

DOI: 10.4081/ija.2015.720

Direttiva nitrati e condizionalità: due casi studio dalla rete di monitoraggio MO.NA.CO.

**Marisanna Speroni,¹ Paolo Bazzoffi,² Lamberto Borrelli,¹ Antonio Bruni,¹
Gianluca Brusa,¹ Giovanni Cabassi,¹ Maurizio Capelletti,¹ Sara Carè,¹
Luigi Degano,¹ Roberto Fuccella¹**

¹CREA-FLC Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria,,
Centro di Ricerca per le Produzioni Foraggere e Lattiero Casearie, Lodi

²CREA-ABP, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria,
Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Firenze, Italia

Riassunto

Il report riferisce l'attività di monitoraggio realizzata nell'ambito del progetto MO.NA.CO relativamente all'applicazione dell' Atto A4 contenuto nel Regolamento del Consiglio (CE) n. 73/2009 e recepito dal Decreto Ministeriale n. 30125 del 22/12/2009, nel campo di condizionalità "ambiente". L'Atto A4 fa riferimento agli Articoli 4 e 5 della Direttiva 91/676/CEE del Consiglio relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole. L'Atto A4 si applica alle aziende che abbiano terreni appartenenti alle zone vulnerabili ai nitrati (ZVN) come identificate dai decreti regionali; si applica anche alle aziende agricole con o senza allevamenti che aderiscono alla misura 214 dei piani di sviluppo rurale. Il monitoraggio è avvenuto in due allevamenti bovini da latte della rete aziendale CREA.

La materia è complessa ed il monitoraggio degli effetti ambientali della direttiva nitrati devono essere e vengono monitorati a livello territoriale (comunale, regionale,

sovraregionale) il progetto MO.NA.CO ha realizzato monitoraggi a livello aziendale, pertanto, relativamente alla applicazione dell'atto A4, si è concentrato su alcuni aspetti effettivamente osservabili a livello aziendale: costi attribuibili all'adempimento degli obblighi di legge (comunicazione, stoccaggio, spandimento); colturale dell'azoto; stima dell'azoto escreto.

Per quanto riguarda i costi attribuibili all'adempimento degli impegni amministrativi è stato rilevato un costo medio annuale per le due aziende di 600 €/anno; è stato anche però verificato che tale dato non è generalizzabile in quanto le possibilità offerte a gli allevatori sono varie sia in termini di costo sia in quanto a servizi offerti. Si varia quindi da un minimo di 100€ per una compilazione standard del PUA aziendale offerto da alcune associazioni di categoria sino ad un massimo di 800 € richiesto da alcuni professionisti per la compilazione del PUA con eventuale calcolo personalizzato dei valori di escrezione e l'assistenza alla compilazione del registro delle concimazioni. C'è poi una certa variabilità nel modo di calcolare l'onorario per queste prestazioni; generalmente le associazioni praticano un prezzo forfettario, mentre i liberi professionisti si comportano in modo più variegato.

In una delle due aziende è stato possibile monitorare l'adeguamento della capacità di stoccaggio che è stata progettata ed iniziata nel periodo di monitoraggio. La costruzione di nuove vasche ha comportato un costo di 50€/m³. Per altri impegni, quali i limiti quantitativi, spaziali e temporali si osserva che la difficoltà a rispettarli è in buona parte associata alle capacità di stoccaggio; negli anni di monitoraggio si sono però verificati anche eventi piovosi eccezionali che hanno portato a situazioni di criticità anche l'azienda che ha adeguate capacità di stoccaggio. Il bilancio colturale dell'azoto ha mostrato che entrambe le aziende sono conformi alla norma.

La necessità di fare norme generali, di facile applicazione e facilmente controllabili ha determinato fino ad ora regole di applicazione della direttiva nitrati basate sul soddisfacimento di requisiti minimi stimati su dati tabulari standard. La mera applicazione di dati tabulari non stimola comportamenti virtuosi finalizzati ad una reale riduzione delle emissioni, dal momento che in tale contesto, una buona tecnica di allevamento non ha modo di differenziarsi da una tecnica di allevamento meno efficiente. Per questo motivo è importante sviluppare strumenti per valutare la variabilità dell'efficienza aziendale di trasformazione dell'azoto. Nel corso del monitoraggio è stato stimato il valore di azoto al campo che è uno degli input principali del bilancio dell'azoto a livello aziendale.

I valori medi di azoto al campo per le due aziende sono risultati essere 88,00 (d.s.=4,74) e 73,17 (d.s.=7,01); questi valori sono in linea con quelli riportati nella Deliberazione di Giunta della Regione Lombardia n. 8/5868 del 21/11/2007 che rappresentano quelli più frequentemente riscontrati in base ai risultati delle nell'ambito del progetto interregionale "Bilancio dell'azoto negli allevamenti (legge 23 dicembre 1999 n.499, art. 2), ma sono stati ottenuti con una maggiore efficienza di trasformazione dell'azoto.

Introduzione

Il Regolamento del Consiglio (CE) n. 73/2009 che stabilisce norme comuni relative ai regimi di sostegno diretto nell'ambito della Politica Agricola Comune e istituisce regimi di sostegno a favore degli agricoltori, conferma l'obbligo per gli agricoltori che svolgono attività agricola e zootecnica di rispettare i Criteri di Gestione Obbligatorie (CGO) e di mantenere i terreni in Buone Condizioni Agronomiche ed Ambientali (BCAA). I Criteri di Gestione Obbligatorie si riferiscono alla sanità pubblica, alla salute delle piante e degli animali, all'ambiente e al benessere degli animali. Il mancato rispetto di tali obblighi di condizionalità comporta la riduzione o l'esclusione dai pagamenti diretti a danno dell'agricoltore inadempiente. In particolare, il regolamento europeo e il recepimento nazionale (Decreto Ministeriale n. 30125 del 22/12/2009) contengono, nel campo di condizionalità "Ambiente", l'Atto A4 di cui si tratta nel presente report.

L'Atto A4 fa riferimento agli Articoli 4 e 5 della Direttiva 91/676/CEE del Consiglio relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole. L'Atto A4 si applica alle aziende che abbiano terreni appartenenti alle zone vulnerabili ai nitrati (ZVN) come identificate dai decreti regionali; si applica anche alle aziende agricole con o senza allevamenti che aderiscono alla misura 214 dei piani di sviluppo rurale. Nonostante l'inquinamento da attività agricola sia in calo negli ultimi anni (OECD, 2006, 2012), l'inquinamento diffuso di acque sotterranee e superficiali, per eccesso di azoto e fosforo è ancora uno dei più gravi problemi ambientali della moderna agricoltura intensiva, contribuendo all'eutrofizzazione dei due ecosistemi naturali acquatici e terrestri e riducendo la qualità dell'acqua potabile in molte aree. Il processo di produzione zootecnica per se non porta direttamente alla creazione di nuovo N reattivo, ma ad una concentrazione di N reattivo e a una redistribuzione di N reattivo a differenti scale spaziali. Ciò avviene attraverso l'assunzione di N con gli alimenti, il trasporto di N con gli alimenti e le emissioni nell'aria, nel suolo e nelle acque. Pertanto, la produzione animale assume un ruolo importante nell'apportare fonti esterne di N reattivo nei cicli azotati delle aree in cui insiste. Il problema è aggravato dal forte processo di concentrazione delle attività agricole e zootecniche avvenuto negli ultimi decenni in molti paesi sviluppati.

Dal 6° censimento generale dell'agricoltura (ISTAT, censimentoagricoltura.istat.it) è emerso che alla data del 24 ottobre 2010, risultavano attive in Italia 1.630.420 aziende agricole; rispetto all'anno 2000 la riduzione del numero di aziende è risultato del 32,2%. Nel complesso, la Superficie Aziendale Totale (SAT) risultava pari a 17.277.023 ettari e la Superficie Agricola Utilizzata (SAU) ammontava a 12.885.186 ettari. In dieci anni la SAT è diminuita dell'8% e la Superficie Agricola Utilizzata (SAU) del 2,3%. La dimensione media aziendale è aumentata rispetto a quanto rilevato dal Censimento del 2000, passando da 7,8 a 10,6 ettari di SAT e da 5,5 ettari di SAU a 7,9 ettari (+44,4%). Ciò è conseguenza di una forte contrazione del numero di aziende agricole e zootecniche attive (-32,2%), cui ha fatto riscontro una diminuzione della superficie coltivata assai più contenuta (-2,3%). Sono stati censiti 9,6 milioni di suini (+11,6%) 7,5 milioni di ovini e caprini (-3,2%) e 195,4 milioni di avicoli(+14,1%). Sono state censite 124 mila aziende con bovini; sono 27,7 % in meno rispetto al 2000, ma rappresentano il 59,2% delle aziende zootecniche complessive. In Italia, inoltre, vi è un'accentuata concentrazione di alcune attività in determinate regioni particolarmente vocate o con specifiche tradizioni produttive. Oltre la metà delle aziende (50,2%) e quasi i tre quarti del patrimonio bovino (70,4%) sono localizzati nelle regioni e province autonome del nord Italia. In particolare, le regioni a maggiore vocazione zootecnica bovina risultano la Lombardia con 15 mila aziende e 1,5 milioni di capi allevati, il Veneto con 13 mila aziende e 826 mila capi e il Piemonte con 13 mila aziende e 816 mila capi. Nel complesso queste tre regioni detengono circa il 55 per cento del patrimonio bovino italiano.

Secondo le rilevazioni ISTAT, il carico degli allevamenti nelle regioni italiane, stimato in termini di Unità di bovino adulto (Uba) è rimasto abbastanza costante dal 2002 al 2008, passando da 9,96 a 9,89 milioni di unità, con una diminuzione di circa 70 mila unità. Vi è però un'ampia variabilità sul territorio, passando da più di 6 milioni di Uba nel nord Italia ad appena 1 milione di Uba nel centro Italia. La densità del carico zootecnico, nel complesso del paese è risultata pari a circa 33 Uba per km², nel 2008. La Lombardia è la regione con la maggiore densità di carico zootecnico (circa 112 Uba per km²). Altre quattro regioni si posizionano al di sopra della media nazionale: il Veneto (54 Uba per km²), l'Emilia Romagna (48 Uba per km²), il Piemonte (39 Uba per km²) e la Sardegna (36 Uba per km²). Il processo di concentrazione comporta un rischio di eccessiva produzione media di deiezioni per animale per ettaro e di aumento del loro contenuto in N e P. Gli effluenti zootecnici da ottimo mezzo di concimazione, se in corretto rapporto con la

superficie agraria, le necessità delle colture e gli apporti di altri fertilizzanti possono diventare causa di gravi problemi ambientali in caso di apporto eccedente i fabbisogni.

In base ai dati ISTAT sulle vendite, risulta che in Italia, dagli inizi degli anni '70, si registra una lieve tendenza alla contrazione delle quantità di fertilizzanti distribuiti per uso agricolo. Infatti, rispetto alla media del decennio precedente, nel 2001 si era registrata una riduzione delle quantità. Tuttavia, a causa della contrazione nello stesso periodo della superficie concimabile, vi è stata una tendenza all'aumento del valore stimato di elementi fertilizzanti per unità di superficie. Tale aumento ha riguardato in modo particolare i fertilizzanti azotati (89,4 kg/ha, espressi in unità di fertilizzante di N, nel 2001), mentre le quantità di fertilizzanti di P₂O₅ (45,1 kg/ha) e di K₂O (32,5 kg/ha) sono rimasti pressoché costanti.

Obiettivo della Direttiva 91/676/CEE (Direttiva Nitrati) è proteggere le acque dall'inquinamento da nitrati di fonte agricola, anche valorizzando il contenuto in nutrienti degli effluenti zootecnici. Gli articoli 4 e 5 della direttiva impegnano gli stati membri a designare, sulla base dei criteri stabiliti dalla stessa direttiva definire, le zone vulnerabili ai nitrati (art. 3) e a stabilire codici di buona pratica, formare e informare gli agricoltori, adottare programmi d'azione. La Direttiva Nitrati stabilisce i limiti in base ai quali gli Stati membri devono individuare le acque inquinate. Sono considerate inquinate le acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile con concentrazione di nitrati superiore a 50 mg/L NO₃. Gli stati membri devono anche individuare le acque eutrofiche o che possono diventarlo nell'immediato futuro; anche per la definizione del livello di eutrofizzazione, la Direttiva fornisce delle indicazioni. Tutte le zone note del territorio che scaricano nelle acque individuate e che concorrono all'inquinamento sono da considerare Zone Vulnerabili ai Nitrati (ZVN).

Il recepimento in Italia della direttiva è stato un processo particolarmente difficoltoso; il decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, prevede, all'art. 38, l'emanazione di un decreto ministeriale che definisca criteri e norme tecniche generali sulla base dei quali le regioni disciplinano le attività di utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento nonché' delle acque reflue.

Attualmente, gli impegni a carico delle aziende agricole sono riportati nei Programmi di azione regionale, oppure, in assenza di tali strumenti, si fa riferimento al Decreto MIPAAF del 7 aprile 2006, recante "Criteri e norme tecniche generali per la

disciplina regionale dell'utilizzazione di cui all'articolo 38 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152.”

Gli impegni per gli allevatori sono di quattro tipi:

- A. obblighi amministrativi;
- B. obblighi relativi allo stoccaggio degli effluenti;
- C. obblighi relativi al rispetto dei massimali previsti;
- D. divieti relativi all'utilizzazione degli effluenti (spaziali e temporali).

Obblighi amministrativi

Per le aziende con centro aziendale ricadente in zona vulnerabile o che hanno più del 50% di terreni in zona vulnerabile, gli obblighi amministrativi sono:

- Comunicare il Programma operativo aziendale (POA) che ha validità non più che quinquennale;
- Tenere copia della comunicazione cartacea in azienda;
- Aggiornare annualmente il Piano di utilizzazione agronomica (PUA);
- Integrare/aggiornare la documentazione in caso di modifiche sostanziali;
- Conservare la documentazione aggiornata al centro aziendale;
- Predisporre e aggiornare il piano di monitoraggio.

Il PUA deve contenere gli elementi idonei alla formulazione di un bilancio dell'azoto relativo al sistema suolo-pianta:

- 1) il fabbisogno prevedibile di azoto delle colture;
- 2) l'apporto alle colture di azoto proveniente dal suolo e dalla fertilizzazione.

I fabbisogni di azoto delle colture sono calcolati, in via approssimativa, attraverso l'uso di metodi di bilancio, mediante l'uso di una equazione riportata dal decreto. Ai fini della determinazione dell'azoto al campo, il Decreto MiPAAF del 7 aprile 2006 stabilisce valori standard di escrezione dell'azoto per le diverse specie e categorie di animali allevati. Tali standard sono definiti mediante coefficienti fissi che stimano le escrezioni in funzione della consistenza di allevamento, ma il decreto precisa “Tuttavia, nel caso fossero ritenuti validi per il proprio allevamento valori diversi da quelli delle tabelle citate, il legale rappresentante dell'azienda, ai fini della comunicazione potrà utilizzare tali valori, presentando una relazione tecnico-scientifica che illustri dettagliatamente:

- materiali e metodi utilizzati per la definizione del bilancio azotato aziendale basato sulla misura dei consumi alimentari, delle ritenzioni nei prodotti e delle perdite di

volatilizzazione, redatto seguendo le indicazioni contenute in relazioni scientifiche e manuali indicati dalle regioni. Un metodo di stima semplificato per dimostrare valori “personalizzati” di escrezione azotata consiste nel fare un bilancio tra nutrienti ingeriti con la razione e nutrienti prodotti (con il latte o l’accrescimento corporeo). Per quanto riguarda l’azoto, tale metodo è quello consigliato, ai fini dell’applicazione della direttiva nitrati, dal rapporto dell’Environmental Resources Management (ERM) steso su incarico della DG XI della Commissione Europea (1999). Questo metodo considera che la quantità di nutrienti escreti dagli animali dipenda dalla sostanza secca ingerita, dalla concentrazione in nutrienti della dieta e non tiene conto della loro digeribilità. Presuppone che il contenuto corporeo del nutriente sia costante nel periodo considerato e richiede di fare alcune assunzioni circa il peso, le variazioni di peso ed il loro contenuto in nutrienti. In alternativa possono essere utilizzati valori analitici riscontrati negli effluenti, di cui vanno documentate le metodiche e il piano di campionamento adottati;

- risultati di studi e ricerche riportati su riviste scientifiche atti a dimostrare la buona affidabilità dei dati riscontrati nella propria azienda e la buona confrontabilità con i risultati ottenuti in altre realtà aziendali;

- piano di monitoraggio per il controllo, nel tempo, del mantenimento dei valori dichiarati.

Obblighi relativi allo stoccaggio

Le aziende che producono e /o utilizzano effluenti di allevamento devono:

- rispettare la rispondenza tipologica delle strutture di stoccaggio e l’adeguato dimensionamento che deve essere in funzione della capacità produttiva dell’allevamento, della tipologia di e.a. prodotti, e dei vincoli stabiliti dal fermo invernale;
- garantire l’impermeabilità dell’impianto e l’assenza di perdite e/o percolazioni.

Lo stoccaggio degli effluenti deve avvenire in apposite strutture dimensionate in base alla consistenza di allevamento, le esigenze colturali e la capacità di utilizzarli ai fini agronomici.

Ai fini di un’ottimale gestione delle deiezioni è importante poter stimare la quantità totale di deiezioni prodotte. E’ anche utile conoscere le percentuali in cui queste si dividono tra fase solida e liquida e la quantità di azoto escreta con feci e urine. La variabilità della digestione determina la variabilità di contenuto di azoto nelle feci, il

metabolismo influenza la variabilità dell'azoto urinario. Quando gli apporti alimentari di azoto sono limitati la maggiore quota di escrezione dell'azoto si trova nelle feci, ma quando l'ingestione di azoto supera certi livelli (400 g/d sulla base dello studio di Castillo *et al.*, 2000) si ha un aumento esponenziale dell'emissione di N con le urine. L'azoto urinario viene facilmente volatilizzato in forma ammoniacale contribuendo ad inquinare l'atmosfera. La composizione della dieta può avere effetti significativi sulla ripartizione tra le diverse forme di escrezione. Conoscere la quantità di azoto emessa con le urine (azoto urinario) è utile a supportare decisioni relative alla gestione delle deiezioni anche in funzione della riduzione di emissione di azoto ammoniacale nell'aria. Infatti l'azoto contenuto nelle urine viene velocemente convertito ad ammoniaca dall'ureasi presente nell'ambiente (principalmente nelle feci).

Obblighi relativi al rispetto dei massimali previsti

La quantità di azoto al campo apportata da effluenti da allevamento nella SAU ricadente in zona non vulnerabile non deve superare il valore di 340 kg /ha/anno inteso come quantitativo medio aziendale. La quantità di azoto al campo apportata da effluenti da allevamento nella SAU ricadente in zona vulnerabile non deve superare il valore di 170 kg /ha/anno inteso come quantitativo medio aziendale.

Sia in zona vulnerabile che in zona non vulnerabile, le quantità massime devono essere distribuite e frazionate in base ai fabbisogni delle colture.

Divieti relativi all'utilizzazione degli effluenti (spaziali e temporali)

Le aziende che producono e /o utilizzano effluenti di allevamento devono rispettare i divieti spaziali e temporali relativi all'utilizzazione dei fertilizzanti azotati. I limiti spaziali per l'utilizzazione degli effluenti da allevamento derivano dalla vicinanza di corpi idrici e da particolari caratteristiche agroambientali dei terreni; i limiti temporali sono, generalmente, imposti dalla stagione autunno-invernale a causa della elevata piovosità.

Il progetto MO.NA.CO.

Questa relazione riporta l'attività di monitoraggio dell'applicazione della direttiva nitrati in due allevamenti bovini da latte realizzata nell'ambito del progetto MO.NA.CO. La materia è complessa ed il monitoraggio degli effetti ambientali della direttiva nitrati devono essere e vengono monitorati a livello territoriale (comunale, regionale, sovraregionale) il progetto MO.NA.CO che ha la caratteristica di avvalersi della diffusa rete aziendale CRA, ha realizzato monitoraggi a livello aziendale; pertanto, relativamente alla applicazione dell'atto A4, il monitoraggio si è concentrato su alcuni aspetti effettivamente osservabili a livello aziendale.

Anche a livello aziendale l'applicazione della direttiva nitrati, nelle aziende zootecniche, ha un elevato grado di complessità coinvolgendo tutti gli ambiti operativi a partire dalla produzione vegetale, passando per l'alimentazione degli animali, lo stoccaggio delle deiezioni e la loro utilizzazione; il monitoraggio MO.NA.CO oltre a rilevare i costi attribuibili all'adempimento degli obblighi di legge (comunicazione, stoccaggio, spandimento) si è concentrato sugli quegli aspetti zootecnici che possono influenzare indicatori ambientali indiretti quali l'azoto escreto (azoto al campo) e il bilancio aziendale dell'azoto.

Costi attribuibili all'adempimento degli obblighi di legge

I benefici attesi come risultato dell'applicazione della direttiva nitrati sono essenzialmente di natura ambientale e si esplicano ad una dimensione territoriale sovra-aziendale che non può essere monitorata a livello aziendale; non è possibile quindi fare, a livello aziendale, un bilancio costi/benefici; però, possono, parzialmente, essere stimati i costi a carico dell'allevatore anche se non è sempre facile individuare costi diretti ed indiretti precisamente attribuibili all'applicazione della norma.

Azoto al campo

La necessità di fare norme generali, di facile applicazione e facilmente controllabili ha determinato, fino ad ora, regole di applicazione della direttiva nitrati basate sul soddisfacimento di requisiti minimi stimati su dati tabulari standard. La mera applicazione di dati tabulari non stimola comportamenti virtuosi finalizzati ad una reale riduzione delle emissioni; dal momento che una buona tecnica di allevamento non avrebbe modo di

differenziarsi da una cattiva tecnica di allevamento. Per quanto riguarda la stima dell'azoto al campo, cioè dell'azoto escreto al netto delle perdite per volatilizzazione, se si considera che l'emissione di N aumenta più che proporzionalmente all'aumentare del peso vivo mentre aumenta meno che proporzionalmente all'aumentare della produzione di latte (cioè all'aumento dell'efficienza) si capisce l'importanza di valutare la variabilità dell'efficienza aziendale di trasformazione dell'azoto.

Bilancio aziendale dell'azoto

L'azoto al campo è solo uno degli input del bilancio dell'azoto a livello aziendale, ma è quello che più facilmente, almeno in parte, può essere influenzato dall'allevatore; gli altri input sono l'azoto proveniente dalle precipitazioni atmosferiche e l'azoto proveniente dalla mineralizzazione della sostanza organica del terreno. Gli output sono determinati dall'asportazione da parte delle colture, dalla lisciviazione, dalla denitrificazione e dalla ulteriore volatilizzazione.

Materiali e metodi

Localizzazione dei siti di monitoraggio

Il monitoraggio del criterio di gestione obbligatorio Atto A4, è stato condotto, tra gennaio 2012 e luglio 2014, in due aziende agricole sperimentali appartenenti a CREA-FLC, Centro di ricerca per le Produzioni Foraggere e Lattiero Casearie (Lodi, LO) (Figura 1).

1. Azienda Cascina Baroncina a Lodi
2. Azienda Porcellasco a Cremona

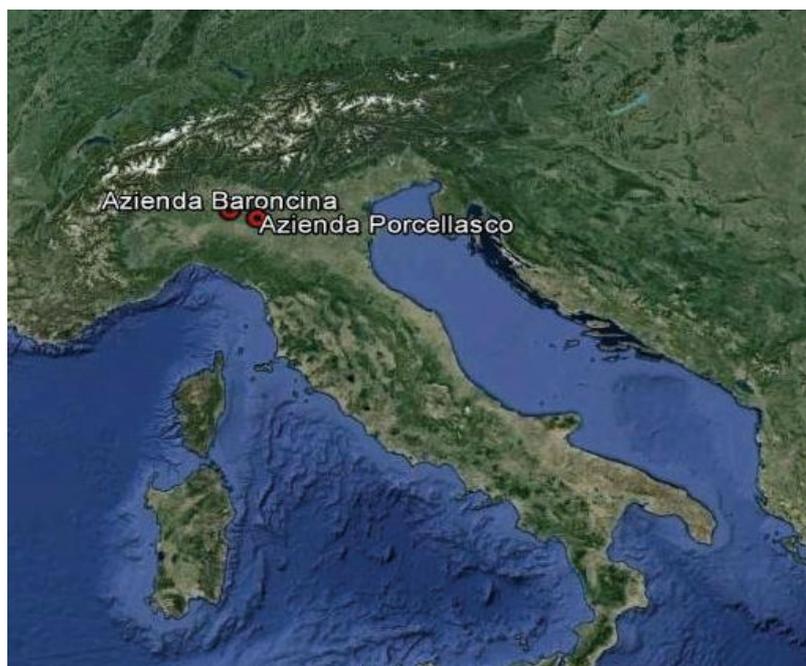


Figura 1. Localizzazione dei siti di monitoraggio.

Entrambe le aziende si trovano in aree ad elevato-medio grado di vulnerabilità. La vulnerabilità di un acquifero rappresenta “la possibilità di penetrazione e propagazione dalla superficie di sostanze inquinanti all’interno dei serbatoi naturali ospitanti la prima falda”. Essa dipende da diversi fattori tra i quali prevalgono la litologia e la struttura

idrogeologica, la natura e lo spessore della copertura, il processo di ricarica-deflusso-emergenza delle acque sotterranee e l'interazione chimico-fisico-biologica.

Cascina Baroncina

L'azienda Cascina Baroncina (di seguito chiamata Baroncina), è situata nella pianura padana, a circa 2 km dalla città di Lodi. Le Coordinate WGS84-UTM32N del centroide aziendale sono le seguenti: N 45° 17' 32,97"; E 9° 29' 54,45". L'altitudine media aziendale è m 73 s.l.m. L'azienda si estende per 39 ettari. La zona del lodigiano è pedologicamente rappresentativa di ambienti della bassa Pianura Padana pedemontana alluvionale terrazzata; l'azienda ricade sulle alluvioni fluviali e fluvioglaciali sabbioso ghiaiose con lenti limose, rappresentati dal codice fgwg della Carta geologica d'Italia 1:1.000.000, foglio 60. Rispetto alle delineazioni delle Unità di terre 1:50.000 si colloca nella porzione meridionale della piana fluvioglaciale e fluviale che costituisce il livello fondamentale della Pianura (L.F.d.P.), formatasi per colamento alluvionale durante l'ultima glaciazione.

È caratterizzata da superfici modali stabili, pianeggianti o leggermente ondulate, intermedie tra le aree più rilevate (dossi) e depresse (conche e paleoalvei). I sedimenti sono fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo. Secondo la carta pedologica della regione Lombardia a scala 1:50000 ricade nella UC (LOD1). I suoli sono franco-sabbiosi, presentano drenaggio buono, in alcuni casi mediocre e permeabilità moderata. I terreni, a reazione sub-acida, hanno una ridotta dotazione di sostanza organica, povera in azoto, scarsa in potassio e media in fosforo. Il territorio è caratterizzato da clima temperato ad inverno rigido, umido e di tipo subcontinentale; è tipico della "Regione Padana" con precipitazioni medie annuali di circa 800 mm ben distribuite durante l'anno e medie annuali di temperatura giornaliera di 12,5°C (Borrelli e Tomasoni, 2005).

Durante il periodo di monitoraggio si sono avute abbondanti precipitazioni, oltre la norma, che hanno provocato gravi ristagni che hanno condizionato il normale andamento delle coltivazioni. Il paesaggio del Lodigiano si presenta essenzialmente pianeggiante. L'indirizzo produttivo è foraggero-zootecnico con produzione di latte. In media, sono presenti in allevamento circa 130 bovine Frisone: 70 giovani animali e 60 bovine in produzione; l'azienda produce mediamente circa 600.000 kg l'anno. La dimensione aziendale e la consistenza dell'allevamento sono inferiori rispetto a quelle medie degli allevamenti di Frisone Italiana delle province di Lodi e Milano, mentre il livello produttivo medio è superiore. Nel 2009 l'azienda si è classificata come la migliore tra quelle delle

province di Lodi e Milano in quanto a produttività misurata mediante un indice composito adottato dall'APA di Milano e Lodi per valutare il progresso tecnico negli allevamenti da latte; tale indice è costituito da diversi parametri che, assieme, caratterizzano gli aspetti produttivi, riproduttivi, morfologici, genetici e di management e, quindi, l'eccellenza del livello raggiunto. I parametri considerati sono: kg latte, kg grasso, kg proteine, indice di selezione dell'allevamento (PFT), cellule somatiche, periodo parto-concepimento, punteggio primipare.

Anche nel 2013, l'azienda si è classificata al primo posto per produzione media per vacca (13.030 kg di latte, 432 kg di proteina) nell'ambito degli allevamenti delle province di Milano e Lodi.



Figura 2. Vista aerea Azienda Baroncina.

Azienda Porcellasco

L'azienda Porcellasco è situata nel comune di Cremona a circa 6 km dal centro cittadino ($45^{\circ} 10' N 10^{\circ} 04' E$); si estende per 82 ettari. L'assetto geomorfologico del settore centro-meridionale della provincia cremonese è stato plasmato dagli eventi alluvionali, prevalentemente olocenici, del fiume Po che ha inciso il livello fondamentale de l.f.d.p. creando ordini di terrazzi d'età via via decrescente avvicinandosi all'asta fluviale. Altri condizionamenti sono legati a fenomeni di subsidenza differenziale, in corrispondenza di strutture negative del substrato (sinclinali), ed a movimenti neotettonici che hanno coinvolto dorsali sepolte.

Da un punto di vista geomorfologico il sito in esame è inserito nella porzione meridionale del l.f.d.p., formatosi per colmamento alluvionale durante l'ultima glaciazione würmiana (Pleistocene). Caratterizzata da aree sufficientemente stabili per la presenza di un'idrografia organizzata di tipo meandriforme, è costituita quasi esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità di superficie e di scheletro nel suolo (bassa pianura a meandri).

I terreni dell'azienda presentano una superficie pianeggiante o lievemente depressa, a deflusso idrico difficoltoso, a substrato sabbioso-limoso generalmente non calcareo interessato in profondità da deposizioni di carbonati secondari, talvolta parzialmente cementati. Secondo "I suoli della pianura cremonese centro-orientale" (da Progetto Carta pedologica, ERSAL, 1997) essi appartengono all'Unità Cartografica U.C. 11. Da un punto di vista pedologico, i suoli sono profondi, limitati da substrato fortemente idromorfo, a tessitura da media a moderatamente fine, non calcarei in superficie, da moderatamente calcarei a calcarei in profondità, a drenaggio mediocre. La permeabilità è da moderata a moderatamente bassa. Lo strato coltivo è da franco a franco limoso, da bruno scuro a bruno oliva mentre l'orizzonte sottostante è da franco a franco argilloso, bruno giallastro scuro o bruno oliva; il substrato sabbioso-franco o franco-sabbioso è bruno grigiastro chiaro. Sotto lo strato d'alterazione superficiale si rinvencono, infatti, le alluvioni fluviali würmiane (Pleistocene superiore) prevalentemente sabbiose e sabbioso-argillose con lenti ghiaiose a ciottoli minuti. I depositi alluvionali sono essenzialmente sabbiosi, localmente sabbioso-limosi o con scarso ghiaietto; in superficie, si possono rinvenire spessori anche considerevoli di argille legati ad ambienti deposizionali a bassa energia. I principali

elementi geomorfologici del territorio indagato sono riportati sull'estratto della Carta Geologica d'Italia - Foglio Cremona n. 61. La spessa coltre alluvionale di questo settore della pianura cremonese costituisce un ambiente favorevole alla formazione di falde acquifere a causa dell'alternanza di livelli permeabili ed impermeabili, della giacitura sostanzialmente monoclinale della successione alluvionale e, infine, della notevole profondità del basamento plio-pleistocenico impermeabile.

Questi elementi hanno favorito la formazione di un acquifero multistrato costituito da una falda superficiale a pelo libero e numerose altre più profonde, generalmente in pressione, spesso in comunicazione tra loro a causa della scarsa continuità orizzontale e verticale dei vari livelli impermeabili o semipermeabili. Secondo la "Carta della vulnerabilità verticale della prima falda in provincia di Cremona" (1:100.000) Quaderni agro-ambientali n.1 (Provincia di Cremona, 1997), nel territorio in esame l'acquifero superficiale presenta una vulnerabilità medio-alta. Si ritiene comunque che la potente coltre superficiale argillosa costituisca un'efficace barriera contro l'infiltrazione di inquinanti. La piovosità media è 800 mm.

L'attività prevalente dell'azienda Porcellasco è l'allevamento bovino per la produzione di latte. Le superfici aziendali sono coltivate a mais da granella e trinciato di primo raccolto, a cereali autunno vernini da granella e/o trinciato seguito da mais di seconda semina e a prato. In Tabella 1 si riporta l'estensione media delle differenti coltivazioni.

Tabella 1. superfici medie delle differenti coltivazioni presso l'azienda agricola Porcellasco (media ultimi sei anni precedenti il monitoraggio).

Coltura	Superficie (ha)
Mais granella e trinciato	28.50.00
Prato avvicendato festuca	15.60.00
Prato erba medica	19.28.00
Orzo	07.50.00
Tare e incolti	08.74.26
Totale	79.62.26

L'allevamento produce, mediamente, circa 630.000 kg di latte l'anno; mediamente, ogni anno, vengono allevate 80 vacche e 75 animali da rimonta; il numero di vacche

mediamente in produzione è vicino alla media nazionale ma inferiore alla media regionale e provinciale degli allevamenti di Frisona Italiana controllati. La produzione media di latte è stata nel 2013 di 8725 kg/vacca, leggermente inferiore alla produzione media rilevata per le vacche di razza frisona Italiana controllate nella provincia di Cremona.



Figura 3. Vista aerea Azienda Porcellasco.

Schema di monitoraggio

Impegni

Sono stati registrati i costi per impianti, materiale e servizi imputabili all'adempimento degli impegni relativi all'Atto A4.

Bilancio aziendale dell'azoto

È stato stimato il bilancio aziendale annuale di azoto utilizzando i seguenti parametri:

- disponibilità di azoto nel terreno derivante da precessione colturale (N_c , kg N/ha/anno); si utilizzano i valori tabulari riportati dal D.g.r. 21 novembre 2007 - n. 8/5868 ; assume i seguenti valori: 60 per medicaio disidratato; 80 per medicaio di 3 anni in buone condizioni; 40 per prati di trifoglio e prati di breve durata; 30 con interrimento della paglia; 40 con interrimento stocchi di mais.

- disponibilità di azoto nel terreno derivante da fertilizzazioni organiche effettuate nell'anno precedente (N_f , kgN/ha/anno); viene rilevato dal registro aziendale di utilizzazione degli effluenti azotati ed altri fertilizzanti azotati.

- apporti naturali di azoto dal suolo (A_{ns} , kgN/ha/anno); è l'azoto disponibile nel suolo collegato con il tenore di materia organica; il tasso di mineralizzazione della sostanza organica varia con la tessitura, il regime termico e idrico e l'intensità delle lavorazioni. Si stima che nel periodo di più accentuata mineralizzazione (dalla primavera all'autunno) la materia organica possa fornire 30 kg di azoto assimilabile per ogni unità percentuale di materia organica nel suolo. La disponibilità effettiva di questi quantitativi deve essere proporzionata alla durata del ciclo colturale e valutata in considerazione dell'entità delle precipitazioni. Il D.g.r. 21 novembre 2007 - n. 8/5868 riporta le seguenti disponibilità: cereali autunno vernini: 3/5 dell'azoto mineralizzato; mais: l'intero ammontare.

- apporti naturali di azoto da deposizione atmosferica (A_{na} , kg/ha/anno); consiste nella fornitura di azoto da deposizioni atmosferiche; si utilizzano dati ricavati dalla letteratura e si può stimare pari a 20 kg/ha/anno.

- liquame prodotto calcolato sulla base del regolamento regionale (D.g.r. 21 novembre 2007 n. 8/5868 e successivi).

- letame prodotto calcolato sulla base del regolamento regionale (D.g.r. 21 novembre 2007 n. 8/5868 e successivi).

- azoto (kg/ha/anno) apportato con il concime organico derivante da liquame prodotto da vacche in produzione; viene rilevata dal registro aziendale di utilizzazione degli effluenti azotati ed altri fertilizzanti azotati.

- azoto da letame da vacche in produzione: quantità di azoto kg/ha/anno apportata con il concime organico derivante da liquame prodotto da vacche in produzione; viene rilevata dal registro aziendale di utilizzazione degli effluenti azotati ed altri fertilizzanti azotati.

- azoto da liquame da bovini da rimonta: quantità di azoto kg/ha/anno apportata con il concime organico derivante da liquame da bovine da rimonta; viene rilevata dal registro aziendale di utilizzazione degli effluenti azotati ed altri fertilizzanti azotati.

- azoto da letame da bovini da rimonta: quantità di azoto (kg/ha/anno) apportata con il concime organico derivante da letame prodotto dai bovini da rimonta; viene rilevata dal registro aziendale di utilizzazione degli effluenti azotati ed altri fertilizzanti azotati.

- azoto da concime chimico o minerale (Fc, kg/ha/anno): quantità di azoto che viene apportato con concime chimico o minerale; viene rilevata dal registro aziendale di utilizzazione degli effluenti azotati ed altri fertilizzanti azotati.

- efficienza concime chimico o minerale (Kc, %): coefficiente di efficienza relativo agli apporti di concime chimico o minerale; si esprime come percentuale del titolo commerciale.

- sommatoria azoto da concimi organici (Fo, kg/ha/anno): quantità di azoto apportata con il concime organico.

- fabbisogno azoto di azoto delle colture, kg/ha/anno = $Nc+Nf+Ans+Ana+(KcFc)+(FoKc)$.

- efficienza concime organico (Ko, %): coefficiente di efficienza relativo agli apporti di concime organico; varia in funzione della coltura, dell'epoca e della modalità di distribuzione e della struttura del suolo; si ottiene dal regolamento regionale (D.g.r. 21 novembre 2007 n. 8/5868 e successivi) .

- asportazioni colturali di azoto, kg/ha/anno: sono calcolate per ciascuna coltura sulla base della massa asportata (Y) e del contenuto di azoto della massa determinato analiticamente (B), riportato sui documenti di vendita o stimato dalla letteratura. La

sommatoria dell'azoto asportato dalle colture fornisce il valore totale di azoto asportato con le colture.

Il bilancio $N_c + N_f + A_n + (K_c * F_c) + (K_o * F_o) = \sum (Y * B)$, tra fabbisogno/asportazioni di azoto ed azoto presente/apportato al terreno fornisce il valore di kg/ha/anno di surplus azoto.

Stima azoto al campo

L'azoto al campo prodotto dagli allevamenti monitorati è stato stimato utilizzando dati disponibili a livello aziendale; lo scopo è quello di confrontare questo risultato con i dati tabulari. Il calcolo si è focalizzato sulle vacche adulte in produzione sia perché questa è la categoria che produce la maggiore quota di deiezioni e di N, sia perché è quella per cui è più comune trovare, a livello aziendale, dati che fungano da indicatori di impatto e di efficienza (produzione e composizione del latte). I calcoli per stimare l'azoto escreto nel periodo di monitoraggio si sono basati sulle precedenti esperienze maturate in occasione di progetti nazionali (Speroni, 2006), regionali ed interregionali (De Roest e Speroni, 2005; Rossi *et al.*, 2005) facendo riferimento al metodo ERM (European Commission-DG XI, 1999).

Il calcolo di N escreto giornalmente (N_{escreto}), (kg/d) si basa sul metodo del bilancio tra azoto ingerito e azoto ritenuto come azoto corporeo e azoto nel latte prodotto:

$$N_{\text{escreto}} = N_{\text{ingerito}} - N_{\text{latte}} - N_{\Delta PV}$$

dove:

N_{ingerito} è l'azoto ingerito giornalmente (kgd^{-1}),

$$N_{\text{ingerito}} = \text{SSI} \div 100 \cdot \text{PG} \div 6,25;$$

SSI è la sostanza secca ingerita (kgd^{-1}) stimata mediante il modello rappresentato dall'equazione generale

$$\text{SSI}_{\text{lattazione}} = a + b \cdot \text{PV} + c\text{FCM}$$

dove PV è il peso vivo (kg) che è stato misurato su un campione di animali in una delle due aziende monitorate, FCM (Fat Corrected Milk) è la produzione di latte standardizzata ad un pari contenuto in grasso del 4% (kgd^{-1}), PG è la proteina grezza nella dieta (%) determinata analiticamente su un campione rappresentativo di unifeed prelevato ogni 3 mesi ed in occasione di possibili variazioni dovute a variazioni di componenti della razione causate dall'andamento stagionale o da altri eventi; viene determinata mediante analisi

rapida NIR; si assume che il contenuto medio di azoto nella proteina alimentare sia pari al 16%, da ciò deriva il fattore di trasformazione fisso 6,25. Inoltre, è stata fatta una verifica sulla ingestione di gruppo, determinando, su un campione rappresentativo di unifeed prelevato ogni 3 mesi, il contenuto in sostanza secca razione (SS,%) e calcolando: (SSI) ingestione media giornaliera di ss= $[SS \cdot \text{numero di razioni distribuite} - 5\% (SS \cdot \text{numero di razioni distribuite})] / \text{numero bovine presenti}$; tenore in sostanza secca della dieta somministrata alle bovine in lattazione; viene determinato ed in occasione di possibili variazioni dovute a variazioni di componenti della razione causate dall'andamento stagionale o da altri eventi; viene determinata mediante analisi rapida NIR; ingestione di PG, kg/giorno: ingestione media giornaliera di $PG = SSI \cdot PG / 100$; N latte è l'azoto prodotto con il latte (kgd^{-1}) calcolato in funzione della quantità di latte prodotto giornalmente (kgd^{-1}), valore ricavato dai controlli funzionali. Anche per calcolare il contenuto di azoto del latte sono stati utilizzati i valori individuali di proteina nel latte rilevati mensilmente in occasione dei controlli funzionali (il valore viene determinato mediante analisi rapida NIR). Per ricavare il valore di N, si assume un fattore di trasformazione costante pari a 6,38 (la proteina grezza del latte, ha un contenuto di N leggermente inferiore rispetto agli alimenti zootecnici). L'azoto prodotto con il latte può essere anche calcolato sulla base del latte venduto annualmente e del suo contenuto medio in proteina, dati ricavati dai documenti di consegna alla latteria; per avere una stima più precisa del latte realmente prodotto, al valore di latte venduto si deve aggiungere la quantità di colostro prodotto e il latte scartato per motivi sanitari. Il colostro viene prodotto in seguito al parto per 5-6 giorni; generalmente si stima che ogni vacca produca mediamente 50 kg di colostro ad ogni parto, ma la produzione può variare notevolmente tra individui e aziende in funzione della produttività; dati in letteratura sono molto scarsi, per ciò, nel corso del monitoraggio, è stata misurata la quantità di colostro prodotta. Il contenuto in PG nel colostro, è variabile nel tempo ma al parametro può essere ragionevolmente attribuito un valore di default del 9%; nel periodo di monitoraggio il colostro prodotto è stato analizzato per determinare il contenuto di azoto. Il latte scartato a causa dei trattamenti sanitari per la terapia delle infezioni mammarie, podali o di altro tipo; è stato calcolato sulla base del numero di vacche trattate e considerando che il trattamento antibiotico comporta la eliminazione del latte di 6 mungiture.

N_{ΔP} è l'azoto prodotto o perduto come variazione di peso corporeo; è stato stimato abbiamo utilizzando il dato di variazione annuale della consistenza ed il contenuto

percentuale di proteina dell'incremento di peso, parametro i cui valori di default sono ricavati da dati della letteratura. Al valore di N escreto è stato applicato un coefficiente di riduzione per tenere conto della quantità di azoto perso per volatilizzazione durante la fase di permanenza in stalla, rimozione, stoccaggio ed eventuale trattamento dei reflui; è stato utilizzato il valori tabulare del DM 7/4/2006.

Equazioni per la stima dell'azoto escreto

L'azoto escreto mediamente giornalmente dalle bovine in lattazione è stato anche stimato mediante equazioni empiriche, in funzione del latte prodotto (Nennich *et al.*, 2005)

$$N_{\text{escreto}} = 2,82 \cdot \text{produzioneLatte}^{1,346};$$

- del contenuto di azoto ureico nel latte (Zhai *et al.*, 2005)

$$N_{\text{escreto}} = (15,46 \cdot \text{MUN} + 193,4) / 1000 ;$$

dove MUN (Milk Urea Nitrogen, mg dL⁻¹) è l'N in forma ureica contenuto nel latte.

Il MUN è correlato ai contenuti di N ureico nel sangue e nelle urine. Quando l'ammoniaca che si produce negli stomaci non viene convertita dalla flora ruminale in proteina microbica essa viene assorbita nel sangue attraverso le pareti ruminali; il fegato converte l'ammoniaca ad urea che viene in parte rilasciata nel sangue, in parte escreta con le urine, nel latte o nei fluidi uterini, in parte riciclata nel ruminale come saliva. Livelli troppo bassi o elevati di N ureico nel sangue indicano problemi nutrizionali, per questo motivo tale parametro e l'N ureico nel latte, ad esso strettamente correlato, vengono comunemente utilizzati come indicatori dell'adeguato razionamento. Il ritardo con il quale il profilo del livello di azoto ureico nel latte segue quello nel sangue è di circa due ore, per cui la concentrazione di N nel latte è indicativo dell'azoto ureico prodotto nel sangue nell'intervallo tra le mungiture. La determinazione dell'N ureico nel latte, è un'analisi chimica facilmente realizzabile sia sul latte di massa, sia sul latte individuale che viene sempre più spesso associata al controllo funzionale delle bovine da latte.

Più recentemente sono state proposte altre equazioni di stima dell'azoto escreto che possono essere di notevole interesse ed utilità in molti casi sperimentali in cui si debba valutare l'impatto ambientale degli allevamento , 2014; Higgs *et al.*, 2012; Reed *et al.*, 2015); non sono state utilizzate in questo monitoraggio perché esse si basano in gran parte su misure (dati di ingestione, valore nutritivo della razione) che non sono sempre di facile reperibilità nelle aziende commerciali.

Perdite per volatilizzazione

In mancanza di maggiori informazioni dirette e dalla letteratura è stato considerato il valore standard di 28% di perdite per passare dal valore di N escreto al valore di N al campo.

Altre stime mediante equazione empirica

Stima della quantità di deiezioni totali prodotte

La quantità di deiezioni (D, kg/d) prodotta giornalmente da una bovina in lattazione prodotte è stata stimata in funzione del livello di produzione lattea, utilizzando le equazioni di Nennich *et al.* (2005):

$$D = 46,2 + 0,616 \cdot \text{produzioneLatte}$$

Stima della quantità di urine prodotte

La quantità media di urine (U, kg/d) prodotte giornalmente da una bovina in lattazione è stata stimata in funzione del contenuto diazoto ureico nel latte (Nennich *et al.*, 2005):

$$U = MUN \cdot 0,563 + 17,1$$

Azoto ureico nelle urine

L'azoto escreto in forma di urea con le urine (N urinario, kg/day) in funzione dell'azoto ureico del latte è stato stimato con due equazioni:

$$N_{\text{urinario}} = MUN \cdot 12,54 \quad (\text{Jonker } et al., 1998)$$

$$N_{\text{urinario}} = MUN \cdot 17,64 \quad (\text{Kaufmann e St-Pierre, 2001})$$

L'N escreto in forma di urea con le urine è stato anche stimato in funzione del contenuto di azoto ingerito:

$$N_{\text{urinario}} = 30,4 + 0,0036 NI \quad (\text{Castillo } et al., 2000)$$

Dove

NI = azoto ingerito (g/d)

e = numero di Nepero (2,71828).

Campionamento liquame

Nel primo anno di monitoraggio è stato fatto un prelievo dalla vasca di stoccaggio del liquame dell'azienda Baroncina; il prelievo è stato fatto sulla superficie (“cappello”) e in profondità; al termine del monitoraggio sono stati fatti 5 prelievi di liquame dalla presa di scarico della vasca. Sui campioni prelevati sono state fatte le seguenti determinazioni: umidità/sostanza secca (s.s.); N totale; P; K; N ammoniacale.

Le analisi sono state eseguite dal laboratorio dell'Associazione Regionale della Lombardia (ARAL) utilizzando le seguenti metodiche:

PT58-2011 Rev3 per s.s.; IPRA1987-CEE-ASPA per N (Kjeldhal);

metodo interno ICP massa per P e K;

IRSA-CNR 7Q 64/85+APAT CNR IRSA A2/C MAN 29 2003 per N ammoniacale.

Risultati

Impegni per le aziende Baroncina e Porcellasco

Entrambi i siti di monitoraggio sono collocati in zone designate vulnerabili dalla Regione Lombardia. In Lombardia, la materia della protezione delle acque da nitrati di origine agricola è stata inizialmente disciplinata dalla legge regionale 37/93 con la quale gli effluenti di allevamento sono stati definitivamente riconosciuti non come un rifiuto da smaltire, ma come una risorsa da valorizzare.

A seguito dell'emanazione del D.L. 152/2006, del DM del MIPAF 7 aprile 2006, delle osservazioni pervenute dalla Commissione Europea, sono stati ridefiniti le zone vulnerabili (DGR n.11 ottobre 2006 n.VIII/3297) ed il piano d'azione (DGR2208/2011) per le aziende che ricadono in zona vulnerabili a livello regionale. L'art. 15 della legge regionale 18 aprile 2012 n. 7 "Misure per la crescita, lo sviluppo e l'occupazione" ha abrogato la legge regionale n. 37 del 15 dicembre 1993 sulla gestione agronomica degli effluenti di allevamento e l'art. 14 della prevede che quella normativa sia integralmente sostituita dalla d.g.r. 5868/07 per le aziende localizzate in zona non vulnerabile e dalla d.g.r. n. 2208/11 per le aziende localizzate in zona non vulnerabile. Annualmente sono emanati i divieti di distribuzione dei fertilizzanti azotati ai fini agronomici nella stagione autunno vernina.

Alla voce "argomenti" del sito della Direzione Generale Agricoltura, gli interessati trovano le informazioni aggiornate. Mentre si scrive questo report, Regione Lombardia ha avviato la procedura di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) del Programma d'Azione Nitrati 2016-2019 relativo alle zone vulnerabili ai nitrati. Nel periodo di monitoraggio MO.NA.CO., le norme regionali di riferimento sono state il DGR5868/2007e il DGR2208/2011.

Adempimenti amministrativi

Le aziende monitorate insistono per la maggior parte in zone designate vulnerabili dalla Regione Lombardia. Nel periodo di monitoraggio 2012-2014, si è provveduto ad aggiornato elettronicamente, tramite il sistema informativo regionale, la comunicazione Nitrati originariamente presentata nel 2008 e revisionata nel 2009. Sulla base dei DGR5868/2007 e DGR2208/2011, le aziende monitorate rientrano nel caso "azienda che

deve rispettare gli adempimenti amministrativi previsti dalla DGR 2208/2011 (aziende che ricadono in ZVN) o dall'allegato 2 della DGR 5868/2007 e s.m.i.” In base a detto DGR le imprese devono aver predisposto la Comunicazione Nitrati entro le scadenze fissate annualmente dalla DG Agricoltura, che definisce anche la procedura di presentazione. Questa comunicazione deve essere conservata presso l'azienda su supporto cartaceo. Le due aziende appartengono ad un'unica impresa, il CREA, che ha dimensioni tali da rientrare nelle classi dimensionali che sulla base del DGR 2208/2011 e della DGR 5868/2007 richiedono la presentazione di un POA/ PUA. Le comunicazioni contenenti il POA e il PUA sono state redatte da un dottore agronomo iscritto all'albo professionale e sottoscritte dal legale rappresentante dell'azienda.

Il costo medio attribuibile agli adempimenti amministrativi è stato di circa 600 €/anno/azienda ed è principalmente dovuto all'onorario del professionista che ha provveduto alla redazione del PUA, ha assistito l'impresa nell'adempiere agli impegni di comunicazione e ha fornito consulenza, informando i responsabili aziendali sugli aggiornamenti normativi. Una indagine informale e non sistematica presso altre aziende del territorio ha consentito di rilevare che il costo per adempiere agli obblighi di comunicazione può essere molto variabile in funzione delle caratteristiche dell'azienda (estensione, produzione, consistenza della mandria) e del tipo di consulente che assiste l'allevatore (libero professionista, associazione di categoria, cooperativa). Ad esempio, in alcuni casi il costo viene stimato sulla base della superficie aziendale, in altri sulla base del numero di animali in allevamento; alcune associazioni e liberi professionisti applicano un costo forfettario per la compilazione del PUA che è indipendente dalle caratteristiche dell'azienda; in questi casi si va da un minimo di 100 €/anno/azienda praticato da alcune associazioni a un massimo di 800 €/anno/azienda richiesto da alcuni professionisti. Vi è anche il caso di piccole cooperative di conferimento che offrono il servizio ai soci, calcolando un costo per il PUA di circa 0,05 euro per quintale di latte consegnato per anno e trattenendo il costo sulle fatture del latte da pagare.

Altro impegno amministrativo a carico dell'azienda è tenere un registro aziendale delle fertilizzazioni che deve essere aggiornato entro 10 giorni dalla distribuzione, registrando tipo e quantità di fertilizzante, identificazione dell'appezzamento, data dell'intervento. Del monitoraggio di questo impegno si tratta in un altro report.

Obblighi relativi allo stoccaggio degli effluenti dall'allevamento

In entrambe le aziende la capacità di stoccaggio dei letami è superiore ai minimi di legge (90 giorni).

Per quanto riguarda i liquami che sono la quota più consistente di effluenti, la capacità di stoccaggio dell'azienda Porcellasco, calcolata in rapporto alla consistenza dell'allevamento, è stata rilevata più che adeguata alle esigenze di una corretta utilizzazione agronomica.

In azienda Baroncina, nel periodo di monitoraggio, la capacità di stoccaggio dei liquami non era conforme a contenere i volumi mediamente prodotti in 120 gg come richiesto dalla norma; ciò ha reso necessario progettare e realizzare nuove strutture per lo stoccaggio completate nell'anno 2015; nel periodo di monitoraggio le copiose piogge occorse nei periodi invernali hanno contribuito in modo consistente al riempimento delle vasche di contenimento dei reflui animali; la capacità di stoccaggio pari a 581 m³ era sufficiente a contenere i reflui mediamente prodotti in 106 giorni; per soddisfare i requisiti di legge ed evitare rischi di tracimazione in caso di eventi meteorici particolarmente abbondanti era necessario raggiungere una capacità di stoccaggio pari a 657,80 m³. È stata costruita una nuova vasca di stoccaggio della capacità di circa 1000 m³ in previsione di imminenti variazioni nella gestione dell'azienda che renderanno necessaria una capacità superiore a quella necessaria attualmente.

Il costo complessivo di realizzazione nelle nuove vasche è stato di circa 50 €/m³. Il costo per la realizzazione dei 657,80 m³ di stoccaggio richiesti dalla norma può quindi essere stimato in 32.890 €, ma il mero costo dell'adeguamento in termini di capacità di stoccaggio va stimato in 3840 €.

Obblighi relativi al rispetto dei massimali previsti

La quantità di azoto totale apportato non deve superare le esigenze delle colture. L'apporto massimo di azoto utilizzabile per le singole colture non può, comunque, superare le quantità previste dalla tabella 1 dell'Allegato I bis della DGR 2208/2011 (Apporti massimi standard di azoto efficiente alle colture - MAS); la valutazione dell'integrazione azotata ammissibile con concimi di sintesi viene calcolata tenendo conto della quota di azoto "efficiente" dell'azoto totale distribuito con gli effluenti d'allevamento, (azoto al campo); l'efficienza delle distribuzioni varia in base alla natura e

specie dell'effluente, alle attrezzature di distribuzione, al terreno interessato, alla epoca ed alla coltura oggetto di distribuzione.

In ZVN la quantità di azoto derivante da effluenti da allevamento non può comunque superare i 170 Kg/ha/anno di azoto al campo, inteso come quantitativo medio aziendale.

Azienda Baroncina

La superficie coltivabile dell'azienda Baroncina insiste per la massima parte (34.04.57 ha) su area vulnerabile; il carico di bestiame e la produzione di latte sono considerevoli e producono una quantità di effluenti superiore a quanto utilizzabile sulla superficie aziendale, ma la possibilità di effettuare spandimenti su terreni vicini appartenenti alla stessa proprietà (CRA) e insistenti in area non vulnerabile permette all'azienda di raggiungere un valore massimo annuo di azoto zootecnico distribuibile pari a 14.634 kg; poiché la quantità da distribuire è stimato essere 9117 kg (6247 kg da liquame) l'azienda è conforme alla norma.

Inoltre, sui terreni dell'azienda può essere utilizzato sino ad un massimo di 10840 kg di N di fertilizzanti minerali.

Azienda Porcellasco

In Tabella 2, si riportano i valori massimi applicabili.

Tabella 2. Valori massimi di applicazione di N per l'azienda Porcellasco.

Categoria	Superfici Estensione (ha)	N max totale (kg)	Massimo standard di azoto efficiente
Totale azienda non vulnerabile	799,68	2718,91	
Totale vulnerabile	6846,72	11.639,42	
Totale aziendale	7646,40	14.358,33	17.374,72

Poiché la quantità totale di N zootecnico al campo calcolato sulla base dei dati tabulari è pari 9470,40 kg anno l'azienda è ampiamente conforme alla norma; inoltre vi è la possibilità di distribuire 12.754,51 kg di azoto da fertilizzante minerale.

Divieti relativi all'utilizzazione degli effluenti (spaziali e temporali)

Nel periodo di monitoraggio i divieti temporali per la utilizzazione degli effluenti sono stati quelli riportate in Tabella 3.

Tabella 3. Limiti temporali allo spandimento per le aziende lombarde nel periodo di monitoraggio.

Tipo di fertilizzante azotato e destinazione	Periodo di divieto
1) letame proveniente da allevamenti di bovini, bufalini, ovicapri ed equidi con contenuto di sostanza secca pari ad almeno 20% utilizzato su prati permanenti e/o avvicendati	15 dicembre 2011-15 gennaio 2012 15 dicembre 2012-15 gennaio 2013 15 dicembre 2013-15 gennaio 2014
2) letame e materiale assimilato (diversi dalle casistiche previste al punto 1), liquami, fanghi, fertilizzanti azotati diversi dagli effluenti di allevamento e acque reflue utilizzati in terreni con prati, cereali autunno vernini, colture ortive, arboree con inerbimenti permanenti o con residui colturali ed in preparazione della semina primaverile anticipata.	14 novembre 2011-11 febbraio 2012 19 novembre 2012 -16 febbraio 2013 25 novembre 2013 -22 febbraio 2014

Inoltre non sono stati effettuati spandimenti nei giorni di pioggia e nei giorni immediatamente successivi al fine di evitare il percolamento in falda ed il costipamento del terreno; come già esposto, questi limiti temporali associati alle limitate capacità di stoccaggio hanno creato situazioni di rischio e portato il sistema di gestione degli effluenti a momenti di forte criticità che sono stati superati aumentando la capacità di stoccaggio.

Le operazioni di spandimento sono state eseguite nel rispetto delle limitazioni spaziali indicati dalle norme e, specificatamente, non:

- a meno di 10 m di distanza dai corpi idrici superficiali;
- sulle superfici non interessate dall'attività agricola;
- sui terreni gelati o innevati;
- su colture foraggere nelle tre settimane precedenti lo sfalcio del foraggio.

Bilancio aziendale dell'azoto

In Tabella 4 si riporta la consistenza dell'allevamento rilevata nel periodo di monitoraggio in azienda Baroncina. La variabilità tra gli anni è minima, di conseguenza la variabilità dei valori di azoto al campo stimata risulta ugualmente scarsa; se ne deduce che quando non vi siano importanti variazioni di gestione può essere utilizzato un valore medio di più anni.

Il valore totale di fabbisogni e relativi apporti di azoto è 8404, 2 kg/anno; le asportazioni sono stimate in 10603 kg/anno, pertanto il bilancio risulta negativo come era da attendersi dal momento che il piano di concimazione è disegnato in conformità alla norma. Gli apporti sono stati calcolati come da Tabella 5. Anche per l'azienda Porcellasco, il bilancio aziendale tra apporti e asportazioni è risultato conforme. In Tabella 6. Si riporta la consistenza media allevamento rilevata nel periodo di monitoraggio e in Tabella 7 la corrispondente produzione aziendale di azoto da effluenti.

Tabella 4. Consistenza dell'allevamento rilevata nel periodo di monitoraggio in azienda Baroncina.

Categorie		Stabulazione	p.v. (t)	N escreto (kgN/anno)
	Consistenza al 31/12/2011			
Vitelli <6 mesi	17	Lettiera con paglia	1,70	204
Vitelli 6-12 mesi	18	Lettiera con paglia	3,96	475
Femmine da 1 a 2 anni	32	Lettiera con paglia solo area di riposo	13,6	1632
Vacche in lattazione	58	Senza lettiera	34,80	4802
Totale				7114
	Consistenza al 31/12/2012			
Vitelli <6 mesi	20	Lettiera con paglia	2,00	240
Vitelli 6-12 mesi	10	Lettiera con paglia	2,20	264
Femmine da 1 a 2 anni	37	Lettiera solo area di riposo	15,70	1887
Vacche in lattazione	59	Senza lettiera	35,40	4885
Totale				7276
	Consistenza al 31/12/2013			
Vitelli <6 mesi	26	Lettiera con paglia	2,60	312
Vitelli 6-12 mesi	7	Lettiera con paglia	1,54	185
Femmine da 1 a 2 anni	38	Lettiera solo area di riposo	16,20	1938
Vacche in lattazione	59	Senza lettiera	35,40	4885
Totale				7320

Tabella 5. Calcolo dei fabbisogni colturali.

	ha	Nc (kgN/ha/ anno)	Nf (kgN/ha/ /anno)	s.o. (%)	Ans (kgN/ha /anno)	Ana (kgN/ha /anno)	Fert. organiche (kgN/ anno)	Fert chimiche (kg urea)	Fc (kg/ha/ anno)	Kc	Fo (kgN/ha/ anno)	Ko	Fabbisogno di N delle colture (kgN/ha/ anno)	Totale apporti per fabbisogni (kgN/ anno)
Erba medica	9,308	80	32,92	1,60	0	30							142,9	1330,3
Prato avvicendato	8,95	40	32,92	1,60	0	30	2273,8				254,1	0,45	217,2	1944,3
Prato Stabile	6,086	60	32,92	1,60	0	30	1546,2				254,1	0,45	237,2	1443,9
Loietto	6,444	0			0								0,0	
Mais	13,604	0	32,92	1,60	48	30	3456,1	600	44,1	0,46	254,1	0,55	270,9	3685,8
Totale							7276,1						868,3	8404,2

Tabella 6. Consistenza media nell'azienda Porcellasco allevamento nel periodo di monitoraggio.

Categoria	Numero capi	UB
Vitelli di 0 - 6 mesi	20	8
Vitelli da 6 - 12 mesi	14	8,4
Vacche da latte	86	86
Femmine da 1 a 2 anni, da allevamento	20	12
Femmine da 2 anni e più, da allevamento	10	10

Tabella 7. Totale annuo reflui aziendali.

Refluo liquido (non palabile)				Refluo solido (palabile) compostato			
Quantità (m³)	Unità fertilizzante N (kg)	Unità fertilizzante P2O5 (kg)	Unità fertilizzante K20	Quantità, (m³)	Unità fertilizzante N (kg)	Unità fertilizzante P2O5 (kg)	Unità fertilizzante K20 (kg)
2905,62	8320,46	4722,81	7593,05	476,55	1149,94	900,41	1446,81

Tabella 8. Piano colturale azienda Porcellasco.

Coltura	Superficie, ha
Festuca	11.01.01
Erba medica	18.22.00
Erbaio di graminacee	1.07.70
Erbaio misto	11.29.00
Orzo	12.18.00
Mais da granella	3.66.00
Mais ceroso	20.20.20

Stima azoto al campo

Peso vivo

Il peso vivo medio di 65 bovine in lattazione (33 primipare e 28 pluripare) pesate nell'allevamento dell'azienda Porcellasco è risultato pari a 630, 25 kg (d.s.=68,81).

Azienda Baroncina

Le analisi a campione della razione hanno evidenziato un contenuto proteico elevato (16,2-17,5% ss); vi è margine per una riduzione del contenuto di N nelle razioni ed un miglioramento dell'efficienza di utilizzazione dell'N.

L'andamento dei valori stimati di azoto al campo dalle vacche in lattazione e dei parametri utilizzati per la stima nel periodo di monitoraggio sono riportati in Grafico 1.

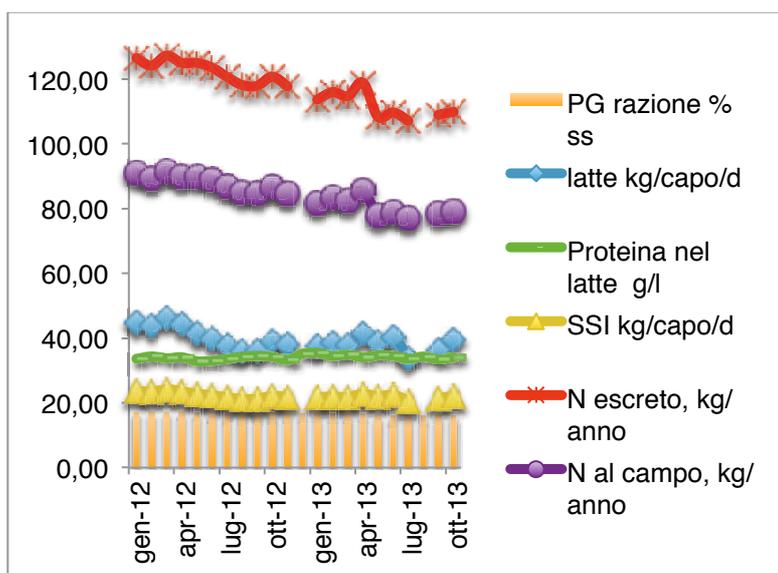


Grafico 1. Bilancio azoto e azoto al campo da vacche in lattazione.

Il valore medio di azoto al campo e la sua deviazione standard sono risultati essere 88,00 e 4,74 kg/capo/anno. La media di escrezione calcolata è un valore molto vicino al valore medio indicato nella tabella C1 dell'allegato 3 del decreto regionale; dal confronto con la stessa tabella si deduce un maggiore livello di efficienza di trasformazione dell'azoto; infatti, un paragonabile livello di escrezione è stato ottenuto con maggiori

ingestione di N (maggiore contenuto di proteina nella dieta e maggiore livello di ingestione) bilanciata però da una maggiore produzione di latte con un buon contenuto di proteina.

Infatti, l'efficienza grezza media di utilizzazione dell'azoto misurata come $N_{latte}/N_{ingerito}$ risulta 0,33, quindi maggiore di quelle desunte dalla tabella C1 che variano tra 0,26 (1° quartile) a 0,28 (4° quartile) con un valore medio di 0,27. Il valore medio ottenuto dall'equazione che stima l'azoto escreto in funzione del solo valore produttivo è 97,3 (d.s.=2,0) kg/capo/anno; tale valore collocherebbe l'azienda nel IV quartile della popolazione rappresentata nella tabella C1 ed evidenzia che la sola produzione, se non si considera con quale efficienza è stata ottenuta, non è un buon indicatore dell'emissione di azoto. L'equazione che stima l'azoto escreto in funzione del MUN produce un dato medio di 78,0 (d.s. = 4,8) kg/capo/anno; rispetto al precedente, l'equazione fornisce, quindi, valori più vicini a quelli ottenuto con il metodo del bilancio ed è in grado di calcolare, almeno in parte, la variabilità dovuta a diversa efficienza di utilizzazione della proteina alimentare; d'altra parte non tiene conto dei livelli assoluti di N ingerito e di produzione, pertanto potrebbe sottostimare, in alcune condizioni, le emissioni azotate. Il range di MUN che ci si aspetta in normali condizioni di allevamento con vacche alimentate seguendo le raccomandazioni NRC è 10-16 mg/dl, il valore medio riscontrato nel monitoraggio è 11,32 mg/dl.

Azienda Porcellasco

Il valore medio di escrezione è risultato pari a 73,17 (d.s.=7,01) kg/capo/anno con una efficienza media di 0,30.

Composizione liquame bovino

La composizione chimica liquame prelevato dalla vasca di stoccaggio in azienda Baroncina è riportato in Tabella 9. Il primo campionamento è stato fatto prelevando liquame dalla superficie della vasca di stoccaggio; al momento del prelievo, sulla superficie si era formato uno strato più solido (cappello); l'analisi dei due campioni, strato superficiale e massa sottostante hanno evidenziato una notevole diversità in s.s., N totale, N ammoniacale. Successivamente, è stato possibile campionare il liquame direttamente dallo scarico della vasca.

Tabella 9. Composizione chimica dei liquami campionati in azienda Baroncina.

Parametri	20 settembre 2013 (cappello)	20 settembre 2013	16 giugno 2014	23 giugno 2014	2 luglio 2014	7 luglio 2014	23 luglio 2014	Media	C.V. (%)
Sostanza secca (s.s.) (g/100g)	12,76	1,62	2,05	5,83	2,63	3,87	3,26	3,528	41,28
Azoto (g/kg tq)	3,50	1,87	1,04	2,42	1,32	1,83	1,59	1,64	32,11
Azoto (g/kg ss)	27,40	115,53	50,81	41,49	50,21	47,34	48,71	47,712	7,82
Fosforo (mg/kg t.q.)	676,00	155,00	141,00	352,00	139,00	169,00	192,00	206	61,49
Fosforo (mg/kg s.s.)	5298,43	9575,59	6888,13	6034,32	5287,58	4371,44	5882,53	5692,8	16,41
Potassio (mg/kg t.q.)	1181,00	1487,00	993,00	2030,00	1188,00	1742,00	1409,00	1472,4	28,38
Potassio (mg/kg s.s.)	9256,57	91863,80	48510,00	34800,20	45191,70	45059,50	43169,20	6,12	11,88
Azoto ammoniacale (g/kg t.q.)	0,69	0,83	0,57	1,16	0,75	1,00	0,82	0,86	26,48
Azoto ammoniacale (g/kg s.s.)	5,41	51,28	27,85	19,89	28,53	25,87	25,12	25,45	13,39

Discussione e prospettive

Il monitoraggio ha evidenziato che il maggiore limite in termini tecnici, gestionali ed economici è derivato dai divieti temporali relativi all'utilizzazione degli effluenti; in una delle due aziende essi hanno comportato la necessità di ampliare le vasche di stoccaggio nel periodo di spandimento, mentre l'altra azienda non ha sostenuto tale costo nel periodo di monitoraggio in quanto aveva adeguato le strutture in un periodo precedente.

Inoltre, dal monitoraggio emerge che la norma non necessariamente induce a comportamenti virtuosi; ad esempio la quantità di azoto al campo per redigere il PUA viene stimata a partire dall'escrezione azotata a livello animale, a sua volta calcolata tramite l'utilizzo di valori tabulati in funzione della specie, della categoria e, in qualche caso, del tipo di stabulazione. Tali valori corrispondono a quelli riscontrati con maggiore frequenza a seguito di misure dirette effettuate in numerosi allevamenti appartenenti ad una vasta gamma di casi quanto a indirizzo produttivo e a tipologia di stabulazione, ma sono necessariamente valori medi utili alla semplificazione della applicazione delle norme specialmente in una prima fase attuativa che non premiando gli allevatori più efficienti non promuovono quel processo migliorativo che, nel tempo, potrebbe effettivamente conciliare produttività e rispetto per l'ambiente.

In realtà la norma stessa prevede che le singole aziende possano dimostrare un'escrezione diversa da quella tabulata; al momento questa possibilità sembra ancora di limitata attuazione anche se si va diffondendo la convinzione che sia da promuovere e facilitare. La possibilità di utilizzare, dimostrandoli, dati specifici della propria realtà anziché i dati tabulari riscuoterà probabilmente più successo quando tecnici ed allevatori saranno sufficientemente fiduciosi e convinti di saper gestire gli allevamenti con tecniche e pratiche buone per ridurre le emissioni di nutrienti. Ad esempio il rapporto tra ingestione di azoto e sua escrezione nelle vacche da latte è ben documentato ed evidenzia che:

- all'aumentare della produttività, aumenta l'efficienza di utilizzazione dell'azoto grazie alla diluizione della quota spesa per il mantenimento;
- a parità di produzione una maggiore ingestione di azoto risulta sempre in una significativa maggiore escrezione di azoto nelle deiezioni.

La digestione influenza il contenuto di N nelle feci, il metabolismo influenza l'azoto urinario. La composizione della razione (il tipo e le quantità di alimenti somministrati

giornalmente) e la sua forma fisica influenzano sia la digestione, sia il metabolismo dell'N. L'incremento di produzione fa aumentare l'ingestione e l'escrezione urinaria ma anche l'efficienza di utilizzazione. L'efficienza di conversione in latte può variare tra il 21 ed il 43% ciò significa che dal 57% al 79% dell'azoto ingerito può ritrovarsi nelle deiezioni. Nei ruminanti, l'efficienza di utilizzazione dell'azoto alimentare è funzione delle efficienze di utilizzazione nel rumine e di utilizzazione degli aminoacidi assorbiti a livello intestinale. L'eccesso di N escreto nei bovini da latte quindi può derivare:

- dall'apporto di N degradabile in eccesso rispetto ai fabbisogni dei microrganismi ruminali;
- dallo sbilanciamento nella copertura aminoacidica dei fabbisogni degli animali.

In entrambi i casi l'eccesso di N viene catabolizzato ad urea che diffonde nell'organismo e viene escreta nell'urina. L'urea costituisce dal 10 all'80% dell'azoto urinario. Tutte le strategie alimentari e nutrizionali che favoriscono l'efficienza dell'utilizzazione dell'azoto a livello ruminale e post ruminale sono utili a ridurre la quantità di azoto nelle deiezioni e prima di tutto è utile sopperire in modo preciso e non ridondante ai fabbisogni degli animali. È stato calcolato (van Horn, 1991) che una riduzione dell'1,5% della PG della dieta permette una riduzione dell'escrezione azotata pari al 10-15%. I più recenti programmi di razionamento consentono di valutare l'apporto aminoacidico e di energia fermentescibile così da poter ridurre il contenuto proteico della dieta senza ridurre la sintesi microbica e consentire in tal modo la disponibilità di proteina a livello intestinale. Le perdite di azoto derivanti dalla degradazione ruminale della proteina alimentare possono essere ridotte ottimizzando la dieta favorendo la produzione di proteine microbiche che sono efficacemente utilizzate a livello intestinale.

Le analisi dei liquami sono poco praticate come strumento gestionale perché vi è una diffusa convinzione che stimare valori di escrezione o fare altre valutazioni tecniche basandosi su misure e analisi chimiche degli effluenti in azienda produca risultati poco preciso a causa delle difficoltà di stimare i volumi stoccati e di ottenere campioni sufficientemente rappresentativi.

Un limite al diffondersi dell'analisi dei liquami è anche il costo elevato. Nuove prospettive si aprono con l'affinamento di metodiche rapide e meno costose; in particolare, sembra promettente la stima mediante spettroscopia NIR (Cabassi *et al.*, 2015; Finzi *et al.*, 2015). Il contenuto in sostanza secca, carbonio organico, azoto Kjeldhal, azoto ammoniacale possono essere stimati direttamente in funzione del loro assorbimento nella

regione del vicino infrarosso; altri costituenti, quali P e ceneri che presentano scarso assorbimento in questa regione possono ugualmente essere ben stimati perché altamente correlati agli altri nutrienti (Cabassi *et al.*, 2015).

È prevedibile che con il miglioramento delle tecniche analitiche e di campionamento si diffonda la pratica di utilizzare il dato analitico anziché il dato tabulare per la redazione del PUA e che il controllo periodico della composizione del liquame effettivamente in uso possa migliorare la precisione delle concimazioni.

Contributi

Marisanna Speroni ha collaborato alla redazione del progetto, ha definito il protocollo di monitoraggio, ha provveduto alla elaborazione dei dati e alla redazione del report.

Sara Carè, Roberto Fuccella hanno collaborato alla raccolta dei campioni biologici e alla raccolta ed elaborazione dei dati aziendali.

Antonio Bruni, Maurizio Capelletti, Gianluca Brusa, Luigi Degano, responsabili delle aziende sperimentali, hanno reso disponibili i dati aziendali.

Lamberto Borrelli, Giovanni Cabassi hanno collaborato alla redazione del progetto e del report.

Paolo Bazzoffi ha coordinato il progetto.

Bibliografia

Borrelli L, Tomasoni C, 2005. Nota sulle caratteristiche pedo-climatiche dell'azienda dell'Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere di Lodi. ISCF 9:43-49.

Cabassi G, Cavalli D, Fuccella R, Gallina PM, 2015 Evaluation of four NIR spectrometers in the analysis of cattle slurry. Biosyst. Eng. 133:1-13.

Castillo AR, Kebreab E, Beaver DE, France J, 2000. A review of efficiency of nitrogen utilization in lactating dairy cows and its effect with environmental pollution. J. Anim. Feed Sci. 9:1-32.

- De Roest K, Speroni M, 2005. Il bilancio dell'azoto negli allevamenti da latte. *Agricoltura* pp. 112-114.
- European Commission-Directorate General XI, 1999. Establishment of criteria for the assessment of the nitrogen content of animal manures. Phase II.
- Finzi A, Oberti R, Negri AS, Perazzolo F, Cocolo G G, Tambone F, Cabassi G, Provolo 2015. Effects of measurement technique and sample preparation on NIR spectroscopy analysis of livestock slurry and digestates. *Biosyst. Eng.* 134: 42-54.
- Higgs RJ1, Chase LE, Van Amburgh ME, 2012. Development and evaluation of equations in the Cornell Net Carbohydrate and Protein System to predict nitrogen excretion in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 95:2004-2014.
- Jonker JS, Kohn RA, Erdman RA, 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:2681-2692.
- Kauffman AJ, St-Pierre NR, 2001. The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 84:2284-2294.
- Nennich TD, Harrison JH, VanWieringen LM, Meyer D, Heinrichs AJ, Weiss WP, St-Pierre NR, Kincaid RL, Davidson DL, Block E, 2005. Prediction of manure and nutrient excretion from dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 88:3721-3733.
- OECD, 2006. *Water and agriculture: sustainability, markets and policies*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- OECD, 2012. *Water quality and agriculture: meeting the policy challenge*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- Speroni M, 2006. Eco-compatibilità delle aziende zootecniche da latte. In: *Modelli per sistemi produttivi in agricoltura*. Progetto Sipeaa, CRA-ISCI, pag. 177-209.
- Rossi A, De Roest K, Sardi L, Mordenti AL, Speroni M, Della Casa G, 2005. Quanto azoto assunto con la razione finisce nelle feci e nell'aria. *Inform. Agr.* 31:47-49.
- Van Horn HH, 1991. Managing dairy manure resources to avoid environmental pollution. *J Dairy Sci* 77:2008-1994.
- Zhai SW, Liu JX, Ma Y, 2005. Relation between milk urea content and nitrogen excretion from lactating cows. *Acta Agr. Scand. A-An.* 55:113-115.