

Aspetti ambientali ed agronomici dell'impiego delle acque reflue

Enrico Bonari, Laura Ercoli, Nicola Silvestri

1. CONSIDERAZIONI GENERALI

Una valutazione delle eventuali conseguenze ambientali del comportamento umano, qualunque sia il settore di applicazione considerato, comporta la definizione e l'analisi delle singole componenti che ne caratterizzano il meccanismo di diffusione e cioè la sorgente, la via critica ed il bersaglio (Bacci et al., 1989).

La sorgente va identificata nella fonte (puntiforme o diffusa) di emissione dell'impatto che è costituita da un agente inquinante, piuttosto che da un disturbo arrecato all'armonia del paesaggio, e risulta definita dal tipo e dall'intensità che ne caratterizza l'azione.

La via critica è costituita invece dall'insieme dei meccanismi di trasferimento o di diffusione che permettono all'inquinante di raggiungere il bersaglio; la sua criticità dipende dunque dalla capacità da questa dimostrata di effettuare il trasporto o di trasmettere il disturbo e/o dal verificarsi, durante il percorso, di eventuali processi di trasformazione (detossificazione, alterazioni chimiche, temporaneità delle conseguenze, ecc.) che di fatto possono determinare un'attenuazione degli effetti indesiderati.

Il bersaglio, infine, è rappresentato dal comparto ambientale che costituisce il recettore (ultimo od intermedio) dell'impatto stesso e che si dimostra vulnerabile al disturbo arrecato, subendo una degradazione più o meno sensibile del proprio stato ed una conseguente limitazione e/o scadimento delle potenzialità d'uso.

Un'accurata definizione delle tre componenti appena descritte rappresenta dunque un presupposto indispensabile per impostare correttamente il problema dell'analisi di impatto ambientale; risulterebbe infatti poco significativo tentare di procedere attraverso un approccio generalista ed onnicomprensivo, in quanto la molteplicità delle variabili in gioco non permetterebbe di giungere a conclusioni di utilità pratica per la gestione e la programmazione territoriale di un comprensorio.

L'analisi dei rischi ambientali derivanti dall'impiego delle acque reflue in agricoltura comporta, rispetto ad altri studi rivolti all'analisi di fonti di inquinamento puntiforme, considerevoli difficoltà di tipo analitico e metodologico. Innanzitutto risulta molto difficile, come verrà discusso più in dettaglio nei capitoli successivi, determinare con precisione la natura e spesso anche la consistenza delle acque prodotte, sia perché le fonti risultano largamente diffuse sul territorio, sia perché ogni singolo impianto in grado di produrre reflui può compiere, relativamente ai processi tecnologici coinvolti, scelte anche molto diverse riguardo all'impiego di macchinari, cicli di produzione, quantità e qualità dei materiali di partenza, ecc. Inoltre, in alcuni casi i fenomeni di interesse (come ad esempio l'arricchimento in nutrienti di un corpo idrico o l'incremento della salinità di un terreno) hanno semplicemente l'effetto di accentuare l'intensità di fenomeni naturali, costringendo a quantificare la sola quota aggiuntiva imputabile all'impiego dei reflui.

A ciò si devono poi aggiungere due ulteriori importanti considerazioni di ordine generale; per prima cosa gli eventuali episodi di inquinamento ambientale legati al riuso di acque reflue, una volta definitone l'impiego in termini di dose, epoca e modalità di distribuzione, risultano sostanzialmente modulati dalle caratteristiche ambientali di uno specifico comprensorio (regime pluviometrico, caratteristiche pedologiche, altezza della falda sotterranea, ecc.) che spesso sfuggono ai tentativi di controllo e/o mitigazione da parte dell'uomo. In secondo luogo, nella maggior parte dei casi, la responsabilità dei processi di alterazione ambientale va ripartita fra una pluralità di soggetti, ciascuno dei quali contribuisce in maniera trascurabile a determinare la consistenza finale assunta dal fenomeno, rendendo arduo ogni tentativo di controllo e/o di regolamentazione.

Per quanto sopra, accade spesso che, qualunque valutazione si intenda proporre a tale riguardo, questa debba essere intesa in senso relativo piuttosto che assoluto. Relativo innanzitutto rispetto alle "condizioni al contorno" cioè alle caratteristiche agro-pedo-climatiche del comprensorio considerato che, dimostrandosi in grado di influenzare la dinamica e l'entità dei fenomeni considerati, definiscono il livello di vulnerabilità attribuibile ad un particolare comprensorio; secondariamente, in senso relativo nei confronti dei possibili vantaggi agronomici derivanti dall'utilizzo degli effluenti in agricoltura rispetto ad altre strategie di reimpiego o smaltimento.

In ogni caso, i principali problemi di compatibilità ambientale ed agronomica connessi con l'utilizzo di reflui possono essere fondamentalmente ricondotti alla possibile dispersione ambientale di macro e micronutrienti, all'accumulo di metalli pesanti o di altri elementi estranei al metabolismo vegetale, alla contaminazione dovuta al veicolamento di batteri patogeni o comunque di microrganismi non facenti parte della microfauna e microflora "normale" di un terreno agrario e quindi, più in generale, a qualunque disturbo in grado di provocare un'alterazione ed un deterioramento delle funzionalità del comparto suolo, traducibili direttamente o indirettamente in un decremento della sua fertilità.

Su questi presupposti è stato condotto lo studio delle conseguenze agronomiche ed ambientali legate all'impiego delle acque reflue in agricoltura, che comunque non ha la pretesa di trattare in maniera esaustiva e sistematica l'intero argomento, data l'impossibilità di poter considerare in assoluto ogni possibile fonte di impatto ed ogni effetto, vero o presunto, sullo stato dell'agroecosistema, ma tentando di circoscrivere per prima cosa la natura e l'entità dei carichi distribuiti e quindi di stabilire le condizioni naturali ed agronomiche in grado di accentuare i rischi o viceversa di attenuare le preoccupazioni riguardanti la riutilizzazione delle acque nei campi coltivati. Ciò significa, per rimanere fedeli all'approccio metodologico proposto in precedenza, caratterizzare le sorgenti d'impatto (cioè i carichi e la composizione delle acque reflue), definire le condizioni che possono rendere più critica l'azione dei vettori ed infine individuare i possibili bersagli loro associabili.

D'altra parte non si deve dimenticare che l'utilizzazione agronomica dei reflui depurati o provenienti direttamente dall'industria agroalimentare su terreno coltivato costituisce la sola possibile e ragionevole alternativa per il recupero ed il riciclo degli elementi in esse contenuti. Il terreno costituisce infatti l'unico vero filtro dell'intero pianeta proprio in relazione all'intensa attività fisico-chimica e microbica che vi si svolge e che il corretto svolgimento di un'adeguata attività agricola può contribuire non poco ad esaltare.

Lo sfruttamento delle sostanze utili ancora presenti nelle acque reflue come i nutrienti ed il carico di sostanza organica, oltre all'apporto idrico, che in alcune circostanze può risultare tutt'altro che trascurabile, costituiscono infatti una ricchezza sfruttabile in senso agronomico. L'utilizzo in agricoltura degli effluenti agro-industriali e civili può consentire dunque un'effettiva valorizzazione di sottoprodotti altrimenti smaltibili con difficoltà, contribuendo ad evitarne usi "selvaggi" che possono risultare estremamente pericolosi da un punto di vista ambientale.

Sono al riguardo indispensabili, però, criteri chiari per ottenere dal loro reimpiego il maggior vantaggio agronomico ed il minor rischio possibile di alterazione dell'agroecosistema, lasciando come sempre agli agricoltori il compito di adattare alle specifiche condizioni della propria azienda quegli orientamenti tecnici validi in senso generale ed utili ad ispirarne il comportamento. L'impiego di acque reflue in quantità eccessive e secondo modalità scorrette (su terreni, in epoche e con tecniche non idonei) può causare infatti una serie di inconvenienti, quali ad es. la degradazione della struttura del terreno, l'aumento della salinità, la modifica della biocenosi tellurica, tali da ribaltare il giudizio positivo sull'adozione di tali pratiche.

L'utilizzazione agronomica degli effluenti richiede quindi una adeguata conoscenza delle condizioni climatiche, pedologiche e colturali del territorio, oltre che, naturalmente, delle caratteristiche stesse del refluo. Fattori come la piovosità e la temperatura, la tessitura e la porosità del terreno, gli avvicendamenti e le tecniche

di lavorazione adottate, costituiscono infatti elementi fondamentali per poter definire razionalmente le corrette modalità di utilizzazione degli effluenti e per poter segnalare le eventuali controindicazioni necessarie, in relazione alla specifica composizione del refluo.

2. IL CLIMA

Il clima può esercitare la sua influenza sulla utilizzazione agronomica dei reflui attraverso numerosi fattori, essendo in grado di condizionare sia il comportamento delle piante che l'evoluzione di svariate caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del terreno. Volendo però limitare l'analisi agli aspetti più direttamente connessi con l'impiego agronomico degli effluenti agro-industriali e civili, si può fare riferimento a due aspetti fondamentali: il regime termico e quello pluviometrico.

I valori di temperatura modulano infatti la velocità di tutte le reazioni chimiche nel terreno e possono quindi accelerare o rallentare i ritmi di degradazione dei composti organici apportati, determinando i tempi di permanenza, e di successiva utilizzazione da parte delle colture, dei prodotti della mineralizzazione della frazione organica. A questo riguardo dunque valori termici più elevati assicurano un più rapido ripristino delle condizioni presenti prima dell'apporto delle acque reflue ed una più pronta trasformazione dei composti di partenza.

Molto più ridotta è invece l'influenza che la temperatura può esercitare sulla dinamica degli elementi minerali eventualmente apportati attraverso la somministrazione degli effluenti sui campi coltivati. In molti casi, infatti, l'inerzia biologica di tali materiali fa sì che il loro destino sia legato soprattutto a processi fisici di movimento o di lento assorbimento da parte delle colture. In questo modo il regime termico è in grado di influenzare solo in maniera indiretta la dinamica di questi fenomeni, la cui evoluzione appare condizionata da fattori più complessi e numerosi.

Per quanto riguarda invece l'andamento delle precipitazioni è necessario premettere che il regime delle piogge, inducendo condizioni di deficit o di surplus idrico nel terreno, può determinare la prevalente direzione di spostamento dei reflui distribuiti: verticale (percolazione) od orizzontale (ruscellamento). Naturalmente altri fattori sono in grado di modificare significativamente il movimento dell'acqua, come l'intensità di pioggia, la velocità di infiltrazione nel terreno, il sistema dei pori del suolo (inteso sia come consistenza complessiva che come forma, dimensioni, orientamento e interconnessioni), i valori delle costanti idrologiche, ecc., ma la quantità e la distribuzione delle precipitazioni costituiscono senz'altro, a livello macroscopico, il primo fattore da tenere in considerazione per la previsione del destino ambientale delle acque reflue e delle sostanze in esse contenute.

Nell'attraversare il suolo l'acqua di percolazione, infatti, provoca la lisciviazione ed il trasporto dei sali solubili, come ad esempio i nitrati. La lisciviazione dei nitrati rappresenta una perdita sia dal punto di vista nutrizionale, sia da quello economico, per il costo che deriva dall'impiego di una maggiore quantità di fertilizzanti azotati. Il dilavamento dell'azoto dal terreno, inoltre, può causare inquinamento delle acque di falda superficiali e profonde e, conseguentemente, dei pozzi di acque potabili con effetti negativi sulla salute dell'uomo e degli animali (ad esempio la metaemoglobinemia, che riduce la capacità del sangue di trasportare ossigeno o la formazione di nitrosammine cancerogene).

Oltre allo ione nitrico, tutte le basi di scambio e anche molti composti organici di piccole dimensioni sono solubili in acqua e possono quindi andare incontro agli stessi fenomeni di dispersione ambientale.

I maggiori rischi di lisciviazione si verificano nei periodi in cui le precipitazioni sono massime e l'evapotraspirazione e l'assorbimento di nutrienti da parte delle piante sono minimi, e cioè in primavera (quando le colture a ciclo primaverile-estivo si trovano ai primi stadi di sviluppo) ed in autunno-inverno (quando le temperature sono basse e le piante entrano in stasi vegetativa). Problemi minori si verificano invece in corrispondenza di climi meno piovosi e più caldi a causa della minore quantità di acqua di infiltrazione prodotta e delle condizioni termiche più miti che permettono l'accrescimento delle piante anche durante il periodo autunno-invernale.

Quando invece l'intensità di pioggia supera la velocità di infiltrazione dell'acqua nel terreno oppure quando le precipitazioni cadono su un terreno che si trovi in condizioni di saturazione idrica, si origina un deflusso superficiale dell'acqua che si muove orizzontalmente rispetto al piano di campagna. Anche in questo caso si verificano i fenomeni di solubilizzazione e di trasporto delle sostanze idrofile, ma lo spostamento può interessare anche le particelle terrose più piccole e le molecole adsorbite, a causa del trascinarsi meccanico che si genera. I bersagli più probabili dell'impatto sono, in questo caso, i corpi d'acqua superficiali che finiscono per raccogliere la maggior parte dei deflussi originatisi sui terreni agrari.

Infine l'andamento pluviometrico, condizionando il regime di umidità dei suoli, può influenzare la velocità di mineralizzazione della sostanza organica nel terreno e quindi determinare un tempo di permanenza maggiore o minore delle sostanze apportate sul campo attraverso la distribuzione dei reflui.

3. IL TERRENO

Il tipo di terreno può influire sul destino ambientale delle acque reflue soprattutto in relazione al tasso di mineralizzazione della sostanza organica in esso contenuta ed alla sua drenabilità, cioè alla facilità con cui si lascia attraversare dalle acque di

infiltrazione, a sua volta dipendente dalla porosità e dalla capacità idrica.

Le caratteristiche del terreno che più delle altre possono modulare le proprietà sopra ricordate sono senz'altro la tessitura e la struttura. La prima rappresenta la composizione della parte solida del terreno espressa in funzione del suo contenuto percentuale relativo in peso delle particelle elementari che lo compongono, classificate in categorie convenzionali di grandezza (sabbia, limo e argilla), mentre la seconda descrive la conformazione spaziale e la modalità con cui tali particelle elementari risultano associate fra loro.

Ad esempio, un terreno argilloso ben strutturato e senza crepacciature risulta più compatibile con la distribuzione di reflui di un terreno sabbioso, poiché in quest'ultimo la velocità di infiltrazione è maggiore e la capacità di ritenzione idrica è minore; in presenza di scheletro, invece, si creano percorsi preferenziali per la percolazione dell'acqua, per cui i terreni che ne abbondano sono tra i meno adatti alla distribuzione degli effluenti. In un terreno limoso o argilloso mal strutturato, infine, si può ridurre l'efficienza di utilizzazione del refluo a causa della maggiore suscettibilità al ruscellamento, dovuta sia alla facilità di formare strati compatti superficiali (crosta), che di andare incontro alla completa saturazione idrica dei primi strati di terreno.

In maggior dettaglio, le caratteristiche essenziali del terreno da considerare attentamente, al fine di valutarne la maggiore o minore idoneità allo spargimento degli effluenti, sono:

- la situazione topografica (pendenza, omogeneità del pendio, ecc.);
- il profilo: spessore, permeabilità e profondità che influenzano la velocità di infiltrazione e la conducibilità idrica;
- la tessitura, la struttura e le proprietà idrologiche: velocità di infiltrazione, capacità di campo, punto di appassimento che condizionano la capacità di trattenta idrica, la dinamica dell'acqua nel terreno e la disponibilità di questa per le colture;
- il pH e l'rH;
- il contenuto di sali e la loro composizione, la percentuale di sodio scambiabile (ESP);
- la capacità di scambio cationico ed anionico, il contenuto di sostanza organica, che condizionano il comportamento degli elementi e dei composti chimici nel terreno (es. immobilizzazione, lisciviazione).

Tra le caratteristiche sicuramente sfavorevoli del terreno che impongono pesanti vincoli all'ipotesi di spargimento citiamo:

- la pendenza eccessiva;
- la permeabilità troppo debole o troppo accentuata;
- la reazione anomala (soprattutto per eccesso di carbonato di sodio);
- la debole capacità di adsorbimento ionico;
- l'insufficiente profondità.

In corrispondenza di una o più di queste caratteristiche dovranno quindi essere adottate limitazioni più restrittive rispetto a quelle generali, oltre ad accorgimenti specifici e ad un monitoraggio particolarmente attento dei fenomeni di interesse, che può condurre anche al divieto assoluto di procedere alla distribuzione degli effluenti.

A puro titolo esemplificativo, si riportano di seguito le indicazioni proposte da alcune regioni italiane, in ottemperanza alla legge Merli, sull'attitudine dei suoli allo spargimento dei reflui zootecnici.

Nella tabella 1.1. è riportata una classificazione del territorio in base alla vulnerabilità degli acquiferi adottata dalla Regione Emilia-Romagna. Si deve osservare che questa metodologia non prende in esame la capacità di disintossicazione degli inquinanti da parte dell'orizzonte più superficiale del suolo; i vincoli individuati possono quindi risultare eccessivamente restrittivi nei casi in cui il terreno sia in grado di svolgere un efficace ruolo di abbattimento degli inquinanti.

Ancora più dettagliata è la tabella 1.2., realizzata secondo le prescrizioni dell'ente di sviluppo agricolo della Lombardia (ERSAL), che ha prodotto specifiche carte tematiche, non facilmente utilizzabili però a scala aziendale.

Una classificazione territoriale di carattere più agronomico è quella proposta da Giardini et al. (1997) denominata CAT II, che è stata utilizzata per definire le capacità recettiva del terreno nei riguardi dei liquami zootecnici, individuando i limiti per le concimazioni organiche e minerali (Giardini et al., 1993). Questa metodologia prevede una zonizzazione ed una successiva classificazione del com-

Tabella 1.1. Classificazione dei terreni in base alla vulnerabilità degli acquiferi ai sensi della Legge Merli (Maggiore et al., 1998).

Grado di vulnerabilità	Litologia di superficie	Profondità tetto ghiaie (m)	Tipo di acquifero
Bassissimo			
Basso	Argilla	<10	Falda libera o in pressione
	Limo-argilla	>10	Falda in pressione
	Sabbia	>10	Falda in pressione con soggiacenza >5 m
Medio	Limo	<10	Falda libera o in pressione
	Sabbia	>10	Falda in pressione con soggiacenza 0-5 m
Alto	Sabbia e ghiaia	<10	Falda in pressione
Elevato	Sabbia e ghiaia	<10	Falda libera
Estremamente elevato	Ghiaia	0	Alvei fluviali disperdenti

Tabella 1.2. Classificazione dei terreni in base alla attitudine a ricevere reflui zootecnici (Maggiore et al., 1998).

Fattori limitanti	Classe di attitudine dei suoli			
	Adatti	Moderatamente adatti	Poco adatti	Non adatti
Rischio di inondabilità	Assente	Da lieve a moderato	Alto	Molto alto
Rocciosità (%)	assente	0-2	2-10	>10
Pietrosità (%)	0-15	15-20	15-20	>50
Pendenza (%)	0-5	5-10	10-20	>20
Drenaggio	Buono Mediocre lento	m. lento (con falda >150 cm) mod. rapido (con falda >150 cm)	m. lento (con falda <150 cm) mod. rapido (con falda <150 cm) rapido (con falda >150 cm)	Impedito Rapido (con falda <150 cm)
Profondità della falda (cm)	>150	100-150	75-150	<75
Scheletro (%)*	<35	35-70	36-70	>70
Caratteristiche e verifiche	Fessurazioni assenti o presenti (con orizzonti fino a 100 cm a tess. media, fine o mod. fine)	Fessurazioni presenti (con orizzonti a tess. mod. grossolana entro 100 cm)	Fessurazioni presenti (con orizzonti a tess. grossolana entro 100 cm)	Fessurazioni presenti (con orizzonti a tessitura grossolana entro 100 cm e con falda)
Strato permeabile (cm)	>80	50-80	30-50	30-50 (con falda <150 cm)
Tessitura (primo metro)	F AS FSA FA FL L FLA A AL	FS	SF (con falda > 150 cm)	S SF (con falda <150 cm)
Orizzonti organici	Assenti	Presenti tra 100 e 150 cm	Presenti tra 50 e 100 cm	Presenti entro 50 cm

prensorio, basata sulle caratteristiche fisico-chimiche del terreno (profondità, presenza di rocce o scheletro, granulometria, contenuto in sostanza organica, pH, ESP, salinità, ecc.) in modo da determinare la dose di liquame da distribuire in funzione di una dose massima potenzialmente applicabile in condizioni ottimali.

4. L'ATTIVITÀ AGRICOLA

Oltre alle già discusse caratteristiche ambientali (clima e terreno), le forme e le modalità con cui la pratica agricola viene realizzata in un determinato comprensorio rappresentano condizioni in grado di influenzare significativamente le possibilità di utilizzazione agronomica delle acque reflue e soprattutto il successo del loro impiego. I sistemi colturali adottati, intesi come la combinazione fra la successione delle specie vegetali e le tecniche impiegate per la loro conduzione, possono infatti dimostrarsi più o meno idonei all'utilizzazione degli effluenti e differenzialmente capaci di valorizzarne lo specifico apporto di nutrienti, di acqua e di sostanza organica.

Tutte le scelte operate dall'agricoltore possono quindi risultare importanti se in grado di influenzare direttamente e/o indirettamente il movimento del refluo o la sua utilizzazione da parte delle piante. È anche vero però che la definizione di alcuni comportamenti agronomici (avvicendamento, sistemazioni idraulico agrarie, lavorazioni del terreno, ecc.) sembra rivelarsi particolarmente delicata in considerazione della pesante interazione che dimostrano con i fenomeni che modulano il destino ambientale degli effluenti.

Anche in questo caso, però, la convenienza nell'adottare un comportamento agronomico rispetto ad un altro deve essere valutata in senso relativo rispetto sia al tipo di refluo considerato (composizione, stagionalità di produzione, ecc.), sia alla coerenza che tali scelte tecniche presentano nei confronti dell'intera organizzazione del sistema aziendale in cui vengono ad essere calate.

L'avvicendamento

La scelta della lunghezza e della composizione dell'avvicendamento colturale riveste primaria importanza nel definire l'attitudine del sistema colturale all'impiego di acque reflue. La presenza infatti di specie sensibili ad una qualsiasi tipologia di sostanza facente parte della normale composizione dell'effluente può determinare, infatti, l'automatica esclusione dell'appezzamento dalla superficie da trattare. Ma anche se non si arriva ad una incompatibilità assoluta fra le colture adottate ed il tipo di refluo utilizzato, si potrà rilevare comunque un diverso grado di adattamento delle specie in rotazione alle particolari caratteristiche dell'effluente e dunque occorre definire un ordinamento che tenga conto del livello di attitudine dimostrata.

Inoltre la diversa incidenza nell'avvicendamento di specie a ciclo primaverile/estivo rispetto a quelle a ciclo autunno-invernale e anche il rapporto fra colture irrigue e colture asciutte che determina la richiesta di acqua del sistema colturale può indirettamente influenzare l'utilità dell'impiego dei reflui, soprattutto in condizioni di limitate disponibilità idriche. Allo stesso modo i fabbisogni nutritivi delle colture e la loro particolare capacità di assorbire i nutrienti apportati al terre-

no, sottraendoli alla lisciviazione o ad altri fenomeni di dispersione ambientale, possono costituire altri importanti elementi di valutazione. Rilevante, a questo riguardo, può risultare la concomitanza delle fasi di più elevata intensità di assorbimento di elementi nutritivi da parte della coltura (periodo di attivo accrescimento) con la più probabile epoca di distribuzione delle acque.

Anche il bilancio umico del sistema colturale, cioè la differenza fra gli apporti di sostanza organica al terreno (residui colturali, concimazioni organiche, ecc.) e le sue perdite (mineralizzazione della sostanza organica, erosione, ecc.) può costituire un fattore non trascurabile nel consigliare il ricorso a fonti non tradizionali di sostanza organica quali possono essere considerate le acque reflue.

A parità di specie coltivata, inoltre, si deve considerare che una coltura in buone condizioni vegetative garantisce il conseguimento di maggiori produzioni e quindi l'espressione di più elevati fabbisogni idrici e trofici.

La tecnica colturale

In generale l'utilizzo irriguo o fertirriguo di acque reflue deve prevedere l'utilizzo di particolari accorgimenti agronomici che garantiscano la migliore utilizzazione possibile dei reflui da parte delle piante. I sistemi colturali che già fanno ricorso all'irrigazione o per i quali se ne può prevedere l'adozione senza apportare eccessive modifiche alla struttura aziendale od all'organizzazione produttiva, sono da considerare potenzialmente più idonee alla somministrazione degli effluenti.

E' necessario innanzitutto effettuare una rotazione degli appezzamenti da trattare e disporre pertanto di una area minima su cui effettuare lo spandimento. Occorre poi regolarizzare la superficie in modo da rendere più uniforme la distribuzione dei reflui, evitando l'insorgenza di ristagni localizzati.

Il terreno deve essere ben drenato in modo da evitare problemi di asfissia radicale, soprattutto quando è necessario distribuire elevati volumi d'acqua (è il caso dei reflui salini) o quando i reflui risultano ricchi di solidi sospesi, che tendono ad intasare gli strati più superficiali del suolo. Massima attenzione deve essere posta quindi alla manutenzione delle sistemazioni idraulico-agrarie, od alla loro realizzazione quando non fossero presenti; nei casi in cui è presente uno strato impermeabile lungo il profilo del terreno, si dovrebbe prevedere il ricorso al drenaggio artificiale che può assicurare un migliore sgrondo delle acque rispetto all'affossatura superficiale.

A questo proposito può risultare importante anche il ruolo giocato dalle lavorazioni del terreno in relazione al tipo di attrezzo prescelto per la loro esecuzione, ma anche alla profondità ed all'epoca in cui si effettua l'intervento meccanico. In generale si può affermare che il ricorso alla discissa è da preferire all'aratura in considerazione dei rischi di formazione di uno strato impermeabile più o meno profondo (suola d'aratura) che la ripetizione di quest'ultima può formare nel suolo. Da evitare invece sembrerebbero le tecniche di lavorazione minima o di non

lavorazione del terreno soprattutto se eseguite per la preparazione di una coltura a ciclo autunno-invernale. Può essere utile invece variare periodicamente la profondità di lavorazione, anche in relazione al tipo di colture previste, onde evitare la formazione nel terreno di strati con diversa densità apparente. Per quanto riguarda infine le epoche di esecuzione degli interventi meccanici queste devono soprattutto rispondere alle classiche esigenze agronomiche dettate dalla natura dei substrati (granulometria e capacità autostrutturanti) e dal calendario delle colture, in modo da assicurare alle specie coltivate le migliori condizioni di abitabilità. Si tratterà quindi di evitare la distribuzione degli effluenti in prossimità dell'esecuzione delle lavorazioni per evitare l'infiltrazione profonda dei reflui a causa dei flussi preferenziali creatisi temporaneamente nel terreno a seguito dell'intervento meccanico.

È da evitare la somministrazione dei reflui nei giorni seguenti la semina in quanto durante le fasi di germinazione la sensibilità degli individui vegetali nei confronti degli effluenti è massima e possono verificarsi pericolosi fenomeni di fitotossicità diretta, piuttosto rari invece nelle fasi successive del ciclo fenologico della coltura.

Nei casi in cui l'utilizzazione agronomica interessi effluenti con elevate concentrazioni di sali solubili, occorre scegliere colture resistenti alla salinità, aumentare i volumi impiegati in modo da soddisfare il fabbisogno di lisciviazione, oppure dilavare i sali solubili accumulati in seguito alla distribuzione dell'effluente con interventi irrigui dilavanti. Anche la scelta dei concimi deve essere effettuata tenendo presente che i fertilizzanti sono costituiti da sali, per cui la loro distribuzione comporta comunque un aumento della concentrazione di tali elementi nel terreno.

In alcuni casi può essere previsto l'utilizzo di correttivi per contrastare la salinità, da distribuire sull'appezzamento piuttosto che da disciogliere nell'acqua, a causa della limitata solubilità idrica e del rischio di occlusione degli irrigatori. Come correttivi possono essere utilizzati lo zolfo (zolfo in polvere) nel caso di terreni ricchi di calcare od il gesso (gesso agricolo) nel caso di terreni alcalini.

Tabella 1.3. Indice di salinità di alcuni concimi.

Concime	Indice di salinità
Cloruro di potassio	116
Nitrato di ammonio	105
Nitrato di sodio	100
Urea	75
Nitrato di potassio	74
Solfato di ammonio	69
Nitrato di calcio	65
Solfato di potassio	46
Fosfato diammonico	34
Fosfato monoammonico	30
Perfosfato (0-46-0)	10
Fosfato monopotassico	8

A questo proposito si riporta nella tabella 1.3 l'indice di salinità dei concimi chimici più frequentemente utilizzati. L'indice di salinità è ottenuto sulla base della variazione di potenziale osmotico del concime in soluzione rispetto al potenziale osmotico di una soluzione contenente lo stesso peso di nitrato di sodio ($\text{NaNO}_3 = 100$). La capacità di salinizzazione dipende dal tipo di sali che i concimi contengono, che risulta tanto maggiore quanto più elevato è il contenuto di cloro, sodio e nitrati.

Nella tabella 1.4 è riportata invece una stima della utilizzabilità dei concimi organici, azotati, fosforici e potassici in condizioni di rischio di salinizzazione. Al riguardo, i concimi organici sono i migliori, poiché, oltre a non indurre alcun incremento della salinità, sono in grado di migliorare molte caratteristiche chimico-fisiche del terreno, specialmente quelle legate ai rapporti con l'acqua.

In ogni caso, nel calcolo della quantità di concimi da distribuire, si dovrà sempre considerare l'apporto, seppure minimo, di elementi nutritivi distribuiti con i reflui, tenendo presente però che spesso i nutrienti si rendono disponibili solo a partire dall'anno successivo alla loro somministrazione, in conseguenza della lentezza nella mineralizzazione della frazione organica.

Infine può essere utile monitorare in maniera continua i rischi di contaminazione ambientale attraverso il ricorso ad opportune piante-spia, ovvero di specie particolarmente sensibili alle sostanze di interesse. Anche per quanto riguarda il pericolo dell'ingresso di sostanze dannose all'interno della catena alimentare, possono essere individuate specie vegetali in grado di accumulare selettivamente le molecole "a rischio" e mettere quindi in evidenza i pericoli di contaminazione a carico del comparto biotico.

Tabella 1.4. Grado di utilizzabilità dei concimi in condizioni di rischio di salinizzazione.

Concimi	Utilizzabili	Mediamente utilizzabili	Non utilizzabili
Organici	Tutti		
Azotati	Azoto organico	Solfato ammonico Nitrato di calcio Calciocianammide	Nitrato di sodio Nitrato ammonico Urea
Fosfatici	Perfosfato semplice Fosfato monopotassico Perfosfato triplo	Fosfato biammonico Fosfato monoammonico	
Potassici	Fosfato monopotassico Solfato monopotassico	Solfato potassico Solfato di potassio e magnesio	Cloruro di potassio Nitrato potassico
Vari	Gesso agricolo	Solfato di magnesio	

5. LA DISTRIBUZIONE DEI REFLUI

A prescindere dalle condizioni ambientali (difficilmente modificabili, almeno nel breve periodo) e delle caratteristiche del sistema colturale adottato (più facilmente mutabili attraverso la tecnica colturale), le modalità di distribuzione del refluo (dose, epoca, tecnica di distribuzione e stoccaggio) giocano un ruolo determinante sulla efficacia e sulla correttezza dell'impiego degli effluenti in agricoltura.

La dose di impiego

La scelta della dose più opportuna da somministrare per ciascuna tipologia di refluo costituisce un passaggio cruciale nella stesura di un programma per la distribuzione degli effluenti sui campi coltivati.

Dal punto di vista agronomico, quando si intenda somministrare alle colture acque reflue di varia origine è possibile scegliere fra tre distinte modalità di intervento.

La prima consiste nella irrigazione intensiva (o ad alto carico), nella quale si distribuiscono carichi idraulici (volume di liquido apportato nell'unità di superficie e di tempo) ed organici (quantità di sostanza organica apportata nell'unità di superficie e di tempo) più elevati rispetto a quelli strettamente indispensabili alle colture, i cui fabbisogni idrici e nutrizionali quindi passano in secondo ordine, essendo questo tipo di somministrazione più assimilabile allo smaltimento che alla irrigazione e/o alla fertilizzazione delle piante. In questo caso non tutte le colture possono sopportare un tale trattamento (ad esempio dimostrano una buona "adattabilità" i prati stabili ed altre coltivazioni a basso reddito) ed è spesso inevitabile che queste pratiche provochino fenomeni negativi sulle piante e sul terreno per gli elevati carichi somministrati.

La seconda tipologia di intervento è l'irrigazione estensiva (o a basso carico) che è finalizzata principalmente a soddisfare le esigenze delle colture che non devono subire riduzioni quanti-qualitative delle produzioni. E' necessario quindi calcolare le dosi di impiego considerando gli effettivi fabbisogni trofici e idrici delle piante, ma valutando, allo stesso tempo, anche il rischio di apportare al terreno eccessive quantità di elementi minerali o composti organici indesiderati, prevedibilmente in grado di interferire con le normali funzionalità del suolo e con la fisiologia delle diverse colture.

La terza tipologia di intervento prevede una ulteriore, e cospicua, riduzione della dose somministrata, riduzione che si rende necessaria a causa dell'elevato contenuto di uno o più elementi o composti nelle acque. Ovviamente gli elementi che devono essere presi in considerazione per la determinazione del quantitativo da distribuire sono da ricercarsi, tra le caratteristiche chimiche dei reflui e del terreno, nel parametro più limitante, cioè quello che si ritiene che svolga l'effetto più dannoso.

La pratica della utilizzazione agronomica dei reflui provenienti da attività agricole (reflui prodotti da aziende agricole che praticano attività di autotrasformazione dei prodotti nei settori della caseificazione, enologia e macellazione e per le acque di vegetazione dei frantoi) ha una disciplina separata e distinta dallo scarico e può essere realizzata solo nei casi e secondo le procedure descritte nell'articolo 38 del D.Lgs. 152/1999. Secondo questo articolo, la somministrazione dei reflui al terreno è ammessa solo se questi sono in grado di svolgere azione irrigua, fertilizzante o ammendante, tutte finalità perseguibili attraverso la seconda e la terza modalità di intervento, mentre la pratica dello smaltimento, avente finalità propria della prima modalità (irrigazione estensiva), non rientra nelle attività previste dall'art. 38.

Per quanto riguarda gli eventuali vincoli qualitativi, sempre dal punto di vista normativo, in assenza di specifici limiti definiti dalle singole regioni, tuttora in corso di emanazione, occorre fare riferimento all'allegato 5 della delibera del comitato interministeriale per la tutela delle acque dall'inquinamento del 4 febbraio 1977 (CITAI) ove sono definite le Norme tecniche generali per la regolamentazione dello smaltimento dei liquami sul suolo. Secondo questa delibera, lo smaltimento è ammesso solamente se le acque superficiali, il suolo e la vegetazione non subiscono danno o degrado e se non si producono inconvenienti ambientali e rischi per la salute pubblica.

La normativa prevede anche vincoli di natura qualitativa, fornendo però solo generiche raccomandazioni: "lo scarico non dovrà contenere sostanze che possano causare modificazioni irreversibili alla struttura del suolo, particolarmente per quanto concerne le caratteristiche di conducibilità idrica e di aerazione.; non dovrà contenere materiali in sospensione in quantità tali da produrre, alla portata di applicazione, intasamento del suolo". Limiti numerici precisi vengono stabiliti solo per l'indice SAR (vedi cap. 2) e per i metalli pesanti. Così il SAR del refluo "di norma non dovrà superare il valore 10 ed in ogni caso dovrà essere inferiore a 15". Relativamente ai metalli pesanti, le concentrazioni degli elementi non dovranno superare i valori indicati nella tabella A della legge Merli, corrispondente alla tabella 3 dell'allegato 5 del D.Lgs. 152/99.

In sintesi quindi, la utilizzazione agronomica dei reflui può avvenire ai sensi dell'art. 38 del D.Lgs. 152/1999, purché vengano rispettati i vincoli previsti nell'allegato 5 della delibera CITAI del 4.2.1977 e per i metalli pesanti i limiti indicati nella tabella 3 dell'allegato 5 della legge 152.

Una diversa disciplina regola gli scarichi depurati, secondo quanto previsto dall'art. 26 del D.Lgs. 152/99 finalizzato all'incentivazione del riutilizzo irriguo delle acque reflue. La somministrazione al terreno può essere effettuata sulla base delle norme tecniche illustrate in un apposito decreto del Ministero dell'Ambiente, attualmente in fase di emanazione (uno schema di tale decreto è stato approvato in sede di Conferenza Stato-Regioni il 25 luglio 2002). In assenza di tale decreto

applicativo, ha trovato fino ad oggi applicazione l'allegato 5 della delibera CITAI che, oltre a quanto visto sopra in materia di utilizzazione agronomica, impone vincoli microbiologici e l'"assenza di prodotti chimici che possono lasciare residui indesiderabili nei raccolti".

Quando il refluo non presenta un eccessivo contenuto in sostanze indesiderate e quindi soddisfa i vincoli legislativi sopra ricordati, le limitazioni al suo impiego potrebbero venire dall'eccessivo apporto di elementi minerali al terreno che possono dare origine ai già ricordati fenomeni di contaminazione ambientale.

Per quanto riguarda i nutrienti, ad esempio, secondo Giardini e Borin (1988), nella somministrazione dei liquami zootecnici è preferibile non superare i 300-350 kg ha⁻¹ di N totale, anche in condizioni di scarsa vulnerabilità ambientale. Tale limiti si avvicinano molto a quanto prescritto dal D.Lgs. 152/99 per i liquami zootecnici, la cui dose massima di distribuzione è fissata in 340 kg ha⁻¹ di N al netto delle perdite di stoccaggio e di distribuzione, ad eccezione delle zone vulnerabili dove la quantità massima tollerabile risulta dimezzata (170 kg ha⁻¹ di N). Tali aree sono individuate sulla base di parametri oggettivi che fanno riferimento essenzialmente al superamento della concentrazione di 50 mg L⁻¹ di nitrati nelle acque superficiali e/o sotterranee destinate alla potabilizzazione e all'individuazione di condizioni eutrofiche negli eventuali corpi d'acqua superficiali (laghi, fiumi, acque costiere, ecc.) presenti nel comprensorio. Queste norme, codificate nelle Norme di buona pratica agricola, sono frutto del recepimento a livello nazionale della direttiva dell'UE 91/676 relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole (meglio conosciuta come "direttiva nitrati").

I reflui agro-industriali e civili non ricadono in realtà sotto il dominio delle prescrizioni appena ricordate, a causa del loro basso contenuto in azoto che rende improbabile il raggiungimento di elevati carichi di N per unità di superficie trattata, se non altro perché a quelle dosi diverrebbe limitante qualche altro fattore di incompatibilità legislativa od agronomica (salinità, metalli pesanti, superamento dei fabbisogni delle colture, ecc.). Nel caso in cui però la concentrazione dell'elemento dovesse risultare insolitamente elevata e soprattutto, l'area di distribuzione dovesse ricadere all'interno delle zone sensibili, si ritiene comunque opportuno non superare i dosaggi massimi previsti per i liquami zootecnici, onde evitare i rischi di pericolose contaminazioni. In queste particolari condizioni, un criterio per la determinazione delle dosi massime somministrabili diverrebbe dunque quello basato sul quantitativo di azoto apportato, calcolato come prodotto tra la concentrazione dell'elemento e quantità unitaria somministrata.

Nel caso invece in cui l'effluente presenti concentrazioni rilevanti di metalli pesanti, anche se inferiori ai limiti legislativi, sarebbe opportuno tenere conto del loro contenuto nel terreno, in analogia con quanto viene previsto per il razionale impiego dei fanghi o dei compost. Quindi se da un lato la distribuzione sul terreno

Tabella 1.5. Concentrazioni massime nel terreno di alcuni elementi traccia per l'ammissibilità all'uso di acque irrigue inquinate e limiti massimi di "caricabilità" annua (Giardini et al., 1993).

Elemento	Concentrazione massima nel terreno	Apporto massimo**
	mg kg ⁻¹ s.s.	g ha ⁻¹ anno ⁻¹
As	10	90
B*	15	600-2.500
Cd	3	15
Co	?	250
Cr ^{III}	50	500-2.000
Cr ^{VI}	3	15
Cu	100	1.000-3.000
Hg	2	15
Mo	?	50-100
Ni	50	100-1.000
Pb	100	5.000
Se*	3	10
Zn	300	10.000

* I valori sono espressi come concentrazione in forma assimilabile.

** Il primo valore si riferisce a terreni sciolti, il secondo a terreni ricchi di sostanza organica.

stagionale massimo di refluo apportabile. Nel caso in cui il terreno in oggetto sia interessato da ulteriori apporti dell'elemento derivanti da altre pratiche agronomiche, quali ad esempio lo spargimento di fanghi o compost, anche i quantitativi così apportati dovranno essere conteggiati in modo da ridurre di conseguenza il volume di refluo distribuito.

Un altro parametro da tenere in debita considerazione per stabilire il volume di acque reflue da distribuire è rappresentato dalla conducibilità idrica del terreno. In terreni caratterizzati da bassi valori di conducibilità (minore di 5 mm h⁻¹) è fondamentale procedere con somministrazioni di volumi contenuti, altrimenti si perde-

può essere effettuata solo se la concentrazione degli elementi chimici è inferiore ai valori soglia previsti dalla normativa, dall'altro per evitare l'accumulo dei metalli pesanti nel terreno occorre che la quantità di elementi distribuita non superi il quantitativo massimo apportabile annualmente, cioè la cosiddetta caricabilità del terreno.

Un esempio di calcolo di tali valori, effettuato da Giardini et al. (1993) sulla base delle normative di legge riguardate l'utilizzo agricolo dei fanghi di depurazione e compost da residui solidi urbani (D. Lgs. 99/92), viene riportato nella tabella 1.5. Sulla base della concentrazione del metallo nelle acque da distribuire e dell'apporto massimo annuo accettabile dell'elemento, si potrà calcolare il volume

rebbe per ruscellamento superficiale buona parte delle acque reflue distribuite. Non solo, ma dosi eccessive in questi suoli potrebbero provocare una ulteriore diminuzione, anche se temporanea, delle capacità di infiltrazione nel caso che gli effluenti risultino caratterizzati da un elevato carico di solidi sospesi (reflui dei macelli) o da un'abbondante frazione lipidica (acque di vegetazione dei frantoi).

I volumi da somministrare devono essere calcolati con oculatezza però anche per i terreni caratterizzati da alta conducibilità idrica (oltre 150 mm h^{-1}), in quanto l'eccessiva percolazione potrebbe trascinare in profondità parte della frazione organica dei reflui fino a provocare la contaminazione delle acque di falda.

L'epoca di somministrazione

La scelta dell'epoca più idonea per la somministrazione dei reflui è condizionata da fattori diversi ed in parte interagenti quali la trafficabilità del terreno, la presenza ed il grado di sviluppo della coltura, il sistema di distribuzione adottato.

Il periodo in cui la distribuzione risulta più facile è quello della preparazione del terreno prima della semina della coltura, che nella prassi agronomica per le colture erbacee arative si traduce nell'epoca primaverile, estivo-autunnale od invernale. Dal punto di vista dell'efficienza di utilizzazione dei nutrienti da parte delle colture sarebbe importante invece che il periodo di distribuzione dei reflui coincidesse con quello di massimo assorbimento da parte delle piante. In pratica, la distribuzione eseguita in prossimità dell'impianto, o ancora di più, della fase di massimo accrescimento delle colture permette di conseguire un'elevata efficienza di utilizzazione, mentre trattamenti eseguiti con molto anticipo comportano generalmente risultati peggiori.

La determinazione dell'epoca di somministrazione è influenzata naturalmente anche dalla dinamica di produzione degli effluenti e dalla necessità di svuotamento dei serbatoi di stoccaggio, oltre che, in alcuni casi dai vincoli legislativi. E' questo il caso, ad esempio, delle acque di vegetazione per le quali il periodo di conservazione non può superare i 90 giorni.

Dal punto di vista agronomico, le diverse epoche di somministrazione dei reflui comportano elevate differenze, in termini probabilistici, di lisciviazione o di assorbimento radicale. Così la distribuzione nel periodo estivo, dopo la raccolta dei cereali autunno-vernini, con temperature elevate può comportare elevate perdite nel successivo periodo autunnale caratterizzato da intense precipitazioni e quindi in grado di provocare la percolazione dei nitrati appena originatisi dalla mineralizzazione della sostanza organica. Per contrastare questi fenomeni è possibile procedere all'impianto di una coltura intercalare a ciclo breve (loïessa, colza, ecc.) seminata subito dopo la somministrazione dei reflui, allo scopo di intercettare i sali solubili presenti nei reflui (catch crop), evitando la loro lisciviazione.

Lo spandimento dei reflui in ottobre-novembre, dopo la raccolta delle colture a

ciclo primaverile-estivo (mais, girasole, barbabietola da zucchero, ecc.) e dopo la successiva lavorazione del terreno, viene effettuata nei terreni argillosi, nei quali è necessario intervenire prima che le piogge autunnali li rendano impraticabili. I reflui hanno a disposizione per la mineralizzazione un periodo di tempo inferiore rispetto alla somministrazione effettuata dopo la raccolta dei cereali autunno-vernini ed inoltre in questo periodo le temperature più basse limitano la produzione di forme solubili.

Lo spandimento dei reflui durante il periodo invernale, invece, comporta ritmi più lenti di mineralizzazione della sostanza organica e può essere fonte di inquinamento solo se le acque distribuite presentano un significativo contenuto in nitrati. In questo periodo invece possono diventare elevatissimi i rischi di ruscellamento superficiale soprattutto nel caso di spandimenti effettuati su terreni in pendio, gelati o saturi di acqua.

Infine la somministrazione dei reflui all'inizio della primavera, prima delle semine delle colture da rinnovo, costituisce la tecnica normalmente adottata sui terreni di medio impasto o tendenti al sabbioso, mentre risulta difficoltosa in terreni mal drenati ed argillosi che dopo le piogge invernali risultano più difficilmente trafficabili. La mineralizzazione della sostanza organica contenuta negli effluenti inoltre mette a disposizione delle colture i nutrienti quando queste si trovano nelle fasi di rapido accrescimento, consentendo una più elevata efficienza di utilizzazione ed una conseguente riduzione dei rischi di contaminazione dei corpi idrici.

In sintesi, si può affermare che l'efficienza di utilizzazione dei nutrienti contenuti nei reflui da parte delle colture risulta tanto minore quanto maggiore è il tempo che intercorre tra il periodo di distribuzione e quello di massimo assorbimento, sempreché le dosi distribuite non risultino superiori a quelle agronomicamente consigliabili. Con dosi più elevate l'efficienza si mantiene sempre molto bassa e solo il frazionamento dei quantitativi da somministrare può consentire di accrescerne il valore.

In aggiunta ai criteri generali sopra espressi la scelta dell'epoca di somministrazione e quindi anche delle colture eventualmente interessate, deve tenere conto anche di alcuni accorgimenti specifici, diversi a seconda della provenienza del refluo.

Per i reflui ricchi di materiale organico in sospensione (ad es. reflui di caseifici e di macelli) occorre evitare l'impiego su colture orticole, fruttifere e foraggere, poiché si potrebbero verificare imbrattamenti dei prodotti da destinare al consumo umano o zootecnico.

Le acque che possono porre problemi dal punto di vista igienico-sanitario per la presenza microrganismi anche patogeni, come ad esempio le acque reflue di macellazione, dovrebbero essere impiegate su colture per le quali intercorre un lasso di tempo sufficientemente lungo tra la distribuzione e la raccolta e, se possi-

bile, tra la raccolta ed il consumo (come accade nel caso di piante industriali bisognose di una trasformazione tecnologica), in considerazione dei tempi abbastanza brevi di sopravvivenza degli agenti patogeni.

Per gli effluenti che hanno dimostrato di provocare forti riduzioni della permeabilità dei suoli (come le acque di vegetazione dei frantoi oleari e acque reflui dei macelli) è necessario che le applicazioni siano distanziate tra loro di almeno tre settimane, se in estate, e di un periodo due-tre volte più lungo in inverno, in modo tale che si possano ristabilire le condizioni iniziali di permeabilità. Questo intervallo di tempo è necessario per l'asestamento della popolazione microbica e per la degradazione del film di polisaccaridi che si forma sulle pareti dei pori.

Nei casi in cui sono state dimostrate proprietà antigerminative degli effluenti o rallentamenti della fase iniziale di crescita delle colture (ad esempio per il siero dei caseifici e per le acque di vegetazione dei frantoi oleari) è consigliabile effettuare la distribuzione in una fase di presemina o, se possibile, di copertura, evitando ogni contatto durante il delicato momento della germinazione.

Infine, per quanto riguarda i reflui che presentano una spiccata stagionalità di produzione, quali i reflui di cantina e le acque di vegetazione dei frantoi oleari, bisogna porre particolare attenzione ai problemi posti dal ruscellamento superficiale in quanto le possibilità di spargimento, in assenza di stoccaggio, sono ridotte al periodo autunno-invernale, nel quale si verificano i maggiori rischi di saturazione idrica dei terreni.

La tecnica di distribuzione

Anche la scelta della tecnica di distribuzione delle acque reflue deve tenere conto di numerosi fattori quali la natura e la morfologia del suolo, le caratteristiche climatiche, le colture praticate ed il loro stadio di accrescimento.

In ogni modo le modalità di distribuzione debbono assicurare una elevata efficienza di utilizzazione degli elementi nutritivi, una buona uniformità di applicazione ed il contenimento della diffusione verso aree contigue.

In particolare sarà necessario, durante l'irrigazione con reflui di qualsiasi origine, assicurare una ripartizione omogenea dell'effluente, evitando ristagni, ruscellamento ed eccessiva percolazione dell'acqua; evitare lo spandimento durante periodi caratterizzati da frequenti precipitazioni, o su suoli sommersi o gelati, non ricorrere agli irrigatori a nebbia.

Anche la scelta del metodo irriguo può giocare un ruolo importante nella buona riuscita dell'impiego del refluo in agricoltura.

Nei casi in cui gli effluenti siano ricchi di solidi sospesi, come nel caso dei reflui dei caseifici e dei macelli possono verificarsi dei problemi nella meccanica distributiva dell'acqua durante le operazioni di adacquamento; si può infatti riscontrare l'intasamento degli erogatori nel caso che vengano applicati metodi di asperzione o microirrigazione. Appare quindi opportuno preferire metodi irrigui quali

l'infiltrazione laterale da solchi, lo scorrimento e la sommersione. In questi casi potrebbero rendersi necessari trattamenti preliminari di filtrazione che presentano però l'inconveniente di una ingente perdita di acqua con il materiale scaricato. La sedimentazione costituirebbe invece un metodo più semplice per la rimozione della torbida, ma richiede tempi relativamente lunghi per la ritenzione dell'acqua nei bacini di "lagunaggio".

Nel caso, invece, che i reflui siano ricchi di sali disciolti il metodo irriguo più idoneo è quello della microirrigazione, che permette di effettuare un'erogazione prolungata nel tempo, limitando le perdite per evaporazione e quindi riducendo il fenomeno della concentrazione dei sali. Nelle colture di pieno campo, invece, dove il costo risulterebbe eccessivo, converrà adottare altri metodi irrigui, con l'accortezza però di impiegare abbondanti volumi, in modo che l'acqua in eccesso possa dilavare i sali accumulati con l'intervento irriguo precedente.

Anche la presenza di cloro può porre dei vincoli, infatti è sconsigliabile l'utilizzazione soprachioma di acque contenenti più di 100 mg L⁻¹ dell'elemento che viene accumulato nelle foglie delle piante provocandone la bruciatura del lembo e la precoce abscissione. Anche in questo caso dunque sarebbe consigliabile un'irrigazione "a solchi".

Per quanto riguarda il turno, per tutti i reflui che presentano una elevata concentrazione di sali solubili è consigliabile adottare intervalli brevi (4-5 giorni), in modo da irrigare molto prima del raggiungimento del punto di appassimento e da mantenere basso il valore del potenziale idrico.

Lo stoccaggio

Il problema dello stoccaggio dei reflui si pone ogni qualvolta la distribuzione degli effluenti è dilazionata nel tempo rispetto al momento della loro produzione. Spesso questa fase può durare pochi giorni, il tempo necessario affinché le acque raggiungano una quantità tale da giustificare le operazioni di smaltimento; in altri casi invece la durata dello stoccaggio può essere più lunga (ad esempio protrarsi per tutta la durata della campagna olearia) e necessitare dunque di attrezzature e spazi idonei alla loro conservazione. I ritmi di accumulo (stagionalità o costanza dei cicli produttivi) e di rimozione (consistenza e frequenza delle distribuzioni) determinano dunque la durata dello stoccaggio, nel corso del quale la composizione dei reflui può subire modifiche qualitative tutt'altro che trascurabili anche ai fini di una loro utilizzazione agronomica.

Solo per le acque di vegetazione dei frantoi lo stoccaggio è regolato dalla legge 574/96 che impone lo sversamento degli effluenti sul terreno agrario entro 30 giorni dalla loro produzione. Questo limite di fatto impedisce l'utilizzazione dei reflui oleari oltre l'inverno, restringendo il tempo utile per la loro distribuzione in campo al periodo ottobre-marzo, considerando che l'attività di trasformazione è concentrata nel trimestre novembre-gennaio. Come già ricordato, però, in questo

intervallo di tempo il clima del nostro Paese risulta caratterizzato da consistenti precipitazioni che, oltre a determinare nei terreni condizioni di saturazione sfavorevoli alle operazioni di distribuzione degli effluenti (non trafficabilità, pericoli di ruscellamento superficiale soprattutto nelle zone declivi), rendono poco idonea la loro somministrazione al fine di soddisfare la nutrizione idrica delle colture.

E' stato invece dimostrato che l'allungamento dei tempi di permanenza all'interno delle vasche di stoccaggio, consente un sensibile abbattimento del carico inquinante posseduto dalle acque di vegetazione, senza che si proceda ad alcun intervento di depurazione, ma semplicemente lasciandole riposare all'interno delle casse di stoccaggio (inferno) e quindi senza sopportare alcun aggravio di costo.

Per gli altri reflui non esistono al momento vincoli legislativi che limitino la durata dello stoccaggio, di conseguenza le norme comportamentali al riguardo debbono essere basate su presupposti tecnici finalizzati a massimizzare l'efficienza di utilizzazione agronomica dell'acqua e dei nutrienti contenuti nei reflui, riducendo, per quanto possibile, gli eventuali rischi di contaminazione ambientale.

Così per i reflui derivanti dalle attività enologiche, per i quali valgono sostanzialmente le stesse dinamiche di produzione degli effluenti oleari (vendemmia e travasi) lo stoccaggio degli effluenti permetterebbe di ridurre sensibilmente il carico organico, nonché degli eventuali tensioattivi presenti.

Per quanto riguarda invece reflui che presentano una produzione sostanzialmente regolare nell'arco dell'anno (come i reflui caseari o delle attività di macellazione) si può rendere necessario lo stoccaggio nei periodi interessati da piogge e più in generale caratterizzati da elevati valori di umidità nel terreno.

La conservazione si renderà necessaria anche per le aziende che non hanno una superficie sufficiente alla distribuzione o che non hanno in campo le colture idonee a ricevere i reflui.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Come abbiamo visto, l'impiego delle acque reflue appare agronomicamente e tecnicamente possibile ed ambientalmente desiderabile. Non si tratta però di una operazione scevra da rischi e difficoltà; particolare attenzione deve essere posta alla scelta dei luoghi, delle dosi, dei tempi e delle modalità di distribuzione dei reflui. Comportamenti errati e/o troppo disinvolti possono infatti produrre inconvenienti che, in alcuni casi, risultano più gravi del problema di cui si voleva trovare la soluzione.

Ma oltre alla conoscenza scientifica dei fenomeni coinvolti e quindi dei comportamenti tecnici che possono riuscire a minimizzare i rischi ed accrescere i vantaggi, il successo dell'impiego delle acque reflue in agricoltura sarà decretato, come accade per qualunque altro comportamento all'interno di un processo pro-

duttivo, dalla convenienza economica della sua adozione.

I costi che debbono essere sostenuti per la distribuzione dei reflui sui campi coltivati sono facilmente stimabili e possono essere suddivisi in costi di costruzione e costi manutenzione ed esercizio.

I primi comprendono la costruzione dell'impianto di stoccaggio durante il periodo di tempo in cui non è possibile l'utilizzazione in campo degli effluenti, la costruzione delle condotte di adduzione fino ai terreni, compresi gli eventuali impianti di sollevamento o, in alternativa, il trasporto su ruote tramite autobotte. I secondi comprendono, oltre alla sorveglianza degli impianti e alla distribuzione delle acque, anche il controllo della loro qualità. Solo nel caso del siero prodotto nei caseifici, trattandosi di un materiale che viene generalmente utilizzato per l'alimentazione del bestiame suino, ai suddetti costi deve essere aggiunto il costo del mangime sostitutivo.

La valutazione dei benefici ottenibili, invece, risulta più ardua in quanto non sempre è possibile effettuare una stima economica dei vantaggi; anche perché alcuni di questi, avendo una valenza principalmente ecologico-ambientale, sfuggono a qualsiasi valutazione monetaria. Per questo motivo la stima dei benefici è affidata spesso al metodo del "costo alternativo per lo smaltimento"; in altre parole il beneficio della utilizzazione agronomica viene calcolato in base al costo del trattamento di depurazione risparmiato. E' evidente che in questo modo si sottostimano i vantaggi in quanto non si conteggiano gli effetti positivi esercitati dall'effluente nei confronti del terreno e della pianta (apporto di sostanza organica e di elementi fertilizzanti), oltre che alla rinuncia a comportamenti dissennati, se non apertamente fraudolenti (come lo smaltimento tal quale nella rete idrica).

Pur non volendosi addentrare in una materia che esula gli scopi della presente trattazione, appare chiaro che la creazione di un sistema di incentivi e disincentivi economici potrebbe giocare un ruolo decisivo nel favorire la diffusione di una pratica che, se razionalmente condotta, potrebbe consentire il conseguimento di innegabili vantaggi agronomici ed ambientali.

7. BIBLIOGRAFIA

- Bacci L., Conese C., Maselli F., Romani M., Zinna P., 1989. Metodologia per la costruzione di mappe di rischio ambientale: un'applicazione per la Val di Cornia. I.A.T.A.-C.N.R., Firenze.
- Giardini L., Borin M., Grigolo U., 1993. La qualità delle acque per l'irrigazione, Speciale L'informatore agrario, 20:29-77.
- Giardini L., Borin M., 1997. La classificazione agronomica del territorio: proposta metodologica del sistema CAT II. Genio Rurale, 5:53-64
- Maggiore T., Spallacci P., Tano F., 1998. Aspetti agronomici dell'impiego dei re-

flui zootecnici, Riv. Agron., 4:173-195.

Giardini L., Borin M., 1988. L'inquinamento delle acque per uso irriguo: aspetti agronomici, Irrigazione e drenaggio, 3:3-26.

