



Unione europea  
Fondo sociale europeo



REGIONE DEL VENETO

**Regione del Veneto  
Giunta Regionale  
Direzione Formazione e Istruzione**

**RELAZIONE CONSUNTIVA SULL'ATTIVITA' DI RICERCA  
(Assegni di ricerca)**

DGR n. 1463 del 08/10/2019

**Cod. Ente: 1695 Rag. Sociale Università degli studi di Verona Asse Occupabilità**

**Cod. progetto** 1695-0017-1463-2019 **Titolo** Sviluppo di una architettura portatile per l'implementazione di modelli previsionali della shelf-life del vino Soave (SIMPOSIO)

**Cod. Intervento** 1695/10260272-001/231/DEC/20 **Titolo dell'intervento** RACCOLTA DATI E ANALISI DELLA SHELF-LIFE DEL VINO **Sede** Verona

**Cod. Intervento** 1695/10260272-002/231/DEC/20 **Titolo dell'intervento** TRATTAMENTO DEI DATI E SVILUPPO DEL MODELLO PREDITTIVO PER LA SHELF-LIFE DEL VINO E REALIZZAZIONE DELL'ARCHITETTURA IOT **Sede** Verona

*Il sottoscritto **Davide Slaghenaufi** in qualità di Referente/Tutor per la ricerca*

*con riferimento all'intervento in oggetto,*

*La sottoscritta **Diletta Invincibile** in qualità di Destinatario dell'intervento 1695/10260272-001/231/DEC/20 in oggetto,*

*La sottoscritta **Alessia Bozzini** in qualità di Destinatario dell'intervento 1695/10260272-002/231/DEC/20 in oggetto,*

DICHIARANO

che gli interventi in oggetto nel **periodo dal 30/09/2020 al 29/09/2021** si sono articolati nelle seguenti attività:

**Attività** (Descrivere le diverse attività svolte nel periodo di riferimento)

L'obiettivo della ricerca di sviluppare una metodologia predittiva della shelf-life del vino che si basa su l'adozione di soluzioni IoT cloud-based per la raccolta e aggregazione dei dati in modo tale da ottenere serie temporali sull'evoluzione delle proprietà del vino, le quali saranno analizzate, utilizzando tecniche di intelligenza artificiale per riuscire a determinare il decadimento qualitativo e costruire i relativi modelli predittivi. L'attività di ricerca svolta si è suddivisa principalmente nei punti descritti successivamente.

Raccolta dei campioni di vino bianco Soave e analisi tramite tecniche di machine learning per prevedere la relativa shelf-life

È avvenuta una prima fase di ampia campionatura di vini bianchi Soave, oggetto dello studio. Sui campioni di vini sono state effettuate analisi con metodi rapidi, trasferibili poi in cantina, quali elettrochimica, spettrofotometria, parametri di base (pH, acidità, alcol, solforosa, etc.). I vini sono stati poi invecchiati artificialmente in modo da accelerare i fenomeni chimici che avvengono nel tempo, quali ossidazione, reazioni acido catalizzate, etc... Nello specifico, è stata condotta una spedizione intercontinentale simulata secondo tre modalità di lavoro (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>2 CONTROLLO</sub>) per meglio valutare gli effetti delle tre diverse modalità di conservazione e trasporto sui profili di ossidazione elettrochimica, sul colore e sull'SO<sub>2</sub> libera e totale. L'obiettivo di questa fase è stato classificare i vini in base alla stabilità mostrata durante il trasporto simulato nelle tre diverse modalità. In una fase successiva i dati ottenuti sono stati usati, attraverso tecniche di machine learning, per individuare nelle analisi effettuate le features che permettevano l'esatta classificazione dei vini in base alla loro shelf-life. Una volta ottenuto il modello predittivo della shelf-life del vino, questo è stato implementato sul cloud. In questo modo è stato ottenuto un prodotto IoT cloud-based.

#### Interfacciamento dell'analizzatore PalmSens4 con l'architettura di raccolta dati

L'obiettivo è di interfacciare l'analizzatore PalmSens4 con l'architettura di raccolta dati in modo da storicizzare i valori acquisiti per poi compiere le relative analisi.

Il PalmSens4 è uno strumento che funge da potenziostato, galvanostato e analizzatore di impedenza. Tale strumento ci permette di studiare il profilo di ossidazione elettrochimica di un vino, utile poi per la predizione della shelf-life del vino.

Il PalmSens4 comunica tramite Bluetooth e USB, mentre l'architettura di raccolta dati comunica tramite i protocolli HTTP, MQTT e OPC-UA. PalmSens4 permette di sviluppare soluzioni personalizzate di interfacciamento per sistemi IOS, Android o Windows, ma non per sistemi embedded.

PSTrace, il software di interfacciamento con lo strumento messo a disposizione da PalmSens, fornisce come output un file CSV contenente la misurazione. Si è quindi creato un applicativo Windows che permette di inviare il dato all'architettura dati. Tale dato, si compone dei metadati del campione di vino e della misurazione fatta.

#### Implementazione del database relativo alla raccolta dei dati enologici, sviluppo dell'applicativo contenente il modello predittivo per la shelf-life del vino e dashboard per la visualizzazione del dato

Per la raccolta e storicizzazione del dato, è stato dapprima implementato un database relazionale in MySQL per memorizzare le informazioni dei campioni di vino e delle misurazioni. In particolare, per il vino memorizziamo informazioni quali: data dell'inserimento del campione di vino, annata, tipologia di vino, marchio (DOC/DOCG/IGT), varietà, nome, colore, tipologia di vino (fermo, frizzante, ecc), informazione sulla regione di provenienza. Mentre per le misurazioni memorizziamo informazioni quali: data della misurazione, utente che ha svolto la misurazione, strumento utilizzato e tipo di misurazione effettuata.

Le misurazioni sono poi state salvate in un database NoSQL.

I dati vengono memorizzati in cloud, in modo da averne accesso anche da remoto. L'applicativo contenente la tecnica di machine learning per la predizione della shelf-life, è anch'esso implementato in cloud e prende in input la misurazione eseguita dal PalmSens e fornisce come risultato un valore che indica la longevità del vino.

Per la realizzazione di un'interfaccia per la visualizzazione dati è stato scelto di utilizzare Grafana. La scelta è stata dettata dal fatto che è un tool completamente gratuito, cloud native e customizzabile.

La dashboard collegata con i database mostra i dati raccolti e la loro elaborazione.

#### **Metodologie operative** (Esporre le metodologie applicate in funzione delle attività svolte e dei contesti operativi di riferimento)

I vini sono stati sottoposti ad un protocollo di invecchiamento, simulando un trasporto di 46 giorni, durante i quali il vino è stato sottoposto a specifici cicli di temperatura. Nello stoccaggio dei vini al porto di partenza, la temperatura oscillava tra i 16 e 25 °C, riflettendo il ciclo diurno; mentre, durante il viaggio di 28 giorni, la temperatura ha raggiunto i 30 °C. Infine, lo stoccaggio al porto di arrivo ha prodotto un'oscillazione tra 25 e 35 °C. Per l'analisi dei composti fenolici del vino sono stati applicati metodi elettrochimici, in particolare la voltammetria a scansione lineare utilizzando elettrodi di carbonio vetroso o pasta di carbonio. Sono stati acquisiti i voltammogrammi di ciascun vino nelle tre diverse modalità di lavoro e le loro caratteristiche sono state analizzate in combinazione alla concentrazione di SO<sub>2</sub> libera, totale, parametri spettrofotometrici e colorimetrici.

Per la raccolta dati è necessario individuare il tipo di dato che si desidera storicizzare; selezionare lo strumento più adatto al caso tenendo in considerazione il protocollo di comunicazione; interfacciare lo strumento direttamente con l'architettura di raccolta dati se possibile, altrimenti lo si interfaccia ad un gateway; modellare il dato nel database per la sua storicizzazione. Se lo strumento da interfacciare è già in possesso, si analizzano le API per vedere se è direttamente interfacciabile, altrimenti, come per il PalmSens, si sviluppa un applicativo che invia il file dei risultati in cloud.

**Risultati** (Indicare i risultati conseguiti rapportati agli obiettivi della ricerca)

Il progetto ha permesso di

- sviluppare un algoritmo, mediante tecniche di statistica multivariata e di machine learning, che permette la predizione del consumo di SO<sub>2</sub> libera di un vino mediante l'utilizzo di features elettrochimiche a supporto dell'operatore;
- sviluppare un'architettura per la raccolta e la storicizzazione di dati eterogenei interfacciandosi a sensori enologici e ambientali;
- sviluppare interfacce per la visualizzazione di dati enologici ed ambientali e del risultato predizione della shelf-life su un nuovo vino a supporto dell'operatore.

Inoltre, la metodologia sviluppata si basa su sensoristica rapida, portatile, economica e di facile utilizzo e soluzioni IoT cloud based.

Grazie al sistema sviluppato, l'enologo riesce ad avere un supporto decisionale sia in cantina per aumentare la shelf life dei vini e per razionalizzare l'utilizzo di additivi; e sia in ambito di vendita nel posizionamento sul mercato dei vini prodotti.

**Sede di svolgimento dell'attività** (Riportare il luogo in cui si è svolta l'attività)

L'assegnista in ambito enologico ha svolto il lavoro presso l'Università - Dipartimento di Biotecnologie (sede di San Floriano) con alcuni giorni presso il Consorzio Tutela vini di Soave per il recupero dei campioni di vino e presso l'Università - Dipartimento di Informatica.

L'assegnista in ambito informatico ha svolto il lavoro presso il Laboratorio ICE del Dipartimento di Informatica dell'Università di Verona con alcuni giorni presso l'azienda Edalab per lo scambio delle informazioni per la sensorizzazione dei locali e per la configurazione del gateway e presso l'Università - Dipartimento di Biotecnologie (sede di San Floriano).

Luogo e data Verona, 29/09/2021

Firma del Destinatario

Diletta Favirabile

Firma del Destinatario

Alessia Bozzi

Firma del Referente/Tutor per la Ricerca

Guido Sella



REGIONE DEL VENETO

**Regione del Veneto  
Giunta Regionale  
Direzione Formazione e Istruzione**

**ABSTRACT DI RICERCA  
(intervento assegni di ricerca)**

DGR n. 1463 del 08/10/2019

**Cod. Ente: 1695 Rag. Sociale Università degli studi di Verona Asse Occupabilità**

**Titolo progetto** Sviluppo di una architettura portatile per l'implementazione di modelli previsionali della shelf-life del vino Soave (SIMPOSIO)

**cod.** 1695-0017-1463-2019 **COD. CUP:** B35J19001650002

**Cod. Intervento** 1695/10260272-001/231/DEC/20

**Titolo dell'intervento:** RACCOLTA DATI E ANALISI DELLA SHELF-LIFE DEL VINO

Relativamente all'intervento in oggetto che si è svolto nel **periodo dal 30/09/2020 al 29/09/2021** viene riportato un breve abstract sull'attività di ricerca svolta

La shelf-life degli alimenti è definita come il periodo entro cui il prodotto è in grado di mantenere le caratteristiche sensoriali, chimiche, fisiche e microbiologiche desiderate e rimane conforme a qualsiasi dichiarazione sull'etichetta dei dati nutrizionali (IFST 1993). Con la crescente globalizzazione del mercato vinicolo il vino viaggia in tutto il mondo spesso in condizioni non controllate. Le modalità di stoccaggio e trasporto del vino possono influenzarne la qualità a causa di modifiche non intenzionali fisiche e/o chimiche. Tali modifiche comportano, generalmente, l'instaurarsi di reazioni chimiche ossidative che determinano una perdita di freschezza ed eleganza aromatica, ovvero, più in generale, un decadimento qualitativo.

Scopo del progetto era quello di sviluppare nuove tecnologie per la classificazione e predizione della shelf-life dei vini Soave tramite sistemi di sensoristica elettrochimica e del colore portatili e rapidi.

In particolare, il lavoro è stato focalizzato sulla predizione del consumo nel tempo di un additivo antiossidante, l'anidride solforosa ( $SO_2$ ). Tale additivo tende infatti a diminuire durante lo stoccaggio del vino. Un minor consumo di  $SO_2$  durante lo stoccaggio è indice di un più alto potenziale di shelf life del vino. La variazione di  $SO_2$  appare dunque un buon marker della shelf life di un vino. Nella prima fase del progetto è stato messo a punto un protocollo di stress atto alla classificazione dei campioni di vino sulla base del loro consumo di  $SO_2$ . Dapprima è stato valutato un protocollo che prevedeva la saturazione del campione di vino con ossigeno e un'incubazione a temperatura controllata fino a totale consumo di  $O_2$  disciolto. Tuttavia, tale protocollo non è risultato adatto al progetto, in quanto gli equilibri chimici instaurati poco corrispondevano a quanto avviene durante lo stoccaggio reale in bottiglia. Dopo adeguate ottimizzazioni, è stato quindi adottato un secondo protocollo che sottoponeva il campione di vino a cicli di temperatura in modo da simulare una spedizione di vino via mare. Per lo sviluppo del modello predittivo, un set di campioni è stato sottoposto al protocollo di "stoccaggio e trasporto" ed è stato classificato in base alla loro attitudine a consumare  $SO_2$ . Tramite analisi multivariata e tecniche di machine learning sono state selezionate le features dei profili elettrochimici dei vini che meglio li classificavano per il consumo di  $SO_2$  ( $R^2 = 0,95$ ). Tali features sono state utilizzate per la costruzione di un modello matematico che permetteva di classificare e predire il consumo di  $SO_2$  dei vini e quindi la loro shelf-life. Il progetto ha permesso infine la realizzazione di una piattaforma contenente il modello predittivo, sviluppato ad-hoc per il vino Soave, sulla base dei dati rilevati da sistemi di sensoristica rapidi per l'analisi elettrochimica e del colore, in modo da fornire indicazioni sulla loro shelf-life, supportando l'enologo nelle sue decisioni. Il lavoro è stato svolto presso l'Università - Dipartimento di Biotecnologie (Villa Lebrecht, San Floriano, Verona) con alcuni giorni presso il Consorzio Tutela vini di Soave per il recupero dei campioni di vino e presso l'Università - Dipartimento di Informatica per collaborare con l'assegnista di informatica.

Verona , 29/09/2021

Firma del Destinatario (assegnista) Dileta Invinibile

Firma del Referente per la ricerca (prof. Slaghenaufi) [Signature]

Firma del responsabile di progetto  
(prof. Slaghenaufi) [Signature]



Unione europea  
Fondo sociale europeo



REGIONE DEL VENETO

**Regione del Veneto  
Giunta Regionale  
Direzione Formazione e Istruzione**

**ABSTRACT DI RICERCA  
(intervento assegni di ricerca)**

DGR n. 1463 del 08/10/2019

**Cod. Ente: 1695 Rag. Sociale Università degli studi di Verona Asse Occupabilità**

**Titolo progetto** Sviluppo di una architettura portatile per l'implementazione di modelli previsionali della shelf-life del vino Soave (SIMPOSIO)

**cod.** 1695-0017-1463-2019 **COD. CUP:** B35J19001650002

**Cod. Intervento** 1695/10260272-002/231/DEC/20

**Titolo dell'intervento:** TRATTAMENTO DEI DATI E SVILUPPO DEL MODELLO PREDITTIVO PER LA SHELF-LIFE DEL VINO E REALIZZAZIONE DELL'ARCHITETTURA IOT

Relativamente all'intervento in oggetto che si è svolto nel **periodo dal 30/09/2020 al 29/09/2021** viene riportato un breve abstract sull'attività di ricerca svolta

L'obiettivo della ricerca è di sviluppare una metodologia predittiva della shelf-life del vino che si basa su l'adozione di soluzioni IoT cloud-based per la raccolta e aggregazione dei dati in modo tale da ottenere serie temporali sull'evoluzione delle proprietà del vino, le quali saranno analizzate, utilizzando tecniche di intelligenza artificiale per riuscire a determinare il decadimento qualitativo e costruire i relativi modelli predittivi.

La ricerca è suddivisa in diverse fasi.

La prima fase consiste nello studio dei dati provenienti dal sensore enologico PalmSens per lo sviluppo di un algoritmo di machine learning per la predizione della shelf-life del vino.

La seconda fase, in collaborazione con Edalab, ha l'obiettivo di interfacciare l'analizzatore PalmSens con l'architettura di raccolta dati in modo da storicizzare i valori acquisiti per poi compiere le relative analisi, portando allo sviluppo di un applicativo che invia i dati della misurazione con i relativi metadati all'architettura di raccolta dati tramite il protocollo HTTP.

La terza fase consiste nell'analizzare come storicizzare i dati, scegliendo il database più consono. Le misurazioni e i dati ambientali vengono salvati su database NoSQL, mentre, i metadati delle misurazioni e dei campioni di vino su database relazionale. Inoltre, è stato sviluppato il modulo in cloud per lo smistamento dei dati nei database corrispondenti e per richiamare l'algoritmo sviluppato per la previsione della shelf-life del vino presente anch'esso in cloud.

L'ultima fase si è incentrata sullo studio di strumenti per la visualizzazione dei dati e sullo sviluppo delle dashboard per la rappresentazione delle informazioni a supporto dell'utente.

I risultati della ricerca sono: sviluppo di una tecnica di machine learning per riuscire a determinare il decadimento qualitativo del vino su dati ricavati tramite un sensore portatile, economico e di facile utilizzo; interfacciamento del sensore enologico con l'architettura di raccolta dati; raccolta e storicizzazione dei dati enologici e ambientali in diversi database e visualizzazione delle informazioni su dashboard.

Verona, 29/09/2021

Firma del Destinatario (assegnista) Alessia Bora

Firma del Referente per la ricerca (prof. Fummi) F. Fummi

Firma del responsabile di progetto (dott. Slaghenaufi) Slaghenaufi