

Acque reflue derivanti da attività di vinificazione

Enrico Bonari, Laura Ercoli, Nicola Silvestri

1. LA FILIERA PRODUTTIVA

Il comparto di produzione del vino è, in Italia, senz'altro il più importante all'interno del settore della industria delle bevande. Le aziende produttrici italiane possono essere classificate in tre grandi categorie sulla base della diversa modalità di gestione della filiera produttiva. Si distinguono tra aziende a regime privato che trasformano uva di propria produzione, aziende a regime privato che trasformano uva non di propria produzione e cantine sociali che trasformano l'uva conferita dai propri soci. Il numero totale di aziende con attività viticola in Italia ammontava nell'anno 2000 a 767763 unità.

Il comparto del vino si caratterizza per una sostanziale coincidenza tra produzione e prima trasformazione. Infatti i produttori di uva di solito vinificano anche, direttamente o attraverso le cantine sociali. L'analisi della struttura del comparto infatti dimostra che oltre l'80% della produzione di vino nazionale deriva dall'attività di trasformazione realizzata dai viticoltori o dal mondo cooperativo (tabella

5.1). L'industria vinicola, invece, fornisce solo l'8-16% della produzione.

Tabella 5.1. Strutture produttive operanti all'interno del comparto (Fonte: Elaborazione ISMEA su dati ISTAT).

Struttura produttiva	Produzione % del totale
Produttori che vinificano in proprio	42-46
Cooperative	42-46
Industria vinicola	8-16

La struttura produttiva viticola nazionale è caratterizzata dalla presenza dominante di aziende di piccole dimensioni, per circa il 90% della produzione, e da aziende agricole cooperative. Secondo le cifre fornite dal 4° Censimento generale dell'agricoltura, nel 1990 la superficie

coltivata con uve da vino era localizzata in 1181941 aziende, di cui il 54,8% aveva una superficie inferiore a 2 ha (valore medio 0,29 ha) e solo il 3,7% possedeva una superficie superiore a 20 ha (valore medio 22,07 ha).

La produzione nazionale di vino nell'anno 2001 è stata di oltre 49 milioni di ettolitri (tabella 5.2). Le regioni maggiormente produttive sono state il Veneto, l'Emilia Romagna e la Puglia che hanno fornito rispettivamente il 16,9, il 13,7 ed il 12,9% del totale nazionale. Sempre nello stesso anno, la produzione di vini bianchi ha interessato il 49,8% del totale (24.761.908 hL), mentre il restante 50,2% (25.001.821 hL) è stato ad appannaggio dei vini rossi e rosati.

Tabella 5.2. Produzione vinicola italiana nell'anno 2001 (dati ISTAT).

	Produzione	
	migliaia di ettolitri	% sul totale
Piemonte	3.324.335	6,7
Valle d'Aosta	17.500	0,0
Lombardia	1.276.692	2,6
Trentino Alto Adige	1.229.780	2,5
Veneto	8.386.000	16,9
Friuli Venezia Giulia	1.111.068	2,2
Liguria	103.602	0,2
Emilia Romagna	6.841.204	13,7
Toscana	2.219.753	4,5
Umbria	879.100	1,8
Marche	1.680.775	3,4
Lazio	2.949.158	5,9
Abruzzo	3.240.907	6,5
Molise	342.000	0,7
Campania	1.717.271	3,5
Puglia	6.419.224	12,9
Basilicata	390.562	0,8
Calabria	883.921	1,8
Sicilia	5.912.359	11,9
Sardegna	838.518	1,7
Italia	49.763.729	

2. IL PROCESSO TECNOLOGICO

La produzione del vino prevede una fase di ammostatura o pigiatura delle uve in cui si attua la rottura degli acini per ottenere la rapida liberazione del "mosto di sgrondo" senza lacerare le bucce e i vinaccioli che costituiscono la vinaccia. Segue la diraspatura per allontanare i raspi e, a seconda che si tratti di vinificazione in bianco, una sgrondatura del macinato, oppure, nel caso di vinificazione in rosso, una svinatura in tino con eventuale presenza di vinacce per un tempo variabile a seconda della varietà delle uve. Dalla fase di pigiatura, le uve sia bianche sia nere seguono quindi una via di lavorazione diversa a seconda delle caratteristiche della materia prima e del prodotto finale che si vogliono ottenere.

Esistono, pertanto, due sistemi fondamentali di vinificazione: la vinificazione in bianco con l'esclusione delle parti solide (vinacce) della vendemmia e la vinificazione in rosso effettuata in presenza delle vinacce.

In una cantina le materie prime che vengono impiegate nei processi enologici sono:

- uva;
- acqua;
- altre materie prime (zucchero, alcol, acqua minerale, ecc.).

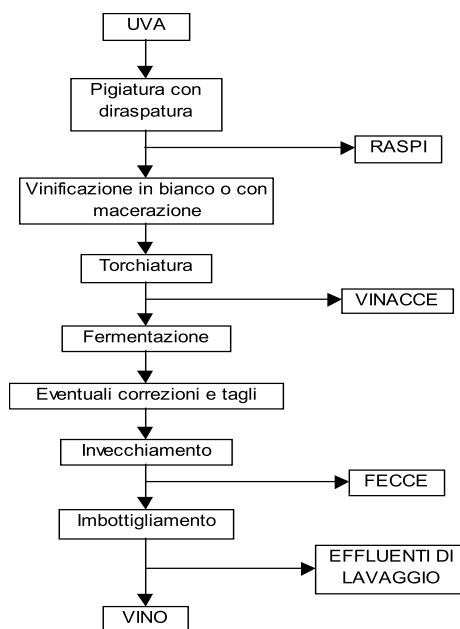
I principali prodotti, sottoprodotti, rifiuti ed effluenti in uscita sono:

- vino;
- residui vegetali (vinacce, raspi);
- altri rifiuti (fecce);
- effluenti liquidi di varia natura e relativi fanghi;
- eventuali imballaggi di scarto.

Per una rappresentazione in termini generali del processo di vinificazione si può fare riferimento al diagramma riportato nella figura 5.1. Il bilancio di massa con i principali materiali in ingresso e prodotti, sottoprodotti, ed effluenti in uscita nel processo di (ANPA, 1999) viene invece riassunto nella tabella 5.3.

La trasformazione dell'uva in

Figura 5.1. Schema sintetico del processo di produzione del vino.



vino presenta ovviamente un forte carattere di stagionalità, con una certa analogia rispetto a quanto accade per l'industria olearia; l'uso di acqua e la conseguente formazione di reflui deriva, infatti, sostanzialmente dalle operazioni di lavaggio delle attrezzature (pigiatrici, diraspatrici, torchi, ecc.), dei contenitori (vasche di raccolta, tini di fermentazione e di riempimento, ecc.) e dei locali (pavimenti, piazzali, ecc.) secondo le seguenti fasi ed epoche:

- vendemmia-ammostatura (settembre-ottobre);
- travasi (maggio-giugno);
- imbottigliamento (febbraio-aprile ed ottobre-dicembre).

La determinazione della consistenza delle acque prodotte non è agevole poiché le operazioni di cantina implicano l'impiego di quantità molto variabili in relazione alla tecnologia adottata, alle dimensioni degli impianti di produzione, ecc. Come regola generale, si può affermare che il volume di acqua utilizzato per quintale di uva lavorata è inversamente proporzionale alla dimensione della cantina e al crescere della capacità lavorativa.

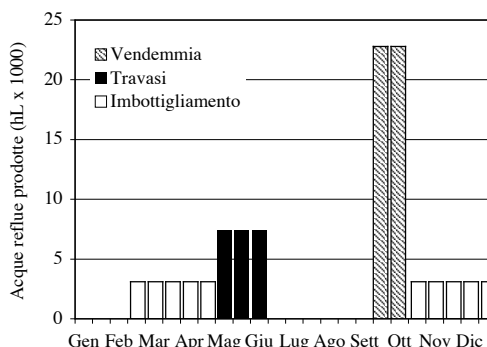
In una stima effettuata da Sangiorgi e Balsari (1996) è stato evidenziato che la produzione totale annua di reflui è ripartibile fra il 47% durante la vendemmia, il 22% durante la fase dei travasi ed il 31% durante l'imbottigliamento (figura 5.2).

Forti differenze nei consumi idrici sono evidenziate da Farolfi (1995), che riporta più modesti consumi negli enopoli francesi (1,5-1,6 L hL⁻¹ di

Tabella 5.3. Bilancio materiale del processo di vinificazione (ANPA, 1999).

Tipologia del materiale	Quantità (kg)
In entrata	
Uva	100,0
Acqua	141,0
In uscita	
Acque reflue	143,0
Vinacce	13,0
Raspi	2,2
Vini di torchiatura	5,0
Fecce e fanghi di filtrazione	3,6
Vetro	0,2
Vino	74,0

Figura 5.2. Stima dei volumi di acque reflue prodotte in una cantina in funzione delle diverse operazioni di lavorazione.



vino nella fase della vendemmia e da 0,5 a 5,1 L hL⁻¹ di vino nelle operazioni dei travasi) e valori più alti in quelli dell'Emilia Romagna (attorno a 14 e fino a 30 L hL⁻¹ nella fase dei travasi).

Altre fonti riportano invece valori molto diversi, un esempio della discordanza dei dati reperibili in letteratura è riportato nella tabella 5.4.

Tabella 5.4. Confronto tra valori di consumi idrici riscontrati da diversi Autori.

Fonte bibliografica	Consumo idrico (L hL ⁻¹ di vino)
Sangiorgi et al., 1996	92-94
Fumi et al., 1995a	233
Gasperi e Viglia, 1995	43
ANPA, 2001	59-729

risultati molto variabili tra gli impianti dimensioni piccole e medio-grandi, ma tendono a stabilizzarsi nelle cantine con produzione annua superiore a 10000 hL di vino (Fumi et al., 1995). Queste ultime, infatti, se da un lato adottano tecnologie che comportano un maggiore consumo di acqua (condizionamento in fase di fermentazione e di stabilizzazione tartarica) dall'altro, di norma, mettono in atto accorgimenti per razionalizzarne l'uso (riciclaggio delle acque impiegate nei processi di riscaldamento e di raffreddamento, uso di scambiatori termici, impiego di attrezzature di facile pulizia, ecc.). Il valore della media ponderata, calcolato

Tabella 5.5. Consumo idrico, suddiviso per classe, delle aziende campionate (Fumi et al., 1995 a).

Classe	Produzione di vino hL per anno	Consumo idrico hL acqua per hL vino
1	< 50	1,0
2	50-200	1,3
3	200-500	1,8
4	500-2.000	2,4
5	2.000-5.000	3,3
6	5.000-10.000	2,9
7	> 10.000	2,2

In una indagine effettuata su un campione di 350 aziende vitivinicole localizzate nella regione dell'Oltrepò Pavese di differente realtà e capacità produttiva, è emerso che la quantità di reflui prodotti è estremamente variabile anche in rapporto alla capacità produttiva dell'azienda (tabella 5.5). I consumi di acqua sono ri-

sultati molto variabili tra gli impianti dimensioni piccole e medio-grandi, ma tendono a stabilizzarsi nelle cantine con produzione annua superiore a 10000 hL di vino (Fumi et al., 1995). Queste ultime, infatti, se da un lato adottano tecnologie che comportano un maggiore consumo di acqua (condizionamento in fase di fermentazione e di stabilizzazione tartarica) dall'altro, di norma, mettono in atto accorgimenti per razionalizzarne l'uso (riciclaggio delle acque impiegate nei processi di riscaldamento e di raffreddamento, uso di scambiatori termici, impiego di attrezzature di facile pulizia, ecc.). Il valore della media ponderata, calcolato considerando il rapporto tra l'effluente totale ed il vino totale prodotti, è risultato in questo caso pari a 2,33 hL di acqua per hL di vino prodotto.

La quantificazione dei volumi di effluenti prodotti dal processo di vinificazione a livello nazionale, viene, in questa sede, stimata applicando la metodologia riportata nel rapporto ANPA "I rifiuti del comparto agroalimentare" (2001).

Applicando i valori dei fattori di produzione determinati per ciascuna fase produttiva alla produzione di vino nell'anno 2001 (49.763.729 hL) si ottengono i valori riportati nella tabella 5.6. I maggiori volumi di reflui derivano dalla fase di lavorazione immediatamente successiva alla vendemmia con oltre 5 milioni di hL anno⁻¹ (fattore di produzione 116 kg hL⁻¹), seguita dalle operazioni di travaso e di lavaggio delle linee di confezionamento con circa 2.700.000 hL anno⁻¹ (fattore di produzione 54 kg hL⁻¹) e circa 1.500.000 hL anno⁻¹ (fattore di produzione 31 kg hL⁻¹) rispettivamente. Il lavaggio delle bottiglie, infine, determinerebbe una produzione di circa 900.000 hL anno⁻¹ (fattore di produzione 18 kg hL⁻¹). Il totale dei reflui stimati per l'anno 2001 a livello nazionale ammonta dunque ad oltre 10 milioni di hL.

3. LE CARATTERISTICHE DEI REFLUI

La composizione chimica delle acque reflue ovviamente rispecchia le sostanze contenute nell'uva (acini, raspi, semi, polpa) ed i prodotti residui dei vari processi di vinificazione, come lieviti, microrganismi, zuccheri, alcol etilico e metilico, formaldeide e butilaldeide, acetone, acido formico, acetico e tartarico, tartrati di potassio e di calcio. La qualità dello scarico inoltre sarà influenzato da tutte quelle sostanze che intervengono nella lavorazione del vino come il carbone attivo, i coadiuvanti di filtrazione, il ferrocianuro di potassio, l'anidride solforosa ed i suoi sali ed infine le soluzioni alcaline ed i tensioattivi cationici impiegati nei lavaggi.

Anche le caratteristiche chimico-fisiche dei reflui di cantina presentano un elevato grado di variabilità, come già osservato per i relativi volumi; ovviamente, una forte variazione dei valori delle concentrazioni degli elementi, o delle sostanze disciolte, è legata al livello di risparmio o di spreco dell'acqua utilizzata, nonché

Tabella 5.6. Stima della produzione nazionale annuale di reflui vinicoli nell'anno 2001.

Tipologia	Fattore di produzione kg hL ⁻¹	Quantità hL anno ⁻¹
Reflui dalla vendemmia	116	5.772.593
Reflui da travasi	54	2.687.241
Reflui da lavaggio nelle linee di confezionamento	31	1.542.676
Reflui da lavaggio delle bottiglie	18	895.747
Reflui totali	219	10898.257

Tabella 5.7. Caratteristiche chimico-fisiche dei reflui da cantina (Marchetti, 1994).

Parametro	
pH	5,7
Conducibilità a 20 °C ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	3170
COD (mg L^{-1})	7500
BOD (mg L^{-1})	4350
Cl ⁻ (mg L^{-1})	250
SO ₄ ⁻ (mg L^{-1})	275

al tipo di vino prodotto ed alle modalità di lavorazione adottate.

A titolo di esempio si riportano nelle tabelle 5.7, 5.8 e 5.9 dei dati reperiti in letteratura riguardanti la diversa composizione degli effluenti.

Ovviamente, in conseguenza delle forti variazioni nella composizione chimico-fisica degli effluenti, anche il loro possibile effetto inquinante varia sensibilmente.

Tabella 5.8. Caratteristiche chimiche e biochimiche delle acque di scarico in relazione alla fase produttiva secondo diversi Autori.

Fase	pH	Materiali in sospensione (mg L^{-1})	Polifenoli totali acido gallico (mg L^{-1})	BOD ₅ (mg L^{-1})	COD (mg L^{-1})	BOD/COD
Farolfi, 1995						
Lavaggio vasche						
I travaso	3.7	17500	0.119	9728	15175	0.6
Vino rosso	3.8			8500	15000	
Vino bianco	4.2			1600	3100	
II travaso	3.7	3461	0.185	9316	16334	0.6
Lavaggio filtri	5.6			4600	11500	0.4
Marchetti, 1994						
Vendemmia					10000-30000	
Lavaggio vasche					4000-15000	
I travaso					1000-5000	
II travaso					500-3000	
Lavaggio recipienti					500-2000	
Imbottigliamento						
Clement, 1990						
Vinificazione		844-2300		6000-10000	11800-16800	

Tabella 5.9. Effluenti provenienti dal lavaggio delle vasche. I valori sono una media ponderata dei dati relativi all'intera fase di lavaggio (modificato da Farolfi, 1995).

Parametro	Vinificazione	
	Bianco	Rosso
Residuo secco (g L ⁻¹)	1,96	12,21
Ceneri (g L ⁻¹)	1,03	1,45
pH	4,5	4,7
Acido tartarico (g L ⁻¹)	1,32	1,37
Acido malico (g L ⁻¹)	0,15	0,43
Acido lattico (g L ⁻¹)	0,28	0,6
Polifenoli totali (acido gallico g L ⁻¹)	0,054	0,15
Cloruri (Cl g L ⁻¹)	0,037	0,038
Solfati (SO ₄) g L ⁻¹)	0,028	0,064
Fosfati (P ₂ O ₅ g L ⁻¹)	0,013	0,13
Azoto org. e amm. (g L ⁻¹)	0,03	0,134
BOD ₅ (mg L ⁻¹)	7123	11497
COD (mg L ⁻¹)	16267	23819
BOD/COD	0,44	0,48

Secondo Farolfi (1995), ad esempio, il rapporto tra BOD/COD dei reflui è normalmente compreso fra 0,5 e 0,6. In prove di trattamento depurativo, Fumi et al. (1995 b) hanno trovato un dato medio di COD pari a 4600 mg L⁻¹ (fra un minimo di 2000 e un massimo di 9000), e un BOD₅ di 2800 mg/l (compreso tra 1200-6000), quindi con un rapporto medio BOD/COD pari a 0,61. Nella tabella 5.10 è proposto un confronto tra i valori reperiti in bibliografia.

La tabella 5.11 esprime invece il potere inquinante dei reflui enologici di una cantina che produce mediamente 20000 hL di vino per anno, in relazione all'operazione compiuta. Viene anche riportata la durata in giorni, nell'arco di un anno, di ciascuna delle operazioni.

Tabella 5.10. Confronto tra valori di BOD e COD degli effluenti di cantina riscontrati da diversi Autori.

Fonte bibliografica	Parametro		
	BOD ₅	COD	BOD ₅ /COD
	mg L ⁻¹		
Farolfi,1995	1000-3000	1700-6000	0,5-0,6
Fumi et al., 1995 b	1200-6000 (2800) ¹	2000-9000 (4600)	0,6-0,7
Daffonchio et al., 1995	-	45000	-
Daffonchio et al., 1995	-	7000-7500	-
Fumi et al., 1995 a	-	500-30000	-

¹ Il valore tra parentesi rappresenta la media ponderata.

Tabella 5.11. Potere inquinante e volumi degli scarichi di una cantina vinicola con una produzione annuale di 20000 hL di vino (modificato da: Farolfi, 1995).

Tipo di operazione	Durata d	Acque utilizzate		BOD ₅ kg d ⁻¹	Abitanti equivalenti n.	Epoca
		m ³ d ⁻¹	m ³ anno ⁻¹			
Pulizia locali e attrezzature	30	20	600	4,8	99	Autunno
Defecazione del mosto	3	3,6	10,8	104	3600	Autunno
Pulizia vasche di defecazione	2	4,1	8,2	14,7	271	Autunno
I travaso	2	3,6	7,2	296	5466	Inverno
Pulizia vasche dopo il I travaso	3	4,1	12,3	24,9	462	Inverno
II travaso	2	4,1	8,2	46,7	865	Primavera
Pulizia vasche dopo il II travaso	5	2,4	12	6,7	123	Primavera
Lavaggio bottiglie	365	23	8395	0,4	10	Intero anno
Totale acque			9053,7			

Relativamente alla presenza di altri composti, solo nei valori tabulati da Farolfi (1995) compaiono anche talune segnalazioni relative alla presenza di polifenoli (espressi come acido gallico) che si attestano su valori compresi fra 24 e 185 mg L⁻¹ nei diversi tipi di acque.

L'indagine bibliografica sulla composizione dei reflui vinicoli è stata integrata attraverso una attività diretta di monitoraggio, prelievo e caratterizzazione analitica dei reflui prendendo in esame alcune diverse tipologie produttive. Nelle tabelle 5.12 e 5.13 sono riportati i risultati di analisi effettuate sui reflui nella cantina sociale del comune di Cenaia (PI), alla quale vengono conferite le uve da parte di circa 200 viticoltori della zona circostante, che produce annualmente circa 15000 hL di vini bianchi, rossi e rosati.

4. L'IMPIEGO DEI REFLUI IN AGRICOLTURA

Si è già detto come, in analogia con gli altri effluenti dell'industria agro-alimentare, anche le caratteristiche quanti-qualitative dei reflui vinicoli siano risultate estremamente variabili in rapporto soprattutto alle dimensioni aziendali ed alla tipologia di lavorazione adottata.

I parametri che possono rappresentare dei vincoli per lo spargimento diretto sul terreno agrario dei reflui sono rappresentati dal pH, dalla salinità, dal sodio, dai solidi sospesi, dai metalli pesanti, dai cloruri, dai solfati e dai tensioattivi. Tali parametri, pur non raggiungendo valori tali da sconsigliare l'utilizzazione agro-

Tabella 5.12. Composizione chimica dei reflui prodotti durante fasi diverse del processo di vinificazione determinati nella campagna analitica nella cantina di Cenaia.

Parametro	Unità di misura	Fase di produzione			
		Lavaggi pre-ven- demmia	Vendemmia	Primo travaso e imbottiglia- mento	Ultimo travaso e imbottiglia- mento
Azoto Organico	mg L ⁻¹ N	44,8	42	47,6	22,4
BOD ₅	mg L ⁻¹ O ₂	496	1120	1040	1458
COD tal quale	mg L ⁻¹ O ₂	1410	3500	2860	2178
Potassio	mg L ⁻¹ K ₂ O	129,6	103,2	138	75,6
Sodio	mg L ⁻¹ Na	81	73	65	105,6
Rame	mg L ⁻¹ Cu	0,43	0,41	<0,1	<0,1
Zinco	mg L ⁻¹ Zn	0,48	0,62	0,36	0,11
Fosforo	mg L ⁻¹ P ₂ O ₅	8,01	5,72	6,87	2,5
Solidi Sospesi Totali	mg L ⁻¹	615	453	410	311
Cloruri	mg L ⁻¹ Cl	336,7	141,8	115,2	230
Tensioattivi anionici	mg L ⁻¹ MBAS	1,9	1,2	1,5	2,2
Tensioattivi non ionici	mg L ⁻¹ PPAS	10	<0,5	<0,5	<0,5
Solidi disciolti	mg L ⁻¹	2690	2350	2050	1450
Alcalinità M	mg L ⁻¹ CO ₃	0	0	0	0
Alluminio	mg L ⁻¹ Al	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
pH	unità	6,51	5,13	5,36	6,63
Solfati	mg L ⁻¹ SO ₄	25	75	125	50
Calcio	mg L ⁻¹ Ca	153,9	155,5	97,8	120,2
Magnesio	mg L ⁻¹ Mg	40,8	34,0	33,1	24,3
Ammoniaca	mg L ⁻¹ NH ₄	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrati	mg L ⁻¹ NO ₃	30,8	<1	<1	<1
Alcalinità	mg L ⁻¹ HCO ₃	1647	610	518	610
SAR	unità	2,1	2,0	2,1	3,2
SAR corretto	unità	3,4	2,9	2,7	4,9

Tabella 5.13. Composizione chimica dei reflui enologici prodotti durante la fase di travaso-imbottigliamento in relazione alla durata dello stoccaggio determinati nella campagna analitica nella cantina di Cenaia.

Parametro	Unità di misura	Durata dello stoccaggio		
		0	60 giorni	90 giorni
Azoto Organico	mg L ⁻¹ N	47,6	56	50,4
BOD5	mg L ⁻¹ O ₂	1040	810	1183
COD tal quale	mg L ⁻¹	2860	2980	2613
Potassio	mg L ⁻¹ K ₂ O	138	127,2	115,2
Sodio	mg L ⁻¹ Na	65	67	73,3
Rame	mg L ⁻¹ Cu	<0,1	<0,1	<0,1
Zinco	mg L ⁻¹ Zn	0,36	0,54	0,50
Fosforo	mg L ⁻¹ P ₂ O ₅	6,87	10,3	11
Solidi Sospesi Totali	mg L ⁻¹	410	700	1081
Cloruri	mg L ⁻¹ Cl	115,2	124,0	135,0
Tensioattivi anionici	mg L ⁻¹ MBAS	1,5	1,6	2,4
Tensioattivi non ionici	mg L ⁻¹ PPAS	<0,5	2	1
Solidi disciolti	mg L ⁻¹	2050	1690	1190
Alcalinità M	mg L ⁻¹ CO ₃	0	0	0
Alluminio	mg L ⁻¹ Al	<0,5	<0,5	<0,5
pH	unità	5,36	5,15	5,14
Solfati	mg L ⁻¹ SO ₄	125	125	75
Calcio	mg L ⁻¹ Ca	97,8	99,4	104,2
Magnesio	mg L ⁻¹ Mg	33,1	21,4	17
Ammoniaca	mg L ⁻¹ NH ₄	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrati	mg L ⁻¹ NO ₃	<1	<1	<1
Alcalinità	mg L ⁻¹ HCO ₃	518	518	512
SAR	unità	2,1	2,2	2,5
SAR corretto	unità	2,7	3,2	3,7

nomica dei reflui vinari, debbono essere attentamente considerati anche in funzione di prevedere o meno l'adozione di eventuali limiti nelle dosi da distribuire (Chapman et al., 2001; Bustamante et al. 2005).

Relativamente al pH, i valori registrati nella maggior parte dei casi sono risultati compresi tra 4,5 e 6,0; valori che consentono l'utilizzo purché vengano adottati opportuni accorgimenti agronomici (come, ad esempio, non bagnare direttamente la vegetazione e non impiegare su colture sensibili).

La concentrazione salina dei reflui impone il loro inserimento all'interno della classe S4 della classificazione USDA per le acque di irrigazione, che le definisce come non adatte all'irrigazione, se non occasionalmente su terreni molto permeabili e ben drenati, per colture altamente tolleranti e utilizzando elevati volumi di adacquamento onde consentire la lisciviazione dei sali.

Quando i solidi sospesi superano i 20 mg L⁻¹ (valore che rappresenta il limite per non modificare in maniera significativa la permeabilità dei terreni) potrebbe essere consigliabile procedere ad una preventiva sedimentazione-filtrazione dei reflui da somministrare. Nel caso di distribuzione effettuate su terreni in pendio infatti si sono osservati rilevanti fenomeni di ruscellamento superficiale delle acque anche a partire da dosi non particolarmente massicce (100 m³ ha⁻¹), proprio a causa dell'intasamento del terreno provocato dall'elevato carico di solidi sospesi. Il loro abbattimento inoltre risulterebbe utile anche per evitare l'intasamento degli erogatori e l'imbrattamento delle colture, che rappresentano altri importanti inconvenienti legati all'elevata torbidità delle acque.

Per quanto riguarda la presenza del sodio il SAR, calcolato con i valori riportati in letteratura e rilevati anche nell'ambito della specifica campagna analitica, è risultato sempre inferiore a 10, e dunque al di sotto dei valori soglia prescritti dalla legge. Le concentrazioni di cloruri e solfati devono consigliare invece cautela nell'impiego dei reflui vinari: occorre evitarne dunque la distribuzione su colture sensibili e in ogni caso applicare metodi irrigui che non comportino la bagnatura della parte aerea delle piante.

Relativamente ai metalli pesanti, secondo i nostri risultati la concentrazione di rame nelle acque che si producono durante la fase di vendemmia ha superato il

valore limite di 0,1 mg/l indicato nella tabella A della legge Merli, cosicché l'utilizzo agronomico ne verrebbe ad essere impedito. Occorrerebbero riscontri più numerosi ed estesi per poter concludere che

Tabella 5.14. Concentrazione dei principali elementi fertilizzanti nelle acque reflue di cantina e calcolo delle quantità apportate al terreno ipotizzando di distribuire una dose di 50 e 300 m³ ha⁻¹.

Elemento	Concentrazione	Dose	
		50 m ³ ha ⁻¹	300 m ³ ha ⁻¹
N totale	11-311	0,6-15,6	3,3-93,3
P ₂ O ₅	2,3-133,3	0,1-6,7	0,7-40,0
K ₂ O	380-2240	19,0-112,0	112,0-672,0

la presenza del rame costituisca un fattore di incompatibilità legislativa all'impiego degli effluenti vinari sui campi coltivati; è certo comunque che la determinazione analitica di questo elemento rappresenti un passaggio delicato nel valutare l'idoneità all'utilizzo agricolo dei reflui di cantina. D'altra parte la massiccia utilizzazione del rame nei programmi di protezione fitosanitaria della vite costituisce un importante fattore di predisposizione all'arricchimento delle acque reflue in questo elemento, anche se naturalmente le particolari condizioni riscontrate (virulenza degli attacchi, andamento pluviometrico, decorso colturale, ecc.) possono giocare un ruolo importante nel determinarne la concentrazione finale.

Il contenuto di alluminio e di zinco, invece, si è dimostrato molto basso in tutti i campioni, permettendo l'utilizzo irriguo delle acque reflue in qualunque condizione.

Infine in tutti i campioni analizzati nel corso della campagna analitica è stata invece rilevata una significativa presenza di tensioattivi, tale da poter provocare effetti negativi sia sul terreno che sulle piante. L'impiego irriguo quindi deve essere valutato con attenzione prevedendo l'esecuzione di apposite analisi sugli effluenti da utilizzare.

Passando a valutare il valore fertilizzante dei reflui vinari, si deve specificare che la concentrazione di azoto e fosforo, sulla base dei dati reperibili in letteratura è estremamente variabile, pur mantenendosi su valori piuttosto modesti, mentre decisamente più elevato si dimostra il contenuto in potassio (tabella 5.14). Cosicché il contributo nutrizionale che può derivare dalla somministrazione degli effluenti di cantina è soprattutto legato alla dose di impiego, risultando trascurabile in corrispondenza di dosi ridotte e dimostrandosi apprezzabile solo per impieghi unitari più consistenti (Sangiorgi e Balsari, 1995; Muller ed Heil, 1998; Chapman et al., 2001).

Muller ed Heil (1998), ad esempio, analizzando gli effetti della distribuzione di reflui di cantina sul terreno non hanno osservato cambiamenti nella dotazione di nutrienti; da escludere anche un incremento del contenuto in metalli pesanti. L'unico elemento che durante la sperimentazione ha fatto registrare un incremento è stato l'azoto minerale, probabilmente in conseguenza dell'incremento dell'attività microbica. Per quanto riguarda il percolato, gli Autori non hanno registrato nessun cambiamento rispetto al controllo, mentre dal punto di vista dell'attività microbiologica una certa tossicità è stata evidenziata nel primo mese dalla distribuzione, a causa della elevata richiesta di ossigeno nella decomposizione del refluo.

Gli effetti diretti sulle colture sono stati studiati da Jourjon et al. (2001) che hanno valutato la crescita e lo sviluppo di colture trattate con reflui vinicoli e l'attività microbiologica nel terreno. Per quanto riguarda l'emergenza le conseguenze negative registrate sembrano essere attribuibili alla forte domanda di ossigeno ed all'attività della flora microbica caratteristica che crea un ambiente parzialmente fitotossico. Questi effetti sono comunque temporanei e sono molto variabili a se-

conda delle specie: il mais ad esempio non ha evidenziato effetti di ritardata germinazione, ma ha subito dei temporanei ritardi nella crescita delle piante anche in corrispondenza di dosaggi non elevati ($100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).

Gli effetti fitotossici dei reflui di cantina sembrano dunque correlati con la particolare sensibilità delle diverse specie e con lo stadio di sviluppo di queste (lo stadio di germinazione sembra, ad esempio, essere ben più sensibile del successivo stadio di plantula). Tali considerazioni portano a sconsigliare l'utilizzo di tali effluenti durante le fasi fenologiche più precoci del ciclo delle colture. In corrispondenza della levata e della fase di attiva crescita di un prato stabile, infatti, non sono stati osservati effetti negativi anche in corrispondenza di dosi di impiego decisamente elevate (50, 100, 200, $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le informazioni reperite in letteratura relativamente agli effetti indotti sulle colture e sul terreno dalla distribuzione dei reflui di cantina sono limitate e non consentono di trarre al riguardo alcuna considerazione conclusiva.

A prescindere però dai risultati sperimentali delle esperienze condotte, la composizione dei reflui vinari pone, come si è visto, non poche riserve sull'opportunità agronomica del loro utilizzo e addirittura anche qualche dubbio sul superamento dei vincoli posti dalla vigente normativa, come nel caso del contenuto in rame. È dunque necessario provvedere ad una accurata caratterizzazione degli effluenti così da poter determinare la dose più corretta di utilizzo e valutare caso per caso le possibili conseguenze che la loro distribuzione in campo può comportare.

Il contenuto in sali ed il carico in solidi sospesi per quanto riguarda gli effetti sul terreno, il pH e la concentrazioni in cloruri, solfati e tensioattivi per quanto concerne gli effetti sulle colture, sono da considerare senz'altro gli aspetti meritevoli di maggior attenzione. Se a ciò si aggiunge il limitato valore fertilizzante ed i problemi posti dalla spiccata stagionalità di produzione che ne riduce le possibilità di utilizzazione a fini irrigui, si può concludere che l'utilità agronomica dell'impiego dei reflui di cantina è limitata ed il loro ricorso appare subordinato al superamento di più di un problema.

In queste condizioni, pur ribadendo l'impossibilità di fornire indicazioni generali, sembrerebbe opportuno non superare le dosi di $100\text{-}150 \text{ t ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$, meglio se distribuite in due interventi consecutivi, distanziati fra loro da almeno 30 giorni di tempo. Naturalmente la presenza di particolari condizioni di suscettibilità o di resistenza (giacitura, fase fenologica della coltura, natura del terreno, ecc.) può suggerire una riduzione o viceversa consentire un incremento delle dosi sopra consigliate.

Si consideri infine che non tutte le acque reflue prodotte in cantina sono idonee

per la somministrazione al terreno; dovrebbero essere escluse infatti quelle provenienti da trattamenti speciali, come: ferrocianurazione, lavaggio degli impianti di imbottigliamento, concentrazione dei mosti e desolfurazione dei mosti muti.

6. BIBLIOGRAFIA

- ANPA, 1999. Primo rapporto sui Rifiuti Speciali. In: Stima della produzione di rifiuti speciali di alcuni comparti industriali attraverso studi di settore, 88-111.
- ANPA, 2001. I rifiuti del comparto agroalimentare.
- Bustamante M.A., Paredes C., Moral R., Moreno-Caselles J., Perez-Espinosa A., Perez-Murcia M.D., 2005. Uses of winery and distillery effluents in agriculture: characterisation of nutrient and hazardous components. *Water Sci. Technol.*, 51:145-151.
- Chapman J., Baker P., Wills S., 2001. *Winery wastewater handbook. Production, impacts and management.* Winetitles Ed., 128 pp.
- Clement F., 1990. *Traitement des effluents de vinification, distilleries et cidreries.* Conseil General du Genie Rural des Eaux et des Forets, Parigi.
- Daffonchio D., Colombo M., Origgi G., Zangrossi M., Sorlini C., Androni V., 1995. Digestione anaerobica di acque di cantina da diversi processi di vinificazione. *Atti Conv. "Trattamenti reflui da cantina. Aspetti impiantistici ed Ambientali"*. pp. 35-42. *Casteggio*, 3/6/1995.
- Farolfi S., 1995. *La gestione dei reflui enologici sul territorio. Analisi e strumenti.* Avenue Media, Bologna.
- Fumi M. D., Maccarini L., Marchetti R., Silva A., 1995 a. Aspetti quali-quantitativi dei reflui liquidi e solidi prodotti dalle cantine dell'Oltrepo Pavese. *Atti Conv. "Trattamenti reflui da cantina. Aspetti impiantistici ed Ambientali"*. pp. 29-41. *Casteggio*, 3/6/1995.
- Fumi M. D., Parodi G. E., Silva A., Marchetti R., 1995 b. Optimisation of long-term activated-sludge treatment of winery wastewater. *Biores. Technol.*, 52: 45-51.
- Gasperi F., Viglia A., 1995. Riduzione dei reflui da cantina: aspetti di filiera. *Atti Conv. "Trattamenti reflui da cantina. Aspetti impiantistici ed Ambientali"*. pp. 67-83. *Casteggio*, 3/6/1995.
- Jourjon F., Racault Y., Rochard J., 2001. *Effluents vinicoles: gestion et traitements.* Edition Féret – Bordeaux.
- Marchetti R., 1994. Possibili utilizzi in agricoltura dei reflui e dei fanghi prodotti dagli stabilimenti enologici. *Ind. delle Bevande*, 23: 589-594.
- Muller D., Heil M., 1998. Distribution of winery wastewater on land: investigation on ecotoxicology. In: *Actes du 2e congrès international sur les effluents vinicoles.* Bordeaux, 5-7 mai 1998, Cemagref Ed., 113-120.

- Sangiorgi F., Balsari P., 1995. Aspetti normativi e gestionali connessi con lo smaltimento dei reflui da stabilimenti enologici. Atti. Conv. "Trattamenti reflui da cantina. Aspetti impiantistici ed ambientali" pp. 15-27. Casteggio, 3/6/1995.
- Sangiorgi F., Provolo G., Balsari P., Rozzi A., Mapei F., 1996. Reflui da stabilimenti enologici: normative, impianti, supporti alle decisioni. Riv. Ing. Agr., 56:44-51.