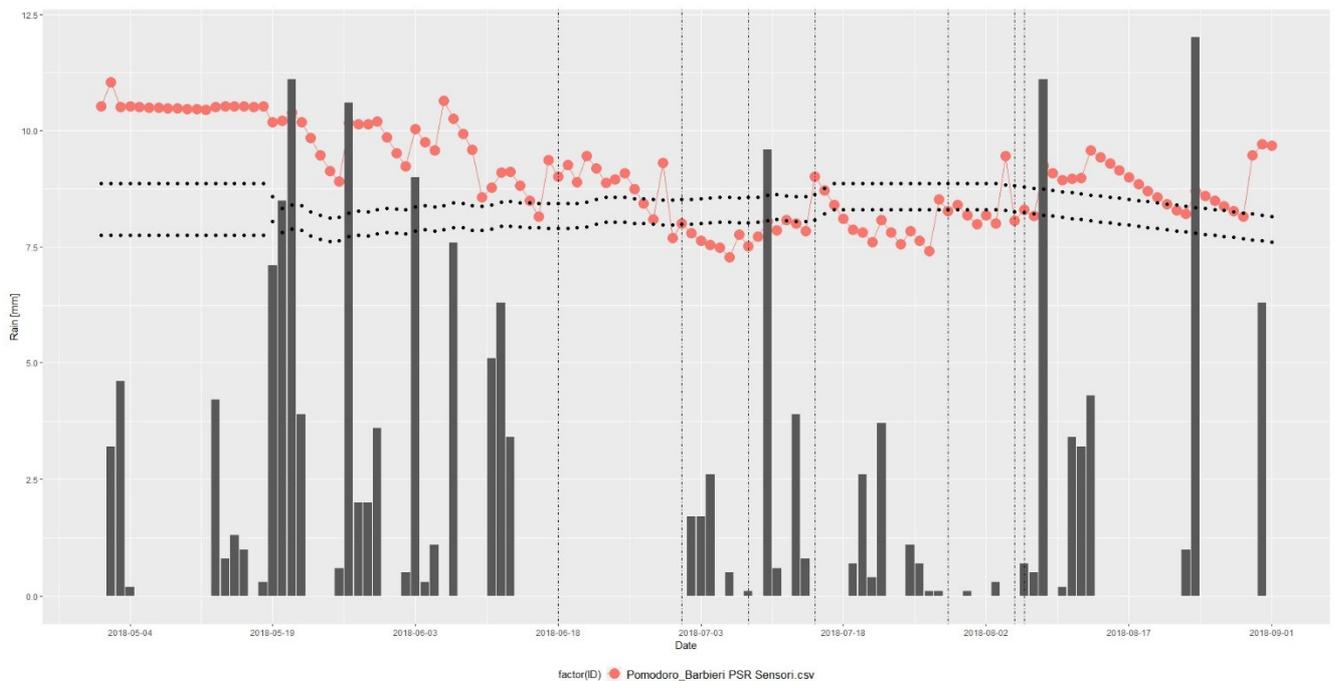
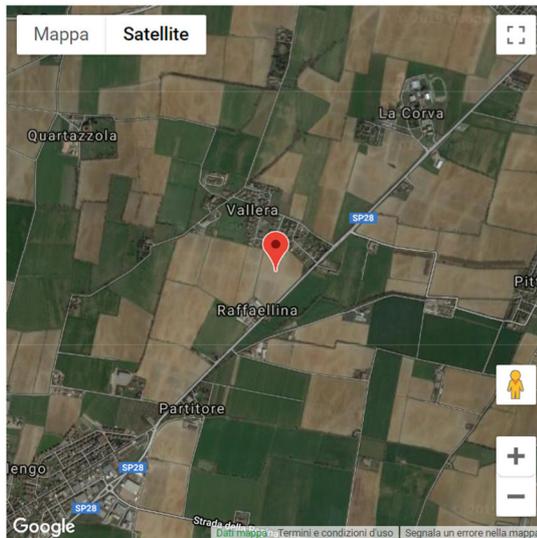


Figura 17: Andamento dell'umidità del suolo, delle piogge con evidenziate le date in cui sono stati integrati i dati di umidità del suolo

f. Azienda Agricola Cattivelli

L'azienda agricola Cattivelli produce Pomodoro nella provincia di Piacenza, per una precisa localizzazione rimandiamo alla seguente figura.



< Menù appezzamento
Dati catastali >

Per **localizzare** l'appezzamento utilizzare lo zoom e la funzione di pan (manina) per scorrere la mappa tenendo premuto il mouse e quindi cliccare nel punto scelto
Per **correggere**/spostare la localizzazione trascinare il marker rosso nella nuova posizione tenendo premuto il mouse
Gli eventuali marker verdi indicano gli appezzamenti già geolocalizzati nelle vicinanze
Al termine premere "Salva"

Posizione individuata sulla mappa

Latitudine

Longitudine

Indirizzo più vicino
Via Gaetano Buttafuoco, 37, 29121 Vallera PC, Italia

Figura 18: localizzazione azienda agricola Cattivelli

Nella stazione di campo della Pessl presente nell'appezzamento sono installati 3 sensori di umidità del suolo 10HS della decagon. Come riportato precedentemente, per l'utilizzazione del dato di umidità e per la sua integrazione all'interno di un servizio di assistenza tecnica all'irrigazione come Irrinet è necessario valutarne la bontà in termini di rappresentatività del volume di suolo esplorato dalle radici e di qualità del dato.

Nella immagine sottostante riportiamo lo screenshot della pagina WEB di Pessl che riporta dell'andamento del valore dei 3 sensori presenti nell'appezzamento per le tre profondità di installazione 10, 25 e 40 centimetri dal piano campagna.

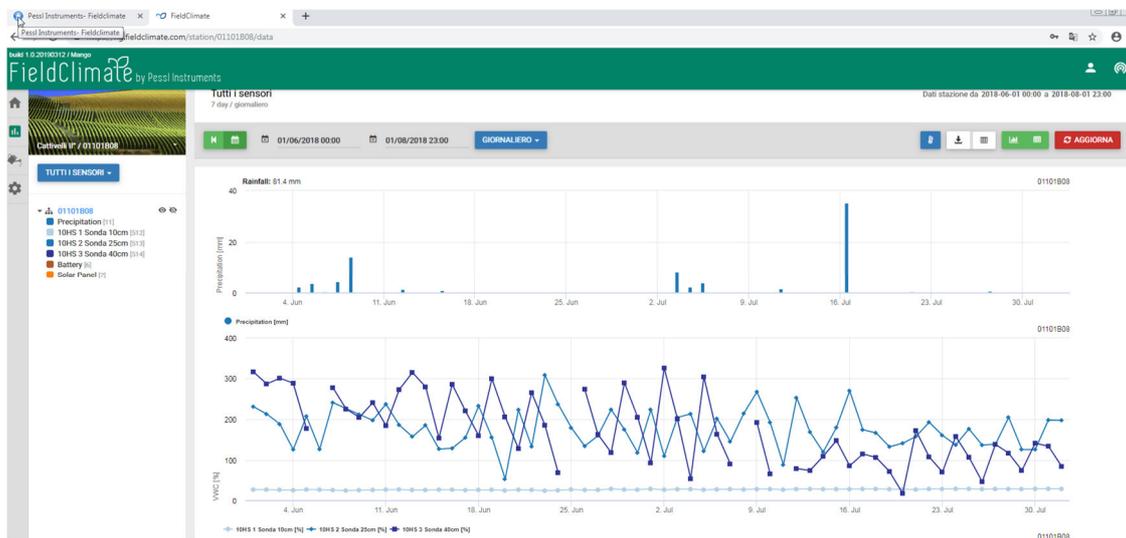


Figura 19: screenshot della pagina web della stazione di campo presente nell'appezzamento in esame che riporta l'andamento del dato medio giornaliero dei sensori di umidità del suolo e del pluviometro.

Come si nota dalla figura il sensore localizzato alla profondità di 10 centimetri ha manifestato un malfunzionamento forse connesso ad un errato posizionamento o per problemi elettrici. Il sensore a 40 centimetri ha evidenziato una oscillazione eccessiva come si può notare a partire da 14 giugno. L'utilizzo di tali dati anche se mediato con gli altri valori avrebbero portato uno scostamento dal valore probabile di umidità del suolo, quindi per l'integrazione con Irrinet si è preferito procedere con l'integrazione del solo dato a 25

centimetri. Nell'immagine sottostante riportiamo i dati di umidità del suolo che sono stati inviati dal servizio ETL del CER prelevando i dati dal server Pessl ed inviato i valori al servizio Irrinet.

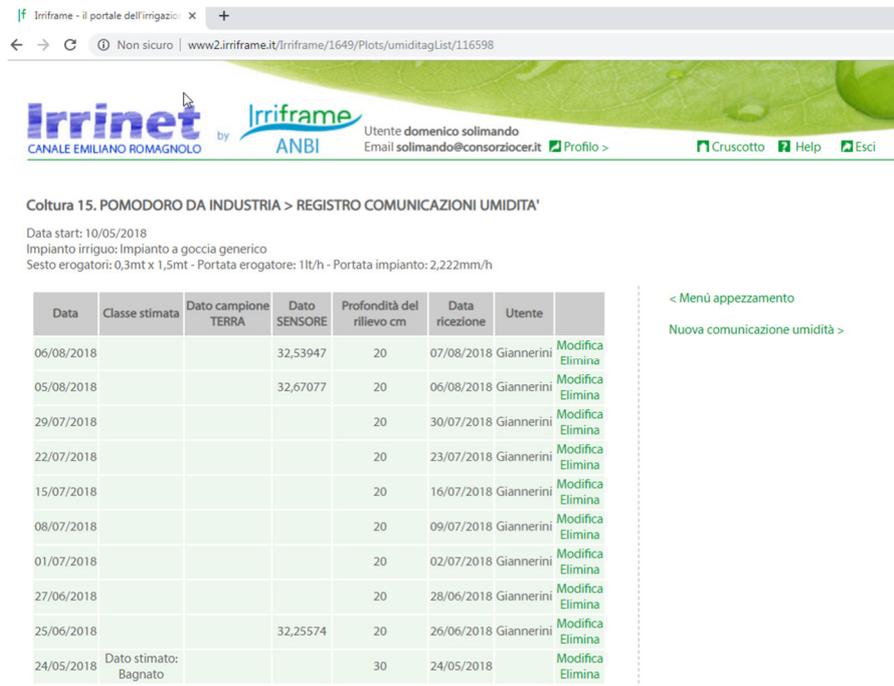


Figura 20: screenshot di dati di umidità di suolo dei sensori inviati al servizio Irrinet

Nella figura sottostante riportiamo l'andamento dell'umidità del suolo durante la stagione irrigua con riportate linee verticali per i giorni in cui è avvenuta l'integrazione del dato di umidità del suolo come riportato nella tabella precedente. Il dato di umidità del suolo si è mantenuto all'interno delle soglie irrigue escluso per l'evento meteorico del 12/07 in cui l'umidità è andata oltre la soglia superiore.

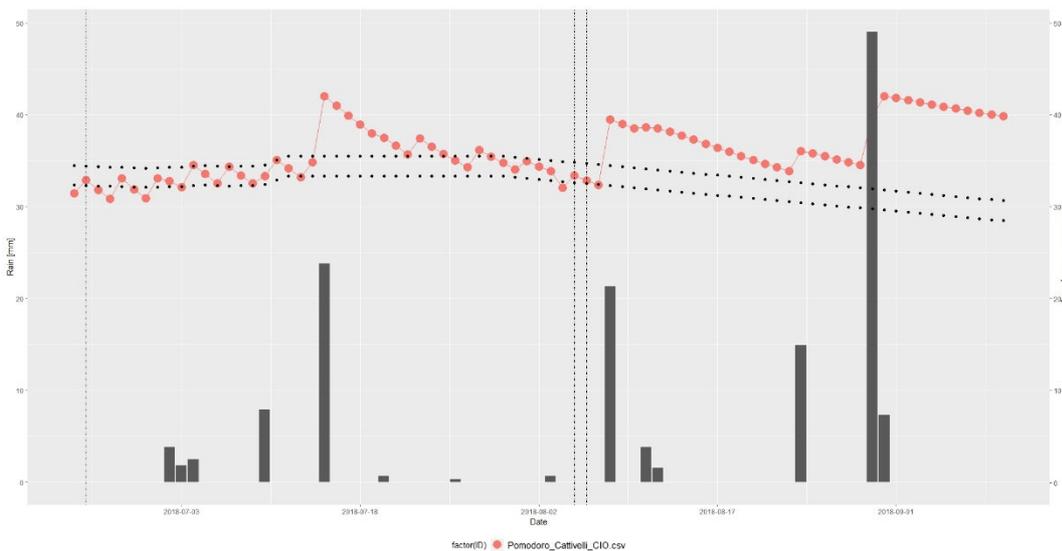


Figura 21: andamento dell'umidità del suolo per l'az. agr. Cattivelli.

Come si può notare dalla tabella precedente gli invii di umidità del suolo tra il 25/06 al 27/07 non hanno portato a nessuna integrazione del dato nel servizio Irrinet. L'algoritmo di validazione del dato di umidità del suolo esclude

La coltura era stata trapiantata il 15 maggio 2018 e venne raccolta il 1 settembre. La coltura è stata irrigata con ala gocciolante. La distanza dei punti goccia sulla fila era 0,3 metri e 1,5 metri tra le file. La portata per singolo punto goccia è 1 litro/ora. La tessitura del terreno è composta dal 14% di sabbia e dal 7% di argilla.

Nella azienda agricola in esame erano stati installate 3 stazioni di campo con 3 sensori watermark ogni stazione a 3 profondità diverse: 10, 20 e 40 centimetri. Nella immagine sottostante riportiamo il grafico dell'andamento dell'umidità del suolo.

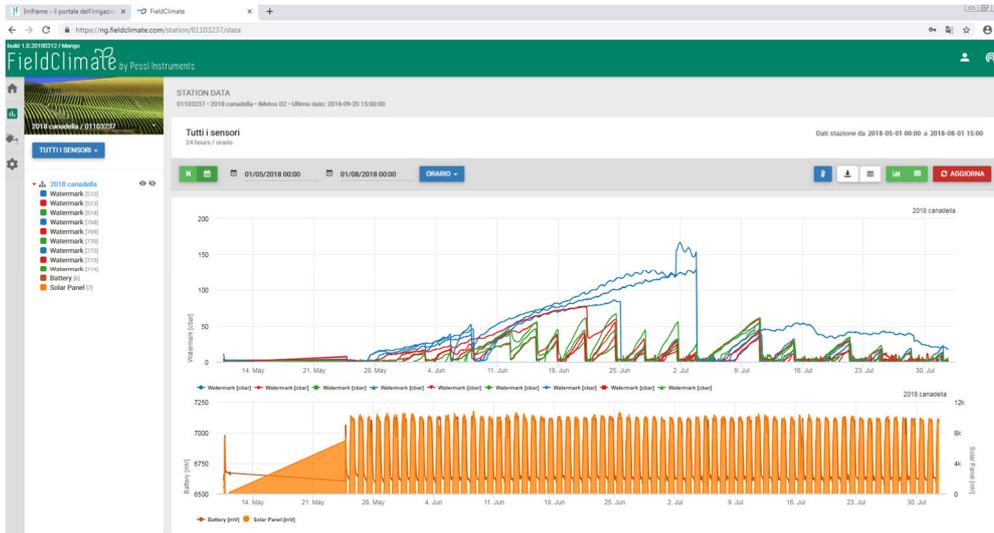


Figura 23: screenshot dell'interfaccia del sito web Pessl relativo ai 9 sensori di umidità del suolo dell'azienda Repetti

Nella tabella sottostante riportiamo il log dell'integrazione di Irrinet, per la data 01/07/2018, con 9 sensori di cui riportiamo la lista degli id dei sensori della Pessl (sensori ([0] => 512_X_X_17921_avg [1] => 513_X_X_17921_avg [2] => 514_X_X_17921_avg [3] => 768_X_X_17921_avg [4] => 769_X_X_17921_avg [5] => 770_X_X_17921_avg [6] => 772_X_X_17921_avg [7] => 773_X_X_17921_avg [8] => 774_X_X_17921_avg).

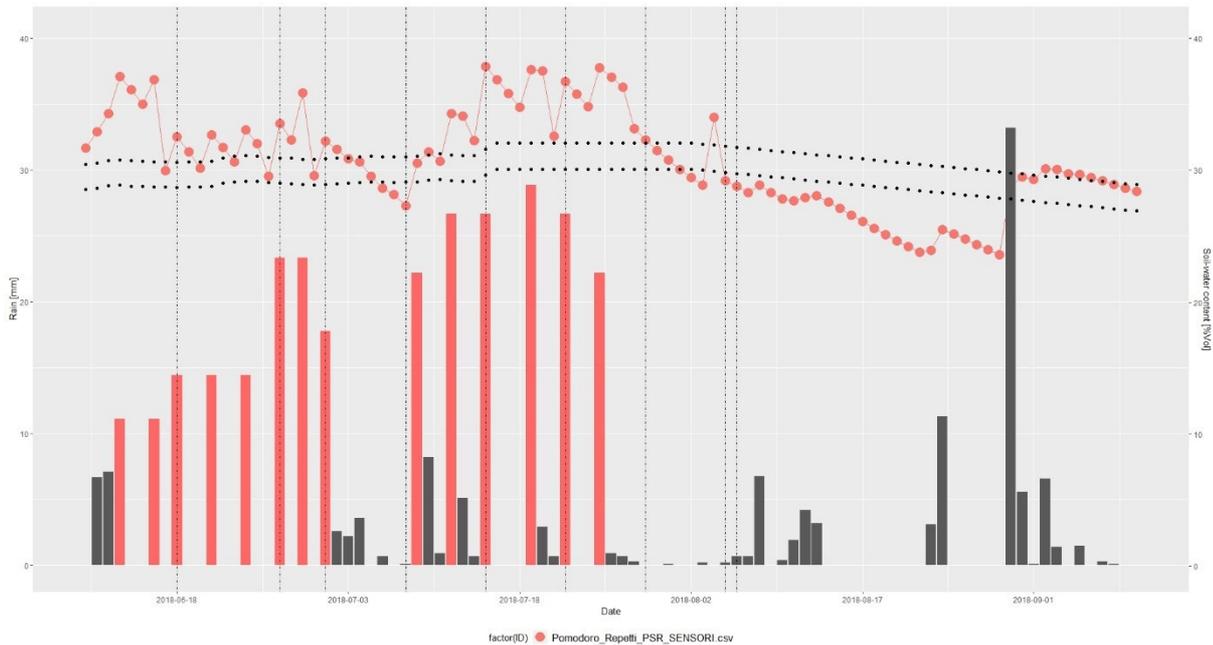
```

/*
INPUT ARRAY:
VectorDepth - idplot - VectorParameterNAME - VectorParameterTYPE - LengthBack - timeStep - idStation
Array ( [0] => Array ( [depth1] => 10 [depth2] => 20 [depth3] => 40 ) [1] => 116644 [2] => Array ( [0] => 512_X_X_17921_avg [1] =>
513_X_X_17921_avg [2] => 514_X_X_17921_avg [3] => 768_X_X_17921_avg [4] => 769_X_X_17921_avg [5] => 770_X_X_17921_avg [6] =>
772_X_X_17921_avg [7] => 773_X_X_17921_avg [8] => 774_X_X_17921_avg ) [3] => Array ( [0] => 2 [1] => 2 [2] => 2 [3] => 2 [4] => 2 [5] => 2 [6] =>
2 [7] => 2 [8] => 2 ) [4] => 30 [5] => hourly [6] => 01103237 )
RUN DATE-TIME: 2018-07-02 00:00:00
FILENAME: ReadSendSoilMoisture
DATE-TIME for PUSH/PULL PROCESS: 2018-07-01 00:00:00
VectorParameterNAME :
Array ( [0] => 512_X_X_17921_avg [1] => 513_X_X_17921_avg [2] => 514_X_X_17921_avg [3] => 768_X_X_17921_avg [4] => 769_X_X_17921_avg
[5] => 770_X_X_17921_avg [6] => 772_X_X_17921_avg [7] => 773_X_X_17921_avg [8] => 774_X_X_17921_avg )
VALUES Soil-Moisture:
Array ( [0] => 38.29 [1] => 38.69 [2] => 38.54 [3] => 20.83 [4] => 37.5 [5] => 37.89 [6] => 19.29 [7] => 38.74 [8] => 38.64 [9] => 0 )
VALUE AVG Soil-Moisture:
30.84
IF RESPONSE [vol]: <UmiditaGDto xmlns:i="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"><Date>2018-07-
01T00:00:00</Date><DeepLevel>40</DeepLevel><Id>29138</Id><Id_Plot>116644</Id_Plot><Origin>2</Origin><SoilMoisturePercVol>30.84</SoilMoi
sturePercVol><UmiditaBilaPars
xmlns:d2p1="http://schemas.datacontract.org/2004/07/AcquaVia.Entities"><d2p1:Cicperc>37.39469</d2p1:Cicperc><d2p1:Cimperc>50.77859</d2p1:C
imperc><d2p1:Err i:nil="true"
/><d2p1:IsInDataFaseStart>>false</d2p1:IsInDataFaseStart><d2p1:Paperc>17.7910633</d2p1:Paperc><d2p1:SogliaInfperc>29.0226727</d2p1:SogliaI
nperc><d2p1:Uperc>25.0043869</d2p1:Uperc></UmiditaBilaPars><Umidita_perc_Vol_calc>25.0043869</Umidita_perc_Vol_calc><Umidita_perc_Vol
comu>30.84</Umidita_perc_Vol_comu><Valmessage i:nil="true" /></UmiditaGDto>
*/

```

Per la data del 01/07/2018, come si nota dal file di log, il valore di umidità suolo integrato in Irrinet è stato di 30.84%, che rappresenta il dato di umidità comunicato dal sensore. Tale valore discostandosi per più del 20% dal valora calcolato

da IF è stato integrato nel bilancio nonostante fosse superiore rispetto alla soglia superiore di intervento. L'algoritmo ha funzionato correttamente correggendo il valore di umidità del suolo come si nota nel grafico seguente.



Le barre rosse rappresentano le irrigazioni. Dal grafico precedente si nota come i dati di umidità del suolo nel bilancio di Irrinet integrato con i sensori rispondano correttamente all'intervento irriguo, anche se sono leggermente spostati verso l'alto. Ciò potrebbe essere connesso alla non perfetta congruenza tra i parametri idrologici stimati dalla pedofunzione di Irrinet ed i dati di campo. Tale incongruenza sembrerebbe, in parte, confermata dai dati di umidità rilevati dai sensori che sono sempre maggiori rispetto alla soglia superiore d'intervento. I dati di umidità del suolo sono stati calcolati a partire dalle misure di tensione dell'acqua nel suolo utilizzando una formula di calibrazione specifica sviluppata dal CER per terreni simili. È probabile che anche tale formula potrebbe essere meno affidabile in condizioni di tessitura diverse da quelle previste a partire dalla cartografia pedologica. Dal grafico precedente comunque è da notare come il blocco dell'irrigazione dal 01/07/2018 per le piogge avvenute nel periodo 02-04 luglio abbia portato poi ad un calo dell'umidità del suolo al di sotto della soglia inferiore. Le piogge registrate in quel periodo dell'ordine di 3-5 mm al giorno sono state sufficienti a soddisfare il fabbisogno della coltura che nei giorni successivi è andata ad agire sulle riserve idriche del terreno fino ad arrivare a livelli più bassi rispetto alla soglia d'intervento inferiore.

h. Azienda Agricola Rigatieri

L'azienda produce patata da industria nella zona di San Lazzaro di Savena. Per una precisa localizzazione rimandiamo alla figura seguente. La data di semina è stata il 15/04/2018 mentre la raccolta è avvenuta il 10/07/2018.

Irrinet by Irriframe
CANALE EMILIANO ROMAGNOLO ANBI
Utente domenico solimando
Email solimando@consorzioer.it Profilo >
Crusotto Help Esci

Apprezzamento 16 - Patata RIGATIERI_pessl_SM > GEOLOCALIZZAZIONE

Mappa Satellite

Grazie
Madonna
Ca Morati
Borgatella
La Fabbriera
Tortorella Vecchia
Casette
Torre di Luce
Torre di Luce
A14-Autostrada

Google

Dati mappa Termini e condizioni d'uso Segnala un errore nella mappa

< Menù apprezzamento
Dati catastali >

Per **localizzare** l'apprezzamento utilizzare lo zoom e la funzione di pan (manina) per scorrere la mappa tenendo premuto il mouse e quindi cliccare nel punto scelto
Per **correggere/spostare** la localizzazione trascinare il marker rosso nella nuova posizione tenendo premuto il mouse
Gli eventuali marker verdi indicano gli apprezzamenti già geolocalizzati nelle vicinanze
Al termine premere "Salva"

Posizione individuata sulla mappa

Latitudine
Longitudine

Indirizzo più vicino
Via Montanara, 7, 40068 San Lazzaro di Savena BO, Italia

Salva

Figura 24: localizzazione azienda Rigatieri

Nell'apprezzamento in prova è stata installata la stazione Pessl dotata di pluviometri da campo e i tre sensori di umidità del suolo: 1 sensore watermark alla profondità di 35 cm e due sensori decagon HS10 alla profondità di 25 e 45 centimetri.



Figura 25: installazione sensoristica presso azienda Rigattieri

Nella figura seguente riportiamo i dati che sono stati integrati nel sistema irriframe dal sistema sviluppato nel progetto.

Coltura 16. PATATA > REGISTRO COMUNICAZIONI UMIDITA'

Data start: 03/04/2018

Impianto irriguo: Ala gocciolante

Sesto erogatori: 0,3mt x 0,9mt - Portata erogatore: 0,75lt/h - Portata impianto: 2,77800011634827mm/h

Data	Classe stimata	Dato campione TERRA	Dato SENSORE	Profondità del rilievo cm	Data ricezione	Utente
06/08/2018			30,19075	40	07/08/2018	Modifica Elimina
05/08/2018				40	06/08/2018	Modifica Elimina
29/07/2018				40	30/07/2018	Modifica Elimina
22/07/2018				40	23/07/2018	Modifica Elimina
15/07/2018				40	16/07/2018	Modifica Elimina
08/07/2018				40	09/07/2018	Modifica Elimina
01/07/2018				40	02/07/2018	Modifica Elimina
25/06/2018			32,06593	40	26/06/2018	Modifica Elimina
24/06/2018			32,19094	40	25/06/2018	Modifica Elimina
17/06/2018			32,44096	40	18/06/2018	Modifica Elimina
10/06/2018			32,44096	40	11/06/2018	Modifica Elimina

< Menù appezzamento
Nuova comunicazione umidità >

Figura 26: screenshot di Irrinet dei dati ricevuti dai sensori in campo

Come si può notare l'invio è avvenuto regolarmente ogni lunedì mattina con dati riferito al giorno precedente escluso per il 25/06 data in cui sono stati effettuati alcuni test sull'algoritmo per l'elaborazione dei valori provenienti dalla centralina di campo. La raccolta è avvenuta il 12/07 quindi precedentemente a quella data la centralina con i sensori è stata asportata dall'appezzamento. Per il giorno del 01/07/2018 e del 08/01/2018 la tabella non riporta i valori e ciò perchè nell'algoritmo di assimilazione quando il valore del sensore si discosta dal valore calcolato da Irrinet per un

i. Azienda Agricola Venturi

L'azienda agricola Venturi si trova in provincia di Ravenna e produce actinidia. Per una precisa localizzazione si rimanda all'immagine seguente.

Irrinet by Irriframe ANBI
CANALE EMILIANO ROMAGNOLO
Utente Elia Ulivi
Email elia.ulivi@apofruit.it [Profilo >](#) [Cruscotto](#) [Help](#) [Esci](#)

Appezamento 1 - Actinidiето Sun Gold 3 anno impianto 2015 - Venturi Luca > GEOLOCALIZZAZIONE

Mappa Satellite

Traversara
Via Paluza
Via Fantina
Godò
Russi
Testi Rasponi
Pozzolo
San Santezzano

SP253 SP30 SP302 SP45

< Menù appezzamento
Dati catastali >

Per **localizzare** l'appezzamento utilizzare lo zoom e la funzione di pan (manina) per scorrere la mappa tenendo premuto il mouse e quindi cliccare nel punto scelto
Per **correggere/spostare** la localizzazione trascinare il marker rosso nella nuova posizione tenendo premuto il mouse
Gli eventuali marker verdi indicano gli appezzamenti già geolocalizzati nelle vicinanze
Al termine premere "Salva"

Posizione individuata sulla mappa

Latitudine
Longitudine

Indirizzo più vicino
Via Cortina Vecchia, 10, 48026 Russi RA, Italia

Salva

Figura 28: localizzazione dell'azienda

L'azienda è dotata di un sistema una centralina di monitoraggio dei parametri meteorologici, dell'umidità del suolo e della pressione dell'impianto a goccia della Pessl. Anche in questo caso è stata eseguita l'integrazione con il sistema Irrinet sia dei dati meteo sia dell'umidità del suolo sia del volume d'adacquamento.

Di seguito riportiamo lo screenshot della pagina web di Irrinet con il registro delle irrigazioni misura dal sistema ed integrate nel bilancio automaticamente.

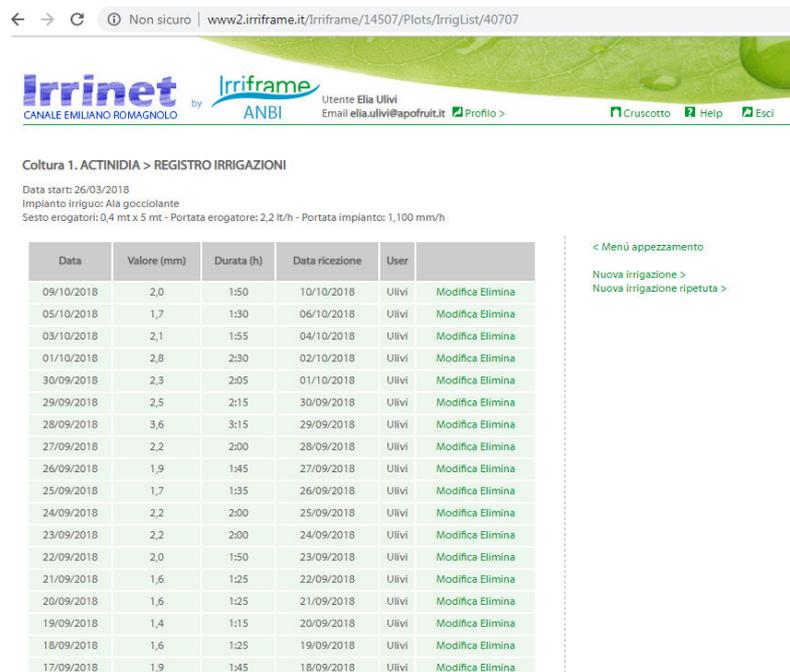


Figura 29: registro delle irrigazioni compilato in automatico

Come si nota dalla figura precedente il sistema funziona a passo giornaliero. Ogni notte il servizio estrae le informazioni dal server Pessl relativi alla durata dell'irrigazione del giorno precedente, elabora i dati e li invia al sistema Irrinet. L'invio automatico del volume irriguo rende il sistema Irrinet altamente affidabile perché basato su reali feedback dal campo. Il bilancio idrico e tutte gli input vengono rilevati nelle specifiche condizioni di campo rendendo lo strumento estremamente affidabile e capace di rispondere alle esigenze degli agricoltori.

j. Sviluppo e test di una sistema open-source per il monitoraggio dell'umidità del suolo

Per il progetto è stato sviluppato un prototipo open-source per il monitoraggio dell'umidità del suolo completo di sistema di acquisizione ed invio ad IF del dato. Nell'immagine seguente riportiamo le unità delle quali si compone il sistema. Come sensore dell'umidità del suolo è stato utilizzato un tensiometro trasduttore ampiamente diffuso in agricoltura. Il microcontrollore utilizzato per lo sviluppo del prototipo è il conosciuto Arduino Uno. Il sensore utilizzato è stato collegato attraverso lo specifico adattatore 200SS-VA: l'alimentazione avviene con una tensione di 5 volts attraverso il pin digitale di output del microcontrollore Arduino. L'adattatore fornisce una tensione di output tra 0-2.8 volts linearmente correlata con la tensione dell'acqua misurata dal sensore di 0-239 (cb) kPa. L'output analogico è stato collegato con l'ingresso del microcontrollore dotato di un convertitore A/D a 10 bit su 0-5 volts.

Per l'invio del dato il microcontrollore è stato dotato di uno shield GPRS e di un modulo GPRS. I dati rilevati dal sensore vengono inviati al server centrale attraverso una comunicazione HTTP dal microcontrollore.



Figura 30: immagine del sistema sviluppato e di tutte le sue componenti

Lato server è stata sviluppata una pagina web in PHP ed un database mysql per l'archiviazione, la visualizzazione dei dati e l'invio su IF della quale riportiamo gli screenshot delle pagine web.

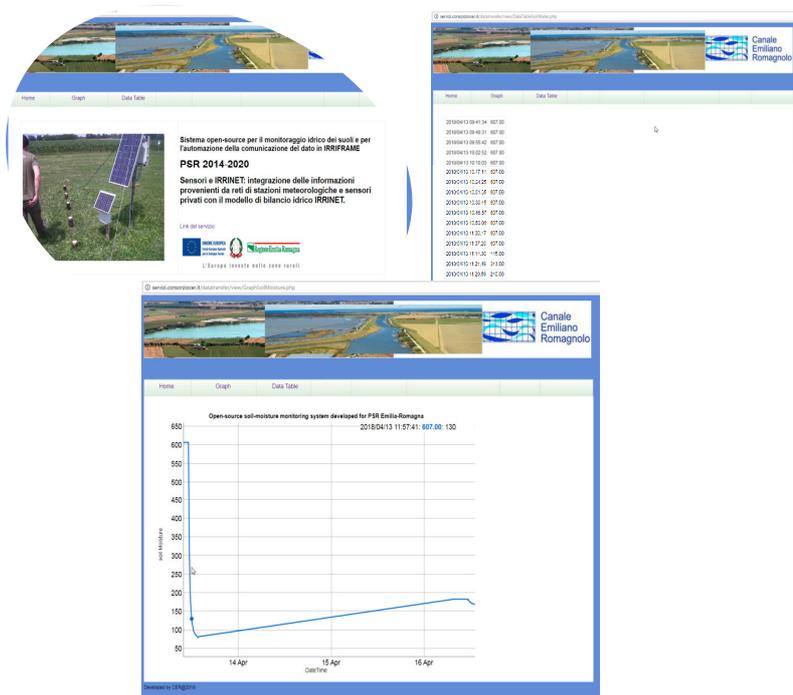


Figura 31: screenshot delle pagine web sviluppate per la visualizzazione del sistema di misura dell'umidità del suolo open-source

Il servizio Web acquisisce le informazioni dalla stazione meteo tramite codice PHP, i dati vengono inseriti all'interno di un database e poi visualizzati tramite le pagine web dedicate come si può notare nella figura seguente.

Nella tabella sottostante riportiamo il codice sviluppato sul sistema Arduino per l'acquisizione delle misure dal sensore.

```

// misurazione da sensore e media su letture
void SensorReadAverage() {
  SumVal = 0;
  count = 0;
  int timeout1 = 0;
  // media su 100 valori rilevati dopo 1000 ms da alimentazione pin e valore ogni 10 ms
  for (int i=0; i <= 10; i++){
    delay(10);
    timeout1 = time/1000; // convert millisecond into second
    val = analogRead(sensorPinA0); // read the input pin every cycle
    Serial.print("dataString1 time-bit: ");
    dataString1 = String(timeout1) + "," + String(val);
    Serial.println(dataString1);
    SumVal += val; // sum di tutti i value
    count = i + 1; // count the cycle
    Serial.print("SumVal Partial: ");
    Serial.println(SumVal);
    delay(10);
  }
  averageVal = int(SumVal/count); //average of measurement
  Serial.print("SumVal: ");
  Serial.println(SumVal);
  Serial.print("Count: ");
  Serial.println(count);
  Serial.print("averageVal as integer: ");
  Serial.println(averageVal);
}

void GPRSSend(int datatosend)
{
  if(started) {
    //GPRS attach, put in order APN, username and password.
    Serial.println("Sending to server...");
    gsm.SimpleWriteLn("AT");
    delay(10000);
    if (inet.attachGPRS("m2mbis.vodafone.it", "", ""))
      Serial.println("status=ATTACHED");
    else Serial.println("status=ERROR");
    delay(1000);
    gsm.SimpleWriteLn("AT+CIFSR");
    delay(5000);
    //Read until serial buffer is empty.
    gsm.WhileSimpleRead();
    //TCP Client GET, send a GET request to the server and -- save the reply.
    sprintf(bufferpath, "datatransfer/testIN_2.php?id=%d&value=%d", IDSensor, datatosend);
    Serial.println(bufferpath);
    numdata=inet.httpGET("servizi.consorziocer.it", 80, bufferpath, msg, 50);
    delay(10000);
    Serial.println("\nNumber of data received:");
    Serial.println(numdata);
    //SLEEP GSM.....
    delay(15000);
    delay(15000);
  }
}

```

Il sistema acquisisce 10 misure dal sensore ogni 10 millisecondi, per poi eseguire una media tra i dati rilevati, al fine di limitare eventuali errori come comunemente avviene nei sistemi di automazione. Il microcontrollore, a cadenza oraria, invia il dato al servizio WEB tramite rete GPRS, passando i dati tramite stringa HTTP alla pagina PHP, sviluppata nel server del consorzio CER al sito <https://www.servizi.consorziocer.it/>.

CONCLUSIONI

La realizzazione del piano ha fornito indicazioni chiare per quanto riguarda l'utilizzo di sensoristica di campo fissa al fine del conseguimento di un efficiente uso dell'acqua in agricoltura. È evidente che la tecnologia si stia evolvendo velocemente senza però fornire indicazioni chiare sui vantaggi ottenibili dal suo impiego. Nell'era attuale anche nel settore agricolo si tenderà sempre più a produrre dati sia dall'utilizzo di sensoristica, sempre più accessibile, così da rilievi da remoto, senza però riuscire a fornire consigli pratici utili all'agricoltore o a qualsiasi fruitore.

Il piano è stato realizzato con l'obiettivo di sviluppare un sistema che trasformasse il dato misurato grezzo in un consiglio chiaro e semplice. I sistemi di sensori di campo costituiti da centraline meteo, sensori di umidità del suolo e sensori di accrescimento dei frutti sono stati integrati nel sistema esperto Irrinet. L'utilizzo di tali strumentazioni ha un vantaggio bene evidente: il sistema Irrinet fornisce un consiglio irriguo adattato alle realtà dell'appezzamento, quindi, perfettamente in grado di ottimizzare l'utilizzazione dell'acqua in agricoltura assicurando il massimo risparmio idrico.

Tra gli agricoltori si sta assistendo ad una sempre maggior diffusione di stazioni meteo locali per misura dei parametri meteorologici. Per quanto riguarda la misura dell'altezza di pioggia, soprattutto durante i mesi estivi, questo offre un indubbio vantaggio consentendo di misurare anche eventi estremamente localizzati come avviene in tali periodi. Il sistema di monitoraggio regionale ERG5 può errare nell'identificazione di tali eventi localizzati. In questo modo, il bilancio idrico di Irrinet ha a disposizione, in automatico, un'informazione altamente sito specifica ed è in grado di fornire all'agricoltore un consiglio irriguo valutando le reali situazioni di campo e, quindi, le esigenze della coltura. Altro tipo di riflessione è necessaria per valutare diversi tipi di dati, quali per esempio le temperature, provenienti dalle stazioni meteo se finalizzati al calcolo dell'evapotraspirazione di riferimento. Lo studio climatologico realizzato nel presente piano, seguito su un totale di 10 stazioni meteo private per un biennio, ha dimostrato come per talune stazioni meteo il dato termico sia più che affidabile rispetto a quanto stimato da ARPAE con lievi discrepanze solo su il dato di temperatura massima giornaliera.

Al fine di risolvere problemi connessi all'installazione, nel presente progetto è stato elaborato un manuale per la corretta installazione della stazione meteo. Nonostante questo, nelle situazioni monitorate a livello sito specifico e di cui abbiamo riportato i risultati nella presente relazione, ove era stata verificata la corretta installazione delle stazioni stesse, sono state identificate discrepanze tra i dati delle stazioni meteo locali ed i dati delle celle meteo ERG5 talmente rilevanti da richiedere un maggior approfondimento. In taluni casi si sono evinti errori di natura sistematica in cui, rispetto alle temperature di ERG5, le stazioni locali rilevavano temperature più estreme, quindi con temperature massime più alte e temperature minime più basse. Tale discrepanza ha un effetto molto marcato sul calcolo dell'evapotraspirazione di riferimento con formula di Hargreaves. Differenziali termici tra temperatura massima e minima giornaliera di 5-6°C, nonostante che la temperatura media giornaliera fosse molto simile, portano ad aumenti dell'ET₀ fino a 1.5-2 mm/d tali da generare ET₀ di 7-8 mm/d. In altri casi, al contrario, a livello sito specifico le stazioni meteo locali hanno rilevato in media, in accordo con quanto stimato da ERG5 a livello mensile o settimanale, ma con punte giornaliere, soprattutto di temperature massime, molto inferiori anche di 10°C rispetto a quanto stimato da ARPAE. L'analisi statistica a livello climatologico eseguita ha dimostrato come tali discrepanze puntuali e giornaliere possano essere considerate eventi anomali afferenti alla classe degli outliers, ovviamente il loro impatto a livello sito specifico può essere ingente tale da inficiarne l'utilità. Anche nel caso delle stazioni meteo oltre alla corretta installazione ha un evidente impatto la qualità della sensoristica presente in esse: ciò ha dimostrazione anche della enorme variabilità di prezzo che tali strumentazioni possono avere. Per quanto riguarda la situazione della regione ER,

è probabile che anche per il dato meteorologico, così come realizzato per il dato di umidità del suolo, sarà necessario sviluppare un algoritmo di validazione ed assimilazione del dato nel servizio Irrinet, proveniente dalle stazioni meteo locali, tale da escludere quei valori devianti che troppo si discostano da quanto stimato da ERG5. Una particolare riflessione potrebbe essere fatta sull'utilizzo di formule per il calcolo dell'evapotraspirazione di riferimento più adatte in funzione del tipo di strumentazione presente nella stazione meteo.

L'integrazione con il servizio PerFrutto realizzata nel piano ha contribuito a migliorare il servizio rendendo lo strumento in grado di rispondere agli obiettivi produttivi non solo in termini di quantità ma anche in termini di pezzatura dei frutti, e quindi in termini di PLV per l'agricoltore. Il sistema Irrinet, in funzione del tasso di accrescimento dei frutti rilevati da PerFrutto, fornisce un consiglio irriguo in funzione degli obiettivi di pezzatura.

La presenza di pressostati sulle linee gocciolanti e sulle linee di adduzione dell'acqua agli impianti per aspersione è molto frequente soprattutto sui frutteti. L'integrazione in automatico in Irrinet dei volumi di adacquamento misurati dai pressostati come minuti di funzionamento e poi convertiti in volume hanno reso il sistema sempre più affidabile ma soprattutto molto meno gravoso per l'agricoltore. L'inserimento manuale tramite interfaccia web del volume irriguo in Irrinet, se presenti tali strumentazioni, non è più necessario perché avviene in automatico: l'agricoltore è sgravato da tale compito, il servizio ne ha guadagnato in termini di precisione ed affidabilità.

Particolare attenzione è stata riposta nell'integrazione all'interno del servizio Irrinet dei dati provenienti dai sensori di umidità del suolo. Nel piano sono state definite delle metodologie per la corretta installazione dei sensori di umidità del suolo. Il preprocessamento del dato rilevato dal sensore ha previsto lo sviluppo di logiche per la sua elaborazione al fine di risolvere le seguenti problematiche: integrazione temporale del dato misurato rispetto al passo temporale giornaliero di Irrinet, integrazione di uno e più sensori all'interno del bilancio posti a profondità differenti e costituiti da tipologie di sensori che si basano su principi diversi di misura. La variabilità di condizioni di campo rende spesso le informazioni provenienti dai sensori semplici indicazioni qualitative prive di utilità pratica: con il progetto è stato possibile convertire tali informazioni in un preciso e mirato consiglio irriguo per l'agricoltore. Il bilancio di Irrinet si basa sulle costanti idrologiche del terreno e ciò dipende prevalentemente dalla tessitura del suolo e dalla sua strutturazione. Tali parametri sono molto variabili anche all'interno di uno stesso appezzamento e difficili da misurare. La misura dell'umidità del suolo per l'integrazione in Irrinet prima di tutto si rapporta alle costanti idrologiche in situ. Una valutazione preliminare dell'andamento dell'umidità del suolo nei confronti dei parametri idrologici del terreno come stimato in Irrinet, rappresenta il punto di partenza. Nelle prove in campo l'umidità del suolo è risultata di particolare importanza a seguito di un evento meteorico o di un evento irriguo al fine di valutarne l'effetto sull'umidità dello stesso. La stima della pioggia efficace e della redistribuzione nel suolo è molto complessa e spesso può portare ad errori, piogge di 10 mm possono non raggiungere terra mentre piogge di 15 mm possono arrivare sino a 10 cm di profondità. In tali situazioni la misura dell'umidità del suolo a seguito di eventi meteorici o irrigui variabili fornisce un'informazione estremamente utile al bilancio idrico di Irrinet. Quando l'umidità del sensore è inferiore alla soglia inferiore di irrigazione il sistema integra fa scattare il consiglio irriguo: qualora l'evapotraspirazione di riferimento venisse sottostimata l'umidità del suolo misurata dal sensore fornisce al sistema un segnale correttivo per evitare di accentuare gli effetti dell'eventuale stress idrico. Allo stesso modo (es. come visto per Az. Agr. Cattivelli), il dato del sensore di umidità viene integrato in Irrinet quando esso è maggiore del 20% rispetto a quanto stimato dal bilancio: un eventuale redistribuzione dell'acqua nel suolo per un evento meteorico non rilevato dalla cella meteo ERG5 relativa produce un innalzamento dell'umidità del suolo posticipando la data della prossima irrigazione.

In generale è possibile affermare che con il progetto è stato tentato di spingersi verso la direzione del seguente paradigma: meno dati "grezzi" e più consigli realmente utili per l'agricoltori.