



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

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.

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

Salvatore Raimondi, Fabio Interrante***

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

** *Collaboratore esterno*

Abstract: This paper is extended to the survey on the quality of a representative sample of water taken in the sub-basin Iudeo-Bucari (in the province of Trapani).

Having previously defined the degree of fitness for use of irrigation water samples investigating their chemical-physical characteristics (Raimondi, et al., 2013 b), in this work we have carried out the technological characterization of the water, so as to assess the interaction of water - plants irrigation by determining the aggressive power or encrusting the same waters by applying the Langelier saturation index. Defining the sustainability of irrigation technique, able to provide information on the duration of the plant and how the characteristics of aggressive and encrusting fouling of the water affect the efficiency of the plant.

Keywords: Water quality, saturation index, power scaling, irrigation efficiency.

Riassunto: In questo lavoro viene ampliata l'indagine sulla qualità di un campione rappresentativo di acque prelevate nel sottobacino Iudeo-Bucari (TP), già pubblicata. Infatti, precedentemente è stato definito il grado d'idoneità all'uso irriguo delle acque campionate investigandone le caratteristiche chimico-fisiche (Raimondi et al., 2013 b). In questo lavoro si è effettuata la caratterizzazione tecnologica delle acque, in modo da valutare l'interazione acque - impianti irrigui e acque impianti idrici delle strutture edilizie aziendali attraverso la determinazione del potere aggressivo o incrostante delle stesse acque applicando l'indice di saturazione di Langelier di **Ryznar**.

In questo modo viene completata la valutazione della sostenibilità della tecnica irrigua e viene valutato anche l'uso domestico non potabile. Tale indice è capace di fornire indicazioni sulla durata degli impianti e quanto le caratteristiche incrostanti od aggressive dell'acqua influiscono sull'efficienza degli impianti.

Parole chiave: Qualità acque, indice di saturazione, potere incrostante, efficienza irrigua.

Introduzione

Negli ultimi anni la ricerca si è sempre più orientata verso l'utilizzo di tecniche agronomiche che garantissero, non solo la quantità e qualità dei prodotti, ma soprattutto contribuissero alla sostenibilità dell'attività agricola, favorendo la conservazione delle risorse naturali e riducendo l'impatto ambientale.

Il controllo ambientale per essere reso efficace necessita di un insieme di azioni mirate a garantire la disponibilità di un quadro aggiornato dello stato di qualità dell'ambiente e della sua evoluzione; ciò al fine di creare una base conoscitiva utile a mettere in atto adeguate politiche ambientali, nonché una gestione territoriale rispettosa delle proprie risorse.

La norma principale per le acque, **Normativa Nazionale Acque**, è il D.Lgs. 152/06 "Norme in materia ambientale parte terza" che negli anni ha subito modifiche sia per la parte relativa al monitoraggio di qualità delle acque sia per la parte di tutela dall'inquinamento.

Il Decreto Legislativo 152/99 impone l'aggiornamento del patrimonio conoscitivo relativo allo stato delle risorse idriche, finalizzato, attraverso il monitoraggio della qualità delle risorse e della loro quantità. Inoltre, il D.Lgs. 152/99 e il D.Lgs. 258/00 definiscono la disciplina generale per la tutela delle acque superficiali, marine e sotterranee.

Un'analisi critica effettuata dall'Osservatorio delle Acque (2006) ha messo in evidenza che, negli ultimi cinquanta anni, lo “**sfruttamento antropico**” della risorsa idrica si è fatto sempre più pressante, a tal punto da provocare l'abbassamento delle falde acquifere e la scomparsa di corpi idrici. Da un'indagine condotta su fonti idriche superficiali (acque di serbatoi; Osservatorio delle Acque, 2006) impiegate in agricoltura e che coprono situazioni anche molto diversificate del territorio siciliano, è emerso che, per quanto riguarda la Sicilia occidentale, i valori dei parametri chimici monitorati non destano nel complesso particolare preoccupazione, rendendo le acque idonee all'utilizzo in campo irriguo. Tale risultato è confermato anche da una sperimentazione decennale di irrigazione con acque salmastre condotta nell'azienda Pietranera (AG) ubicata nel settore meridionale della Sicilia occidentale (Raimondi e Pollina, 2006; Raimondi, 2007).

L'obbiettivo di questo lavoro è quello di valutare i processi di corrosione od incrostazione innescabili o meno, dalle acque campionate, precedentemente analizzate e valutate nel lavoro, "La valutazione della gestione irrigua nel Modello Medalus per la diminuzione della sensibilità alla desertificazione nel sottobacino Iudeo – Bucari" (Raimondi et al., 2013 a). In altri termini questo lavoro tende a valutare il comportamento di tali acque nei confronti degli impianti irrigui e della rete idrica aziendale, in quanto tali processi influiscono sulla durata degli impianti e sulla loro efficienza.

La necessità di fornire tali indicazioni nasce dal fatto che, la moderna politica agricola è sempre più sensibile ai temi di conservazione e valorizzazione delle risorse naturali ed in particolar modo di quelle irrigue, di conseguenza tutti gli operatori ed i tecnici che operano in questo settore attuano tali politiche di conservazione, mettendo in opera impianti irrigui sempre più sofisticate che permettono di effettuare una drastica riduzione dei volumi irrigui, ma che a loro volta risultano sempre più sensibili ai fenomeni di corrosione e incrostazione.

Ambiente di studio

Il sottobacino individuato dai torrenti Iudeo e Bucari, sito nella porzione centrale della provincia di Trapani, ricade all'interno dell'Area territoriale tra il bacino del fiume Mazzo e il bacino del fiume Arena (Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico - PAI, 2006). La superficie di detto sottobacino, dal punto di vista amministrativo, è così suddivisa: Marsala 11,05 km², Mazara del Vallo 52,78 km², Salemi 32,17 km². Superficie totale 95,00 km². L'altimetria oscilla dai 70 m s.l.m. circa, in corrispondenza della confluenza dei torrenti Iudeo e Bucari, ai 713 m s.l.m. raggiunti sulla cima di monte Polizzo a nord-ovest di Salemi. L'area ha caratteristiche di pianura nel settore centro meridionale, di collina in quello settentrionale e, limitatamente di montagna nell'estremità settentrionale (monte Polizzo).

Per quanto riguarda i tipi climatici presenti nel sottobacino Iudeo-Bucari (Raimondi e Lupo, 1998), essi appartengono sia al gruppo degli aridici, con un indice di umidità globale inferiore a zero ($Im < 0$), che al gruppo degli umidi ($Im > 0$). Del primo gruppo sono presenti il semiarido (con Im da -66,6 a -33,3) e quello da subumido a subarido (con Im da -33,3 a 0), mentre del secondo gruppo si riscontra quello da umido a subumido (con Im da 0 a 20). Il clima semiarido si riscontra in tutta l'area con morfologia pianeggiante e collinare fino ad un'altimetria di 200 m s.l.m. circa, che corrisponde alla parte più bassa del sottobacino. Il clima da subumido a subarido è presente nella fascia intermedia del sottobacino, caratterizzata da una morfologia collinare e si estende fino ad una quota di circa 500 m s.l.m..

Dalla *Carta delle aree litologiche omogenee*, a scala 1:50.000, si evince che le principali litologie affioranti sono: - Depositi alluvionali recenti, Olocene - Depositi alluvionali lacustri, Olocene - Depositi alluvionali antichi terrazzati, Olocene - Calcareniti di spessore esiguo, G.T.S. - Pleistocene superiore - Strati e banchi arenacei, Valle del Belice – Pliocene medio superiore - Strati pelitico arenacei e strati e banchi arenacei, Valle del Belice – Pliocene medio - Argille sabbiose grigie, Valle del Belice – Pliocene medio Marne bianche e grigie, Trubi – Pliocene inferiore - Calcari e calcareniti organogeni, Calcari a congerie - Messiniano superiore - Gessi, Messiniano superiore - Calcari e calcareniti, Baucina - Messiniano inferiore - Argille sabbiose, Miocene medio o

Tortoniano - Conglomerati poligenici, Miocene medio o Tortoniano - Sabbie, Miocene medio o Tortoniano.

Le principali colture presenti nell'area in esame sono vigneti, seminativi con una rotazione basata sul grano duro, oliveti e frutteti, limitate aree a pascolo e a bosco. I vigneti sono distribuiti nella maggior parte del bacino, risultano presenti dalle zone pianeggianti alle zone con pendenze piuttosto forti. Le acque utilizzate per l'irrigazione si dividono in:

- Acque superficiali: laghetti artificiali e fiumi. La maggior parte dei laghetti artificiali risultano presenti nella parte bassa del sottobacino;
- Acque profonde: acque di falda.

Tutte le acque, indipendentemente dalla loro classificazione, vengono utilizzate durante il periodo estivo per l'irrigazione dei vigneti e per la gestione irrigua della coltura da rinnovo (prevalentemente meloni).

MATERIALI E METODI

Campionamento acque

Il campionamento è l'operazione di prelievo di una sufficiente parte di una sostanza che la proprietà misurata nel campione prelevato rappresenti, con un errore accettabile, la stessa proprietà nella massa di origine (APAT, 2003). Il campionamento costituisce la prima fase di ogni processo analitico che porterà a risultati la cui qualità è strettamente correlata a quella del campione prelevato. La predisposizione del piano di campionamento, finalizzato alla raccolta di una serie di campioni risulta fondamentale per una corretta descrizione del fenomeno investigato. La realizzazione del piano implica oltre ad una conoscenza preliminare del sistema da analizzare, una chiara definizione degli obiettivi da perseguire.

In questo lavoro, l'obiettivo del campionamento è stato quello di andare ad indagare la qualità delle acque nel sottobacino dello Iudeo – Bucari, per determinare il migliore utilizzo della risorsa.

Il campionamento è stato effettuato durante la primavera del 2012, lungo i torrenti Iudeo e Bucari e in alcuni dei numerosi laghetti collinari dando la precedenza a quelli che rientrano nell'area irrigua del territorio (Raimondi et al., 2013 a). Si è scelto di utilizzare il metodo di campionamento "preferenziale o ragionato".

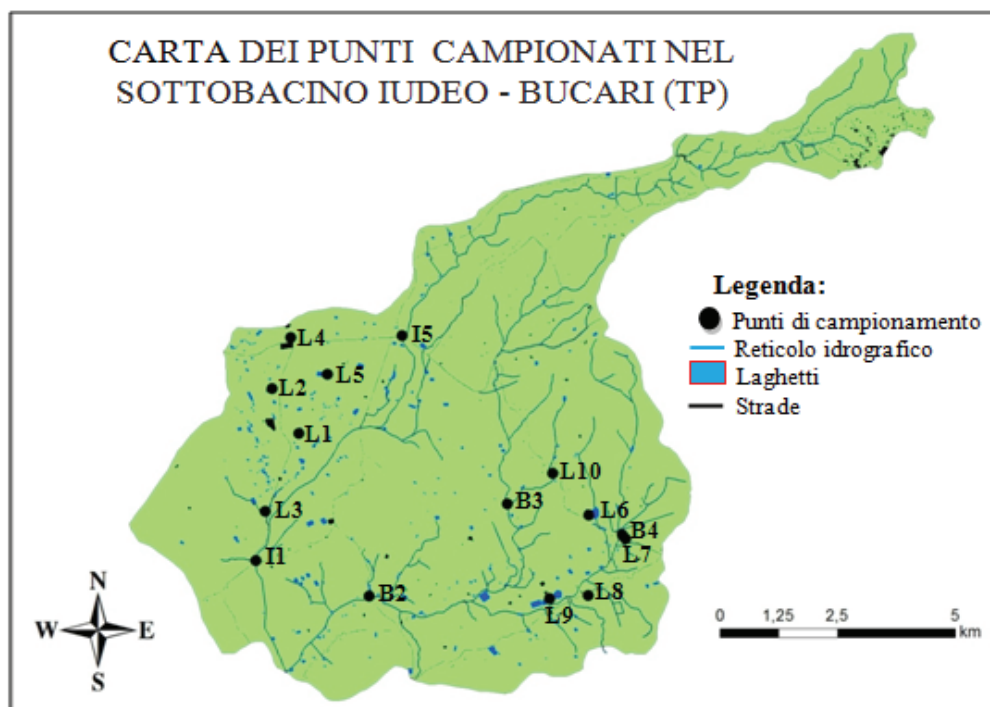


Figura 1. Carta dei punti campionati.

Figure 1. Map sampling points.

Il campionamento “preferenziale o ragionato” è quello che, attraverso esperienze dirette visive in campo o in base ad esperienze del passato, conoscenza dei luoghi, esperienza dell’operatore, condizioni fisiche locali ed informazioni raccolte, permette di definire in modo appunto “ragionato” i siti di prelievo. Sono stati effettuati: due campionamenti lungo il torrente Iudeo, rispettivamente nei punti denominati I1e I5; tre campionamenti lungo il torrente Bucari, rispettivamente nei punti denominati B2, B3 e B4.

Il punto B4 appartiene ad un affluente del torrente Bucari; tale punto è stato scelto per indagare l’influenza della serie gessoso solfifera sulle qualità delle acque del sottobacino; infine, dieci campionamenti nei laghi collinari, uno per lago, prediligendo quelli sicuramente utilizzati per la pratica irrigua e quelli nelle vicinanze della serie gessoso solfifera; i punti di prelievo sono stati denominati L (da 1 a 10).

Campionamento del 19/03/2012							
Nome	Comune	Tipologia	Conducibilità (dS m ⁻¹)	Temperatura (°C)	pH	Coordinata N	Coordinata E
I1	Mazara	Fiume Iudeo	2,46	18,6	7,85	37°45'33,9"	12°38'02,4"
B2	Mazara	Fiume Bucari	5,21	17,8	7,92	37°45'11,5"	12°39'41,5"
B3	Mazara	Fiume Bucari	2,29	17,8	7,91	37°46'17,4"	12°41'39,2"
B4	Mazara	Fiume Bucari	2,20	17,4	8,00	37°45'58,1"	12°43'20,0"
I5	Marsala	Fiume Iudeo	1,66	19,1	7,95	37°48'11,5"	12°40'04,3"
Campionamento del 14/05/2012							
Nome	Comune	Tipologia	Conducibilità (dS m ⁻¹)	Temperatura (°C)	pH	Coordinata N	Coordinata E
Lago 1	Mazara	Lago collinare	2,02	23,5	8,00	37°47'03,6"	12°38'61,0"
Lago 2	Mazara	Lago collinare	1,99	23,2	7,78	37°46'13,5"	12°38'15,0"
Lago 3	Mazara	Lago collinare	1,29	23,6	7,75	37°47'54,7"	12°38'20,7"
Lago 4	Mazara	Lago collinare	1,09	23,7	7,97	37°48'13,5"	12°38'46,3"
Lago 5	Mazara	Lago collinare	1,62	23,5	8,00	37°47'72,4"	12°39'00,1"
Campionamento del 14/05/2012							
Nome	Comune	Tipologia	Conducibilità (dS m ⁻¹)	Temperatura (°C)	pH	Coordinata N	Coordinata E
Lago 6	Salemi	Lago collinare	1,43	27,3	8,10	37°46'18,3"	12°42'84,0"
Lago 7	Salemi	Lago collinare	4,66	25,2	7,60	37°45'92,0"	12°43'37,6"
Lago 8	Mazara	Lago collinare	4,13	29,0	8,64	37°45'21,5"	12°42'85,2"
Lago 9	Mazara	Lago collinare	4,93	28,1	8,90	37°45'21,5"	12°42'29,9"
Lago 10	Salemi	Lago collinare	3,51	25,7	7,67	37°46'65,6"	12°42'30,1"

Tabella 1. Dati campionamento delle acque 2012.

Table 1. Data sampling of 2012.

Successivamente, i campioni sono stati recapitati all'agenzia ARPA della provincia di Trapani, che ha proceduto all'analisi dei parametri chimico-fisici e microbiologici più importanti.

L'obiettivo del lavoro di Raimondi et al. (2013 a) è stato quello di effettuare l'elaborazione di questi dati analitici, stimando con metodi matematici i parametri utili alla caratterizzazione della qualità delle acque a uso irriguo, come il contenuto in ioni carbonato e bicarbonato, il SAR e la classe di qualità secondo le metodologie ritenute idonee, tra le diverse classificazioni elaborate negli anni.

Di seguito, in tabella 2, si riportano i risultati dell'elaborazione secondo i diversi metodi di valutazione applicati

Dalla tabella emerge che le classificazioni di Giardini e Raimondi-Pollina sono quelle che classificano le acque con il minore grado di limitazioni all’uso.

Valutazione delle acque del sottobacino Iudeo - Bucari								
Punto di Prelievo	ECw dS m ⁻¹	Ricahard	Ayers e Westcot	D.M. 23 marzo	Osservatorio Nazionale Pedologico 2001	Giardini	Raimondi S., PollinaN., (2006) Tecniche di controllo della salinità	
		(1954)	1985	2000	2001	2002	Assenti	Applicate
I1	2.46	S	LM	S	LM	ML	LM	N
B2	5.21	S	S	S	S	S	S	LM
B3	2.29	S	LM	S	LM	ML	LM	N
B4	2.20	LM	LM	LM	LM	ML	LM	N
I5	1.66	LM	LM	LM	LM	ML	N	N
L1	2.02	LM	LM	LM	LM	ML	LM	N
L2	1.99	LM	LM	LM	LM	ML	N	N
L3	1.29	LM	LM	LM	LM	ML	N	N
L4	1.09	LM	LM	LM	LM	ML	N	N
L5	1.62	LM	LM	LM	LM	ML	N	N
L6	1.43	LM	LM	LM	LM	ML	N	N
L7	4.66	S	S	S	S	S	LM	LM
L8	4.13	S	S	S	S	S	LM	LM
L9	4.93	S	S	S	S	S	LM	LM
L10	3.51	S	S	S	S	LM	LM	N
Limitazioni all'utilizzo Delle Acque		N = Nessuna		ML = Molto Lieve		LM = da Lieve a Moderata		S = Severa

Tabella 2. Determinazione delle limitazioni all'utilizzo per fini irrigui delle acque del sottobacino Iudeo-Bucari secondo i vari metodi.

Table 2. Determining the limitations of the use of water for irrigation purposes of sub-Iudeo-Bucari according to various methods.

Il sistema proposto da Raimondi è stato messo a punto prendendo in considerazione le acque utilizzate in Sicilia, con la consapevolezza che in un territorio dalle risorse limitate tale valutazione è di estrema importanza in quanto significa ampliare le superfici irrigabili.

La conclusione della valutazione secondo Raimondi e Pollina è quella che è possibile utilizzare tutte le acque; infatti le acque sono tutte idonee per fini irrigui a condizione che siano applicate le opportune tecniche di controllo della salinità che variano in relazione al tipo pedologico.

Classificazione delle acque del sottobacino Iudeo-Bucari secondo Langelier-Luwdig

Il primo passo dell'applicazione del sistema di classificazione delle acque secondo **Langelier-Luwdig** (LL) è quello di avere un quadro generale della composizione chimica delle acque da esaminare, ed in particolare si devono avere a disposizione dati analitici riguardanti i maggiori costituenti delle acque.

Per la classificazione di Langelier Luwdig i dati analitici da prendere in considerazione (Tabella 3.) ovvero quelli da elaborare per il calcolo dei valori di reazione sono: Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, HCO₃⁻, SO₄⁻⁻ e Cl⁻.

Il **diagramma quadrato di Langelier Ludwig** (1942) utilizza le concentrazioni delle specie ioniche principali Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ (+ CO₃²⁻), usando i **valori di reazione calcolati a partire dalle concentrazioni dei principali costituenti cationici e anionici (ci)** rispettivamente, espresse in meq/l (prima indicati come eq/l).

Cod	Na ⁺ meq/l	K ⁺ meq/l	Ca ⁺⁺ meq/l	Mg ⁺⁺ meq/l	HCO ₃ ⁻ meq/l	SO ₄ ⁻ meq/l	Cl ⁻ meq/l
I1	11,30	0,25	11,48	4,93	7,47	10,50	9,94
B2	31,48	0,13	16,12	8,22	1,83	22,50	31,58
B3	10,52	0,09	8,93	5,67	5,91	8,98	10,28
B4	9,57	0,06	9,93	3,62	5,69	6,90	10,54
I5	4,09	0,10	12,23	3,04	4,30	10,67	4,45
L1	7,91	0,16	8,73	3,45	2,94	10,48	6,82
L2	10,39	0,11	7,19	2,63	4,42	5,88	9,97
L3	5,78	0,12	5,74	2,30	3,80	4,40	5,72
L4	3,91	0,33	3,99	2,55	2,92	3,83	4,00
L5	6,57	0,15	6,14	2,80	3,74	546,00	6,42
L6	7,30	0,24	4,04	5,16	4,53	5,40	6,76
L7	19,61	0,06	23,80	15,21	3,47	32,63	22,54
L8	23,26	0,11	13,92	10,41	3,44	20,31	23,92
L9	26,70	0,26	19,46	13,99	3,11	30,40	26,85
L10	24,22	0,32	6,09	11,43	10,48	12,08	19,41

Tabella 3. Dati analitici occorrenti per ricavare i valori di reazione degli ioni.

Table 3. Analytical data required to derive values of reaction.

Ad esempio:

$$R(\text{Na}) = 50 * \text{CNa} / (\text{CNa} + \text{CK} + \text{CCa} + \text{CMg});$$

$$R(\text{Cl}) = 50 * \text{CCI} / (\text{CCI} + \text{CSO}_4 + \text{CHCO}_3).$$

Nel diagramma classico R(Na) viene sommato a R(K) e riportato sull'asse Y, mentre R(HCO₃) viene riportato sull'asse X. Si ricavano quindi i valori di reazione (Tabella 4.) utili per effettuare la classificazione attraverso il diagramma quadrato di Langelier-Luwdig applicando le formule sopracitate:

Cod.	R (Na)	R (K)	R (Ca)	R (Mg)	R (Cl)	R (SO ₄)	R (HCO ₃)	R (Na+K)	R (Ca + Mg)	R (SO ₄ + Cl)
I1	3,53	0,08	3,59	2,33	0,64	0,67	0,48	3,61	5,92	20,44
B2	2,90	0,01	1,49	13,04	1,21	0,87	0,07	2,91	14,52	54,08
B3	10,97	0,09	9,31	10,53	0,94	0,82	0,54	11,07	19,84	19,26
B4	23,18	0,15	24,05	14,75	1,27	0,83	0,69	23,33	38,80	17,44
I5	13,45	0,33	40,21	9,51	1,09	2,61	1,05	13,78	49,72	15,12
L1	10,38	0,21	11,45	12,18	1,62	2,49	0,70	10,59	23,63	17,30
L2	24,04	0,25	16,63	14,30	1,92	1,13	0,85	24,29	30,94	15,85
L3	31,56	0,66	31,34	19,10	2,99	2,30	1,99	32,22	50,45	10,12
L4	14,89	1,26	15,20	13,00	4,47	4,28	3,26	16,15	28,20	7,83
L5	19,39	0,44	18,12	14,52	0,02	2,08	0,01	19,83	32,64	552,42
L6	9,99	0,33	5,53	11,38	2,04	1,63	1,37	10,32	16,91	12,16
L7	2,30	0,01	2,79	10,09	0,44	0,64	0,07	2,31	12,88	55,17
L8	3,14	0,01	1,88	9,49	0,72	0,61	0,10	3,15	11,37	44,23
L9	0,71	0,01	0,51	3,18	0,53	0,60	0,06	0,71	3,69	57,25
L10	2,24	0,03	0,56	2,45	0,39	0,25	0,21	2,27	3,01	31,49

Tabella 4. Calcolo valori di reazione degli ioni (R).

Table 4. Calculation values of reaction (R).

Utilizzando il diagramma quadrato di Langelier (Figura 2), le acque vengono classificate come:

- **solfato-clorurato-alcantino terrose** (quadrante 1);
- **solfato-clorurato-alcantine** (quadrante 2);
- **bicarbonato-alcantine** (quadrante 3);
- **bicarbonato-alcantino terrose** (quadrante 4).

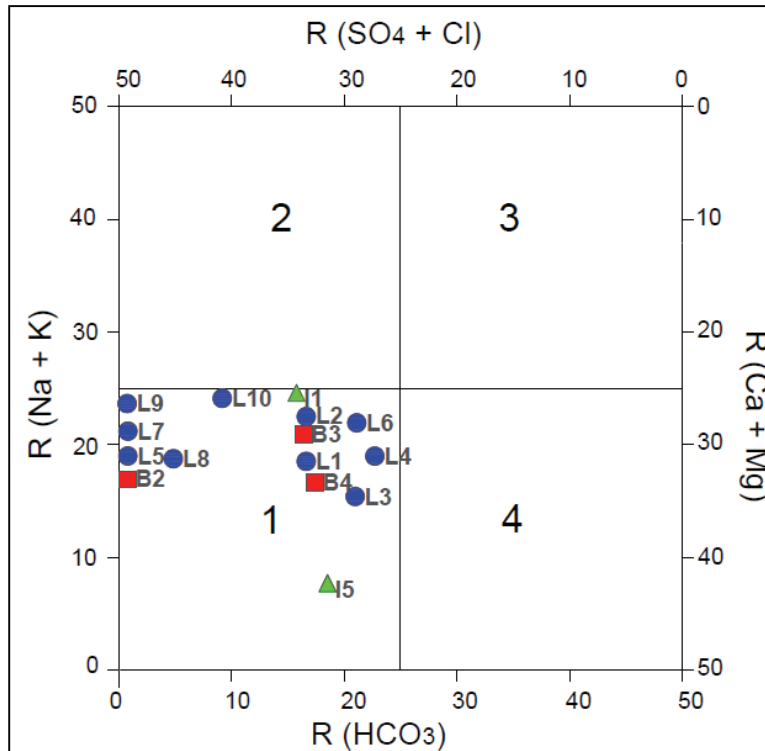


Figura 2. Diagramma quadrato di Langelier (Bianucci e De Stefani, 1968).
 Figure 2. Diagram square of Langelier (Bianucci and De Stefani, 1968).

In aggiunta, i diagrammi binari K vs Na e Mg vs Ca, (Figura 3.) permettono di affinare la classificazione distinguendo, all'interno delle acque alcaline, quelle a Na o K dominante, all'interno delle acque alcalino terrose, quelle a Ca o Mg dominante.

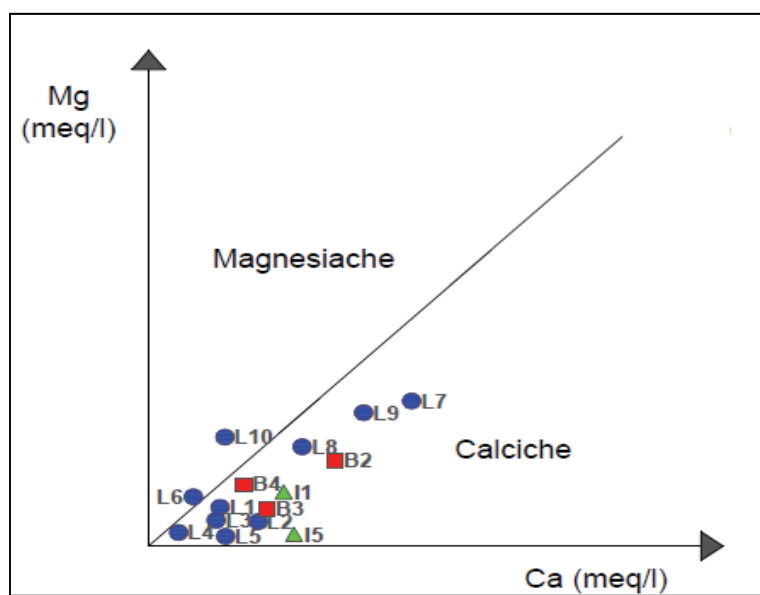


Figura 3. Diagramma binario Mg vs Ca di Langelier (Bianucci e De Stefani, 1968).
 Figure 3. Binary diagram Mg vs Ca of Langelier (Bianucci and De Stefani, 1968).

Le acque del Sottobacino Iudeo-Bucari, applicando la classificazione di Langelier-Luwig, si classificano come:

Cod	Classificazione acque	Ione dominante
I1	Solfato-clorurato-alcantino terrose	Ca ⁺⁺ dominante
B2	Solfato-clorurato-alcantine terrose	Ca ⁺⁺ dominante
B3	Solfato-clorurato-alcantino terrose	Ca ⁺⁺ dominante
B4	Solfato-clorurato-alcantino terrose	Ca ⁺⁺ dominante
I5	Solfato-clorurato-alcantino terrose	Ca ⁺⁺ dominante
L1	Solfato-clorurato-alcantino terrose	Ca ⁺⁺ dominante
L2	Solfato-clorurato-alcantine terrose	Ca ⁺⁺ dominante
L3	Solfato-clorurato-alcantino terrose	Ca ⁺⁺ dominante
L4	Solfato-clorurato-alcantino terrose	Ca ⁺⁺ dominante
L5	Solfato-clorurato-alcantino terrose	Ca ⁺⁺ dominante
L6	Solfato-clorurato-alcantino terrose	Mg ⁺⁺ dominante
L7	Solfato-clorurato-alcantino terrose	Ca ⁺⁺ dominante
L8	Solfato-clorurato-alcantine terrose	Na ⁺ dominante
L9	Solfato-clorurato-alcantino terrose	Ca ⁺⁺ dominante
L10	Solfato-clorurato-alcantine terrose	Mg ⁺⁺ dominante

Tabella 5. Classificazione acque Langelier-Ludwig.

Table 5. Classification waters Langelier-Ludwig.

Dall'applicazione della classificazione di Langelier Ludwig si evince che le acque campionate nel sottobacino Iudeo-Bucari, sono rappresentate dalla **classe Solfato-clorurato-alcantino terrose a Ca⁺⁺ dominante**, mentre soltanto nei punti di campionamento **L6 ed L10 le acque si classificano come Solfato-clorurato-alcantino terrose a Mg⁺⁺ dominante**. Infine, si mette in evidenza la classificazione di Langelier-Ludwig su supporto cartografico del sottobacino Iudeo-Bucari, strumento utile per evidenziare la distribuzione spaziale della qualità delle acque (Figura 4).

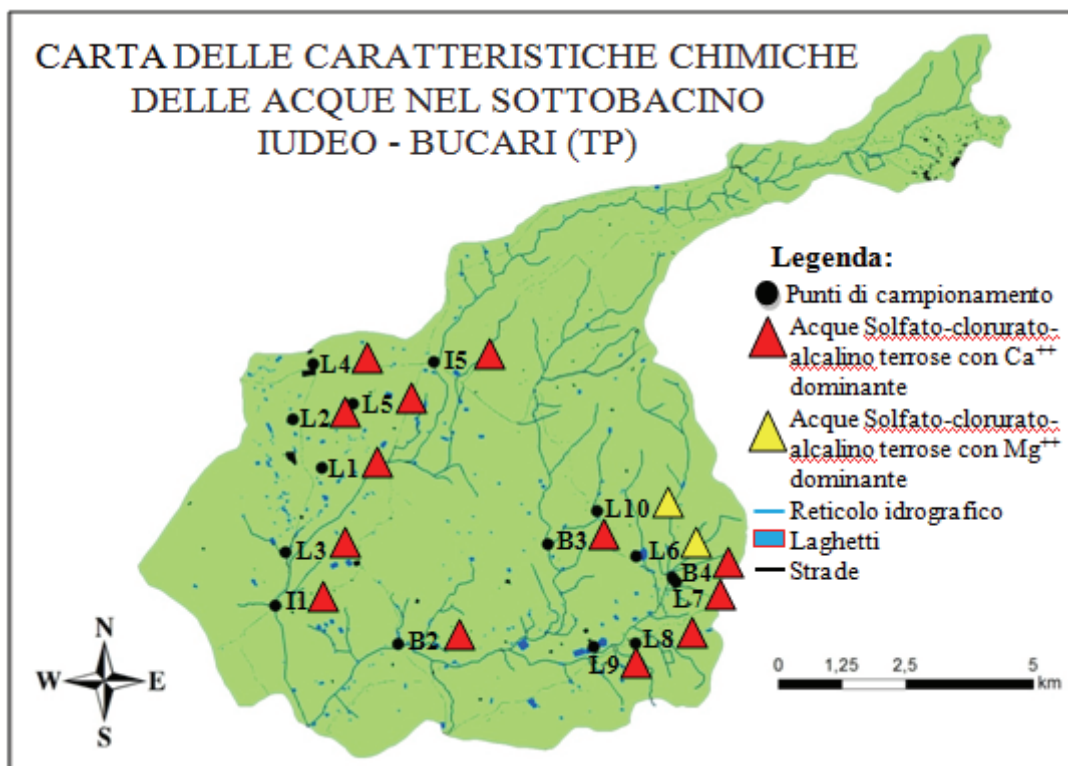


Figura 4. Carta delle caratteristiche chimiche delle acque analizzate nel sottobacino Iudeo-Bucari.

Figure 4. Map of the chemical characteristic of water in the sub-Iudeo-Bucari.

Potere aggressivo ed incrostante delle acque naturali

E' la proprietà per cui un'acqua può attaccare le condutture (proprietà corrosiva), per effetto acido, o depositare CaCO_3 e quindi incrostare.

L'acqua è per sua natura un ottimo solvente per moltissime sostanze. E' questa la ragione per cui nelle acque naturali ritroviamo, in concentrazioni più o meno elevate, molte delle sostanze con cui esse sono venute a contatto (Bartoletti., 2005).

Un'acqua si dice aggressiva quando è sottosatura di carbonato di calcio; in tal caso infatti essa tende a sciogliere i materiali calcarei con i quali viene a contatto. Inoltre, data la sua sottosaturazione, tale acqua non sarà in grado di formare un velo calcareo protettivo sulle pareti metalliche del recipiente, esponendo quindi queste ultime all'attacco da parte di vari fattori corrosivi (ossigeno, anidride carbonica, ecc.).

Al contrario, un'acqua dicesi **incrostante quando è soprassatura di carbonato di calcio**, perché il prodotto delle attività degli ioni Ca^{++} e CO_3^{-} supera il prodotto di solubilità di questo composto; l'acqua tenderà allora a lasciar precipitare CaCO_3 solido, formando un'incrostazione calcarea sulle pareti del recipiente.

$$K_s = [\text{Ca}^{2+}] [\text{CO}_3^{2-}]$$

Il prodotto di solubilità è funzione del carbonio inorganico totale e del pH.

Se $[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] > K_s$, precipiterà carbonato di calcio e l'acqua sarà incrostante;

Se $[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] < K_s$, si ha effetto acido e l'acqua si dice corrosiva.

Da queste considerazioni è sorta l'idea di mantenere sempre, nelle acque ad uso industriale, un leggero grado di soprassaturazione, così da consentire la formazione di un velo calcareo protettivo sulle pareti delle tubazioni, ma non deve trasformarsi in uno strato di incrostazione (Foto 1).

Per sapere se un'acqua è incrostante o corrosiva è necessario valutare l'indice di Langelier.

Indice di Langelier

Allo scopo di misurare il potere aggressivo o incrostante di un'acqua, W.F. Langelier ha proposto l'impiego dell'**Indice di saturazione**.

$$I_s = \text{pH} - \text{pH}_s$$

nella quale:

pH = rappresenta il pH effettivo del campione esaminato;

pH_s = pH di saturazione, valore che l'acqua dovrebbe assumere se si trovasse all'equilibrio.

Quindi se:

$I_s > 0$ l'acqua è incrostante;

$I_s < 0$ l'acqua è aggressiva;

$I_s = 0$ l'acqua è in equilibrio, ovvero non deposita CaCO_3 ma neppure ne scioglie.

La valutazione delle acque nel sottobacino Iudeo-Bucari tramite l'Indice di Saturazione di Langelier

I dati analitici ricavati dall'analisi dei campioni effettuata dall'ARPA sono relativi ai parametri macrodescrittori, come il pH, la conducibilità, buona parte dei cationi e degli anioni e i più diffusi microelementi inquinanti. Non sono stati, invece, rilevati analiticamente i dati relativi ai carbonati e bicarbonati. Il procedimento, adottato in quella sede per stimare i valori dei possibili ioni CO_3^{-} - e HCO_3^{-} presenti in soluzione, parte dall'assunto che per le acque naturali, generalmente, esista un equilibrio tra la componente cationica e anionica. Si ipotizza, dunque con buona approssimazione, l'eguaglianza fra la somma dei cationi e quella degli anioni presenti nell'acqua. Tale procedimento permette di calcolare il contenuto di CO_3^{-} e HCO_3^{-} , sottraendo dal totale dei cationi i valori degli anioni SO_4^{-} e Cl^{-} riportati nei dati analitici. Il metodo ha fornito risultati soddisfacenti, per quanto riguarda la determinazione di ioni carbonato e bicarbonato, nei campioni di acqua analizzati. Da una prima osservazione dei dati inoltre, emerge che il contributo più rilevante al valore totale per quanto

riguarda gli anioni, è dato dai solfati, dai cloruri e in parte dai fluoruri mentre trascurabili sono i valori relativi ai nitrati, nitriti e fosfati per quanto riguarda gli anioni, e all'azoto ammoniacale per i cationi. Langelier ha redatto un nomogramma (figura 5) che permette di calcolare facilmente e rapidamente l'indice di saturazione di un'acqua della quale si conoscono le caratteristiche chimico-fisiche e dove i dati analitici sono espressi in [ppm] ossia [mg/l].

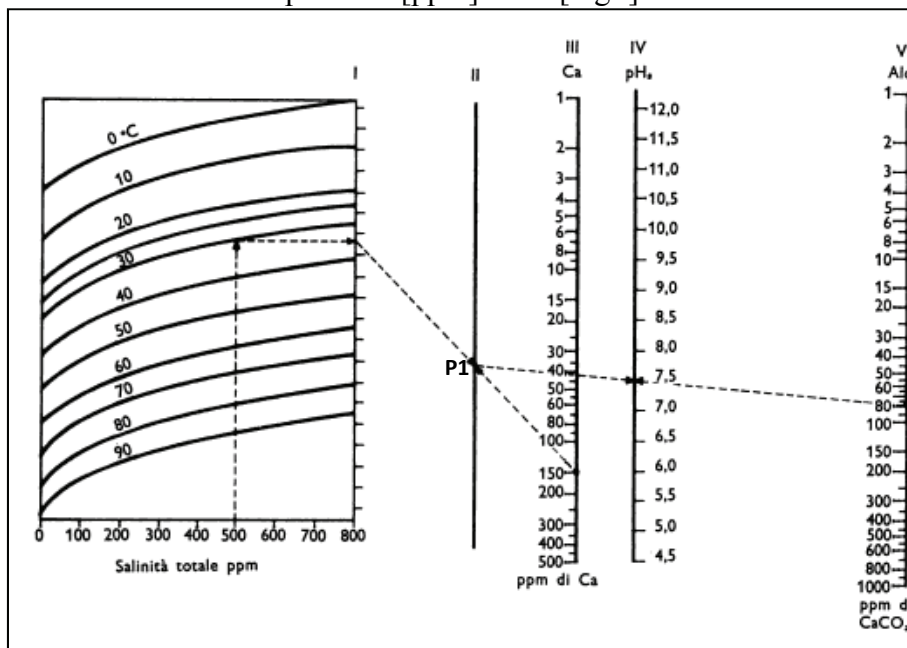


Figura 5. Nomogramma di Langelier (Bianucci e De Stefani, 1968).

Figure 5. Nonogram of Langelier (Bianucci and De Stefani, 1968).

Partendo dalle ascisse della salinit , toccando la curva della temperatura e facendo un angolo retto, si fissa il punto sulla colonna I;

- 1) Si cerca sulla colonna III il valore del Calcio e si congiunge il punto segnato sulla colonna I con quello sulla colonna III: la linea interseca la colonna II in P1;
- 2) Si unisce questo ultimo punto con quello sulla linea V che rappresenta l'alcalinit (espressa come Carbonato di calcio);
- 3) Si legge all'intersezione sulla colonna IV il valore di pHs.

Cod	pH	TDS mg/l	Ca ²⁺ mg/l	CaCO ₃ ⁻ mg/l	pHs	LSI
II	8,15	1442	230,00	570,00	6,70	1,45
B2	8,05	2622	323,00	806,00	6,50	1,55
B3	8,14	1236	179,00	446,50	6,80	1,34
B4	8,04	1116	199,00	496,50	6,70	1,34
I5	8,22	994	245,00	610,50	6,60	1,62
L1	8,08	1183	175,00	436,50	6,90	1,18
L2	8,08	1020	144,00	359,00	7,00	1,08
L3	8,07	642	115,00	287,00	7,20	0,87
L4	8,26	570	80,00	199,00	7,50	0,76
L5	8,17	768	123,00	307,00	7,25	0,92
L6	7,77	732	81,00	202,00	7,50	0,27
L7	7,28	2793	477,00	1190,00	6,10	1,18
L8	8,71	2232	279,00	695,00	6,50	2,21
L9	8,80	2940	390,00	304,00	7,20	2,60
L10	7,71	1908	122,00	970,00	6,20	0,51

Tabella 6. Valori dell'Indice di Langelier ottenuti con il nomogramma.

Table 6. Langelier index values obtained using the nomogram.

Dalla differenza fra pH sperimentale e pHs ottenuto dal nomogramma si ottiene l'Indice di Saturazione di Langelier (LSI).

Ottenuto l'indice di saturazione si passa alla classificazione delle acque. Le acque campionate ed esaminate vengono quindi classificate come:

- Acque con buone qualità tecnologiche e protettive $-0.5 < \text{LSI} > 0.5$;
- Acque soprassature ed incrostanti $\text{LSI} > 0.5$;
- Acque sottosature ed aggressive $\text{LSI} < 0.5$.

Cod.	pH	pHs	LSI (Langelier Saturation Index)	Indicazioni proprietà: Aggressiva, incrostante e protettiva
I1	8.15	6,70	1,45	Soprassatura ed incrostante
B2	8.05	6,50	1,55	Soprassatura ed incrostante
B3	8.14	6,80	1,34	Soprassatura ed incrostante
B4	8.04	6,70	1,34	Soprassatura ed incrostante
I5	8.22	6,60	1,62	Soprassatura ed incrostante
L1	8.08	6,90	1,18	Soprassatura ed incrostante
L2	8.08	7,00	1,08	Soprassatura ed incrostante
L3	8.07	7,20	0,87	Poco satura e protettiva
L4	8.26	7,50	0,76	Poco satura e protettiva
L5	8.17	7,25	0,92	Soprassatura ed incrostante
L6	7.77	7,50	0,27	Sottosatura e protettiva
L7	7.28	6,10	1,18	Soprassatura ed incrostante
L8	8.71	6,50	2,21	Soprassatura ed incrostante
L9	8.80	7,20	1,45	Soprassatura ed incrostante
L10	7.71	6,20	1,55	Poco satura e protettiva

Tabella 7. Valori dell'indice di saturazione di Langelier (LSI) delle acque investigate.

Table 7. Values of Langelier Saturation Index (LSI) of the water investigated.

Dall'elaborazione effettuata si mette in evidenza che le acque campionate presentano carattere prevalentemente incrostante (acque soprassature), ed in particolare:

- I due campionamenti effettuati lungo il torrente Iudeo, nei punti denominati I1 e I5 presentano un $\text{LSI} > 0$ con valori rispettivamente di 1.45 e 1.62 (Acque soprassature con potere incrostante);
- I tre campionamenti effettuati lungo il torrente Bucari, denominati B2, B3 e B4 mostrano LSI pari a 1.55, 1.34 e 1.34 caratterizzandosi come acque soprassature con potere incrostante;
- I dieci campionamenti prelevati nei laghi collinari, denominati L (da 1 a 10) presentano caratteristiche incrostanti $\text{LSI} > 0.5$ (acque soprassature) nei punti di campionamento L1, L2, L3, L4, L5, L7, L8, L9 ed L10, mentre nel punto di campionamento L6 presentano un LSI compreso tra -0.5 e 0.5 caratterizzandosi come acque di buona qualità tecnologica.

Concluse le valutazioni dell'indice di saturazione di Langelier (LSI) dei campioni esaminati, si è redatta la Carta del Potere Aggressivo, Protettivo o Incrostante delle acque del Sottobacino Iudeo-Bucari (figura 6) partendo dalla carta dei punti di campionamento ponendo un segno distintivo per ogni punto di campionamento considerato.

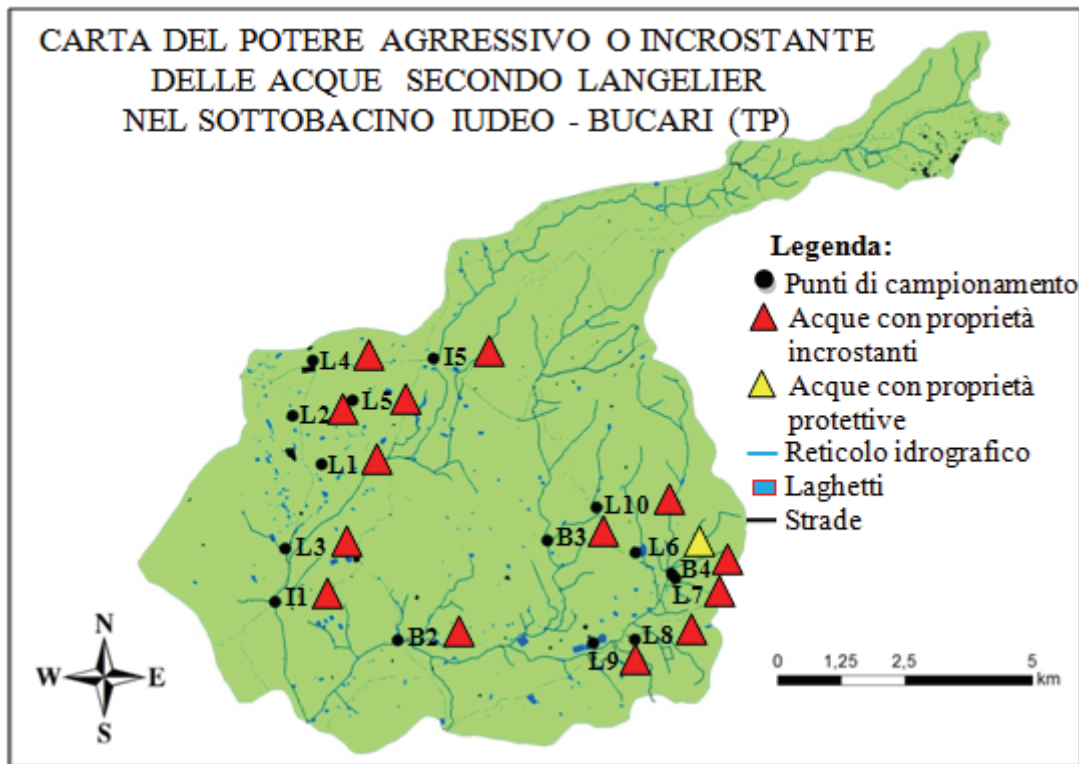


Figura 6. Carta del potere aggressivo o incrostante delle acque secondo Langelier.
Figure 6. Map of power or aggressive scaling of water according to Langelier.

La valutazione delle acque nel sottobacino Iudeo-Bucari tramite l'Indice di Stabilità di Ryznar (IR)

L'applicazione dell'indice di Langelier è divenuto oggi di uso comune, grazie alla sua praticità e semplicità nonostante esso non è molto preciso, in quanto non tiene conto delle attività degli ioni interessati, ed inoltre non tiene conto delle caratteristiche cinetiche del sistema.

L'indice Ryznar è stato tradizionalmente usato per stimare le tendenze corrosive e incrostanti negli impianti di approvvigionamento di acqua potabile (Ashrae, 1995).

Ryznar (1944) ha messo in evidenza come la velocità di precipitazione del CaCO_3 , sia anche in relazione con il potere tampone della soluzione.

Tenuto conto di quanto appena detto, Ryznar ha messo a punto una metodica di classificazione del potere incrostante ed aggressivo, denominata "**indice di stabilità o di Ryznar (IR)**" che risulta dalla seguente relazione empirica.

$$2\text{pHs} - \text{pH}$$

Tutti i valori dell'indice di stabilità sono positivi (2pHs è sempre maggiore di pH) e il comportamento dell'acqua viene interpretato come segue:

Proprietà	IR
molto incrostante	4.0 ÷ 5.0
incrostante	5.0 ÷ 6.0
debolmente incrostante	6.0 ÷ 6.5
debolmente aggressiva	6.5 ÷ 7.0
aggressiva	7.0 ÷ 8.0
molto aggressiva	8.0 ÷ 9.0
estremamente aggressiva	> 9.0

Si presenta ora la classificazione del potere aggressivo o incrostante delle acque campionate nel sottobacino Iudeo-Bucari secondo la metodologia messa a punto da Ryznar, utilizzando i valori di pHs ricavati in precedenza.

Tale metodica consente di classificare il potere aggressivo o incrostante con maggiore accuratezza, e presentando una scala di valori molto ampia (7 classi), consente una migliore determinazione e distribuzione della qualità delle acque.

Cod.	pH	2 pHs	IR (Indice di Ryznar)	Indicazioni della proprietà: Aggressiva, incrostante e protettiva
I1	8.15	13,40	5,25	Incrostante
B2	8.05	13,00	4,95	Molto incrostante
B3	8.14	13,60	5,46	Incrostante
B4	8.04	13,40	5,36	Incrostante
I5	8.22	13,20	4,98	Molto incrostante
L1	8.08	13,80	5,72	Incrostante
L2	8.08	14,00	5,92	Incrostante
L3	8.07	14,40	6,33	Debolmente incrostante
L4	8.26	15,00	6,74	Debolmente aggressiva
L5	8.17	14,50	6,33	Debolmente incrostante
L6	7.77	15,00	7,23	Aggressiva
L7	7.28	12,20	4,92	Molto incrostante
L8	8.71	13,00	4,29	Molto incrostante
L9	8.80	14,40	5,60	Incrostante
L10	7.71	12,40	4,69	Molto incrostante

Tabella 8. Valori dell'indice di stabilità di Ryznar (IR) delle acque investigate.

Table 8. Values of Stability index of Ryznar (IR) of the water investigate.

Dall'elaborazione effettuata si mette in evidenza che le acque campionate e riferite al sottobacino Iudeo-Bucari presentano carattere prevalentemente incrostante (acque soprassature), ed in particolare:

- I due campionamenti effettuati lungo il torrente Iudeo, presentano caratteristiche incrostanti ed assumono valori dell'indice di Ryznar (IR) pari a 5.25 nel punto di campionamento I1, e valore di IR uguale a 4.98 nel punto di campionamento I5;
- I tre campionamenti effettuati lungo il torrente Bucari, denominati B2, B3 e B4 mostrano IR pari a 4.95, 5.46 e 5.36 caratterizzandosi come acque soprassature con potere incrostante;
- I dieci campionamenti prelevati nei laghi collinari, denominati L (da 1 a 10) classificano come:
 - Incrostanti con IR compreso tra 5 e 6, nei punti di campionamento L1, L2 ed L9;
 - Molto incrostanti con IR compreso tra 4 e 5, nei punti di campionamento L7, L8 ed L10;
 - Debolmente incrostanti con IR compreso tra 6 e 6.5, nei punti di campionamento L3 ed L5;
 - Aggressiva con IR compreso tra 7 e 8, nel punto di campionamento L6;
 - Debolmente Aggressiva con IR compreso tra 6.5 e 7, nel punto di campionamento L4.

Concluse le valutazioni dell'indice di stabilità di Ryznar (IR) dei campioni esaminati, si è redatta la Carta del Potere Aggressivo, Protettivo o Incrostante delle acque del Sottobacino Iudeo-Bucari secondo la procedura di Ryznar (figura 7), partendo dalla carta dei punti di campionamento (figura 1).

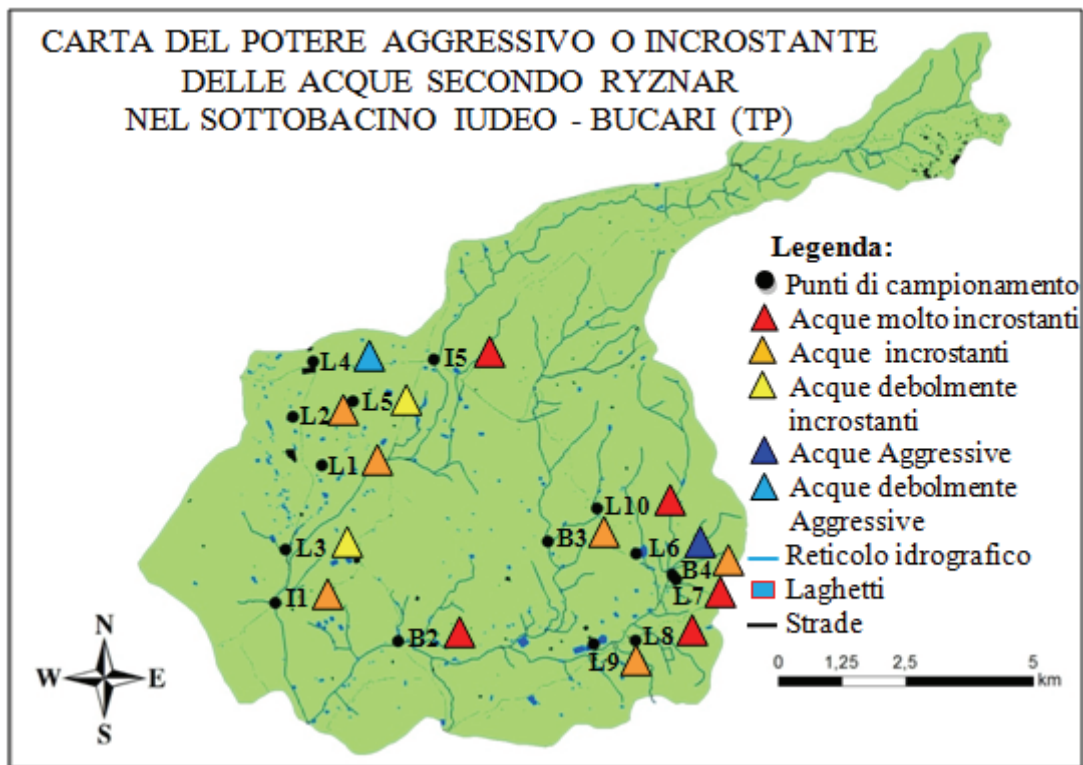


Figura 7. Carta del potere aggressivo o incrostante delle acque secondo Ryznar.

Figure 7. Map of power or aggressive scaling of water according to Ryznar.

Conclusioni

Dalle valutazioni effettuate si evince che le acque utilizzate per usi irrigui nel sottobacino Iudeo-Bucari hanno quasi tutte un discreto potere incrostante, tale caratteristica nel tempo può determinare un cattivo funzionamento della rete di distribuzione idrica ed in particolar modo degli impianti irrigui. E' bene ricordare che il sottobacino Iudeo - Bucari rappresenta una delle aree maggiormente vitate d'Europa, prendendo quindi in esame la tecnica irrigua maggiormente diffusa nel sottobacino per l'irrigazione dei vigneti ovvero quella microirrigua, il fenomeno dell'incrostazione assume un'importanza rilevante (Foto 1).

La microirrigazione, irrigazione a goccia o irrigazione localizzata è una pratica molto diffusa in quanto consente la distribuzione localizzata dei volumi irrigui ad ogni singola pianta, limitandosi ad irrigare la sola zona interessata dalle radici utilizzando tubazioni in polietilene a bassa densità all'interno delle quali sono posizionati ad una distanza prestabilita dei gocciolatoi.

I gocciolatoi costituiti da un labirinto con lume di diametro variabile in base alla portata nominale, costituiti generalmente in materiale plastico, sono suscettibili ai fenomeni di incrostazione; tale fenomeno va ad incidere sull'efficienza degli stessi che diminuisce fino ad annullarsi e rendere l'impianto non più utilizzabile.

E' importante ricordare che il potere incrostante di un'acqua aumenta con la temperatura, ciò spiega perché molte acque aggressive a temperatura ambiente, diventano incrostanti se riscaldate.

Variazioni di temperatura possono influenzare tutti gli equilibri chimici delle specie acquose, come anche la velocità di diffusione dell'ossigeno, la velocità di deposizione dei prodotti incrostanti e la stessa velocità di corrosione (Buzzanca et al., 1994).

Se prendiamo in considerazione la temperatura delle acque nel periodo irriguo tipicamente siciliano ovvero quello estivo e la colorazione delle ali gocciolanti tipicamente nere, possiamo ipotizzare un notevole aumento della temperatura delle acque, in questo modo il fenomeno dell'incrostazione è ulteriormente amplificato nonostante le acque si trovino a contatto con materiale plastico.

Le incrostazioni nella rete idraulica delle strutture murarie dell'azienda possono andare incontro a tale inconvenienza e perdere di efficienza (foto 2).

Conoscere quindi le caratteristiche tecnologiche delle acque irrigue come capacità incrostante permette di predisporre degli interventi di manutenzione degli impianti capaci di limitare i danni dovuti alle incrostazioni dei gocciolatoi e di tutti i componenti idraulici a contatto con tali acque.

Gli interventi da attuare per evitare lo sviluppo di precipitati solidi come carbonati prevedono:

- Ossigenazione e sedimentazione;
- precipitazione con cloro;
- controllo del pH;
- Iniezione di acido (più utilizzata) si effettua per ridurre il pH e impedire la precipitazione di solidi in soluzione come carbonati e ferro, per far ciò si utilizza: Acido ortofosforico, acido idrocloridrico o muriatico, acido solforico, acido nitrico.



Foto 1. Incrostazione calcarea su un tubo dell'impianto di irrigazione in una serra.

Photo 1. Fouling on a calcareous tube irrigation system in a greenhouse.



Foto 2. Incrostazione calcarea all'interno di un tubo in ferro di un impianto idraulico.
Photo 2. Fouling limestone inside a tube in iron of a hydraulic system.

BIBLIOGRAFIA

- APAT, ISRA-CNR, 2003. Metodi analitici per le acque. Manuali e Linee Guida/29. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici, Istituto di Ricerca Sulle Acque, Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- ASHRAE, 1995. Chapter 44 - Corrosion control and water treatment, handbook of hvac applications. American Society of heating refrigeration and Air conditioning Engineers, Atlanta GA.
- BARTOLETTI M., 2005. Chimica dell'acqua . Fenomeni Incrostanti e Corrosivi in Manuale degli Impianti Termici e Idrici. ISBN 884815608.
- BIANUCCI, DE STEFANI, 1968. Il Trattamento delle acque per uso industriale, Hoepli.
- BUZZANCA G., QUAGLIA G.M., TORRI L., 1994. Il Fenomeno della Corrosione dei Materiali Metallici Utilizzati nelle Reti Acquedottistiche. Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale. Volume 6. novembre dicembre 1994.
- LANGELIER W. F., LUWDIG H. F., 1942. Graphical Methods for Indicating the Mineral Character of Natural Water.
- OSSERVATORIO ACQUE, 2006. Progetto Pilota di Lotta alla Siccità e alla Desertificazione. Dipartimento dell'Acqua e dei Rifiuti. Regione Siciliana.
- PAI, 2006. Relazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Màzaro e Area Territoriale tra il Bacino Idrografico del Fiume Màzaro ed il Bacino Idrografico del Fiume Arena (053). Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente. Sicilia.
- RAIMONDI S., 2007. Utilizzo delle acque salmastre in agricoltura. Atti convegno "Utilizzo delle acque salmastre in agricoltura", organizzato Rotary club di Niscemi e Gela – Ordine Agronomi della Provincia di Caltanissetta. Niscemi (CT). 02 Marzo 2007. Rotary International, Club Niscemi, Aprile 2007. pp. 50, ISBN 978-88-903012-0-9.
- RAIMONDI S., LUPO M., 1998. Il clima ed il pedoclima dei suoli della Sicilia occidentale. Sicilia Foreste anno V, 19/20.
- RAIMONDI S., POLLINA N., 2006. Una nuova classazione per valutare la salinità dell'acqua nei comprensori irrigui caldo-aridi dell'Italia meridionale. Atti del IV convegno AISSA "Qualità e sostenibilità delle produzioni agrarie, alimentari e forestali". Mosciano Sant'Angelo (TE), 5-6 Dicembre.
- RAIMONDI S., FRANCO L., GAZZARA L., 2013 a. Risorse idriche e prevenzione del rischio desertificazione nel sottobacino Iudeo – Bucari: valutazione di campo. (bacino del fiume Mazaro-TP). 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.
- RAIMONDI S., RIZZO G., GAZZARA L., GENTILE L., 2013 b. La valutazione della gestione irrigua nel modello Medalus per la diminuzione della sensibilità alla desertificazione nel sottobacino Iudeo – Bucari (bacino del fiume Mazaro-TP). 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.
- RAFFERTY K., 1999. Scaling In Geothermal Heat Pump Systems. Geo-Heat Center Oregon Institute of Technology 3201 Campus Drive Klamath Falls, OR 97601. July 1999.
- REPUBBLICA ITALIANA. Decreto Ministeriale 23 marzo 2000. DLgs 258/00. Approvazione dei «Metodi ufficiali di analisi delle acque per uso agricolo e zootecnico» .
- REPUBBLICA ITALIANA. Decreto Ministeriale 12 giugno 2003, n. 185. «Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152».
- REPUBBLICA ITALIANA. Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n°152 "Norme in materia ambientale. Gazzetta ufficiale della Repubblica n.88 del 14 aprile 2006.
- RYZNAR J. W., 1944. A new index for determining amount of calcium carbonate scale formed by a water, J.A.W.W.A., Vol. 36.

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

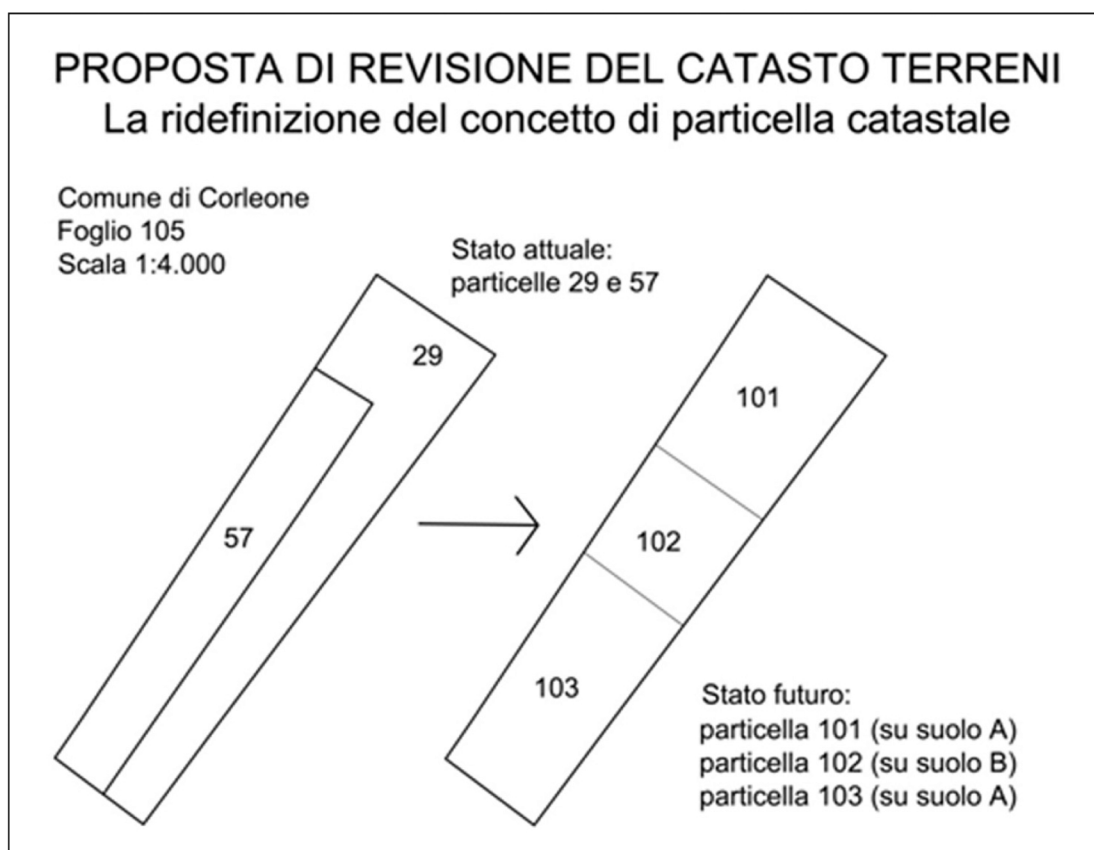
***LA RISPOSTA PRODUTTIVA DI ALCUNI VITIGNI
NEL SOTTOBACINO IUDEO - BUCARI (TP)***

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).