



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

TIPO DI OPERAZIONE

16.2.01 - SUPPORTO PER PROGETTI PILOTA E PER LO SVILUPPO DI NUOVI PRODOTTI, PRATICHE, PROCESSI E TECNOLOGIE NEL SETTORE AGRICOLO E AGROINDUSTRIALE

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 2286/2021

FOCUS AREA 3A

RELAZIONE TECNICA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO 5416428.

DOMANDA DI PAGAMENTO 5525151

Titolo progetto	Misurazione Automazione Travasi e Rincalzi per Aceto Balsamico Tradizionale di Modena DOP (ABTM)
Ragione sociale del beneficiario	Società Agricola La Ca' dal Non Acetaia 1883 di Montanari M e C ss

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	18
Data inizio attività	28/09/2022
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	26/06/2024

Relazione relativa al periodo di attività dal	28/09/2022	Al 26/06/2024
Data rilascio relazione	20/08/2024	

Sommario

1.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	4
1.1.	STATO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PROGETTO	4
2.	DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE	4
2.1.	ATTIVITÀ E RISULTATI	4
2.2.	PERSONALE	5
2.3.	COLLABORAZIONI, CONSULENZE ESTERNE, ALTRI SERVIZI	5
2.4.	SPESE PER ATTIVITÀ DI DIVULGAZIONE E DISSEMINAZIONE	6
2.5.	SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE, INVESTIMENTI IMMATERIALI.....	6
2.6.	MATERIALI E LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI.....	6
2.7.	LOCAZIONE	7
3.	CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ	7
4.	ALTRE INFORMAZIONI	7
5.	CONSIDERAZIONI FINALI	8
6.	RELAZIONE TECNICA	8

1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del progetto

Il piano nasce da una sperimentazione, iniziata nel 2015 dalla Acetaia Ca' dal Non, per migliorare l'organizzazione della produzione di ABTM con nuove tecnologie.

I problemi affrontati hanno riguardato in special modo rendere disponibile una adeguata tecnologia nella conduzione delle batterie di barili di ABTM la circolazione di dati gestionali nella fase di invecchiamento, per renderli disponibili in futuro anche per la fase di raccolta dell'uva, prima e per l'imbottigliamento/commercializzazione poi..

Sono stati analizzati , in modo analitico, puntuale ed automatizzato, i cambiamenti fisici che avvengono durante l'invecchiamento all'interno dei barili.

I dati così raccolti, elaborati tramite un algoritmo di machine learning che tiene conto anche della storicità della produzione, sono stati inseriti in un software utilizzabile per gestire la produzione.

L'azienda agricola tramite il progetto pilota ha così costruito un prototipo di un sistema in grado di:

- ottimizzare i processi e renderli più competitivi dal punto di vista economico permettendo una notevole riduzione di tempo e maggiormente ripetibili nel tempo;
- avere dati previsionali sull'andamento dell'evaporazione negli anni consentendo di stabilire a priori le necessarie caratteristiche del mosto cotto e di conseguenza l'esigenza di ottimale maturazione dell'uva;
- sviluppare una tracciabilità puntuale e in tempo reale del prodotto, con la possibilità futura di trasferire anche come supporto alla commercializzazione, in grado di aumentare il valore aggiunto del prodotto.

Non essendo mai stato affrontato in passato il tema dell'introduzione di nuova tecnologia nel sistema di produzione dell'ABTM i risultati del progetto pilota del piano sono stati di interesse per numerose aziende agricole, nonché per le associazioni della categoria di riferimento.

1.1.STATO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PROGETTO

Azione	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese e termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
Esercizio della cooperazione	Attività di raccordo tra gli elementi del team scientifico, i titolari dell'impresa agricola e gli operai impegnati con la raccolta dati	Settembre 2022	Ottobre 2022	Marzo 2024	Giugno 2024
Ingegnerizzazione sensore	Raccolta dati, analisi comparate dei dati, realizzazione di un sei di sensori	Settembre 2022	Ottobre 2022	Marzo 2024	Giugno 2024
Machine learning e training dei dati	Raccolta dati, machine learning, sperimentazione con test dell'algoritmo	Settembre 2022	Ottobre 2022	Marzo 2024	Giugno 2024
Studio e ingegnerizzazione software, prototipo software	Realizzazione del prototipo del software e della app mobile di supporto	Settembre 2022	Ottobre 2022	Marzo 2024	Giugno 2024
Divulgazione	Realizzazione di articolo, attività di ufficio stampa, pagina sul sito web aziendale, newsletter, blog	Marzo 2023	Giugno 2023	Marzo 2024	Giugno 2024

2. DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE

Compilare una scheda per ciascuna azione

2.1. ATTIVITÀ E RISULTATI

Azione	AZIONE ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE
Descrizione delle attività	La cooperazione tra i soggetti coinvolti nel progetto, Società Agricola la Ca' dal Non (beneficiario), Mister Smart Innovation (Organismo di ricerca) e Centro AIRI Università di Modena e Reggio Emilia (consulenza esterna) è stato attivato attivata tramite riunioni in remoto, riunioni in presenza e prove in campo. Sono stati realizzati dei report in base agli incontri del team durante tutto lo svolgimento del progetto finalizzati alla raccolta dei dati per le prove sul campo. I dati sono stati interamente raccolti nel software sviluppato e i dati sono stati resi disponibili tra i vari soggetti per effettuare le azioni previste dal piano. E' anche stato realizzato in occasione del workshop in azienda un momento di networking con il Consorzio Tutale Aceto Balsamico Tradizionale di Modena DOP, le aziende ACETUM spa e Acetaia Malpighi con i quali sono stati condivisi gli input iniziali della progettazione e raccolte osservazioni nell'ottica dello sviluppo di un prototipo interessante per l'intera filiera. In merito al piano di comunicazione, considerando gli input e gli interessamenti pervenuti dal Consorzio Tutela Aceto Balsamico Tradizionale di Modena in merito alla migliore modalità di diffusione dei risultati, si è optato per raccogliere le comunicazioni di aggiornamento mensile previste tramite Facebook e Instagram direttamente su un blog sulla sezione dedicata al progetto del sito internet aziendale in quanto maggiormente efficace per raggiungere il pubblico di riferimento.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi si intendono pienamente raggiunti in quanto le comunicazioni e la condivisione dei dati è stata efficace allo scopo di realizzare quanto previsto dal piano. In particolare la decisione di pubblicare le notizie mensili su un blog dedicato, più facilmente consultabile dal parte dell'utenza interessata, su indicazione del Consorzio Tutela dell'Aceto Balsamico Tradizionale di Modena, ha prodotto ottimi risultati in termini di visibilità e utenti raggiunti. Efficacia che ha avuto pieno riscontro nella partecipazione al seminario conclusivo di presentazione dei risultati, ottenendo anche un invito per il mese di Novembre 2024 a presentare nuovamente i risultati del progetto, arricchito da una dimostrazione presso la sede dell'Consorzio dell'Aceto Balsamico Tradizionale di Spilamberto che raccoglie migliaia di associati interessati alla produzione dell'ABTM. Questo invito è in particolare modo sinonimo dell'interesse della filiera e in particolare modo di chi si occupa di formare le nuove generazioni, rispondendo pienamente ad uno degli obiettivi principali del piano di innovazione, cioè favorire il ricambio generazionale. Non ci sono criticità da evidenziare sul piano dell'esercizio della cooperazione.

Azione specifica 1	INGEGNERIZZAZIONE SENSORE PER MONITORAGGIO IN CONTINUO DEL LIVELLO NEI BARILI E CALCOLO DEL CONTENUTO
Descrizione delle attività	L'azione si è svolta in 2 fasi, la prima di progettazione e costruzione del prototipo di sensore e del prototipo di software di calcolo, la seconda con una serie di prove in campo per testare il funzionamento del prototipo durante lo sviluppo. In questa prima azione specifica è stato analizzato il primo prototipo di misuratore messo a punto dall'azienda Ca' dal Non, studiandone le prestazioni e le condizioni di utilizzo, con l'obiettivo di migliorarne le prestazioni anche in quelle condizioni di utilizzo dove il misuratore non risulta efficace, in particolare con il prodotto nel quale la densità arriva a superare i 60 Brix. E' stata identificata una tecnologia adeguata per effettuare la misurazione integrando anche la rilevazione della temperatura e della umidità. Il sensore è stato dotato anche di scambio dati secondo i principi della IoT. Contestualmente è stato studiato un modello di rilevazione per creare un duplicato digitale della botte, tramite il quale poter elaborare i calcoli partendo dai dati rilevati dal sensore. L'utente, una volta posizionato ed acceso il dispositivo, ha la possibilità di scegliere se lavorare operare in modalità "offline" oppure connettersi alla rete WiFi e al Server dell'azienda "Ca dal Non". In questa seconda configurazione, durante ogni misura di livello del contenuto di aceto all'interno della botte, il dato raccolto viene inviato al Server Filemaker dove viene immagazzinato nel database e successivamente elaborato. Il server è un computer iMac sul quale è stato preparato in precedenza un database Filemaker con tutti i campi necessari ai valori significativi da registrare, come i livelli di liquido e tutte le proprietà che vengono misurate, come il contenuto di zuccheri e l'acidità. Comprende anche le formule per i necessari calcoli, come ad esempio il volume di liquido a partire dal livello misurato, note le dimensioni geometriche della botte. La comunicazione con il server avviene grazie a un demone scritto appositamente per il progetto, che rimane continuamente in ascolto di messaggi con il protocollo MQTT, inviati dall'Arduino in corrispondenza di ogni misura, provvedendo a inserire il dato ricevuto nel record apposito. La comunicazione avviene anche nel senso inverso. Nelle operazioni di travaso e rinalzo, il livello da raggiungere nella botte in cui viene travasato il liquido può venire suggerito dall'applicazione preparata dal partner UniMoRe, che ha fittato un modello predittivo di regressione basato sui dati raccolti finora da Ca dal Non. In questo caso, infatti, è il server ad inviare un messaggio MQTT alla parte di controllo del Misuratore (se connesso alla rete WiFi) che rimane in attesa delle informazioni inviate dal modello predittivo al fine di posizionare correttamente il sensore all'interno della botte in cui travasare l'aceto (in caso di esito positivo, il dispositivo restituisce al Server un messaggio di conferma di avvenuta ricezione dei dati). Una volta posizionato il sensore al punto calcolato da modello predittivo tramite l'utilizzo di una connessione LoRa di tipo "peer-to-peer" (punto-punto), il dispositivo di controllo del Misuratore manda i comandi (velocità della pompa e la durata) al dispositivo di controllo della pompa che aziona opportuni relays su una centralina posizionata sulla pompa peristaltica stessa, per gestire il travaso dell'aceto fino al raggiungimento del livello stabilito.

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

Gli obiettivi si intendono pienamente raggiunti in quanto il prototipo è stato costruito, è funzionante ed ha passato la verifica di misurabilità tramite gli indicatori previsti. In particolare:

- la tolleranza di misura tra quella del prototipo e quella dell'asta graduata è nel range $\pm 3\%$
- la tolleranza di misurazione del contenuto, tra quello certo effettuato rilevato dalle bocche graduate e quello rilevato dal sistema di misura (prototipo di misuratore e prototipo di software) è nel range $\pm 3\%$

I dispositivi realizzati sono:

- Il "Misuratore", costituito da due parti: il "core", in appoggio sulla botte grazie a supporti regolabili ed un case contenente "l'elettronica di controllo" che gestisce le diverse operazioni
- Il "Controllo della Pompa" con una elettronica dedicata riceve le istruzioni tramite protocollo wireless e controlla la pompa peristaltica, tramite appositi relays, per le operazioni di travaso e ricalzo.

All'interno del Core del Misuratore, una coclea connessa ad un motore passo-passo controlla la discesa e la risalita di un sensore elettronico di contatto a circuito normalmente aperto che si chiude non appena le due punte toccano la superficie del liquido contenuto all'interno della botte.

Connesso ad esso, un sistema di controllo centrale dotato di un display con touch screen capacitivo da 2,8" permette di gestire tutte le operazioni necessarie.

All'interno del Case di controllo del Misuratore, che è il nodo centrale del sistema prototipale, è contenuta una scheda Arduino Nano 33 IoT che gestisce tutta la componentistica elettronica collegata ad essa.

Il dispositivo di controllo della pompa peristaltica è costituito da una scheda Arduino Nano, un display TFT da 1,8" per la visualizzazione dei comandi ricevuti ed un chip SX1276 prodotto dalla Semtech per la connessione LoRa.

Durante la fase di test sono emerse alcune criticità raccolte dal gruppo di lavoro:

- scarsa maneggevolezza dello strumento realizzato in condizioni di lavoro nell'ambiente dell'acetaria dove alcune botti sono collocate in posizioni strette eccessivo ingombro

I- Il posizionamento dell'alloggio per il tubo di pompaggio integrato nel sensore comporta vibrazioni e pulsazioni che trasmesse al sensore ne pregiudicano la capacità di misura e di funzionamento

- tempistica eccessivamente lunga per realizzare le misurazioni e non in linea con i target prefissati

In base agli input del periodo di progettazione e delle prime fasi di test si è optato per costruire un sistema mobile, piuttosto che fisso sui barili, al fine di poter realizzare uno strumento più preciso e che permettesse di raccogliere una quantità di dati su un campione più ampio di barili.

Per questi motivi è stata richiesta una proroga di 90 giorni del termine di progetto per poter avere più tempo a disposizione per effettuare le prove sul campo, la sperimentazione dell'algoritmo e la fase di test sul campo dell'algoritmo. (di cui alla scheda successiva)

Azione specifica 2	MACHINE LEARNING SULLO STORICO E SULLE MISURAZIONI IN CONTINUO, SPERIMENTAZIONE E TRAINING SULL'ANALISI DEI DATI PER LA REALIZZAZIONE DEL MODELLO PREDITTIVO
Descrizione delle attività	L'azione si è svolta in 4 fasi, la prima di Esportazione dei dati di produzione disponibili in azienda , la seconda e la terza di machine learning e sperimentazione e training dell'algoritmo sull'analisi dei dati, svolta dal centro AIRI di UNIMORE in coordinamento con il gruppo di lavoro, la quarta di test sul campo.

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

Nel primo periodo, oltre a diversi incontri con il gruppo di lavoro e il responsabile del centro AIRI, sono state svolte le seguenti attività:

- Creazione di un modello di digital twin di una botte circolare
- Analisi dei dati storici ed importazione
- Creazione di un modello predittivo di machine learning

A seguito della decisione di sviluppare un sensore mobile e non fisso riguardo al livello (e rispettiva densità) di liquido in almeno un contenitore, l'attività del gruppo di lavoro AIRI si è focalizzato su due analisi, utili ai fini predittori e necessari ad una futura estensione del progetto. In particolare, l'attività si è declinata in due task:

- Clustering dei contenitori da dati storici al fine di identificare gruppi omogenei (e, presumibilmente, con comportamento identico ai fini della evaporazione)
- Analisi dei dati ambientali per predire, grazie a dati pubblici, l'andamento delle temperature durante le serie storiche in possesso

Il digital twin della botte circolare si compone di due elementi. Il primo è la caratterizzazione geometrica, il secondo è legato al modello di predizione desiderato. Dal punto di vista geometrico, i contenitori utilizzati durante il progetto e oggetto di analisi sono solamente quelli a sezione circolare e profilo ellittico.

Usando i dati della Ca' dal Non è stato realizzato un tracciato usato per l'esportazione dei contenitori dal software gestionale.

Per il calcolo del volume della botte piena e, soprattutto, del volume del liquido presente a partire dal livello misurato si è utilizzato il modello semplificato con profilo parabolico.

I dati storici utilizzati nella prima elaborazione e validazione del modello sono stati:

- Esportazione dal software gestionale del committente (vedi allegato 2 per formato record)
- Acquisizione dal portale arpa Dexter delle temperature giornaliere in provincia di Modena dal 2015 in

avanti (<http://www.smr.arpa.emr.it/dext3r/doc/GuidaDext3r.html>)

I dati storici del gestionale sono stati raggruppati con granularità di 3 giorni ed utilizzati come eventi per riportare le predizioni calcolate in autoregressione a valori reali. Inoltre, le misurazioni reali vengono utilizzate in fase di training del modello predittivo per il calcolo della loss.

A tal fine, si è utilizzata la "misura altezza reale" di tutte le operazioni di rinalzo, travaso, Evaporazione e Prelievo ABTM. Le operazioni di Sversamento, non essendo soggette a predizione, non sono state utilizzate per il calcolo di loss. Le operazioni di Inventario sono invece state utilizzate come punto di partenza del modello di regressione

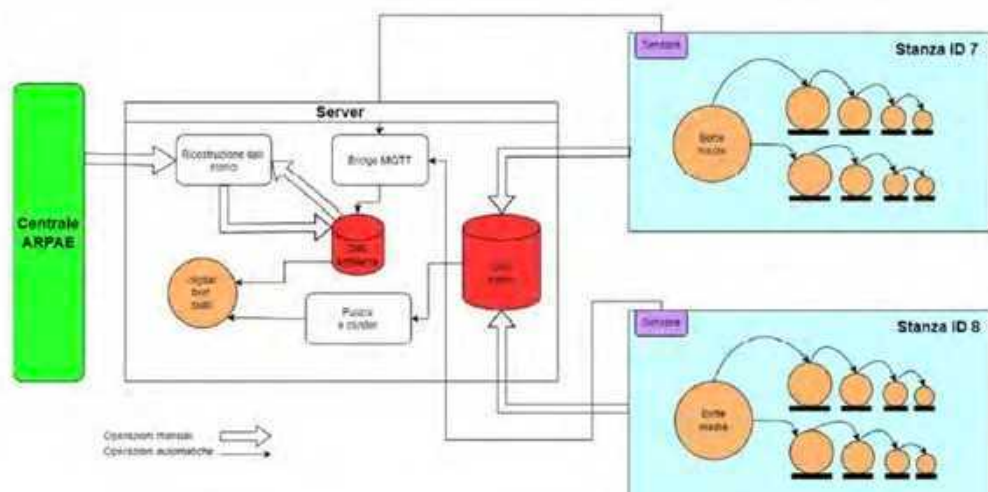
a) Monitoraggio evaporazione

Come è possibile vedere nella Figura, il sistema si mostra di base come un semplice Bridge MQTT che raccoglie le informazioni sulla tempura, l'umidità e l'irradianza dell'ambiente in cui risiedono le batterie (due nel caso preso in esempio) che vengono conservati sul server di riferimento insieme alle operazioni storiche.

Considerando che i dati delle due stanze si fermano al 2022, è stato realizzato un sistema di ricostruzione dei dati storici basato su un algoritmo di Artificial Neural Network (ANN) a cui passare manualmente i dati aggregati delle centrali ARPAE dell'Emilia-Romagna. Nel presente lavoro sono state ricostruite le temperature fino al 2014 (a 10 anni dal momento attuale), ma è possibile replicare quanto discusso per la temperatura anche con l'umidità e l'irradianza anche a date antecedenti se si avranno più informazioni di partenza sulla stanza.

In secondo luogo, si procederà ad un raggruppamento delle botti per poter comprendere quali di queste subiscono movimenti di contenuto simili, al fine di poter fornire all'operatore un confronto più facile per ogni botte.

Al fine di voler evitare all'operatore un eccessivo impatto di novità, le operazioni di pulizia e raggruppamento vengono fatte ogni volta sui dati, cambiando dinamicamente l'appartenenza di una botta ad un gruppo a seconda di come si stanno evolvendo le operazioni di volta in volta.



Il periodo di raccolta ed elaborazione dei dati, considerata la limitata durata temporale del progetto rispetto al decennale procedimento di invecchiamento dell'aceto balsamico Tradizionale di Modena, non ha permesso una verifica estensiva dei risultati ottenuti, ma il metodo di calcolo è stato applicato allo storico dei dati in possesso della Ca' dal Non. Effettuando la simulazione sui dati storici c'è una corrispondenza sul 90% dei campioni presi in esame con una "previsione" dell'evaporazione in un range del +/- 4%. Si ritiene quindi il modello validati, anche se per la sua piena operatività necessiterà di una ulteriore fase di testing estensiva.

Azione specifica 3	STUDIO PER L'INGEGNERIZZAZIONE DEL SOFTWARE GESTIONALE E DELL'APP MOBILE E CREAZIONE DI UN PROTOTIPO DI SOFTWARE PER APPLICARE L'INNOVAZIONE ORGANIZZATIVA E DI PROCESSO
Descrizione delle attività	L'azione si è svolta in 3 fasi, la prima di ingegnerizzazione del software per la corretta comunicazione server/client, la seconda di costruzione dell'applicativo e la terza di prove sin campo.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	La fase di ingegnerizzazione del software ha coinvolto trasversalmente tutte le fasi, dovendo appoggiarsi sia alla piattaforma hardware del blocco sensore/comando pompa, sia per mettere a disposizione di dati all'interno dell'intero ecosistema, sia per integrare i risultati conseguiti nell'azione 2. Si è optato per utilizzare la piattaforma Claris Filemaker, che si compone di un sistema client server, con la possibilità di eseguire daemon e script sul server ospitante in ambiente Apple. Per la comunicazione tra il database e l'hardware Arduino è stato ideato un sistema di comunicazione tramite protocollo MQTT, che permetto di scambiare i dati a più livelli e consente una ottima flessibilità in situazione di scarsa o interruzione della connessione tra il sistema hardware e il server a causa di eventuali problemi di rete. Una delle maggiori criticità riscontrate è stata infatti rendere il sistema di interscambio dati solido. Si è optato per una soluzione ibrida, utilizzando la connessione MOBILE/SERVER offerta dalla suite Filmemaker e concentrando le risorse per effettuare una connessione solida direttamente tra Arduino e il Server sfruttando la connessione di rete WIFI presente nell'ambiente, oppure anche una qualsiasi connessione Hotspot offerta dallo stesso device che comunicano con la piattaforma filemaker server. E' stato realizzato un software completo, che permette non solo la rilevazione dei dati, ma anche la loro elaborazione, con una interfaccia che sfruttando il "-digital twin" della botti permette di effettuare le simulazioni delle operazioni di prelievi, travasi e rinalzi, di creare un programma di lavoro, verificare il risultato in base alle indicazioni dell'algoritmo, e trasmettere il programma di lavoro al sistema hardware sensore/pompa.

Alcune immagini del sistema hardware







SUPPORTO ALLE FUNZIONI DI TRAVASO E RINCALZO

Strumento in attesa dei dati

Trasmissione dei dati dal device allo strumento



SUPPORTO ALLE FUNZIONI DI TRAVASO E RINCALZO



Alcune schermate del software

Azione specifica	AZIONE DIVULGAZIONE
Descrizione delle attività	L'azione comunicazione ha cercato di trasmettere alla filiera dell'ABTM l'interesse e le motivazioni del piano, cercando di mostrare le potenzialità degli strumenti realizzati durante il piano di innovazione. Le informazioni sono state concentrate su una pagina specifica del sito internet aziendale, si è optato per un blog con pubblicazione di notizie mensili, piuttosto che l'utilizzo di Facebook e Instagram come inizialmente previsto. Sono stati realizzati - Workshop aziendale nel mese di Marzo 2023 presso ACETUM SPA a cui hanno partecipato 15 persone - Convegno finale nel mese di Giugno 2023 presso PALATIPICO, sede del Consorzio Tutela Aceto Balsamico Tradizionale di Modena a cui hanno partecipato 35 persone - Sezione dedicata sul sito internet www.balsamico.farm - Pubblicazione di un blog con articoli mensili sui www.balsamico.farm - 108 utenti registrati sul sito internet balsamico.farm - Il sito web ha registrato oltre 5000 visitatori unici con una media di permanenza sulle pagine di 49 secondi. Indice di un elevato interesse per il contenuto proposto dell'efficacia della soluzione di diffusione dell'informazioni tramite blog piuttosto che social - Realizzazione di tre animazioni con videoclip e grafica ad illustrazione del sistema utilizzati durante il seminario finale e sul sito web. - Realizzazione del materiale power point utilizzato durante il workshop e il seminario - Realizzazione della locandina del seminario finale
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi si intendono raggiunti con i materiali realizzati e con la copertura stampa (si allegano articoli) Per il materiale digitale è visualizzabile sul sito www.balsamico.farm alla pagina https://balsamico.farm/it/progetto-di-ricerca/

2.2.PERSONALE

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.

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Operaio qualificato	Predisposizione report in itinere finalizzati alla raccolta dati	16	150	€ 2.400,00
	Operaia	Azione 1 Verifiche di misurazione sul campo	14	150	€ 2.100,00
	Operaio qualificato	Azione 1 Verifiche di misurazione sul campo	16	50	€ 800,00
	Operaia	Azione 2 Applicazione sul campo	14	150	€ 2.100,00
	Operaio qualificato	Azione 2 Applicazione sul campo	16	50	€ 800,00
	Operaia	Azione 3 prove e verifiche di misurazione sul campo	14	50	€ 700,00
	Operaio qualificato	Azione 3 prove e verifiche di misurazione sul campo	16	20	€ 320,00
	Operaio qualificato	Azione divulgazione	16	100	€ 1.600,00
				Totale	€ 10.820,00

2.3.COLLABORAZIONI, CONSULENZE ESTERNE, ALTRI SERVIZI

CONSULENZE ESTERNE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo previsto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo previsto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Mister smart innovation scarl		€ 1.500,00	Realizzazione monitoraggio dei dati inseriti e predisposizione dei file tracciati per la condizione dei dati con il team di sviluppo e ricerca (UNIMORE)	€ 1.500,00
Mister smart innovation scarl		€ 13.000,00	Azione 1 Progettazione, costruzione sensore, analisi dati	€ 13.000,00
Mister smart innovation scarl		€ 15.000,00	Azione 2 Messa a punto suite software per il server	€ 15.000,00

AIRI UNIMORE		€ 6.000,00	Azione 2 Elbarozione, training e sperimentazione algortimo	€ 6.000,00
Mister smart innovation scarl		€ 3.500,00	Azione 3 ingegnerizzazione del software	€ 6.500,00
Totale				€ 42.000,00

2.4.SPESE PER ATTIVITÀ DI DIVULGAZIONE E DISSEMINAZIONE

Fornitore	Descrizione	Costo
Under the radar sals	Ufficio stampa, pagina web, animazioni, filmati, blog	€ 6.000,00
Totale:		€ 6.000,00

2.5.SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE, INVESTIMENTI IMMATERIALI

Fornitore	Descrizione	Costo
Totale:		

2.6.MATERIALI E LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI

Descrivere i prototipi realizzati e i materiali direttamente imputabili nella loro realizzazione

Il materiale utilizzato per la realizzazione dei prototipi non è stato imputato economicamente al progetto in quanto era stato escluso in fase di aggiudicazione del finanziamento.

Fornitore	Descrizione	Costo

Totale:	
---------	--

2.7.LOCAZIONE

Fornito re	Descrizio ne	Costo
Totale:		

3. CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ

Lunghezza max 1 pagina

Criticità tecnico scientifica	Le attività della fase 1 hanno portato alla realizzazione di un primo progetto di prototipo, presentato nel mese di marzo 2023 presso l'azienda ACETUM di Cavezzo alle aziende ed ai soggetti che hanno aderito al progetto con una manifestazione di interesse. E' seguita la realizzazione di un primo prototipo funzionante che è stata testata presso la nostra acetaia di Vignola, anche alla presenza dei soggetti che avevano espresso la manifestazione di interesse. Durante la fase di test sono emerse alcune criticità raccolte dal gruppo di lavoro: scarsa maneggevolezza dello strumento realizzato in condizioni di lavoro nell'ambiente dell'acetaia dove alcune botti sono collocate in posizioni strette eccessivo ingombro Il posizionamento dell'alloggio per il tubo di pompaggio integrato nel sensore comporta vibrazioni e pulsazioni che trasmesse al sensore ne pregiudicano la capacità di misura e di funzionamento tempistica eccessivamente lunga per realizzare le misurazioni e non in linea con i target prefissati E' stata quindi presa la decisione di procedere ad una revisione della progettazione in quanto la scarsa maneggevolezza dello strumento avrebbe potuto pregiudicare la raccolta di una quantità di dati sufficienti alla successiva fase 2 di elaborazione dei dati e machine Learning. Inoltre le vibrazioni e pulsazioni del tubo applicato al sensore tramite il supporto integrato avrebbe potuto pregiudicare la precisione della misurazione durante le fasi di travaso e rinalzo. Si è quindi provveduto alla revisione della progettazione, impiegando componenti elettronici diversi tali da favorire un design più snello al fine di svincolare il tubo della pompa di travaso dal misuratore. La modifica al design è stata fatta utilizzando 3 bracci anziché una scatola compatta e dividendo in due pezzi distinti, collegati da un cavo, a) la parte contenente il motore e la coclea del sistema di misura e b) la parte contenente l'elettronica di comando, la batteria e il display con l'interfaccia HMI. Questa revisione della progettazione ha comportato anche la ricerca di materiali diversi tali da mantenere le caratteristiche di rigidità necessarie all'accuratezza della misura e il sostegno alle parti elettroniche e meccaniche. Il ridotto ingombro del sensore applicato al barile ha permesso di avere sull'imboccatura del barile uno spazio sufficiente per alloggiare un supporto per il tubo svincolato dal sensore e applicato direttamente al barile, evitando la problematica delle vibrazioni e pulsazioni del tubo. Il design più snello con il misuratore diviso in due pezzi ha permesso una applicazione agevole anche in situazioni di barili piccoli collocati in spazi ridotti all'interno della acetaia, con conseguente tempistica di realizzazione delle misurazioni in linea con i target di progetto. La revisione della progettazione ha portato alla realizzazione di un prototipo, attualmente funzionante e funzionale alla rilevazione di dati nella numerosità prevista dal progetto per la fase 2. La revisione della progettazione del prototipo nella fase 1 ha portato però ad un allungamento dei tempi tale per cui la fase 1.1 (prove sul campo) e le fasi 2.3 (Sperimentazione e training dell'algoritmo) e fase 2.4 (Testo sul campo dell'algoritmo elaborato) sono partite con ritardo rispetto al cronoprogramma. Nonostante le criticità riscontrate il gruppo di lavoro è riuscito ad ottenere un prototipo mobile, anziché fisso, che ha consentito di prelevare dati da un maggior numero di barili rispetto a quelli inizialmente previsti.
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	Nessuna

Criticità finanziarie	Nessuna
------------------------------	---------

4. ALTRE INFORMAZIONI

Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti

5. CONSIDERAZIONI FINALI

Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare

Il progetto di innovazione ha permesso di sviluppare un prototipo funzionante e funzionale allo scopo prefissato.

6. RELAZIONE TECNICA

Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il progetto e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale

L'obiettivo dell'attività è stato quello di realizzare un sistema IoT automatizzato di precisione per la gestione delle operazioni di misura del livello di aceto, contenuto nelle botti, e di travaso e ricalzo.

I dispositivi realizzati sono:

- Il "Misuratore", costituito da due parti: il "core", in appoggio sulla botte grazie a supporti regolabili ed un case contenente l'elettronica di controllo che gestisce le diverse operazioni
- Il "Controllo della Pompa" con una elettronica dedicata riceve le istruzioni tramite protocollo wireless e controlla la pompa peristaltica, tramite appositi relays, per le operazioni di travaso e ricalzo.
- Il software di controllo e gestione

All'interno del *Core del Misuratore*, una coclea connessa ad un motore passo-passo controlla la discesa e la risalita di un sensore elettronico di contatto a circuito normalmente aperto che si chiude non appena le due punte toccano la superficie del liquido contenuto all'interno della botte.

Connesso ad esso, un sistema di controllo centrale dotato di un display con touch screen capacitivo da 2,8" permette di gestire tutte le operazioni necessarie.

All'interno del *Case di controllo del Misuratore*, che è il nodo centrale del sistema prototipale, è contenuta una scheda Arduino Nano 33 IoT che gestisce tutta la componentistica elettronica collegata ad essa.

L'utente, una volta posizionato ed acceso il dispositivo, ha la possibilità di scegliere se lavorare operare in modalità "offline" oppure connettersi alla rete WiFi e al Server dell'azienda "Ca dal Non". In questa seconda configurazione, durante ogni misura di livello del contenuto di aceto all'interno della botte, il dato raccolto viene inviato al Server Filemaker dove viene immagazzinato nel database e successivamente elaborato.

Il server è un computer iMac sul quale è stato preparato in precedenza un database Filemaker con tutti i campi necessari ai valori significativi da registrare, come i livelli di liquido e tutte le proprietà che vengono misurate, come il contenuto di zuccheri e l'acidità. Comprende anche le formule per i necessari calcoli, come ad esempio il volume di liquido a partire dal livello misurato, note le dimensioni geometriche della botte. La comunicazione con il server avviene grazie a un demone scritto appositamente per il progetto, che rimane continuamente in ascolto di messaggi con il protocollo MQTT, inviati dall'Arduino in corrispondenza di ogni misura, provvedendo a inserire il dato ricevuto nel record apposito. La comunicazione avviene anche nel senso inverso. Nelle operazioni di travaso e ricalzo, il livello da raggiungere nella botte in cui viene travasato il liquido può venire suggerito dall'applicazione preparata dal partner UniMoRe, che ha fittato un modello predittivo di regressione basato sui dati raccolti finora da Ca dal Non. In questo caso, infatti, è il server ad inviare un messaggio MQTT alla parte di controllo del *Misuratore* (se connesso alla rete WiFi) che rimane in attesa delle informazioni inviate dal modello predittivo al fine di posizionare correttamente il sensore all'interno della botte in cui travasare l'aceto (in caso di esito positivo, il dispositivo restituisce al Server un messaggio di conferma di avvenuta ricezione dei dati).

Una volta posizionato il sensore al punto calcolato da modello predittivo tramite l'utilizzo di una connessione LoRa di tipo "peer-to-peer" (punto-punto), il dispositivo di controllo del *Misuratore* manda i comandi (velocità della pompa e la durata) al dispositivo di *controllo della pompa* che aziona opportuni relays su una centralina posizionata sulla pompa peristaltica stessa, per gestire il travaso dell'aceto fino al raggiungimento del livello stabilito.

Il dispositivo di controllo della pompa peristaltica è costituito da una scheda Arduino Nano, un display TFT da 1,8" per la visualizzazione dei comandi ricevuti ed un chip SX1276 prodotto dalla Semtech per la connessione LoRa.

L'algoritmo frutto dello studio di machine Learning permette di ottenere una previsione forecast dell'evaporazione della botte, contenendo all'operatore di operare, grazie all'ausilio del software, una simulazione completa delle operazioni di travaso prelievo e ricalzo all'interno delle batterie di ABTM. Una volta validati i risultati delle simulazioni il sistema permette, tramite il complesso hardware/software sopra descritto, di trasferire le informazioni all'applicativo guidando l'operatore nell'effettuazione delle operazioni.

Data 23/08/2024.