Dipartimento di Scienze
Agrarie e Forestali

REGIONE SICILIA
Istituto Regionale Vini e Oli di Sicilia

VINO E AMBIENTE: SOSTENIBILITÀ E QUALITÀ PRIMARIA NEL SOTTOBACINO IUDEO-BUCARI (TP)

a cura di
Salvatore Raimondi

La Cantina UVAM

Impianto di un vigneto non sostenibile

Impianto di un vigneto sostenibile

Palermo 2014

In un momento di grave crisi economica il consumo dei beni (di prima necessità e voluttuari) tendono a diminuire. L'apertura delle frontiere e la libera circolazione delle merci, senza delle regole universalmente riconosciute sui sistemi di produzione e commercializzazione, hanno prodotto il diffondersi e il prevalere sul mercato di merci a basso prezzo e di scarsa qualità (provenienti da alcuni paesi in cui i lavoratori e l'ambiente non hanno diritti). Nei paesi occidentali caratterizzati da una legislazione avanzata in tal senso, nel nuovo equilibrio mondiale la percezione è quella di un livellamento dei diritti verso il basso, in cui ognuno tende a fare quello che vuole non curante più dell'ambiente, delle regole e della salute umana. Tutto in nome di una migliore competitività delle imprese rimaste. Non basta produrre a qualsiasi costo. Bisogna migliorare la qualità ed applicare l'esperienza e la cultura maturata in diversi millenni di civiltà. La fascia commerciale rivolta ad una categoria di consumatori con grande disponibilità economiche (esempio il mondo della finanza a qualsiasi livello e in qualsiasi paese del mondo) tende a valorizzare i prodotti di qualità (le eccellenze) in quanto può inserirli meglio in un mercato ricco, lucrando sulla differenza fra il prezzo di vendita e quello pagato ai produttori. I commercianti di prodotti tradizionali per esempio provenienti da cantine poco organizzate hanno difficoltà a collocare il prodotto e sono destinati ad uscire dal mercato, a meno che... Nel mondo del vino i paesi produttori sono molti e quelli di recente affermazione tendono anch'essi a livellare il sistema dei prezzi verso il basso e anche con prodotti di qualità accettabile. Questo è quello che è successo al mercato del vino mondiale. Oggi una cantina per emergere ha bisogno di qualità del prodotto: salutare, nutriente, piacevole ai sensi e deve avere una propria storia. La tecnologia enologica consente di ottenere facilmente un buon vino. Un prodotto "genuino" per spuntare prezzi di mercato più alti (remunerativi) deve distinguersi ed uscire dalla massa, deve comunicare sapere, competenza, rispetto dell'ambiente, degli esseri viventi e dei processi produttivi tradizionali. Nel campo del vino bisogna comunicare la tecnica colturale, le caratteristiche ambientali e le loro interazioni per migliorare la risposta produttiva e diminuire i costi di produzione, conservando le funzioni sistemiche del suolo. Tutto finalizzato a incrementare lo stato di salute del pianeta attraverso: la qualità dell'aria, dell'acqua, del suolo e la conservazione della biodiversità. Con una espressione la produzione del vino deve essere sostenibile e quindi che si possa perpetuare nel tempo, tramite la sostenibilità ambientale (la prima condizione che bisogna soddisfare), sociale (salutare) ed economica. Alcuni operatori agricoli (ma anche alcuni di coloro che gestiscono la politica) danno maggiore importanza al prodotto rispetto alle conseguenze dell'attività sul suolo e sul paesaggio; gli usi non vengono valutati in relazione ai siti geografici (guardano i colori di un paesaggio e non capiscono i processi). Le fotografie del paesaggio hanno soltanto importanza estetica. Per valutare la sostenibilità definitiva c'è bisogno di dati territoriali, di scelte gestionali in armonia con i suoli, il pedoclima e gli attacchi parassitari. Ogni cantina per competere e non scomparire deve dotarsi di una banca dati e di tecnici specialisti spesso di diversi settori scientifici. La cantina sociale UVAM, con il presidente avv. Vincenzo Andrea Lombardo ed il Consiglio di Amministrazione attualmente in carica hanno iniziato questo percorso, sviluppando le conoscenze territoriali gli impianti tecnologici e l'assistenza tecnica specialistica ai soci. Gli esperti devono essere competenti, credibili e affidabili. Quello che si vede nel loro intorno (nell'area che gestiscono) si deve armonizzare con quello che si scrive e si dice. Il consumatore oggi è più esigente, tende ad innalzare il livello culturale e la curiosità e quindi non può sentire dire l'uso, la gestione sono sostenibili e poi l'azienda ha le superfici dei versanti in forte pendio con i vigneti gestiti a rittochino, l'acqua non accompagnata, non allontanata adeguatamente con una rete drenante efficiente, l'erosione in atto e le masse terrose che scivolano e dietro l'angolo si intravede la formazione di un calanco. Bisogna comunicare anche la storia delle scelte effettuato nel passato, l'amore e la passione con cui si interviene e vengono progettati gli usi ed eseguite le operazioni colturali. Tutti questi aspetti devono costituire il biglietto da visita per il consumatore e devono essere illustrati nella sala di accoglienza dei visitatori della cantina.

In questa raccolta di scritti, vengono riportati i risultati dell'attività di ricerca realizzata con la collaborazione della cantina UVAM e dell'Istituto Regionale Vino e Olio di Sicilia.

Un sentito ringraziamento per la collaborazione, per la disponibilità, per l'umanità, insieme ad una grande riconoscenza per il livello di competenza raggiunto, desidero esprimere all'enologo Dino Montalto di Marsala (non più fra noi) ma che resterà per sempre nel nostro cuore (sentimento diffuso).

Il mio pensiero va anche ai tanti giovani che da tesisti e da laureati hanno dato un prezioso contributo allo studio del sottobacino Iudeo-Bucari, nell'ultimo decennio circa, che ha permesso la riuscita di questa opera.

L'INCREMENTO DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE ATTRAVERSO UNA CORRETTA GESTIONE DELL'IRRIGAZIONE

Salvatore Raimondi, Fabio Interrante***

** Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università di Palermo; salvatore.raimondi@unipa.it*
*** Collaboratore esterno*

Abstract: The purpose of this work is to develop, from spatial information such as weather and soil characteristics, a study capable of highlighting the sustainability of irrigation management of three hypothetical experimental plots identified in the territory of the sub-basin Iudeo Bucari, located western Sicily in the province of Trapani. There are three vineyards that represent for morphological characteristics and management the entire sub-basin which is one of the areas most under vines in Sicily. The aim is to assess the sustainability of irrigation management in terms of saving energy, through the application of the model FAO 56 fetlock water balance. This study lays the foundation for the preparation of action plans developed to reverse negative trends in environmental resource management, which are susceptible to degradation processes.
Keywords: sustainability, irrigation, irrigation technique, Land Classification System.

Riassunto: Lo scopo di questo lavoro è quello di mettere a punto, a partire dalle informazioni territoriali quali caratteristiche meteorologiche e pedologiche, uno studio capace di valutare la sostenibilità della gestione irrigua in tre ipotetiche parcelle sperimentali individuate nel territorio del sottobacino Iudeo-Bucari (TP). Si tratta di tre vigneti che rappresentano per caratteristiche morfologiche e gestionali l'intero sottobacino, ovvero una delle aree maggiormente vitate della Sicilia. Il fine è valutare la sostenibilità della gestione irrigua in termini di risparmio energetico, attraverso l'applicazione del modello di bilancio idrico FAO 56. Questo tipo di studio pone le basi per la redazione di **piani d'intervento** atti ad invertire andamenti negativi di gestione delle risorse ambientali, che risultano sensibili ai processi di degrado.
Parole chiave: sostenibilità, irrigazione, tecnica irrigua, Land Classification System.

INTRODUZIONE

L'uso non sostenibile dei suoli è la principale causa di degradazione del suolo, delle acque, dell'aria, delle strutture antropiche, dell'ambiente e delle morti umane conseguenti ad eventi spesso definiti naturali (alluvioni, frane, incendi), mentre un uso sostenibile automaticamente diventa una fondamentale azione di prevenzione delle calamità naturali (Raimondi, 2012).
Secondo la Convenzione delle Nazioni Unite del 1994, ratificata dall'Italia nel 1997, la desertificazione è "il degrado del territorio nelle zone aride, semi aride e sub umide secche attribuibile a varie cause tra le quali le variazioni climatiche e le attività umane (UNCCD, 1994)".
La conoscenza dello stato dei problemi ambientali, sociali ed economici costituisce la premessa all'adozione delle migliori strategie per ridurre gli impatti e rimuovere le cause, **promuovendo azioni fondate sulla sostenibilità ambientale, sociale ed economica**.
In un momento storico dove le risorse finanziarie sono limitate è opportuno ottimizzare gli investimenti. Utilizzando i vantaggi del fattore di scala (grande scala) nello studio dei fenomeni di degrado del territorio ed in particolare modo dei processi erosivi, è possibile ottenere informazioni aderenti alle reali condizioni aziendali, in modo da pianificare interventi di piccola entità sul campo, attuabili dagli stessi imprenditori, che consentano un'ottimizzazione della gestione e valorizzazione delle risorse.

Negli ambienti del Mediterraneo una causa fondamentale di desertificazione è rappresentata dalla perdita fisica di suolo, provocata dall'erosione idrica e dalla conseguente perdita di elementi nutritivi.
Per tale ragione la valutazione nel tempo dei fenomeni di desertificazione di un territorio può svolgersi solo attraverso lo studio dei molteplici fattori che lo determinano e quindi attraverso un monitoraggio integrato delle diverse matrici ambientali coinvolte nel processo, attuato grazie a strumenti metodologici capaci di trasformare i dati raccolti in informazioni sul grado di vulnerabilità alla desertificazione del territorio e quindi in strumenti di supporto alle decisioni.
Una gestione razionale dell'irrigazione è ormai una condizione essenziale per migliorare gli standard quanti-qualitativi delle moderne aziende vitivinicole. Fondamentale importanza in questo contesto riveste il monitoraggio continuo della quantità di acqua effettivamente scambiata dal sistema suolo - pianta - bassa atmosfera (Sirca et al., 2011).
L'obiettivo di questo lavoro è quello di realizzare una valutazione della sostenibilità della gestione irrigua in tre parcelle sperimentali rappresentative del sottobacino con l'obiettivo di far emergere i limiti di sostenibilità delle attività umane e redigere un piano programmatore delle pratiche di prevenzione e mitigazione da attuare all'interno dell'unità territoriale azienda, al fine di realizzare un sistema di agricoltura sostenibile.

MATERIALI E METODI

Ogni sistema di valutazione poggia le sue basi su di uno studio accurato delle caratteristiche del territorio (Fierotti et al., 1989)., in cui:

- Il suolo assume un ruolo fondamentale;
- Sia finalizzato alla conoscenza delle risorse esistenti e alla loro caratterizzazione;
- Si sviluppa attraverso la selezione di quelle qualità del territorio utili a fini della valutazione;
- Si conclude esprimendo dei giudizi o formulando delle previsioni per il miglior uso del territorio

Un esempio di valutazione territoriale utilizzabile per definire la convenienza della gestione irrigua dei suoli di un territorio, è rappresentata dalla Land Classification System. Tale sistema di classificazione del territorio è stato messo a punto dal Bureau of Reclamation degli Stati Uniti d'America (1953 e 1967), ed è basato sulla valutazione delle caratteristiche dei suoli che influenzano la possibilità di inserirli in un progetto di trasformazione o gestione irrigua, e sulla convenienza economica della stessa espressa in termini di "payment capacity" (capacità remunerativa), questa coincide con il profitto economico che si ottiene per coprire il costo dell'acqua di irrigazione dopo avere detratto tutti gli altri costi della trasformazione.
L'attività sperimentale è stata condotta in tre vigneti identificati all'interno del sottobacino Iudeo-Bucari. Le tre parcelle sperimentali sono state identificate in quanto rappresentative di un buon grado di adattabilità al vigneto dell'intero sottobacino, in termini di condizioni pedologiche, orografiche e climatiche.
Nonostante nel lavoro "L'incremento della sostenibilità ambientale attraverso la diminuzione del rischio erosivo" (Interrante e Raimondi, 2014), si evidenzia l'incompatibilità della gestione viticola del suolo della parcella sperimentale Posillesi, la presenza nello stesso areale di vigneti con le medesime caratteristiche gestiti in irriguo, pone le basi per l'applicazione di valutazioni della gestione irrigua anche alla parcella sperimentale Posillesi.
L'identificazione delle parcelle sperimentali è descritta attraverso il nome del Comune e della contrada in cui sono ubicate:

- 1. Parcella Sperimentale "Salemi Posillesi";
- 2. Parcella Sperimentale "Marsala Bellusa".
- 3. Parcella Sperimentale "Mazara del Vallo Carcitella"

La parcella sperimentale "Salemi Posillesi"
La parcella "Posillesi" è ubicata nelle vicinanze del centro abitato di Salemi (TP), nella parte settentrionale del Sottobacino Iudeo-Bucari.
Si tratta di un vigneto con un'estensione di 4400 m^2 posto ad una quota compresa tra i 464 m s.l.m. ed i 487 m s.l.m., con una pendenza media del 28% ed esposizione nord-est. L'impianto del vigneto risale al 2006, con filari disposti secondo la linea di massima pendenza del pendio (Rittochino), con una lunghezza degli stessi di 82 m senza soluzione di continuità e con una distanza tra i due filari adiacenti di 2.5 m, per una densità d'impianto di circa 4000 piante ha^{-1}. La gestione del vigneto non prevede tecniche di prevenzione dei fenomeni erosivi, anzi si effettuano lavorazioni anche nel periodo invernale con erpice ad una profondità di 15 cm ed in superficie sono evidenti i solchi di erosione. Sono in atto in tale parcella intensi processi erosivi di tipo interrill e rill con fenomeni di deposizione alla base della pendice.
I dati pedologici utilizzati in questo studio fanno riferimento al lavoro "La Caratterizzazione Pedologica del Sottobacino Iudeo e Bucari" (Raimondi et al., 2013.), nel quale i suoli sono stati classificati, utilizzando la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2007).
Nella caratterizzazione pedologica del sottobacino il suolo della parcella sperimentale si presenta con una discreta pietrosità. Sono suoli a profilo Ap-Bk-C o A-Bk-C.
Il profilo preso in esame è rappresentativo dell'area in studio e presenta le seguenti caratteristiche:
Descritto: 04/08/2008;
Località: c.da Posillesi;
Quota: 405 m s.l.m.;
Coordinate: E12°44'56.38", N 37°50'13.00'';
Morfologia:collinare;
Esposizione: ovest;
Pendenza: 2% circa;
Rocciosità: assente;
Pietrosità: 10% circa, media e grossolana;
Substrato: strati pelitico arenacei e strati e banchi arenacei (Valle del Belice – Pliocene).
Ai fini della valutazione dei processi erosivi sono stati estrapolati i dati inerenti l'orizzonte superficiale A, poiché rappresenta lo strato di suolo esposto ai fenomeni meteorici.
L'Orizzonte A di profondità 0 - 75 cm, presenta le seguenti caratteristiche: colore asciutto bruno giallastro (10YR 5/6); scheletro scarso, minuto, medio di tipo arrotondato; tessitura franco argilloso sabbiosa; aggregazione da grumosa a poliedrica sub-angolare, da molto fine a fine, grado forte; consistenza, allo stato secco estremamente dura; facce di pressione e di scivolamento assenti; reazione moderatamente alcalina; effervescenza debole; molto poroso; drenaggio normale; limite abrupto ad andamento lineare.
Sono molto profondi di colore bruno giallastro (10YR 5/6). La struttura grumosa e poliedrica sub-angolare molto fine in superficie, passa ad angolare e prismatica media e grossolana in profondità. Risultano in superficie con una pietrosità comune (10% circa). La tessitura è franco argilloso sabbiosa. Lo scheletro è quasi sempre scarso.
La sostanza organica si mantiene ad un livello buono, anche se diminuisce in profondità. I carbonati sono abbondanti con un notevole accumulo in profondità, anche come concrezioni. La reazione è moderatamente alcalina.
Tale suolo è stato classificato secondo la Soil Taxonomy come: Typic Calcixerept, famiglia franca fine, mista, termica continentale.

La parcella sperimentale "Marsala Bellusa"
La parcella "Bellusa" è ubicata nella parte centro-settentrionale del Sottobacino Iudeo-Bucari, ricade nel territorio del comune di Marsala (TP).
Si tratta di un vigneto con un'estensione di 5250 m^2 posto ad una quota compresa tra i 223 m s.l.m. ed i 232 m s.l.m., con una pendenza media del 6.5% ed esposizione sud-est. L'impianto del vigneto

risale al 2007, con filari disposti secondo la linea di massima pendenza del pendio (Rittochino), con una lunghezza degli stessi di 155 m senza soluzione di continuità e con una distanza tra i due filari adiacenti di 2.4 m, per una densità d'impianto di circa 4166 piante ha^{-1} poste ad una distanza sulla fila di 1m.
La gestione del vigneto non prevede tecniche di prevenzione dei fenomeni erosivi, anzi si effettuano lavorazioni anche nel periodo invernale con erpice ad una profondità di 15 cm, questo favorisce processi erosivi di tipo rill ed interrill.
Anche in questo caso i dati pedologici utilizzati fanno riferimento al lavoro "La Caratterizzazione Pedologica del Sottobacino Iudeo e Bucari" (Raimondi et al., 2013). Il profilo preso in esame e rappresentativo dell'area in studio presenta le seguenti caratteristiche:
Descritto: 04/08/2008;
Località: Case Mulinazzo;
Quota: 340 m s.l.m.;
Coordinate: E 12°44'17.80'', N 37°50'06.85';
Morfologia: collinare;
Esposizione: nord;
Pendenza: 1% circa;
Rocciosità: assente;
Pietrosità: 1% circa;
Substrato: strati pelitico arenacei e strati e
banchi arenacei (valle del Belice – Pliocene).
Anche in questo caso si prende in considerazione l'orizzonte A.
Orizzonte Ap 0 - 30 cm. Colore asciutto bruno giallastro (10YR 6/4); scheletro assente; tessitura franca; aggregazione grumosa, fine e poliedrica subangolare, moderata; consistenza, allo stato secco estremamente dura; facce di pressione e di scivolamento assenti; reazione debolmente alcalina; effervescenza notevole; molto poroso; drenaggio normale; limite abrupto ad andamento lineare. La sostanza organica si mantiene ad un livello buono, anche se diminuisce leggermente in profondità. I carbonati sono abbondanti e finemente suddivisi. La reazione è debolmente alcalina in superficie diventa moderatamente alcalina in profondità.
La conducibilità elettrica dell'estratto pasta satura è trascurabile. Il SAR risulta basso. La capacità di scambio è bassa in superficie e media in profondità, con un' incidenza percentuale del sodio quasi assente.

La parcella sperimentale "Mazara Carcitella"
La parcella "Marsala Carcitella" è ubicata nella parte centrale del Sottobacino Iudeo-Bucari, ricade nel territorio del comune di Mazara del Vallo (TP).
Si tratta di un vigneto con un'estensione di 19.900 m^2 di forma triangolare, posto ad una quota compresa tra i 119 m s.l.m. ed i 225 m s.l.m., con una pendenza media del 5% ed esposizione a Mezzogiorno.
L'impianto del vigneto risale al 2008, il filare più lungo misura 118 m, la distanza tra i due filari adiacenti è di 2,4 m, per una densità d'impianto di circa 4166 piante ha^{-1} poste ad una distanza sulla fila di 1m.
La gestione del vigneto è in irriguo con impianto a goccia di portata nominale di 3 l/h.
La conduzione di tale vigneto aderisce alle pratiche di agricoltura biologica, quindi sono presenti inerbimenti con favino e trinciatura ed interramento dei residui di potatura.
Dalla caratterizzazione pedologica del sottobacino il suolo della parcella sperimentale viene descritto come:
U. C. C: suoli sui depositi alluvionali antiche terrazzate,in particolare, C1 suoli sui depositi alluvionali antiche terrazzate fine all'interno della quale rientra l'unità Cartografica "C1-1".

Tale unità cartografica ricade nel settore sud occidentale del bacino in contrada Carcitella. I suoli evolvono sui depositi alluvionali terrazzate più fini e sono suoli a profilo Ap-Bss-Bk o Ap-Bssk-Bk-C.
Sono da profondi a molto profondi ed omogenei, di colore umido dal grigio molto scuro (10YR3/2) al nero (5Y 2,5/1). La struttura granulare, grumosa e poliedrica sub-angolare in superficie,passa ad angolare molto sviluppata in profondità, le dimensioni oscillano da medie a molto grandi.
Le fessure raggiungono il metro di profondità; questi suoli risultano molto porosi in superficie.
Nell'orizzonte Bssk le facce di scivolamento sono piccole e comuni e si intersecano, mentre sono assenti le facce di pressione. La tessitura da franco argilloso passa ad argillosa; lo scheletro è scarso.
La sostanza organica si mantiene ad un livello normale, mentre talora diminuisce in profondità.
I carbonati totali oscillano da medi ad abbondanti e si presentano finemente suddivisi in tutto il profilo; soltanto nel Bk risultano abbondanti le concrezioni di carbonati. La reazione è sempre moderatamente alcalina in tutto il profilo.
La conducibilità elettrica dell'estratto pasta satura è generalmente trascurabile. Il SAR risulta basso.
La capacità di scambio è moderata, con un'incidenza percentuale del sodio che oscilla da leggera a media, passando dalla superficie agli orizzonti profondi.
Tutti gli orizzonti manifestano caratteri vertici con fessure e facce di scivolamento (slickensides) piccole ed abbondanti ed elementi strutturali poliedrici angolari molto sviluppati in profondità (secondo la Soil Taxonomy, Bss).
In taluni casi per le operazioni di scasso (realizzate per l'impianto di nuovi vigneti, le facce di scivolamento non sono molto evidenti, però cercando in suoli adiacenti (nella stessa zona) sono visibili. Alcuni suoli e precisamente quelli più argillosi in inverno spesso non chiudono le crepacciature. Durante l'inverno inoltre alcuni vanno in sovrasaturazione idrica per il drenaggio lento.

IL MODELLO AGROIDROLOGICO FAO 56

I modelli agro-idrologici applicati a supporto della gestione irrigua permettono di descrivere i processi di scambio idrico nel sistema continuo suolo - pianta - bassa atmosfera, di programmare gli interventi irrigui quando la coltura ne manifesta un effettivo bisogno, anche attraverso una gestione controllata dello stress idrico e di ottimizzare l'uso della risorsa idrica attraverso la determinazione dei volumi di adacquamento strettamente necessari.
Tra i modelli agro-idrologici applicati a supporto della gestione irrigua, quello utilizzato in questa elaborazione è il Modello di Bilancio Idrico FAO 56, un modello di tipo a serbatoio che simula, attraverso delle funzioni di esaurimento, l'evoluzione della riserva idrica nel volume di suolo interessato dall'apparato radicale (Allen et al., 1998).
Il modello FAO 56 si basa sulla seguente equazione di bilancio idrico:

$$D_{e,i} = D_{e,i-1} - \left(P_{e,i} - RO_i\right) - I_{e,i} - CR_i + ET_{c,i} + DP_i$$

Nella quale:
De,i = Svuotamento computato alla fine del giorno i-esimo (mm);
De,i $_{-1}$ = Svuotamento computato al giorno precedente (mm);
Pe,i = Precipitazione efficace al giorno i-esimo (mm);
ROi = Deflusso superficiale al giorno i-esimo (mm);
Ie,i= Irrigazione efficace (mm);
CRe,i = Risalita capillare di falda (mm);
ETc,i = Evapotraspirazione colturale (mm);
DPi = Percolazione profonda (mm).

Nell'area del Sottobacino Iudeo-Bucari è stato eseguito lo studio delle caratteristiche agrometeorologiche della zona, per l'arco temporale di 5 anni dal 01/01/2008 al 31/12/2012 per le

stazioni agrometeorologiche di Salemi e Marsala, gestite dal Servizio Agrometeorologico Siciliano SIAS.
I dati ricavati dalle stazioni agrometeorologiche sono:
le altezze di precipitazione (mm);
le temperature minime e massime dell'aria (°C);
l'umidità relativa dell'aria (%).
la velocità del vento a m 2 dalla superficie (m/s).

Il modello FAO è un modello agroidrologico che permette di stimare, tramite simulazione, il fabbisogno irriguo delle colture, di individuare il periodo in cui effettuare l'intervento irriguo e l'entità dei volumi idrici da fornire.
Oltre ai dati meteorologici, per eseguire la simulazione, il modello richiede alcuni dati di ingresso, di tipo colturali ed idrologici.
I dati colturali sono necessari al fine di valutare l'evapotraspirazione massima colturale ETc intesa come la quantità d'acqua (mm) dispersa nell'atmosfera, per evaporazione e traspirazione, da una specifica coltura di ampia estensione, i cui processi di crescita e produzione non sono limitati dalla disponibilità idrica, da carenze nutrizionali o da stress biotici.
L'evapotraspirazione colturale dipende non solo dalle condizioni meteorologiche come per Evapotraspirazione di riferimento (ET0), ma anche dalla coltura esaminata e dalle tecniche colturali adottate. Per determinare l'Evapotraspirazione colturale (ETc) all'Evapotraspirazione di riferimento (ET0) viene applicato un coefficiente colturale (Kc) che ingloba e sintetizza tutti gli effetti dell'evapotraspirazione legati alle caratteristiche morfologiche e fisiologiche della coltura considerata, alla fase fenologica e al grado di copertura del suolo, che la rendono differente dalla coltura di riferimento. Pertanto, l'evapotraspirazione colturale è data dalla seguente relazione:

$$ETc = ET0 * Kc$$

Nella quale:
ETc = Evapotraspirazione colturale (mm/d);
ET0 = Evapotraspirazione di riferimento (mm/d);
Kc = coefficiente colturale.
L'evapotraspirazione di riferimento (ET0) è la quantità di acqua (mm) dispersa nell'atmosfera, per evaporazione e traspirazione, da una superficie di ampia estensione interamente coperta da una coltura ideale non bagnata e con caratteristiche standard in condizioni di disponibilità e rifornimento idrico nel suolo non limitanti, posta in condizione climatiche, durante un certo periodo di tempo.
Secondo le direttive FAO, la coltura di riferimento può essere rappresentata da un prato di festuca o erba medica che presenti, senza alcuna ambiguità, le seguenti caratteristiche: sia ben irrigata; abbia altezza uniforme pari a 12 cm, resistenza di superficie pari a 70 S/m (tale fattore descrive la resistenza che contrasta il flusso di vapore dalla superficie all'atmosfera), ed albedo pari a 0,23 (frazione di radiazione incidente che viene riflessa dalla coltura in tutte le direzioni).
Esistono in letteratura diverse formule empiriche per ricavare il valore dell'evapotraspirazione di riferimento, in questo lavoro si è deciso di ricavare l'ET_0 mediante la formula di Heargreaves e Samani (1982), che tiene conto delle temperature medie e della radiazione solare extraterrestre:

$$ET_0 = 0.0023\ (T+17.8)\ \Delta T\ 0.50\ Ra$$

Nella quale:
ET0 = Evapotraspirazione di riferimento (mm/d);
Ra = Radiazione solare extraterrestre, funzione della latitudine e del periodo dell'anno ($MJ/m^2/d$);
T = Temperatura media del periodo (°C);
ΔT = Range di temperatura, cioè la differenza tra la media delle temperature massime e la media delle temperature minime (°C).

Il Coefficiente colturale Kc viene determinato con il cosiddetto approccio a "due componenti" che permette di suddividere il termine evapotraspirativo in:
Traspirazione da parte della coltura (Kcb);
Evaporazione dal terreno (Ke);
Pertanto il Kc si ottiene come:

$$Kc = Kcb + Ke$$

La procedura di calcolo per la stima dell'ETc consiste:
nell'individuare la lunghezza delle fasi di crescita della coltura da esaminare;
nell'individuare i Kcb delle fasi iniziali, media e finale della coltura;
nella determinazione dei valori giornalieri del Ke;
nella determinazione di ETc.

1. Individuazione della lunghezza delle fasi di crescita della Vite
Secondo la tabella 11 del quaderno FAO 56 (Allen et al., 1998), la Vite, nelle zone mediterranee, ha una durata dell'intero ciclo colturale pari a 210 giorni.

Nel modello, il ciclo colturale della vite, è compreso tra il 1 Aprile e il 27 Ottobre, tale arco temporale è così suddiviso:
30 giorni della fase iniziale (Lini);
60 giorni della fase di sviluppo (Ldev);
40 giorni della fase intermedia (Lmid);
80 giorni della fase finale (Llate).

2. Individuazione del coefficiente colturale basale (Kcb) delle fasi iniziale, media e finale della vite.
Il coefficiente colturale basale Kcb è definito come il rapporto tra l'evapotraspirazione della coltura e l'evapotraspirazione di riferimento, quando lo strato superficiale del suolo è secco (assenza di evaporazione dal suolo), ma il contenuto d'acqua nella zona delle radici è sufficiente a sostenere la piena traspirazione della pianta:

$$Kcb = ETc / ET_0$$

Nella quale:
Kcb = Coefficiente colturale basale;
ETc = Evapotraspirazione colturale (mm/d);
ET_0 = Evapotraspirazione di riferimento (mm/d).
I valori di Kcb, utilizzati per le elaborazioni effettuate in questa tesi, sono stati ricavati dalla tabella 17 del quaderno FAO 56 (Allen et al., 1998).

Basal crop coefficients, Kc, for non stressed.			
Crop	Kcb ini	Kcb mid	Kcb end
Grapes-wine	0.15	0.65	0.40

Tabella 1. Coefficiente Colturale Basale nelle varie fasi di sviluppo.
Table 1. Basal Coefficient Cultivation at various stages of development.

Le stazioni agrometeorologiche investigate e rappresentative del sottobacino Iudeo-Bucari (Salemi e Marsala,) presentano valori di umidità e velocità del vento che si discostano da quelli utilizzati dalla FAO per identificare i coefficienti colturali basali per le uve da vino in ambiente mediterraneo. I Kcb ini devono essere regolati in funzione dell'umidità relativa minima e della velocità del vento, tramite la seguente espressione:

$$K_{cb} = K_{cb(Tab)+}[0{,}04\,(u_2 - 2) - 0{,}004(RH_{min} - 45)]\left(\frac{h}{3}\right)^{0{,}3}$$

Nella quale:
K_{cb} = Coefficiente colturale basale per la fase intermedia e finale;
$K_{cb\,(Tab)}$ = Coefficiente colturale basale delle due fasi tab.17; FAO 56, (1998)
u_2 = Velocità del vento giornaliero a 2 m sopra la coltura durante la metà o la fine della fase stagionale di crescita;
RH_{min} = Umidità relativa minima durante la metà e la fine della fase di crescita;
h = Altezza media della pianta durante la metà e la fine della stagione di crescita (ricavata dalla tabella 12 del quaderno FAO 56 (Allen et al., 1998), che per la vite è stata assunta pari a 1,5).
Pertanto, i nuovi valori di Kcb corretti e calcolati nel foglio di calcolo excel, sono pari a:

Kcb ini = 0,15;
Kcb mid = 0,63;
Kcb end = 0,40.

Determinazione del coefficiente colturale basale giornaliero (Kcb,i)
I Kcb ini, Kcb mid e Kcbend sono coefficienti che rappresentano le fasi iniziali, medie e finali stazionali del ciclo della coltura, in cui i consumi traspirativi si mantengono costanti nel tempo, ma per gli stadi intermedi relativi alla crescita e al deperimento della pianta i valori di Kcb variano linearmente rispetto a quelli della fase precedente e successiva. Attraverso l'identificazione della durata delle singole fasi di sviluppo della coltura, 30 giorni della fase iniziale (L_{ini}), 60 giorni della fase di sviluppo (L_{dev}), 40 giorni della fase intermedia (L_{mid}), 80 giorni della fase finale (L_{late}) deducibili dalla tabella 11 del quaderno FAO 56 (Allen et al., 1998), è stato possibile, tramite un processo di linearizzazione, costruire i diagrammi dove vengono riportati gli andamenti temporali dei coefficienti di consumo traspirativi (K_{cb}).
Il sistema di calcolo esegue tale operazione adoperando la seguente relazione:

$$K_{cb,i} = K_{cb_prev} + \left(\frac{N_j - \sum(L_{prev})}{(L_{stage})}\right)(K_{cb_next} - K_{cb_prev})$$

Nella quale:
Kcb,i = Coefficiente colturale di base al giorno i-esimo;
Kcb_prev e Kcb_next = Valori dei coefficienti agli stadi precedente e successivo a quello considerato;
Nj = Numero di giorni trascorsi dal periodo iniziale;
Lstage = Durata in giorni dello stadio di sviluppo considerato;
Σ(Lprev) = Sommatoria delle durate di tutti gli stadi precedenti a quello considerato.
L'inizio delle diverse fasi di crescita J (giorni giuliani) è calcolato in automatico dal foglio di calcolo dando come risultato i seguenti valori:
JPlant = 91 (inizio impianto o fase di ripresa vegetativa nel caso della vite);
JDev = 121 (inizio fase di sviluppo);
JMid = 181 (inizio fase di metà stagione);
JLate = 221 (inizio fase di fine stagione);
JHarv = 301 (inizio fase di raccolta).

3. Determinazione Ke
Il Ke (coefficiente di evaporazione) del terreno descrive la componente evaporativa di ETc (evapotraspirazione colturale) ed assume valori massimi quando lo strato superficiale del terreno si presenta bagnato per via della pioggia o dell'irrigazione, e valori minimi o anche pari a zero quando non si ha più acqua nello strato superficiale di suolo. Dove il suolo si presenta bagnato

l'evaporazione dell'acqua in esso contenuta avviene rapidamente determinando un incremento di Ke.
Quando lo strato superficiale del terreno inizia ad asciugarsi l'acqua disponibile per l'evaporazione tende a diminuire, provocando una riduzione di tale fenomeno in proporzione alla quantità d'acqua residua nello strato superficiale del suolo.
Pertanto, il calcolo del coefficiente di evaporazione Ke viene effettuato utilizzando la seguente espressione:

$$K_e = \min\left[\, K_r \left(K_{c_max} * K_{cb}\right); f_{ew} * K_{c_max}\right]$$

Nella quale:
Kcb= Coefficiente colturale basale giornaliero;
Kc_max= Valore massimo della somma Kcb+$Ke_{,i-1}$;
Kr= Coefficiente adimensionale di riduzione;
f_{ew}= Frazione di suolo bagnato e non coperto dalla vegetazione in cui si verifica la maggior parte dell'evaporazione.

L'evaporazione avviene in prevalenza nella frazione di suolo non occupato dalla vegetazione ed è quindi limitata dall'energia disponibile presente nella stessa frazione di suolo.
Per la determinazione del coefficiente di evaporazione è necessario stimare:
il Coefficiente colturale massimo (Kc max);
il Coefficiente di riduzione dell'evaporazione (Kr);
la Frazione di suolo bagnato e non coperto dalla vegetazione (f_{ew}).

Stima del coefficiente colturale massimo Kc max
Il Kc max (coefficiente colturale massimo) rappresenta il limite massimo dell'evaporazione e della traspirazione che si verificano nelle superfici coltivate per una determinata coltura e in un determinato ambiente.
Tale coefficiente è stato determinato con la seguente espressione:

$$K_{c_max} = \max 1{,}2 + [0{,}04\,(u_2 - 2) - 0{,}004(RH_{min} - 45)]\left(\frac{h_{pianta}}{3}\right)^{0{,}3}\ ;\ e\ \ (k_{cb} + 0{,}05)$$

Nella quale:
Kc_max= Coefficiente colturale massimo;
u_2 = Velocità del vento giornaliero a 2 metri dal suolo;
RH min = Valore medio delle minime di umidità relative dell'aria giornaliera durante il periodo di crescita;
h pianta = Altezza della coltura;
Kcb = Coefficiente colturale basale giornaliero.

L'altezza della coltura viene calcola direttamente dal foglio di calcolo in funzione del Kcb mid corretto, del Kcb giornaliero e dell'altezza massima, che per la vite è stata imposta a 1,7 m.
Stima del coefficiente di riduzione dell'evaporazione Kr.
Il Kr (coefficiente di riduzione dell'evaporazione) assume dei valori compresi tra 0 e 1. Quando a seguito di una pioggia o di una irrigazione il terreno si presenta bagnato il Kr è pari a 1.
Quando il contenuto d'acqua nello strato superficiale di suolo inizia ad essere limitato, il valore di Kr diminuisce e diventa zero quando la quantità totale di acqua che può evaporare dal terreno si esaurisce.
L'andamento del Kr si verifica in due fasi: fase energetica limitante e fase dell'andamento decrescente.

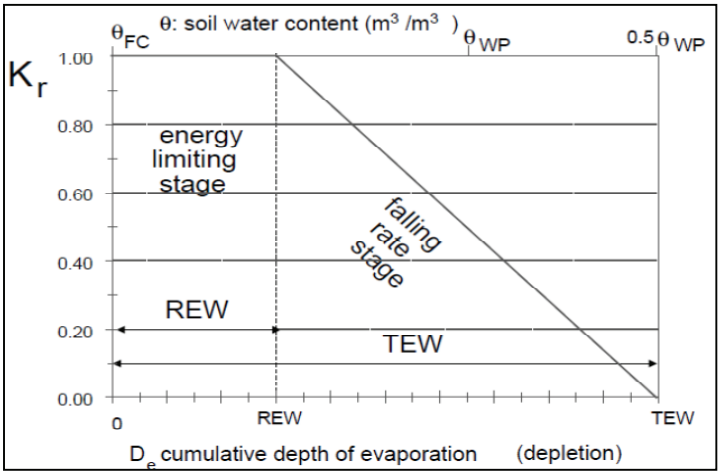


Figura 1. Andamento della curva del coefficiente di evaporazione del terreno (Allen et al., 1998).
Figure 1. Trend of the curve of the coefficient of evaporation of the soil (Allen et al., 1998).

- fase energetica limitante: all'inizio del ciclo di essicazione, a seguito di forti piogge o di irrigazione, il contenuto di acqua nel suolo è alla capacità di campo e la profondità di esaurimento idrico per evaporazione nello strato di suolo (De) è pari a zero. Durante questa fase, la superficie del terreno rimane umida e l'evaporazione di acqua dal suolo esposto all'atmosfera avviene alla velocità massima, limitata solo dalla disponibilità di energia presente sulla superficie del suolo. Questa fase si verifica fino alla profondità di esaurimento idrico per evaporazione (De) dove le proprietà idrauliche dello strato superficiale del suolo diventano limitanti per l'evaporazione e l'acqua in esso contenuto non può soddisfare la domanda potenziale dell'atmosfera.
Pertanto in questa fase dove il contenuto di acqua nel suolo è alla capacità di campo e lo strato di suolo soggetto all'esaurimento idrico per evaporazione è zero, il Kr è pari a 1 per De,i-1 ≤ REW.
- fase dell'andamento decrescente: tale fase si verifica quando il De supera REW (Readily Evaporable Water, Acqua Facilmente Evaporabile), la superficie del suolo inizia ad essere visibilmente asciutta e l'evaporazione di acqua dal suolo diminuisce in maniera proporzionale alla quantità di acqua residua nello strato superficiale del suolo, di conseguenza il Kr è pari a:

$$K_r = \frac{TEW - D_{e,i-1}}{TEW - REW} \qquad \text{per } D_{e,i-1} > REW$$

Nella quale:
Kr = Coefficiente di riduzione dell'evaporazione;
TEW = Acqua evaporabile totale [mm];
REW = Acqua facilmente evaporabile [mm];
$De_{,i-1}$ = Profondità cumulativa di evaporazione (esaurimento) dallo strato superficiale di suolo alla fine del giorno i-1 (il giorno precedente) corrispondente a De,i-start nel modello FAO [mm].

Il TEW (Total Evaporable Water) è la quantità di acqua totalmente evaporata dallo strato superficiale del suolo dove si sviluppa il processo di evaporazione quando il terreno è stato completamente bagnato ed è dato da:

$$TEW = 1000\ (\theta_{fc} - 0{,}5\theta_{wp})Z_e$$

Nella quale:
TEW = Acqua evaporabile totale [mm];
θfc = Contenuto idrico del suolo alla capacità di campo [$m^3\ m^{-3}$];
θwp = Contenuto idrico del suolo al punto di appassimento [$m^3\ m^{-3}$];
Ze = Profondità dello strato superficiale di suolo essiccato per evaporazione [m].
L'effettiva profondità dello strato di evaporazione del terreno è compresa tra 0,10-0,15 m.

Il REW (Readily Evaporable Water) è la quantità di acqua facilmente evaporabile dallo strato superficiale di suolo ed è dato dalla seguente espressione:

$$REW = 1000\ (\theta_{fc} - \theta_e)Z_e$$

Nella quale:
REW = Acqua facilmente evaporabile [mm];
θfc = Contenuto idrico del suolo alla capacità di campo [$m^3\ m^{-3}$];
θe = Contenuto idrico del suolo al punto critico di evaporazione [$m^3\ m^{-3}$];
Ze = Profondità dello strato superficiale di suolo essiccato per evaporazione [m].
I valori di TEW e REW stimati sono rispettivamente pari a 25 mm e 10 mm, tali valori sono stati ricavati dalla tabella 19 del quaderno FAO 56 , in funzione della tessitura del terreno dell' agro-ecosistema esaminato.

Determinazione De,i start
Il De,i start (Deplezione del giorno precedente) è l'altezza idrica necessaria a ripristinare, nello strato radicale, un valore del contenuto idrico pari alla capacità di campo.
Per la stima del De,i start, il modello FAO impone che, in corrispondenza del primo giorno del periodo di osservazione, il suo valore sia fissato; I valori di De,i start, successivi al primo giorno, vengono calcolati come valori massimi della seguente relazione:

$$D_{e,istart} = Mx\{D_e, iend - (P - RO - (Netirrig)/fw); 0\}$$

Nella quale:
De,i start = Deplezione all'inizio del giorno precedente [mm];
De,i end = Deplezione alla fine del giorno precedente [mm];
P-Ro = Differenza tra precipitazione e ruscellamento [mm];
Net irrig./fw = Irrigazione netta sulla parte di superficie esposta all'irrigazione [mm].
Mentre P-Ro rappresenta l'aliquota di precipitazione che si infiltra al suolo, ed è un dato meteorologico ricavato dalla tabella meteo inserito nel modello come dato input, i parametri
De,i end e Net irrg/fw sono da stimare.
Il De,i deplezione o esaurimento di acqua evaporabile alla fine della giornata, viene calcolato automaticamente dal modello FAO secondo la seguente espressione:

$$D_{e,iend} = \frac{[D_{e,i-1\ end} - (P - RO) - (NetIrrig./f_w) + E]}{f_{ew} + DP_e}$$

Nella quale:
De,i end = Deplezione alla fine del giorno considerato [mm];
De,i-1 end = Deplezione all'inizio del giorno precedente [mm];
P-Ro = Differenza tra precipitazione e ruscellamento [mm];
Net irrig./fw = Irrigazione netta sulla parte di superficie esposta all'irrigazione [mm];
E = Evaporazione potenziale data dal prodotto tra ET0 * Ke [mm/d];
few = Parte di superficie del suolo bagnata ed esposta all'evaporazione;
DP_e = Perdita di acqua per percolazione dagli strati di suolo che si verifica in un giorno quando il contenuto di umidità del suolo è maggiore della capacità di campo [mm/d].

Determinazione di few
La few rappresenta quella porzione di superficie di suolo bagnata e non ombreggiata dalla vegetazione, nella quale si verifica l'evaporazione. In colture dove la copertura del suolo è incompleta, come nel caso della vite, l'evaporazione dell'acqua dal suolo non si verifica in maniera uniforme su tutta la superficie, ma interessa principalmente quelle porzioni di suolo scoperte dalla vegetazione ed esposte all'azione diretta dei raggi solari.

Quando la superficie del suolo è bagnata a seguito di una pioggia o di un' irrigazione, la frazione di superficie di suolo in cui si verifica la maggior parte dell'evaporazione few è essenzialmente definita attraverso il minimo tra il termine (1-fc) che descrive la frazione approssimata di superficie del suolo esposta al sole e la porzione fw di suolo umettata in superficie.

$$f_{ew} = \mathrm{Min}\ (1 - f_c;\ f_w)$$

Nella quale:
few= Porzione di superficie del suolo bagnata ed esposta all'evaporazione;
fc = Frazione media della superficie di suolo coperta dalla vegetazione;
fw = Frazione media di suolo bagnata dall'irrigazione o dalla pioggia.
Anche il termine fw (frazione di suolo bagnato dall'irrigazione o dalla pioggia) viene stimato giornalmente dal modello FAO applicando la funzione "SE".
Quando l'evento piovoso e l'intervento irriguo si manifestano nello stesso periodo di essicazione o nello stesso giorno, il valore di fw deve essere stimato su una media ponderata dei fw per la precipitazione (fw=1) e dei fw per l'irrigazione, pertanto si avrà:

$$\mathrm{Se}\,\frac{\mathrm{Net\ irr}}{f_w} > 0; f_w = fw_{\mathrm{irrig.}}$$

$$\mathrm{SeP} - \mathrm{RO} > 0;\ f_w = 1.$$

Ciò significa: se è vero che l'Irrigazione netta sulla parte di superficie esposta all'irrigazione (Net Irrig./fw) è maggiore di 0, fw (giornaliero) sarà pari al valore di $fw_{irriguo}$ precedentemente calcolato (pari a 0,32 per la parcella sperimentale Posillesi e 0,33 per Bellusa e Carcitella). Se è falso che Net Irrig./fw è maggiore di 0 e ed è vero che P-Ro è maggiore di 0 varrà la condizione fw=1, quindi fw giornaliero sarà uguale a fw iniziale pari a 1.

4. Determinazione di Kc e ETc
Dopo aver determinato i Kcb e i Ke giornalieri, si è provveduto alla stima di Kc:

$$K_c = K_{cb} + K_e$$

Nella quale:
Kc = Coefficiente colturale giornaliero;
Kcb = Coefficiente colturale basale giornaliero;
Ke= Coefficiente evaporativo.
L'ETc giornaliero (Evapotraspirazione colturale) è stato stimato dal prodotto tra l'evapotraspirazione di riferimento e il coefficiente colturale:

$$Et_c = ET_0 * K_c$$

Nella quale:
ETc = Evapotraspirazione colturale giornaliero [mm/d];
ET0 = Evapotraspirazione di riferimento giornaliero [mm/d];
Kc = Coefficiente colturale giornaliero.

Programmazione dell'irrigazione
Per la programmazione dell'irrigazione, il modello FAO richiede dei dati di input legati alla profondità delle radici della coltura, alla disponibilità idrica nel terreno e alla gestione dell'intervento irriguo. La profondità minima e massima dell'apparato radicale della vite è stata individuata tramite la tabella 22 del quaderno FAO 56 (Allen et al., 1998), fissando come valore minimo ($Root_{min}$) 0,65 m e 0,70 m come valore massimo ($Root_{max}$).I valori più grandi per Zr sono per terreni che non hanno stratificazione significativa o altre caratteristiche che possono limitare la

profondità radicale. I valori minori per Zr possono essere utilizzati per la pianificazione dell'irrigazione.
La gestione dell'intervento irriguo è, invece, rappresentata dal parametro MAD (Management Allowed Depletion, deplezione ammissibile) che consente di individuare il momento in cui eseguire l'adacquamento; questo parametro viene distinto nei due termini di MAD during initial stage (MAD durante l'inizio dello stadio fenologico) e MAD after initial stage (MAD dopo l'inizio dello stadio fenologico) che traducono il punto di intervento irriguo dell'esaurimento durante e dopo l'inizio dello stadio fenologico.

Crop	Maximum Root Depth [m]	Depletion Fraction for ET ≈ 5 mm/day
Grapes - wine	1.0 - 2.0	0.45

Tabella 2. Deplezione ammissibile per le uve da vino in ambiente Mediterraneo.
Table 2. Depletion allowable for wine grapes in the Mediterranean environment.

Questo parametro è stato introdotto per tener conto dei fattori gestionali ed economici dell'intervento irriguo. Il MAD viene calcolato in funzione del livello di umidità del suolo tramite la seguente relazione:

$$\mathrm{MAD} = \frac{(\theta_{fc} - \theta_{lim})}{(\theta_{fc} - \theta_{wp})}$$

Nella quale:
MAD = Management Allowed Depletion [%];
θfc = Contenuto di acqua alla capacità di campo [m^3 m^{-3}];
θwp = Contenuto di acqua al punto di appassimento [m^3 m^{-3}];
θlim = Contenuto di acqua ad un determinato valore di stress idrico [m^3 m^{-3}].

Per fissare il θlim si è fatto riferimento alla tab.22 del quaderno FAO, da cui essendo noto il MAD = 0,45 si è esplicitata la formula rispetto a θp, considerato θp = θlim

$$\theta_p = \theta_{fc} - p(\theta_{fc} - \theta_{wp})$$

Si è così trovato un valore di θ pari a 0,18 e inserito all'interno della formula del MAD.
Le simulazioni sono state applicate considerando un valore di MAD del 45 % , il quale è stato considerato come MAD during Initial Stage, mentre al MAD after Initial Stage è stato dato un valore pari al 60%.

Vite		
MAD=0,45	→	$\theta_{lim} = \theta_{fc} - \left(0.45\left(\theta_{fc} - \theta_{wp}\right)\right) = 0.182$
MAD=0,60	→	$\theta_{lim} = \theta_{fc} - \left(0.60\left(\theta_{fc} - \theta_{wp}\right)\right) = 0.168$

Tabella 3. MAD nelle due fasi fenologiche.
Table 3. MAD in the two phenological stages.

Determinazione di TAW (Total Evailable Water)
Per stimare i millimetri di acqua necessari da apportare alla coltura con l'intervento irriguo è indispensabile conoscere due parametri idrologici fondamentali: TAW e RAW.
Il TAW (Total Available Water) è la quantità totale di acqua disponibile che una coltura è in grado di prelevare dalla rizosfera ed è dato dalla seguente espressione:

$$TAW = 1000(\theta_{fc} - \theta_{wp})Z_r$$

Nella quale:
TAW= Quantità totale di acqua disponibile nella zona radicale [mm];
θfc= Contenuto di acqua alla capacità di campo [m^3 m^{-3}];
θwp = Contenuto di acqua al punto di appassimento [m^3 m^{-3}];
Zr = Profondità delle radici [m].
Il RAW (Readily Avalable Water) è la quantità di acqua facilmente disponibile per la coltura; anche se l'acqua è teoricamente disponibile fino al punto di appassimento, l'assorbimento di acqua da parte delle colture si riduce ancor prima che si raggiunga questa costante idrica.
Dove il suolo è sufficientemente umido, il suolo fornisce dell'acqua abbastanza velocemente in modo da soddisfare la domanda traspirativa della coltura.
Poiché il contenuto di acqua nel suolo diminuisce, l'acqua tende sempre più ad essere fortemente legata alla matrice del suolo tale da rendere difficile la sua estrazione da parte della pianta. Quando il contenuto di acqua scende al di sotto di una certa soglia critica, θp, l'acqua facilmente assorbibile non è più disponibile per la coltura, che comincia a manifestare i primi sintomi di stress idrico che la spingono ad esercitare uno sforzo di suzione superiore a quello matriciale del terreno e conseguentemente a ridurre il tasso traspirativo i cui flussi si riducono per mezzo di un coefficiente Ks. La frazione di TAW (Acqua disponibile totale) che una coltura può estrarre dalla zona radicale senza subire stress idrico è rappresentata da quella quantità di acqua resa prontamente disponibile per la pianta, ossia il RAW:

$$RAW = p * TAW$$

Nella quale:
RAW = Acqua facilmente disponibile nella zona radicale [mm];
p = Frazione media della quantità totale di acqua disponibile presente nella zona radicale prima della comparsa dello stress idrico;
TAW = Acqua totale disponibile nella zona radicale [mm].
I valori del coefficiente p, disponibili nella tabella 22 del quaderno FAO (Allen et al., 1998), differiscono per singola coltura e sono determinati dalla seguente relazione:

$$p = \frac{\theta_{fc} - \theta_p}{\theta_{fc} - \theta_{wp}}$$

Nella quale:
θp rappresenta il contenuto idrico di soglia critica [m^3 m^{-3}];
Il parametro RAW viene calcolato nel foglio di calcolo tramite il valore massimo della funzione "SE":

$$RAW_i = Max[(J_i < J_dev; .MAD_{d.i.s}; MAD_{a.i.s.})/100 * RootDepht * AW; RAW_{i-1}]$$

Nella quale:
RAWi = Acqua facilmente disponibile del giorno considerato [mm];
Ji = Giorno giuliano del giorno considerato;
Jdev = Numero di giorno dell'anno all'inizio del periodo di sviluppo;
MADd.i.s.= Gestione ammissibile dell'esaurimento durante l'inizio dello stadio [%];
MADa.i.s.= Gestione ammissibile dell'esaurimento dopo l'inizio dello stadio [%];
Root Depth = Profondità media delle radici Zr [m];
AW = Acqua disponibile [mm];
RAWi-1= Valore di RAW del giorno precedente [mm].

Questo significa: se è vero che Ji è minore di Jdev, viene considerato il MAD durante l'inizio della fase di sviluppo della pianta; invece, se tale condizione è falsa (cioè Ji è maggiore di Jdev) viene preso in considerazione il MAD dopo l'inizio dello stadio di sviluppo della pianta. Il MAD è impiegato per determinare il coefficiente p indispensabile per stimare RAW.

Considerando che:

$$\mathrm{MAD} = \frac{(\theta_{fc} - \theta_{lim})}{(\theta_{fc} - \theta_{wp})}$$

e che in condizione di totale assenza di stress idrico θlim = θp avremo che:

$$\mathrm{MAD} = \frac{(\theta_{fc} - \theta_{p})}{(\theta_{fc} - \theta_{wp})} = \mathrm{p},$$

di conseguenza si avrà che.

$$RAW = p\, Z_r\, AW = p\, TAW$$

Determinazione della deplezione finale

La deplezione finale (De end) viene determinata per individuare la quantità di acqua da apportare al suolo al fine di raggiungere la condizione di umidità alla capacità di campo ed è ottenuta dalla differenza tra la deplezione iniziale (Dei) e la precipitazione (P-Ro) sommata all'evapotraspirazione colturale (ETc):

$$\mathrm{D_{eend}} = \mathrm{D_{ei}} - (\mathrm{P} - \mathrm{RO}) + \mathrm{ET_c}$$

per il primo giorno del periodo considerato.

Dal secondo giorno in poi, la deplezione finale (De end) è determinata dalla seguente relazione:

$$\mathrm{D_{eend}} = \mathrm{D_{fc,i-1}} - (\mathrm{P} - \mathrm{RO}) - \mathrm{I_i} + \mathrm{ET_c}$$

Nella quale:

De end = Deplezione finale [mm];

Df c,i-1 = Deplezione finale corretta del giorno precedente [mm];

(P-RO) = Precipitazione – ruscellamento [mm];

Ii = Apporto irriguo netto (Net Irrig. Needed) del giorno precedente[mm];

ETc = Evapotraspirazione colturale [mm].

Deplezione finale corretta (Correct Ending Depletion) del primo giorno del periodo di osservazione, è data dalla differenza tra la deplezione iniziale (De i) e la precipitazione (P-Ro) sommata al drenaggio (DPi) e al prodotto tra evapotraspirazione di riferimento (ET0) e coefficiente colturale corretto (Kc adj):

$$\mathrm{D_{fc}} = \mathrm{D_{ei}} - (\mathrm{P} - \mathrm{RO}) + \mathrm{DP_i} + (\mathrm{ET_0} * \mathrm{K_{cadj}})$$

Dal secondo giorno in poi, la deplezione finale corretta (D_{fc}) è determinata considerando l'irrigazione netta (Net Irrig. Neededi$_{-1}$) del giorno precedente e come deplezione iniziale quella finale corretta (Df c,i$_{-1}$) del giorno precedente:

$$\mathrm{D_{fc}} = \mathrm{D_{fc,i-1}} - (\mathrm{P} - \mathrm{RO}) + \mathrm{NetIrrig.Needed_{-1}} + \mathrm{DP_i} + (\mathrm{ET_0} * \mathrm{K_{cadj}})$$

Drenaggio o Percolazione Profonda (DP, Deep Percolation) è la quantità di acqua che viene perduta dallo strato radicale del suolo quando il suo contenuto in acqua è superiore alla capacità di campo a seguito di forti piogge o di irrigazioni. Il DP è calcolato dal modello come valore massimo della seguente relazione:

$$\mathrm{DP_i} = (\mathrm{P} - \mathrm{Ro}) + \mathrm{NetIrrig.Needed_{-1}} - \mathrm{ET_{ci}} - \mathrm{D_{fc,i-1}}$$

Determinazione Kc corretto

Il Kc adj è il coefficiente colturale corretto che tiene conto dell' eventuale condizione di stress della coltura che si verifica quando il contenuto di acqua nel suolo scende al di sotto un valore soglia.

Quando il terreno è bagnato, l'acqua contenuta nel suolo possiede un alto potenziale energetico che le consente di muoversi liberamente ed essere facilmente assorbita dalla coltura.
Quando invece il terreno diventa secco l'acqua vede ridursi la sua energia potenziale ed inizia ad essere fortemente trattenuta dalla forza capillare e dalla forza matriciale, rendendola poco disponibile per la coltura. Tali vincoli inducono nella pianta una condizione di stress idrico raffigurato dal coefficiente Ks.
Il Ks (coefficiente di stress idrico) assume valori compresi tra 0 e 1 ed è dato dalla relazione:

$$K_s = \frac{TAW - D_r}{TAW - RAW} \text{per} D_r > RAW;\ K_s = 1 \text{ per} D_r < RAW$$

Nella quale:
Ks = Coefficiente colturale di stress;
TAW = Acqua totale disponibile [mm];
RAW = Acqua facilmente disponibile [mm];
Dr = Deplezione della zona radicale [mm].

Il Kc adj è ottenuto dalla somma del Ke (Coefficiente di evaporazione) e il prodotto diKcb,i (Coefficiente colturale basale giornaliero) per il Ks:

$$K_{cadj} = (K_s * K_{cb}) + K_e$$

Determinazione dell'irrigazione netta
L'irrigazione netta (Net Irrig. Needed) rappresenta la quantità di acqua che bisogna apportare al terreno per soddisfare il fabbisogno irriguo della coltura e riportare l'umidità del suolo alla capacità di campo.
Tale parametro viene stimato dal modello tramite la seguente espressione:

$$SE(J \geq J_{plant}); Net_{irrig.Needed} = 0$$

$$SE\left(J < \frac{J_{late} + J_{harv}}{2}\right); Net_{irrig.Needed} = 0$$

$$SE(D_{e\ end} > RAW); Net_{irrig.Needed} = D_{e\ end}$$

$$Se\ (D_{e\ end} < RAW); Net_{irrig.Needed} = 0$$

Ciò significa che:
Se il giorno giuliano del giorno considerato (J) è minore del numero di giorni dell'anno al momento della ripresa vegetativa (Jplant), il valore di Net Irrig. Needed è pari a 0;
Se J è minore del valore di (Jlate + Jharv)/2, il valore dell'irrigazione netta è pari a 0;
Se la deplezione finale (De end) è maggiore dell'acqua facilmente disponibile (RAW) l'irrigazione netta è pari al valore della deplezione finale (De end), se invece De end risultasse minore di RAW allora l'irrigazione sarebbe pari a 0.

4.1. I risultati dell'applicazione del modello FA0 56

Il modello agro-idrologico applicato ha permesso di descrivere i processi di scambio idrico nel sistema continuo suolo - pianta - bassa atmosfera, di programmare gli interventi irrigui quando la coltura ne manifesta un effettivo bisogno, attraverso una gestione controllata dello stress idrico e di ottimizzare l'uso della risorsa idrica attraverso la determinazione dei volumi di adacquamento strettamente necessari.
I risultati ottenuti dall'applicazione del modello permettono di rispondere a domande del tipo:

1.Quando irrigare → individuazione del momento di intervento irriguo più appropriato;

2.Quanto irrigare → determinazione dei fabbisogni idrici colturali stagionali e relativi volumi di adacquamento;
3.Come irrigare → metodologia di distribuzione dell'acqua alla coltura.

In questa elaborazione il modello FAO 56 è stato applicato utilizzando i dati meteorologici ricavati dalle stazioni del SIAS Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (www.sias.regione.sicilia.it).
Tale applicazione ha lo scopo di valutare la sostenibilità della gestione irrigua nel Sottobacino Iudeo-Bucari ed in particolar modo nelle parcelle sperimentali presentate precedentemente, per tale motivo i dati meteo utilizzati in questa applicazione sono quelli delle stazioni di Salemi e Marsala.
Avendo precedentemente effettuato lo studio meteorologico ed in particolare dei dati di precipitazione e temperatura registrati negli ultimi 5 anni (2008-2012), si è deciso in questa elaborazione di mettere in evidenza i risultati ottenuti dall'applicazione del modello nell'anno 2008, in quanto anno con minore precipitazione degli ultimi 5 anni e nell'anno 2009 poiché anno più piovoso degli ultimi 5 anni, per valutare l'incidenza delle precipitazioni sulla gestione irrigua.

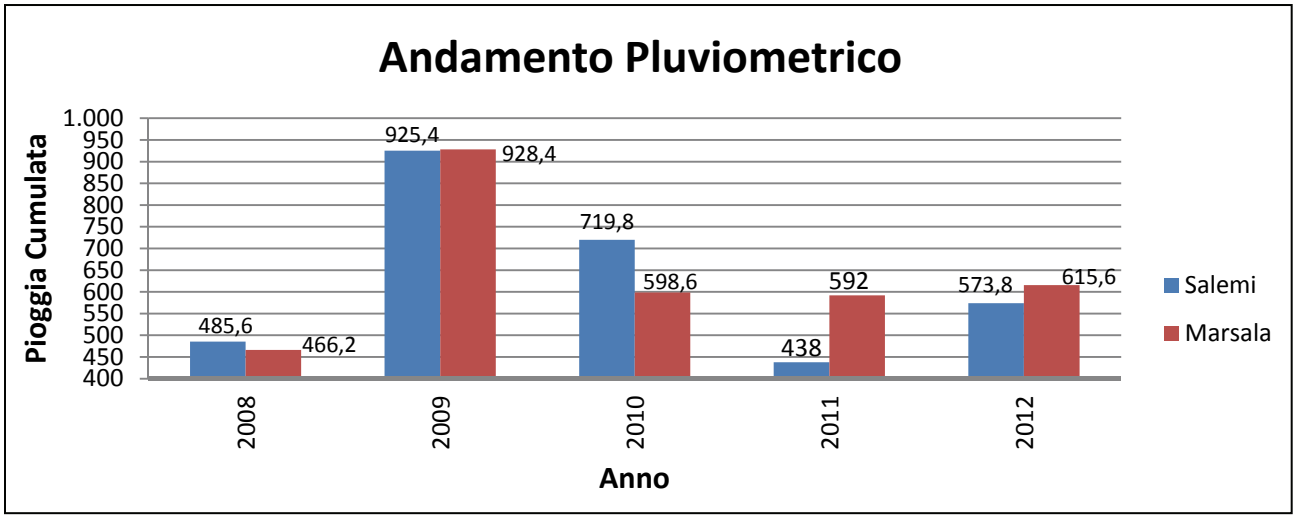


Figura 2. Andamento Pluviometrico nel periodo 2008 – 2012.
Figure 2. Rainfall trend in the period 2008-2012.

4.2. Il momento dell'intervento irriguo e il volume di adacquamento
Secondo i dati ottenuti dal modello, la stagione irrigua della vite nell'area del Sottobacino Iudeo-Bucari e soprattutto nelle tre parcelle sperimentali ricadenti nelle aree demandate alle stazioni agrometeorologiche di Salemi e Marsala, negli anni 2008 - 2009 è così articolata:

Marsala "Bellusa e Carcitella" 2008: stagione irrigua compresa tra il 22 Aprile e l'11 Settembre, per un totale di 13 interventi irrigui;
Marsala "Bellusa e Carcitella" 2009: stagione irrigua compresa tra il 7 Maggio ed il 3 Settembre, per un totale di 14 interventi irrigui;

Salemi "Posillesi" 2008: stagione irrigua compresa tra il 21 Aprile ed il 9 Settembre, per un totale di 12 interventi irrigui;
Salemi "Posillesi" 2009: stagione irrigua compresa tra il 8 Maggio ed il 3 Settembre, per un totale di 13 interventi irrigui.

La variazione della stagione irrigua è, come detto, dipendente dalla domanda evapotraspirativa della pianta, dovuta alle condizioni atmosferiche che si verificano nel periodo in cui tale coltura nel nostro caso la vite esplica il suo ciclo biologico.

Dalla stima dell'irrigazione netta (NET Irrig. Needed), il modello FAO individua il momento in cui occorre mediamente procedere con l'irrigazione; ciò è messo in evidenza nella seguente tabella (Tabella 4).
E' importante ricordare che il modello calcola il fabbisogno irriguo della coltura, per un arco temporale che va dalla ripresa vegetativa 1 Aprile ad oltre la fase di raccolta 27 ottobre,mentre nella tradizionale conduzione dei vigneti in Sicilia non si tende quasi mai ad irrigare dopo la metà di Agosto, in quanto un eventuale stress idrico prima della raccolta favorisce un aumento del contenuto zuccherino delle uve e dei mosti da esse ottenuti.

CALENDARIO IRRIGUO			
SALEMI (TP)		MARSALA (TP)	
2008	2009	2008	2009
21/04	08/05	22/04	07/05
17/05	21/05	16/05	15/05
30/05	31/05	27/05	26/05
11/06	11/06	06/06	07/06
22/06	20/06	18/06	16/06
03/07	29/06	29/06	25/06
13/07	07/07	08/07	03/07
24/07	16/07	18/07	11/07
03/08	24/07	28/07	19/07
14/08	01/08	06/08	27/07
26/08	11/08	17/08	03/08
09/09	21/08	28/08	12/08
	03/09	11/09	22/08
			3/09

Tabella 4. Calendario irriguo per stazione per anno.
Table 4. Calendar station for irrigation for year.

I volumi idrici sono stati determinati per ogni intervento irriguo stimato dal modello come altezza di pioggia [mm/ha]; i risultati ottenuti sono messi in evidenza nella tabella sottostante e riportati come [m3/ha].
I volumi idrici stagionali totali determinati attraverso l'applicazione del modello sono:

- Marsala 2008: volume irriguo stagionale di 496,4 [mm/ha] equivalenti a 4964 m^3;

- Marsala 2009: volume irriguo stagionale di 542,4 [mm/ha] equivalenti a 5424 m^3;

- Salemi 2008: volume irriguo stagionale di 421,3 [mm/ha] equivalenti a 4213 m^3;

- Salemi 2009: volume irriguo stagionale di 508,7 [mm/ha] equivalenti a 5087 m^3.

Tali volumi irrigui, però sono stati stimati supponendo che il metodo irriguo fosse quello per aspersione, attraverso il quale si umetta tutta la superficie del suolo; inoltre, i volumi determinati sono riferiti ad una superficie di 1ha (ettaro), quindi possiamo considerare il volume irriguo ottenuto come volume irriguo totale mm/ha o m^3/ha.
Pertanto, riportando questi volumi alle reali superfici delle parcelle sperimentali, abbiamo stimato il fabbisogno irriguo della coltura vite per gli anni 2008 e 2009 nelle parcelle sperimentali (Tabella 5).
I risultati ottenuti hanno fornito interessanti spunti di carattere agrometeorologico in quanto, nonostante nell'annata 2009 si è registrata un'altezza di pioggia cumulata maggiore, 925,4 mm e 928,4 mm rispettivamente nelle stazioni meteorologiche di Salemi e Marsala, contro i soli 485,6

mm e 466,2 mm nelle medesime stazioni nel 2008, i fabbisogni irrigui stimati dal modello FAO 56 per l'annata agraria 2009 per la coltura vite sono paragonabili se non addirittura maggiori di quelli stimati per il 2008.

Fabbisogno Irriguo parcelle sperimentali				
Parcella sperimentale	Anno	Volume Irriguo (m^3/ha)	Superficie (ha)	Fabbisogno Irriguo (m^3)
Posillesi	2008	4964	0,44	2184,16
	2009	5420		2384,80
Bellusa	2008	4213	0,525	2211,82
	2009	5087		2670.67
Carcitella	2008	4213	1,99	8383.87
	2009	5087		10123.13

Tabella 5. Fabbisogno Irriguo per la vite per le parcelle sperimentali.
Table 5. Irrigation requirements for the screw to the experimental plots.

I risultati si possono apprezzare dal grafico della Figura sottostante, dove si mette a confronto il volume irriguo stagionale stimato dal modello (mm/ha) e la precipitazione cumulata dell'anno (mm).

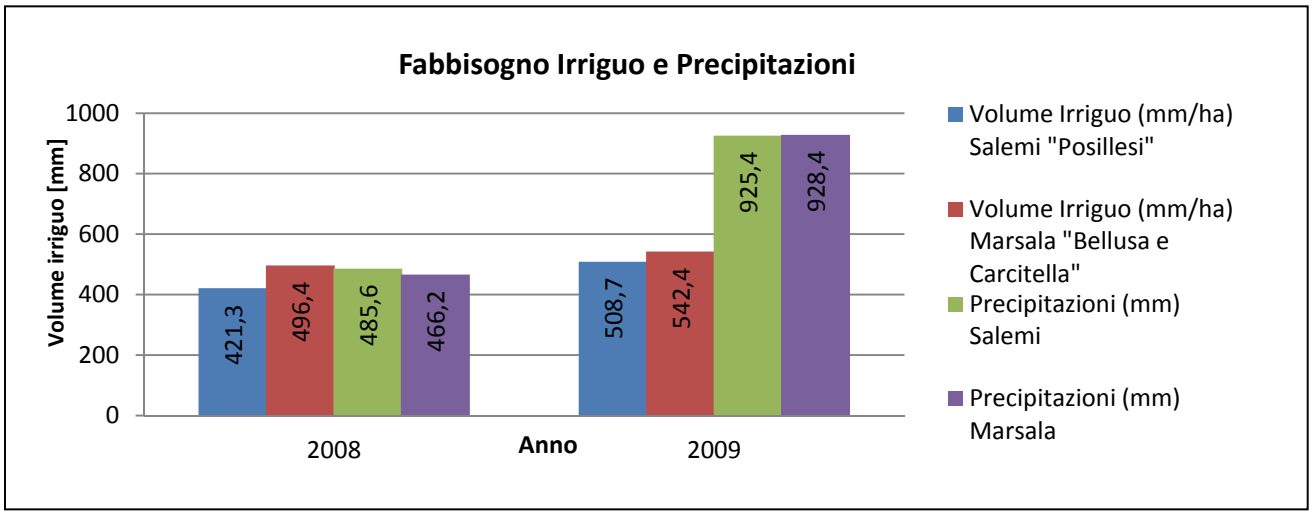


Figura 3. Fabbisogno irriguo e precipitazioni per anno.
Figure 3. Requirements for irrigation and precipitation for year.

Emerge come fattore limitante la stagionalità delle piogge,che segue andamenti pressoché costanti.
La concentrazione degli eventi meteorici infatti, si distribuisce in due periodi ben distinguibili, intervallati da un periodo dove le precipitazioni sono scarse o nulle.
In particolare le piogge si concentrano nel periodo gennaio - marzo e settembre/ottobre – dicembre.
Ricordando che il modello calcola i fabbisogni idrici della coltura vite in un arco temporale ben definito, corrispondente al ciclo vegetativo della coltura stessa, che si esplica in 210 giorni compresi tra il 1 aprile ed il 27 ottobre, è evidente che tale arco temporale (ciclo vegetativo della vite) corrisponde al periodo in cui le piogge sono scarse o nulle; per tale motivo i volumi irrigui stimati dal modello sono equivalenti per entrambi gli anni presi in esame, nonostante la notevole differenza di pioggia cumulata registrata nei due anni presi in esame.
L'andamento delle piogge negli anni 2008 e 2009 si può apprezzare nel grafico sottostante (Figura 4).

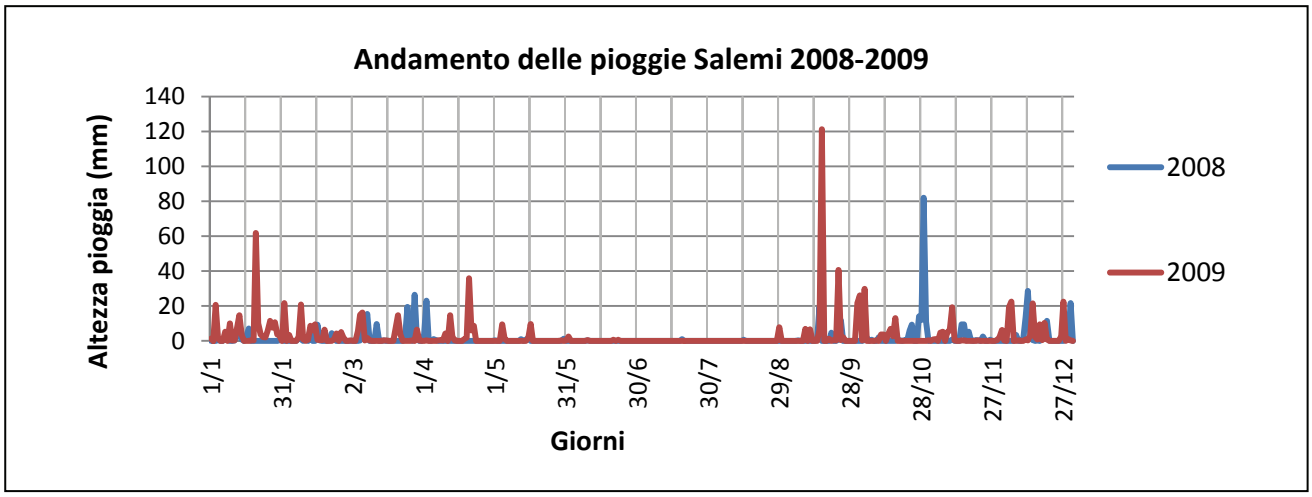


Figura 4. Andamento pluviometrico 2008 - 2009.
Figure 4. Rainfall trend 2008 - 2009.

4.3. La Gestione dell' Irrigazione (Metodo Irriguo)

L'irrigazione è divenuta sempre più una pratica agricola fondamentale e in molti casi essenziale, per ottenere produzioni quantitativamente e qualitativamente valide e rendere la gestione dell'azienda agricola economicamente conveniente e sostenibile.

Ma poiché l'irrigazione richiede rilevanti volumi di acqua e questa diviene sempre più scarsa e costosa, anche in termini ambientali, è necessario che la gestione aziendale dell'irrigazione sia attuata in maniera da massimizzarne l'efficienza, non solo riducendo le perdite ma anche ottimizzando l'erogazione in termini di modalità, luoghi, tempi e volumi.

I risultati ottenuti dall'applicazione del modello, tenuto conto delle caratteristiche pedologiche, idrologiche e climatiche delle tre parcelle sperimentali, hanno portato alla definizione di un calendario irriguo.

I volumi irrigui, come precedentemente detto, sono stati stimati supponendo che il metodo irriguo fosse quello per aspersione, attraverso il quale si umetta tutta la superficie del suolo; inoltre, i volumi determinati sono riferiti ad una superficie di 1ha (ettaro), quindi possiamo considerare il volume irriguo ottenuto come volume irriguo di riferimento mm/ha o m^3/ha. In questo lavoro inoltre si è ipotizzato l'utilizzo di un metodo microirriguo costituito da un impianto a goccia.

L'impianto di irrigazione a goccia consente di apportare acqua solo in punti discreti della superficie di suolo in maniera puntuale, di conseguenza è necessario stimare la porzione della superficie di suolo umettato dai gocciolatori (fw).

Tale valore dipende dal diametro di bagnatura (Db) del terreno che varia sia in funzione della tessitura che del tipo di gocciolatore utilizzato.

Per un suolo franco, il diametro bagnato è dato dalla seguente relazione:

$$\mathrm{Db}_{\mathrm{Tfranco}} = 0{,}7 + 0{,}11\mathrm{q}$$

Nella quale:

$\mathrm{Db}_{\mathrm{T\ franco}}$ = Diametro di bagnatura (m);

q = Portata nominale gocciolatori (l/h).

Al fine di calcolare il diametro di bagnatura nelle tre parcelle si è deciso di inserire i dati tecnici degli impianti inerenti l'unica parcella sperimentale che fa ricorso all'irrigazione a goccia che è la parcella denominata Bellusa, sita nell'agro di Mazara; tale parcella presenta un impianto costituito da ala gocciolante con numero 1 di gocciolatori per pianta, della portata nominale di 3 l/h.

$$\mathrm{Db} = 0{,}7 + 0.11 * 3 = 1{,}03$$

Questo dato serve per ricavare l'area del contorno bagnato, utile per stimare la porzione di suolo irrigato fw.

La porzione di suolo irrigato (fw), è stata stimata mediante la seguente espressione:

$fw = A * n/s.i.$
Nella quale:
A = Area del contorno bagnato (m^2);
n = Numero di gocciolatori per pianta;
s.i. = Area dominata da una pianta (m^2).
I risultati ottenuti per ogni parcella sperimentale sono inseriti nella Tabella 6 sottostante.

Porzione di suolo irrigato fw					
Parcella	Db (m)	A (m^2)	n	s.i. (m^2)	fw
Posillesi	1,03	0,80	1	2,5	0,32
Bellusa	1,03	0,80	1	2,4	0,33
Carcitella	1,03	0,80	1	2,4	0,33

Tabella 6. Porzione di suolo irrigato per ogni parcella sperimentale.
Table 6. Portion of irrigated land for each experimental plot.

Il termine fw, come precedentemente detto, descrive la porzione di suolo irrigata facendo ricorso ad una specifica tecnica irrigua, nel nostro caso quella dell'impianto a goccia.
Per stimare il volume irriguo strettamente necessario per la coltura vite nelle tre parcelle sperimentali occorre moltiplicare il fabbisogno irriguo stagionale (m^3/ha) di ogni parcella per fw. E' ora possibile mettere a confronto le due tecniche irrigue maggiormente utilizzate nella conduzione dei vigneti del sottobacino Iudeo-Bucari, ossia irrigazione per aspersione o a pioggia ed impianti a goccia. I risultati ottenuti mostrano una riduzione del volume irriguo stagionale di circa il 67% e sono messi in evidenza nella tabella 7.

Volumi necessari in base alla tecnica irrigua utilizzata				
Parcella sperimentale	Anno	Aspersione (m^3)	Fw Impianto a goccia	Goccia (m^3)
Posillesi	2008	2184,16	0,32	698,93
	2009	2384,80		763,13
Bellusa	2008	2211,82	0,33	729,90
	2009	2670,67		881,32
Carcitella	2008	8383,87	0,33	2766,67
	2009	10123,13		3340,63

Tabella 7.Volumi da somministrare in base alla tecnica irrigua.
Table 7.Volumi to be administered according to the irrigation technique.

CONCLUSIONI

La **sostenibilità** è la caratteristica di un processo o di uno stato che può essere mantenuto ad un certo livello per un lungo periodo. Il termine nell'ambito ambientale si riferisce alla potenziale longevità di un sistema di supporto per le attività e la vita umana.
Alla luce dei risultati ottenuti, possiamo affermare che uno studio di questo tipo per la valutazione della sostenibilità della gestione agricola dei suoli si presenta come strumento capace di indirizzare gli imprenditori e i conduttori delle aziende agricole verso una gestione sostenibile dei suoli.
Le elaborazioni effettuate hanno seguito il concetto base della Pedologia Applicata secondo il quale per effettuare valutazioni coerenti con le condizioni reali dei luoghi (Parcelle Sperimentali) si deve prima conoscere il territorio in cui tali realtà sono inserite. Nel seguente lavoro solo dopo aver

passato in rassegna le caratteristiche del territorio si è passati all'elaborazione dei dati delle parcelle sperimentali.
L'obiettivo che si persegue è quello di far emergere i limiti di sostenibilità delle attività umane e di redigere un piano programmatore delle pratiche di prevenzione e mitigazione da attuare all'interno dell'unità territoriale azienda. Il fine ultimo è la realizzazione di un sistema di agricoltura sostenibile. Tale elaborazione deve partire da uno studio pedologico dettagliato (a grande scala, di campo) e dall'utilizzazione dei dati meteorologici. I risultati dell'elaborazione, interpretati e valutati consentono di esprimere giudizi sulla sostenibilità dell'attività agricola, come nel caso delle tre parcelle sperimentali (Posillesi, Bellusa e Carcitella) considerate.
La sostenibilità dell'attività agricola è stata valutata prendendo in considerazione singolarmente i due fattori naturali indispensabili e limitati per effettuare l'attività agricola ovvero: suolo e disponibilità idrica.
Si è valutata la sostenibilità della gestione irrigua, utilizzando un modello di bilancio agroidrologico, FAO 56, capace di descrivere i processi di scambio idrico nel sistema continuo suolo - pianta - bassa atmosfera elaborando dati meteorologici, pedologici e fisiologici della coltura esaminata (vite), in modo che la coltura venga irrigata in base alle sue effettive esigenze, in quei periodi del ciclo vegeto-produttivo nei quali l'intervento irriguo è in grado di massimizzare la produzione.
I risultati ottenuti dall'elaborazione del modello FAO evidenziano che:

- la gestione in irriguo della vite in questo areale è indispensabile per ottenere produzioni utili a rendere economicamente sostenibile l'attività agricola.
- la tecnica irrigua per aspersione, ancora molto diffusa nel sottobacino Iudeo - Bucari, è da considerare insostenibile in quanto, con tale tecnica occorre apportare volumi irrigui di gran lunga maggiori alle reali esigenze della coltura, umettando l'intera superficie ed amplificando i processi di evaporazione e competizione interspecifica.
- le tecniche di micro-irrigazione come impianti a goccia, largamente utilizzati nelle aree in studio consentono di ridurre i fabbisogni irrigui stagionali di circa il 67% rispetto a quelli per aspersione umettando solo una piccola porzione di superficie interessata dalla coltura d'interesse e di riduce i fenomeni di evaporazione e competizione.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN G., PEREIRA S., RAES D.,SMITH M.,1998. *Irrigation and Drainage. Paper No. 56 Crop Evapotranspiration*. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations Roma.

Bureau of Reclamation United State Department of Interior, 1953. Vol. V. Irrigated Land Use. Land Classification. Washington DC.

Bureau of Reclamation. U.S.D.I., 1967. Land Classification Techniques and standards,. Laboratory Procedures. Denver.

Fierotti G., Dazzi C., Raimondi S., 1989. La valutazione delle terre ai fini agricoli: principi metodi ed applicazioni. In: Quaderni di Agronomia n. 12. Arti Grafiche Siciliane Editore.

Hargreaves G., Samani Z.A., 1982. Journal of the Irrigation and Drainage Division, Vol 108 No 3, September pp 225 - 230.

Interrante F., Raimondi S., 2014. L'incremento Della Sostenibilità Ambientale Attraverso la Diminuzione del Rischio Erosivo. CD La Sostenibilità Dell'uso Viticolo Nei Suoli Del Sottobacino Iudeo - Bucari.

RAIMONDI S., 2012. Il modello "MUSS" per un uso sostenibile dei suoli. COMPOSTAMPA edizioni Palermo: 1-8. ISBN 978-88-9728-4011-6.

RAIMONDI S., PERRONE E., BARBERA V., PANNO M., 2013 a. La caratterizzazione pedologica del sottobacino Iudeo-Bucari. In "La sensibilità alla desertificazione del sottobacino Iudeo-Bucari (bacino del fiume Mazaro – TP)". Dipartimento Scienze Agrarie e Forestali, Università di Palermo e Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia. Compostampa, Palermo, cd; 25 giugno 2013.

SIRCA C., MARRAS S., DUCE P., ZARA P., ARCA A., SNYDER R., SPANO D., 2011. Monitoraggio Dei Consumi Idrici Su Vigneto Con Tecniche Micrometeorologiche. Atti del 14° Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Agrometeorologia Pàtron Editore, Bologna (ITA).

SOIL SURVEY STAFF, 2007. Soil Taxonomy. A Basic System of soil Classification for making and interpreting. U.S.D.A. Washington.

UNCCD (1994). United Nations Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertificatication, Particurly in Africa. Parigi 17 giugno 1994.

SITOGRAFIA

Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano, www.sias.regione.sicilia.it

INDICE

L'INCREMENTO DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE ATTRAVERSO LA DIMINUZIONE DEL RISCHIO EROSIVO

Pag. 1

L'INCREMENTO DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE ATTRAVERSO UNA CORRETTA GESTIONE DELL'IRRIGAZIONE

Pag. 15

CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA E TECNOLOGICA DELLE ACQUE PER USO IRRIGUO NEL SOTTOBACINO IUDEO - BUCARI (TP)

Pag. 39

L'USO SOSTENIBILE DEI SUOLI PER LE PRODUZIONI PRIMARIE ED I SERVIZI TERRITORIALI ED AMBIENTALI NELL'OTTICA DELLA PREVENZIONE DEI DISASTRI NATURALI
(IL CONTRIBUTO DELL'AGRONOMO SPECIALISTA E DELL'UNIVERSITÀ AL SERVIZIO DEL TERRITORIO)

Pag. 57

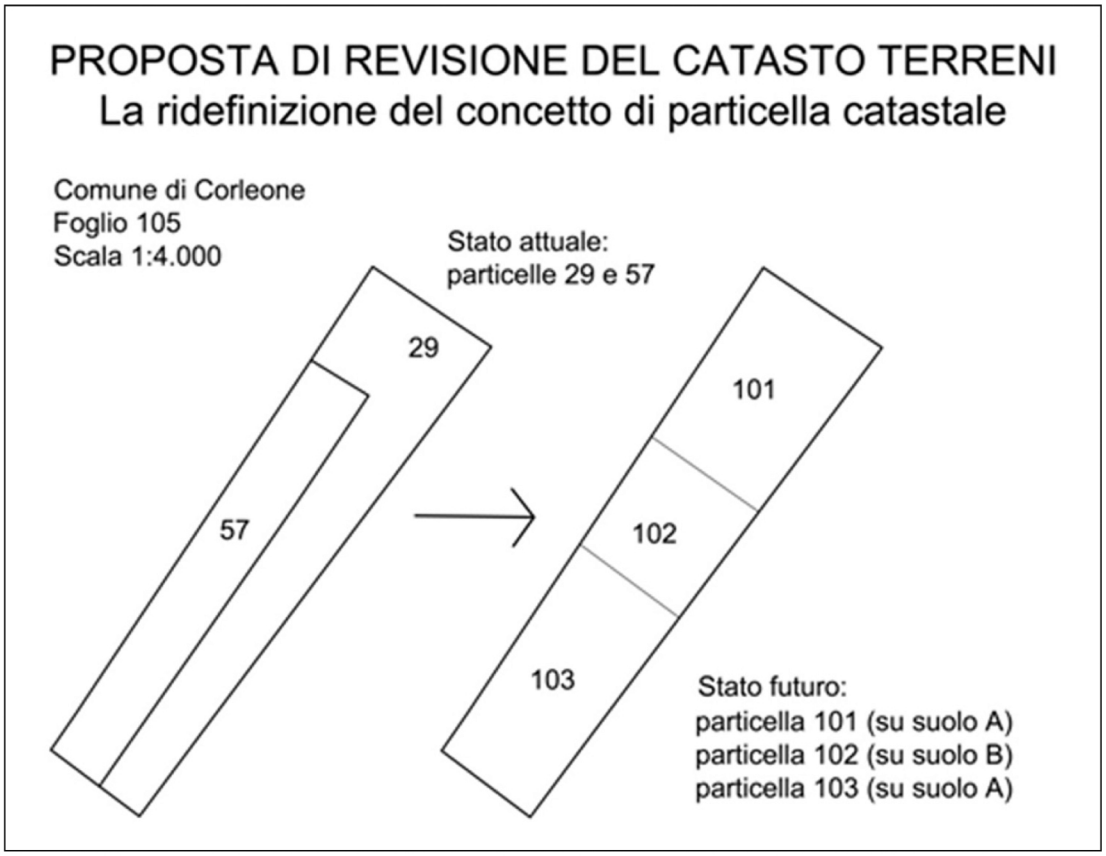
LA RISPOSTA PRODUTTIVA DI ALCUNI VITIGNI NEL SOTTOBACINO IUDEO - BUCARI (TP)

Pag. 75

LE PROVE DI VINIFICAZIONE DELLA CULTIVAR GRILLO SU TRE VIGNETI SPERIMENTALI SITI NEL SOTTOBACINO IUDEO - BUCARI (TP)

Pag. 101

CD



ISBN 978-88-9728-414-7

Finito di stampare a Palermo il 22 settembre 2014
presso
COMPOSTAMPA Edizioni
composerviceitaliasrl@gmail.com

Seminario sulla sperimentazione del Grillo in tre vigneti sperimentali (Marsala, 13 giugno 2014).

Degustazione del vino sperimentale Grillo presso la cantina Dalmasso a Marsala (TP).

Le colline del sottobacino Iudeo-Bucari con versanti in dolce pendio costituiscono le aree migliori per la viticoltura.

07 agosto 2013. Vigneto con alta sostenibilità ambientale su suolo gradonato ed accanto vigneto non sostenibile, sotto l'aspetto ambientale, con filari a rittochino.

Durante il periodo primaverile nelle vallate interne siciliane si creano le condizioni di temperatura e umidità ottimali per gli attacchi dei patogeni fungini.

Vigneto gestito in armonia con le condizioni pedoclimatiche (alta sostenibilità ambientale). Tenuta La Favola di Corrado Gurrieri nella c.da Buonivini (Noto – SR).