AQUA

Achieving good water quality status in intensive animal production areas

LIFE09 ENV/IT/000208

VENETO AGRICOLTURA
Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare

DRENAGGIO CONTROLLATO E FITODEPURAZIONE PER LA RIDUZIONE DELLE PERDITE DI NUTRIENTI IN AGRICOLTURA

LIFE09 ENV/IT/000208 - AQUA

Coordinatore

CRPA

Progetto Finanziato dall'Unione Europea nel Programma Life Plus Ambiente

Partner

FCSR · CRA Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura · ipla istituto per le piante da legno e l'ambiente ipla spa società controllata dalla Regione Piemonte · ERSAF Ente regionale per i servizi all'agricoltura e alle foreste · Veneto Agricoltura Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare · ersa Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Agenzia regionale per lo sviluppo rurale

Cofinanziatori

Regione Piemonte · Regione Lombardia · Regione Emilia-Romagna · Regione del Veneto · iren · HERA · AGCO Your Agriculture Company

AQUA

Achieving good water quality status in intensive animal production areas

LIFE09 ENV/IT/000208

VENETO AGRICOLTURA
Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare

DRENAGGIO CONTROLLATO E FITODEPURAZIONE PER LA RIDUZIONE DELLE PERDITE DI NUTRIENTI IN AGRICOLTURA

LIFE09 ENV/IT/000208 - AQUA

Coordinatore

CRPA

Progetto Finanziato dall'Unione Europea nel Programma Life Plus Ambiente

Partner

FCSR · CRA Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura · ipla istituto per le piante da legno e l'ambiente ipla spa società controllata dalla Regione Piemonte · ERSAF Ente regionale per i servizi all'agricoltura e alle foreste · Veneto Agricoltura Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare · ersa Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Agenzia regionale per lo sviluppo rurale

Cofinanziatori

Regione Piemonte · Regione Lombardia · Regione Emilia-Romagna · Regione del Veneto · iren · HERA · AGCO Your Agriculture Company

Progetto Finanziato dall'Unione Europea nel Programma Life Plus Ambiente
Organismo responsabile dell'informazione: **Veneto Agricoltura**
Coordinatore: **Centro Ricerche Produzioni Animali C.R.P.A. S.p.A.**

Coordinamento per il Veneto: Arduin M., Sartori A. - *Veneto Agricoltura*

Responsabile scientifico: Maurizio Borin - *Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente (DAFNAE) – Università di Padova (maurizio.borin@unipd.it)*

Elaborazioni e testi:
Maurizio Borin - *DAFNAE*
Eugenio Pappalardo - *DAFNAE*

Foto:
Maurizio Borin
Eugenio Pappalardo

Ringraziamenti:
Giovanni Albertini
Gino Malimpensa
Riccardo Polese

Pubblicazione edita da:
Veneto Agricoltura
Azienda Regionale per i Settori Agricolo, Forestale ed Agroalimentare
Viale dell'Università, 14 - 35020 Legnaro (PD)
Tel. 049 8293711 - Fax 049 8293815
e-mail: ricerca@venetoagricoltura.org
www.venetoagricoltura.org

Realizzazione editoriale:
Veneto Agricoltura
Azienda Regionale per i Settori Agricolo, Forestale ed Agroalimentare
Coordinamento editoriale:
Silvia Ceroni - *Settore Divulgazione Tecnica, Formazione Professionale ed Educazione Naturalistica*
Federica Mazzuccato - *Edizioni MB srl - Rovigo*
Via Roma, 34 - 35020 Legnaro (PD)
Tel. 049 8293920 - Fax 049 8293909
e-mail: divulgazione.formazione@venetoagricoltura.org

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ecc. previa autorizzazione da parte di Veneto Agricoltura, citando gli estremi della pubblicazione.

Finito di stampare nel mese di marzo 2014
presso TEXT di Crivellaro Massimo e Roberto - via Cristofori, 1 /a - z.i. Vigorovea
35020 S. Angelo di Piove di Sacco (PD) - Fax 049 9714507 - e-mail: info@digitaltext.it

SOMMARIO

PREFAZIONE ..... pag. 5

1. AGRICOLTURA E INQUINAMENTO IDRICO ..... » 6

2. PROTEZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE ..... » 8

2.1 Riduzione dei carichi inquinanti provenienti dai terreni coltivati ..... » 8

2.2 Riduzione dei volumi di acqua consegnata ai collettori: il drenaggio controllato ..... » 8

2.3 Fitodepurazione ..... » 9

3. IL DISPOSITIVO INTEGRATO DI DRENAGGIO CONTROLLATO E FITODEPURAZIONE PRESSO L'AZIENDA LUCIO TONIOLO DELL'UNIVERSITÀ DI PADOVA ..... » 11

3.1 Alcuni risultati ..... » 14

3.2 Scenari di sostenibilità ..... » 16

4. PER APPROFONDIRE ..... » 17

PREFAZIONE

L'azione 3 del progetto LIFE-AQUA si concentra sulle possibilità applicative della fitodepurazione per ridurre le perdite di azoto proveniente dai campi coltivati verso la rete idrica superficiale. Essa è rinforzata anche da un monitoraggio mirato sulle possibilità applicative del drenaggio controllato.

Per fitodepurazione si intende un insieme di processi naturali di trattamento di acque inquinate basati sullo sfruttamento del sistema suolo-vegetazione quale filtro naturale per la depurazione dell'acqua.

Per drenaggio, in idraulica agraria, si intende il complesso dei sistemi naturali o artificiali che permettono lo smaltimento in profondità dell' acqua in eccesso del terreno. Il drenaggio controllato è un sistema di gestione della falda che consente di regolarne l'altezza. In particolare vengono limitati i deflussi idrici dai terreni agrari, eliminando solo l'acqua degli strati più superficiali che potrebbe danneggiare la coltura o ostacolare la normale trafficabilità dei campi. Questa tecnica è diffusa negli Stati Uniti da alcune decine di anni, col fine di ridurre le perdite di N dai coltivi.

Nell'ambito del progetto LIFE-AQUA è stato monitorato un impianto sperimentale dimostrativo di drenaggio controllato e fitodepurazione allestito dal Dipartimento di Agronomia Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente (DAFNAE) dell'Università di Padova operativo da oltre 15 anni.

1. AGRICOLTURA E INQUINAMENTO IDRICO

I fenomeni di inquinamento idrico di origine agricola hanno alcuni aspetti peculiari che ne caratterizzano le manifestazioni e le possibilità di controllo:

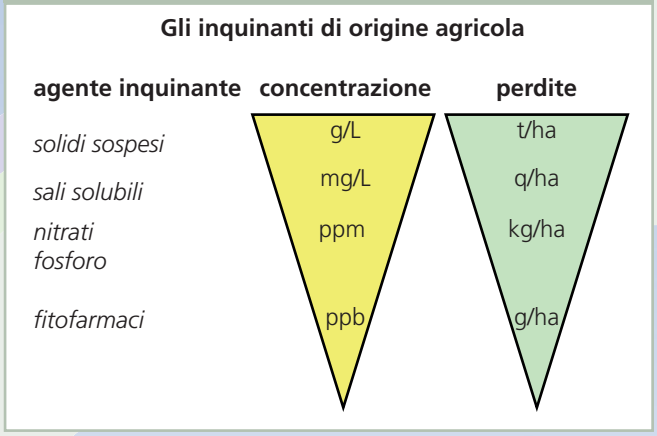
- carattere diffuso: le fonti agricole vengono comunemente definite *non-point* o diffuse, distinguendole da quelle puntuali (es. impianti industriali o collettori fognari) poiché esse si originano dalle intere superfici coltivate e non in punti facilmente individuabili;
- mancanza di semplici relazioni causa-effetto: i fenomeni di rilascio di nutrienti e prodotti chimici non sono spiegabili solo conoscendo gli apporti (ad esempio non è sufficiente conoscere le dosi di fertilizzanti per sapere le possibili perdite di nutrienti), ma dipendono da complesse relazioni che si instaurano nel sistema pianta-suolo-atmosfera, nonché dalle tecniche colturali;
- impossibilità di governare completamente il fenomeno: solo una parte dei fenomeni di inquinamento dipende da variabili antropiche, mentre i fattori più importanti sono generalmente incontrollabili e fra questi si ricorda in particolare l'andamento meteorologico;
- molteplicità dei soggetti: la componente antropica del fenomeno, a livello territoriale, è determinata dalla combinazione degli effetti di una miriade di soggetti, gli agricoltori, ognuno dei quali gestisce porzioni relativamente piccole del sistema complessivo.

Considerando anche il comparto zootecnico, il suo impatto sulla qualità delle acque assume connotazioni diverse: l'allevamento è più facilmente assimilabile a una fonte puntiforme di rilascio di inquinanti, i reflui possono originare problemi legati alla presenza di elementi nutrizionali, di carica batterica, di metalli pesanti e di sali solubili.

I principali agenti inquinanti di origine agricola sono (figura 1):

- i sedimenti, prodotti dall'azione erosiva delle acque di ruscellamento superficiale, hanno un duplice effetto sull'ambiente: diretto, alterando l'ecologia dei corpi d'acqua a seguito di una maggiore torbidità che limita la trasmissione della luce; indiretto, trasportando sostanze adsorbite quali fosforo e fitofarmaci;
- i sali, apportati con la fertilizzazione e derivanti dall'evoluzione della sostanza organica, che aumentano la conducibilità elettrica dell'acqua;
- i nutrienti delle piante, principalmente azoto e fosforo. Sono sostanze metabolizzabili, che entrano nei processi fisiologici dell'ambiente e sono responsabili del diffuso fenomeno dell'eutrofizzazione;
- i fitofarmaci, che includono un'ampia varietà di sostanze organiche di sintesi, utilizzate per il controllo delle malerbe, degli insetti parassiti delle piante, dei funghi fitopatogeni, ecc. Sono sostanze, normalmente di difficile metabolizzazione, che spesso esercitano un'azione tossica nei confronti degli organismi viventi diversi da quelli da controllare. Vengono rilasciati intenzionalmente nell'ambiente a basse dosi, anche se a volte possono avvenire sversamenti accidentali che determinano un rilascio puntiforme in elevate quantità o in elevate concentrazioni.

Figura 1 – Principali inquinanti delle acque di origine agricola.

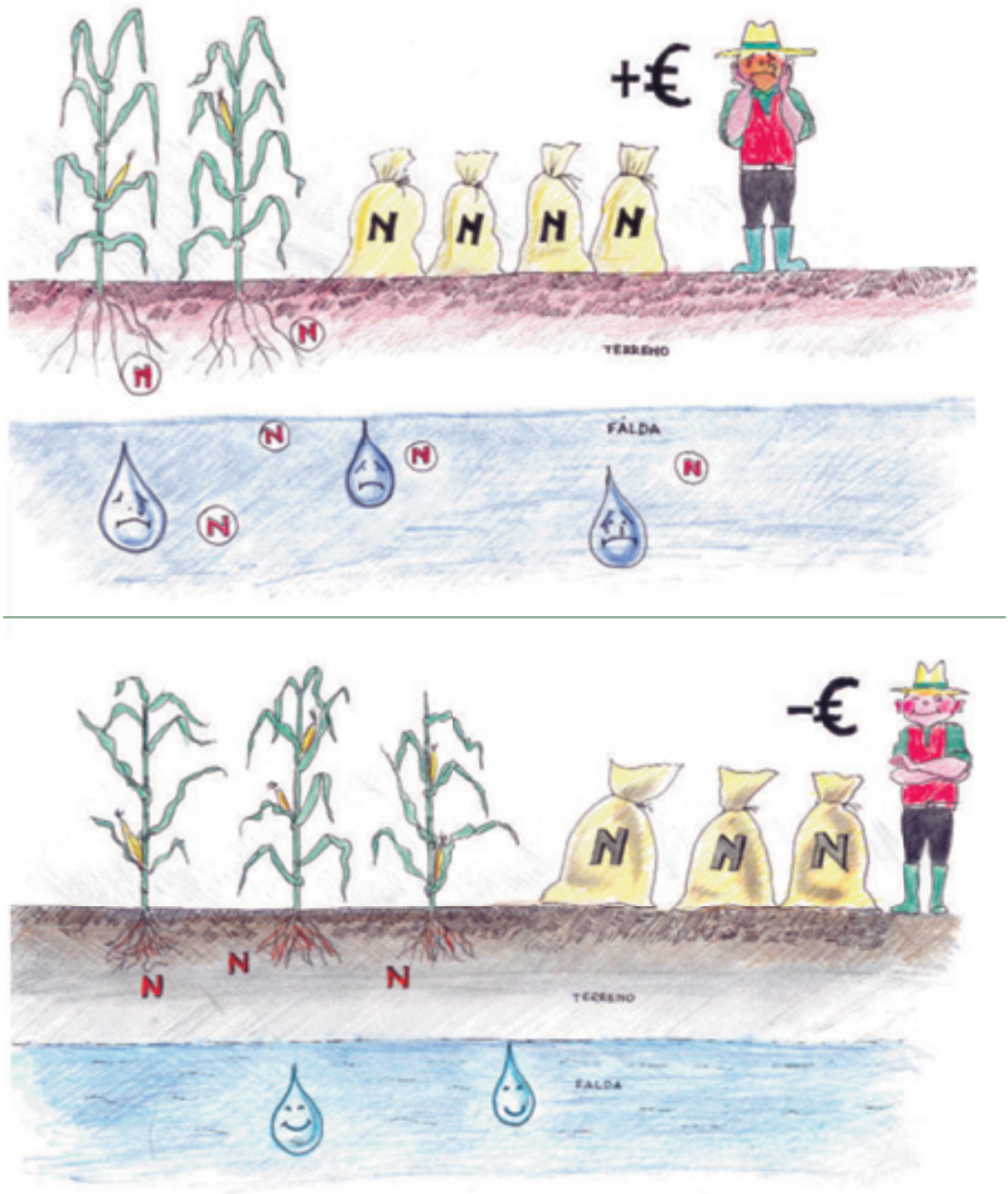


Il processo di inquinamento dei corpi idrici si realizza attraverso diverse modalità, a seconda che si tratti di corpi idrici superficiali o profondi. Passaggio comune è la **genesi**, che prende luogo all'interno degli appezzamenti coltivati. Segue il **trasporto**, che avviene secondo flussi prevalentemente orizzontali nelle zone di bassa pianura, poco permeabili e organizzate con una rete più o meno fitta di fossi, scoli e collettori che attraversano il territorio agricolo; il trasporto avviene invece con un movimento verticale nelle aree di alta pianura, più permeabili. La terza fase è la **consegna** al corpo idrico recettore: esso può essere un corso d'acqua principale e, in ultima analisi, il mare nel primo caso o un acquifero profondo, generalmente di qualità pregiata, nel secondo.
Relativamente all'azoto, perché esso possa divenire un problema per la qualità dei corpi idrici, siano essi di superficie che profondi, devono verificarsi contemporaneamente una situazione di eccessiva disponibilità nel terreno (genesi potenziale) e la presenza di un flusso di acqua che lo rimuova e lo trasporti al recettore finale (trasporto). Così, se nel terreno è stata applicata una dose di fertilizzante anche abbondante, ma il regime idrico è caratterizzato dall'assenza di fenomeni di percolazione, l'elemento potrà essere assorbito gradualmente dalla coltura e le perdite saranno pertanto modeste; all'opposto, se interviene una pioggia intensa e abbondante dopo una concimazione minerale, seppure di

modesta entità o dopo che l'elemento si è reso disponibile per la mineralizzazione dell'azoto organico (esempio dopo arature), gran parte dell'azoto verrà perso attraverso i processi di deflusso superficiale e di lisciviazione.
Le perdite di azoto, oltre che rappresentare un problema ambientale, costituiscono una perdita economica per l'agricoltore che ha speso denaro per l'acquisto e la distribuzione (figura 2).

Le strategie per contenere le perdite possono essere orientate verso il controllo della genesi, del trasporto o di entrambi. Sui terreni a minor permeabilità, diffusi nella bassa pianura, poi, le possibilità operative si arricchiscono, perché è possibile intervenire anche durante il percorso che l'elemento compie dal campo coltivato al corpo idrico recettore (esempio zone umide di fitodepurazione), riducendo la quantità che viene effettivamente consegnata.

Figura 2 – Valore economico e ambientale del controllo delle perdite di azoto dai terreni agrari.



2. PROTEZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE

L'agricoltura può svolgere un ruolo positivo nel disinquinamento dell'acqua attraverso la prevenzione, riducendo i carichi inquinanti provenienti dai terreni coltivati, il controllo dei deflussi e la fitodepurazione.

2.1 Riduzione dei carichi inquinanti provenienti dai terreni coltivati

Considerando il problema dell'azoto, si ribadisce innanzitutto l'importanza di alcuni tradizionali capisaldi dell'agronomia che vengono contemplati nelle cosiddette buone pratiche agricole (BPA), quali:

- utilizzare al meglio i vari tipi di reflui organici di cui può disporre l'azienda e ricorrere ai concimi chimici per integrare le eventuali carenze, privilegiando comunque la diversificazione delle fonti di azoto;
- impostare i piani di concimazione tenendo in considerazione l'avvicendamento piuttosto che il singolo ciclo colturale e calcolare le dosi di elemento da apportare in relazione alle effettive asportazioni delle colture;
- sfruttare gli effetti positivi di avvicendamento legati a concimazioni organiche o all'effetto delle leguminose;
- valutare l'opportunità di ridurre la dose di elemento da apportare alle colture, sopportando contrazioni delle rese produttive di entità abbastanza contenute;
- evitare distribuzioni di concimi chimici in epoche lontane dal ciclo colturale e privilegiare gli apporti in copertura o con concimi a lento effetto.

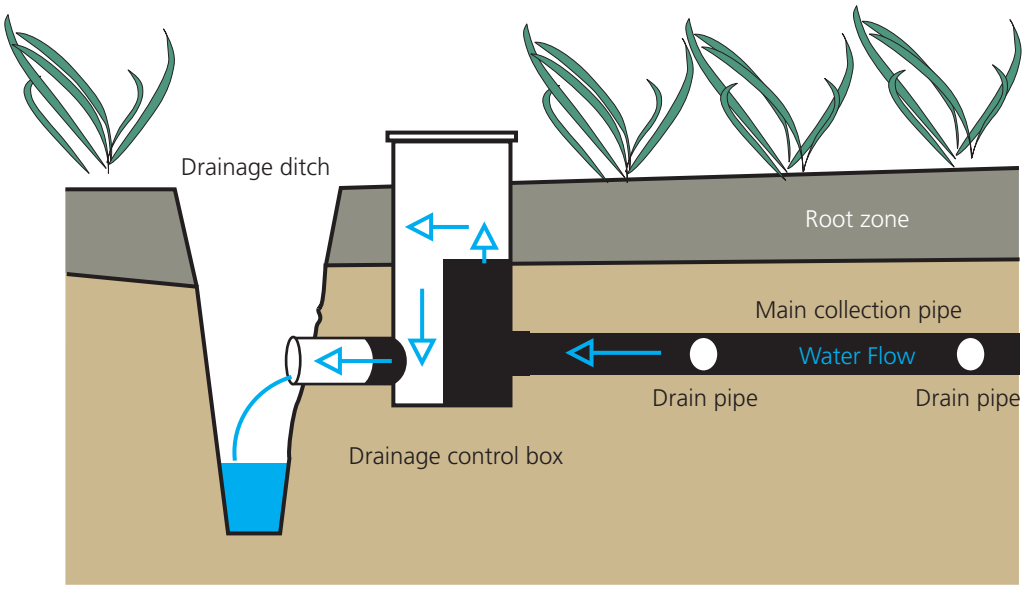
Sono stati inoltre messi in risalto altri importanti aspetti, legati alla fertilizzazione e alle interazioni fra questa tecnica e gli altri interventi agronomici. Ad esempio:

- viene rivalutato il ruolo dei residui colturali che, se interrati con regolarità, consentono di risparmiare azoto a parità di resa produttiva, o di conseguire produzioni più elevate a parità di apporto azotato;
- in tema di lavorazioni del terreno, si sono evidenziate minori perdite di azoto in presenza di lavorazioni ridotte o semine su sodo;
- in certe condizioni è da consigliare il ricorso a vere e proprie colture di copertura, realizzate con l'obiettivo specifico di assorbire azoto.
- Un ulteriore e significativo contributo all'ottimizzazione delle pratiche agricole viene oggi offerto dalla agricoltura di precisione o sito-specifica.

2.2 Riduzione dei volumi di acqua consegnata ai collettori: il drenaggio controllato

Il drenaggio controllato consiste nel limitare, con opportuni dispositivi, i deflussi idrici dai terreni agrari, eliminando solo l'acqua dagli strati più superficiali che potrebbe danneggiare la coltura o ostacolare la trafficabilità dei campi (figura 3). Esso può essere associato alla subirrigazione per assicurare il rifornimento idrico alle piante; in questo caso il livello della falda viene mantenuto costantemente

Figura 3 – Schema di funzionamento del drenaggio controllato.



vicino alla superficie del terreno (0,5-0,6 m) e abbassato temporaneamente per esigenze colturali o di gestione agronomica (raccolta, lavorazioni, etc.). Nei periodi in cui il terreno è privo di coltura la falda viene mantenuta il più superficiale possibile.
Il drenaggio controllato trova le condizioni di applicazione nelle aree dove uno strato impermeabile relativamente superficiale crea le condizioni perché si formi una falda sospesa (bassa pianura).
Il drenaggio controllato limita le perdite di azoto principalmente grazie alla riduzione del volume di acque di drenaggio e all'incremento dell'attività di denitrificazione nel terreno.

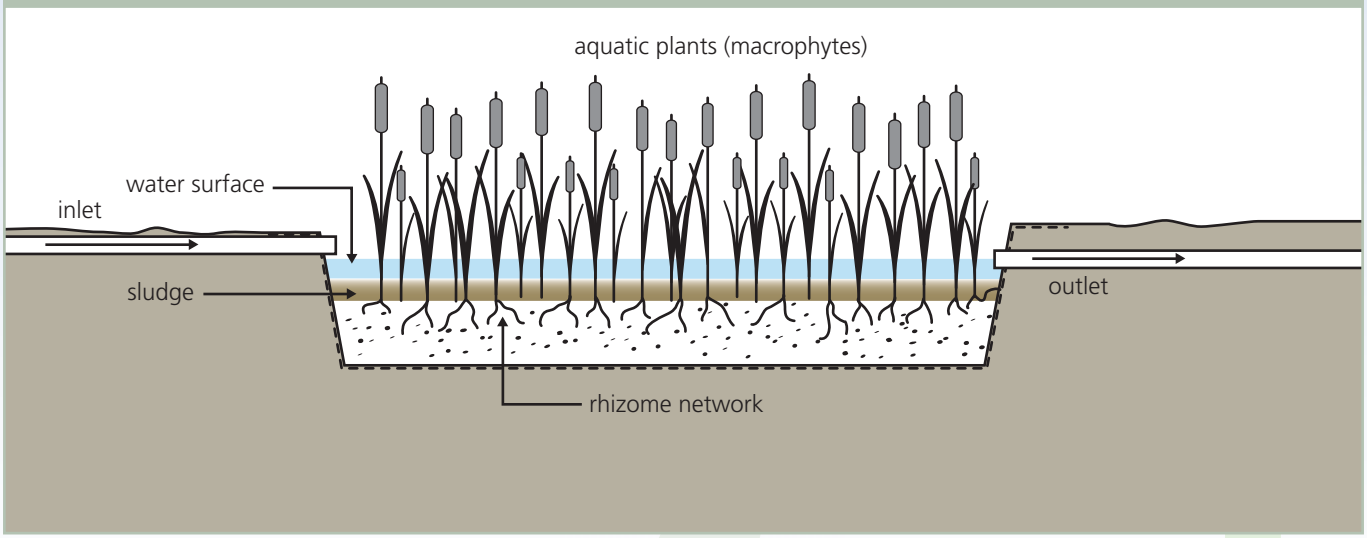
2.3 Fitodepurazione

Per fitodepurazione si intende un insieme di processi naturali basati sullo sfruttamento del sistema suolo-vegetazione quale filtro naturale per la depurazione dell'acqua. La causa dell'inquinamento può essere la stessa agricoltura, oppure legata ad altre attività antropiche: nel primo caso, gli interventi mirano, in analogia ai precedenti, a diminuire l'impatto ambientale dell'agricoltura, nel secondo a fornire un vero e proprio servizio alla collettività.
Fra le diverse modalità con cui si può eseguire la fitodepurazione delle acque di drenaggio agricolo, si ricordano le fasce tampone e le aree umide (*wetland*) a flusso superficiale (figura 4). Le fasce tampone sono aree o strisce di terra mantenute sotto una copertura vegetale permanente interposte fra gli appezzamenti coltivati e la rete idrica di superficie.
Le aree umide consistono nella realizzazione di bacini in cui l'acqua viene fatta fluire lentamente in modo da favorirne la depurazione naturale.

Il principio unificante di tutti i sistemi *wetland* è che il suolo o il substrato artificiale di tali bacini siano sommersi o comunque saturi per lunga parte dell'anno, in modo da consentire l'insediamento e l'affermazione di specie vegetali tipiche, che sanno ben adattarsi a condizioni di sommersione e scarsa disponibilità di ossigeno nella zona radicale (figura 5). Si possono utilizzare piante radicate al fondo (figura 4) o insediate su supporti flottanti collocati direttamente sulla superficie dei corpi idrici (figura 6).
Come in tutti i sistemi di fitodepurazione in condizioni sommerse o sature, alla vegetazione sono attribuiti diversi ruoli nel processo. I più significativi sono:
- riduzione del volume del refluo attraverso l'assorbimento radicale e la traspirazione fogliare;
- assorbimento e asportazione di fitonutrienti e di elementi tossici;
- stabilizzazione del substrato. Le radici, sviluppandosi

Figura 5 – La canna palustre, pianta tipica degli ambienti umidi.

Figura 4 – Schema di zona umida di fitodepurazione a flusso superficiale.

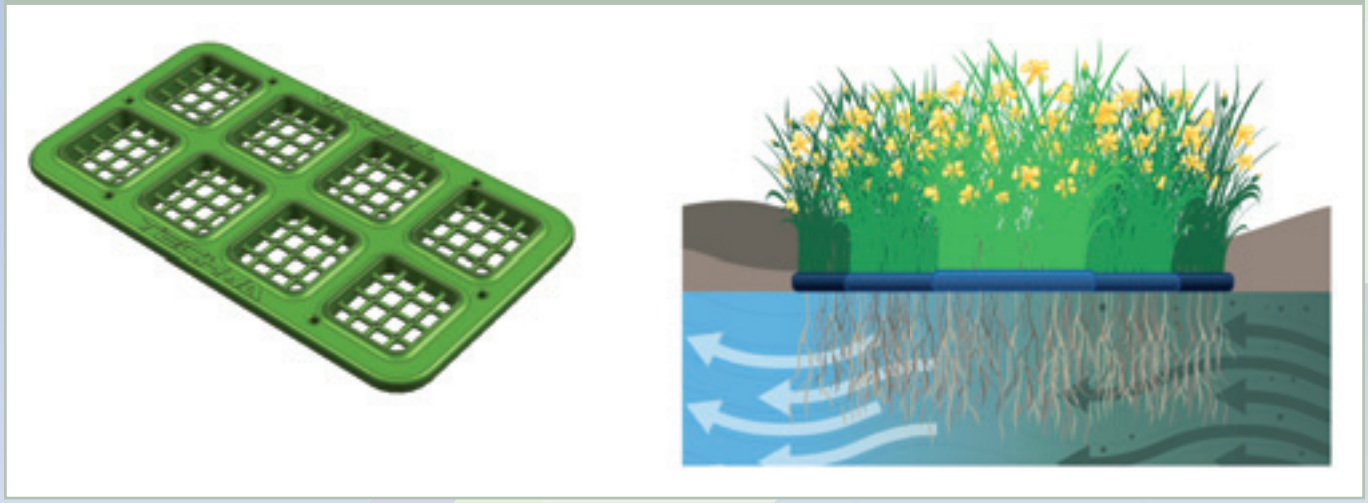


negli spazi vuoti fra gli elementi del substrato, lo imbrigliano e prevengono il suo intasamento;

- filtrazione del refluo operata dagli steli e dalle radici delle piante;
- supporto alla popolazione microbica. Nel sistema di fitodepurazione si seleziona una popolazione microbica specifica, capace di aggredire la sostanza organica e di decomporla in molecole semplici o in elementi e di trasformare vari composti. È questo uno dei principali meccanismi attraverso cui si realizza la depurazione del refluo. Poichè esso abbia luogo in maniera efficiente e continua, è necessario che i microrganismi dispongano di siti in cui insediarsi e di matrice organica per alimentare il loro metabolismo.

Per svolgere al meglio queste funzioni le piante devono essere pluriennali e dotate di un apparato radicale profondo, bene sviluppato, che sappia esplorare uniformemente la massa di substrato a disposizione.

Figura 6 – Fitodepurazione con sistemi flottanti.



3. IL DISPOSITIVO INTEGRATO DI DRENAGGIO CONTROLLATO E FITODEPURAZIONE PRESSO L'AZIENDA AGRARIA DIDATTICO SPERIMENTALE LUCIO TONIOLO DELL'UNIVERSITÀ DI PADOVA

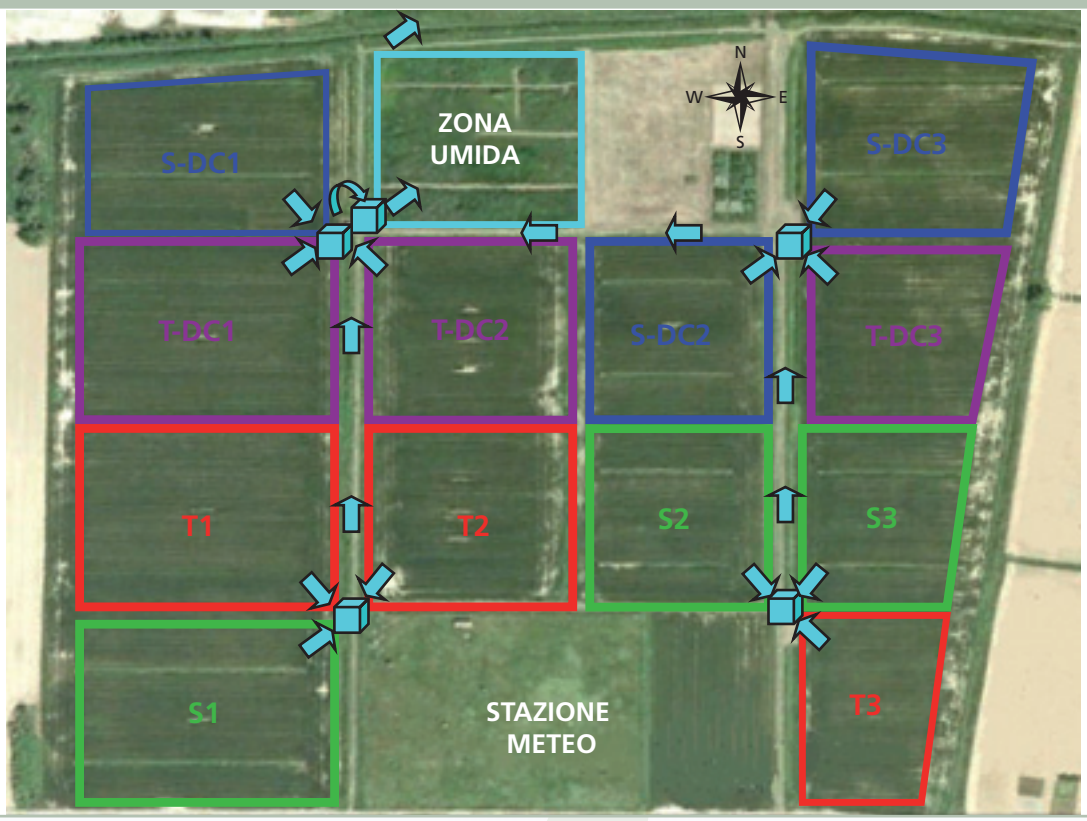
Realizzato nel 1997 presso l'Azienda Agraria Didattico Sperimentale Lucio Toniolo dell'Università di Padova, esso si estende su una superficie di circa 6 ettari che è stata modellata per simulare il comportamento idrologico di un bacino di bonifica di bassa pianura. È articolato in 12 appezzamenti, con superficie variabile tra 3000 e 5000 m² (figura 7) in cui viene attuato il confronto di 4 tesi derivante dalla combinazione di due fattori di studio: la gestione della falda e il sistema di regimazione delle acque di drenaggio:

- drenaggio convenzionale tubolare sotterraneo (T);
- drenaggio controllato tubolare sotterraneo (T-DC);
- drenaggio convenzionale con sistemazione alla ferrarese (S);
- drenaggio controllato con sistemazione alla ferrarese (S-DC).

A valle di ogni appezzamento è presente un fossato, isolato idraulicamente dagli altri, che raccoglie le acque di scolo (figura 8). L'acqua può uscire da esso solo attraverso una tubazione sotterranea che la scarica in pozzetti in cemento, allestiti per effettuare misurazioni di portata e rilievi per l'analisi delle acque. Il dispositivo di scarico è tale da permettere la regolazione del livello della falda (figura 9).

Figura 8 – Fossato di raccolta di un appezzamento con drenaggio libero (in basso) e con drenaggio controllato (in alto).

Figura 7 – Dispositivo di drenaggio controllato e fitodepurazione presso l'azienda L. Toniolo dell'Università di Padova.



Sulla tubazione di raccolta è infatti inserita una curva rivolta verso l'alto sulla quale si possono innestare prolunghe di lunghezza voluta che permettono il deflusso solo dell'acqua al di sopra dello sbocco della prolunga (figura 10). Il livello massimo della falda è così mantenuto alla profondità desiderata; al di sotto di tale livello l'acqua è trattenuta all'interno del fossato e della campagna e, in mancanza di altri apporti idrici (meteorici o irrigui), viene lentamente dispersa per evapotraspirazione.
Dai pozzetti, ciascuno dei quali riceve il deflusso di tre appezzamenti (figura 11), l'acqua viene convogliata, tramite tubazioni sotterranee, a un pozzetto di carico in cui una

Figura 10 – Parte superiore del tubo di regolazione del livello dell'acqua in fossato di raccolta con drenagio controllato in condizioni di deflusso idrico.

Figura 9 – In alto: schema della sezione del dispositivo sperimentale. A: fossato di raccolta delle acque di scolo delle parcelle; B: pezzi speciali per il controllo della falda; C: collettori in PVC per il trasferimento delle acque di scolo ai pozzetti; D: collettori in PVC per il trasferimento delle acque di scolo tra i pozzetti; E: pozzetti in cemento; F: livello dell'acqua; G: zona umida; H: pompa; I: collettore aziendale. In basso: particolare del dispositivo di controllo del livello della falda. A: fossato di raccolta delle acque di scolo; B: pezzi speciali per il controllo della falda; C: collettori in PVC per il trasferimento delle acque di scolo ai pozzetti; D: collettori in PVC per il trasferimento delle acque di scolo tra i pozzetti; E: pozzetti in cemento; F: livello dell'acqua nel fossato di raccolta.

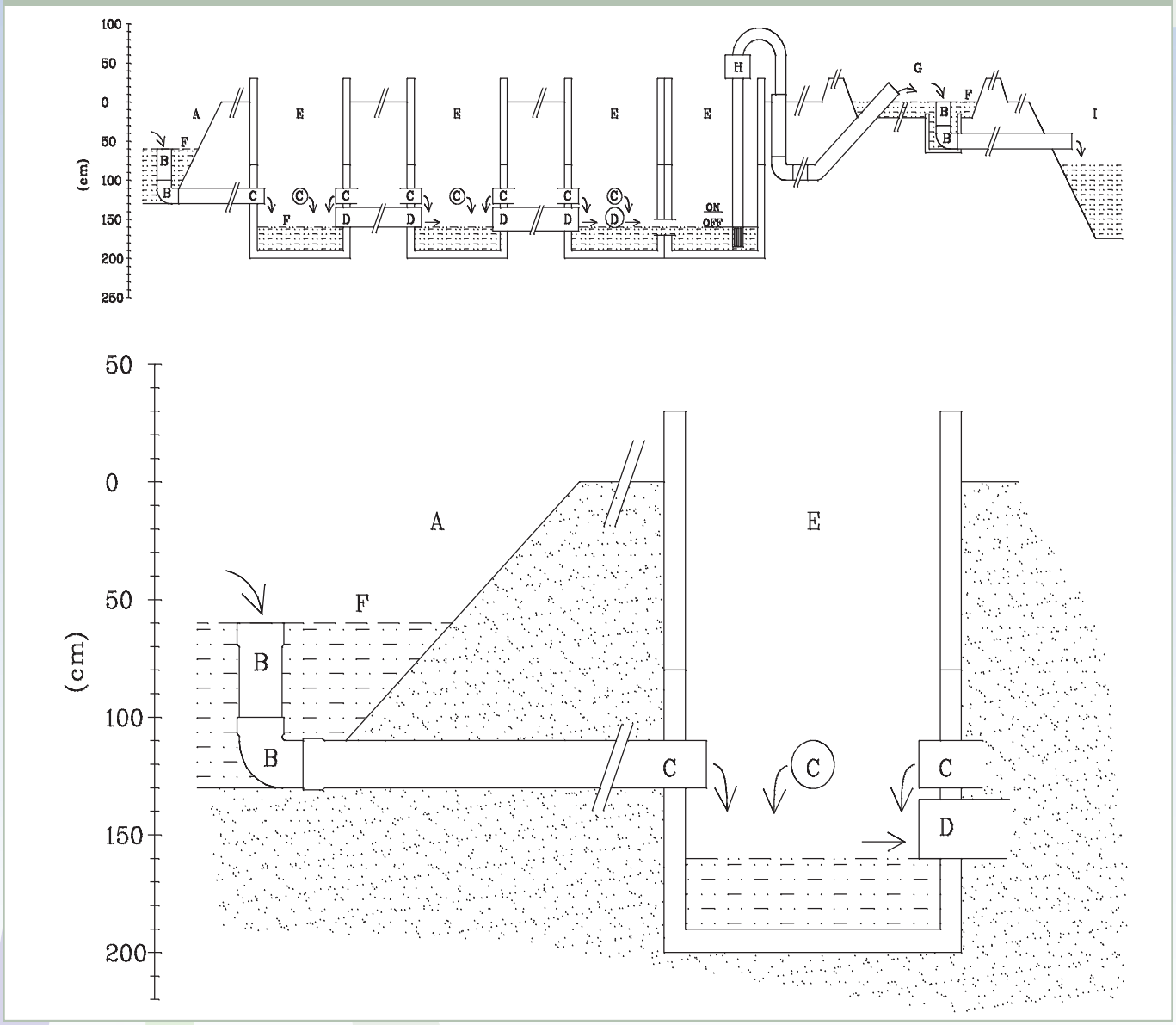


Figura 11 – Particolare di un pozzetto di raccolta delle acque di drenaggio di tre parcelloni con contalitri per la misura del deflusso.

pompa la solleva e la scarica in un bacino di fitodepurazione a flusso superficiale.
Tale bacino, vegetato con *Phragmites australis* (Cav.) Trin., ha superficie di circa 3.200 m^2, è profondo 0,4 m sotto il piano di campagna ed è circondato da un argine alto 0,3 m. Ha forma trapezoidale e, al suo interno, sono presenti tre argini che guidano il percorso dell'acqua (circa 200 m) dall'ingresso all'uscita (figure 12 e 13). Il tempo medio di permanenza delle acque è di 5 giorni circa. Il suolo è stato compattato per diminuire la permeabilità e limitare così le lisciviazioni. Un pozzetto situato nell'angolo nord-ovest consente di regolare la fuoriuscita dell'acqua in eccesso dalla zona umida tramite gli aggiustamenti dell'altezza di uno sfioratore, che permette anche di controllare il livello di sommersione e di regolare i tempi di permanenza dell'acqua. Il volume di deflusso è misurato grazie ad un'apposita valvola contalitri.
L'intero sistema è dotato di dispositivi per il monitoraggio della profondità di falda e dei volumi di deflusso. Campioni di acque vengono prelevati con regolarità e analizzati fin dal completamento dei lavori.

Figura 12 – Planimetria della zona umida di fitodepurazione.

Figura 13 – Particolare di un arginello per direzionare il flusso dell'acqua all'interno della zona umida.

Gli appezzamenti sono stati coltivati, nel corso degli anni, con le specie erbacee di pieno campo tipiche dell'ambiente veneto (mais, frumento, barbabietola, soia), seguendo le normali pratiche agricole dell'azienda. Sono sempre state rilevate le produzioni e le asportazioni di azoto.
Nell'area umida, prima periodicamente e dal 2007 annualmente, è stata misurata la produttività della canna palustre, distinta per parte aerea e ipogea.
Periodicamente sono stati prelevati campioni di terreno per il monitoraggio dell'evoluzione della sostanza organica e dell'azoto.
Nel 2012 e 2013 i terreni coltivati sono stati utilizzati all'interno del progetto Life-AQUA per valutare gli effetti produttivi e ambientali dell'applicazione della deroga alla Direttiva Nitrati. A tal scopo si è applicata una dose di 250 kg ha^{-1} di azoto studiando tre tesi con le seguenti modalità (figura 7):

- solo concimazione minerale (blocco 1, parcelloni SDC1, TDC1, T1, S1), in dosi da equiparare l'apporto del liquame. In pre-semina è stato distribuito perfosfato triplo (46%) pari a 136 kg/ha di P_20_5 e solfato di potassio, pari a 195 kg/ha di K_2O. In copertura poi è stata distribuita Urea (46%), pari a 250 kg/ha di N, divisa in due applicazioni in sarchiatura;
- solo liquame bovino (blocco 2, parcelloni SDC2, TDC2, T2, S2) (figura 14) applicato in pre-semina con 250 kg/ha di N;
- fertilizzazione mista (blocco 3, parcelloni SDC2, TDC2, T2, S2) in pre-semina, con liquame pari a 125 kg/ha N, integrato da apporti minerali con perfosfato triplo pari a 65 kg/ha di P_20_5 e solfato di potassio, pari a 93 kg/ha di K_2O. In copertura viene distribuita urea, per 125 kg/ha di N.

Figura 14 – Distribuzione e interramento del liquame in pre semina.

3.1 Alcuni risultati

Nel corso del monitoraggio il sistema ha evidenziato grandi potenzialità di controllare i deflussi idrici e le perdite di azoto.

A titolo di esempio in figura 15 si osserva che nel periodo marzo 2007-settembre 2009 le modalità di drenaggio controllato hanno determinato deflussi dell'1-5% dei 2500 mm di pioggia caduta rivelandosi soluzioni conservative per l'acqua. All'opposto il drenaggio libero con tubi sotterranei ha scaricato circa 900 mm (36% del piovuto). I minori deflussi invernali si traducono in una maggiore disponibilità idrica nel corso dei mesi primaverili-estivi, come si evince dalla figura 16. La riduzione dei volumi di deflusso comporta anche minori perdite di azoto: in figura 17 si nota come il drenaggio tubolare libero abbia scaricato 59 kg ha^{-1} nel corso delle due annate e come con in modalità controllata le perdite siano state contenute al di sotto di 3 kg ha^{-1}.

Mais, barbabietola e soia sono state le colture che maggiormente si sono avvantaggiate dal drenaggio controllato, specialmente nelle annate con inverni piovosi seguiti da estati siccitose. Il frumento, per contro, ha sofferto in certe annate la troppa umidità che il drenaggio controllato ha indotto nel terreno durante i mesi invernali.

La zona umida di fitodepurazione è risultata efficace nell'abbattimento sia dell'azoto totale e nitrico, che del fosforo totale (tabella 1) raggiungendo rimozioni medie attorno al 90% per le forme azotate e al 70% per il fosforo.

Figura 15 – Piogia e deflussi cumulati nel dispositivo di drenaggio controllato nel periodo marzo 2007-settembre 2009.

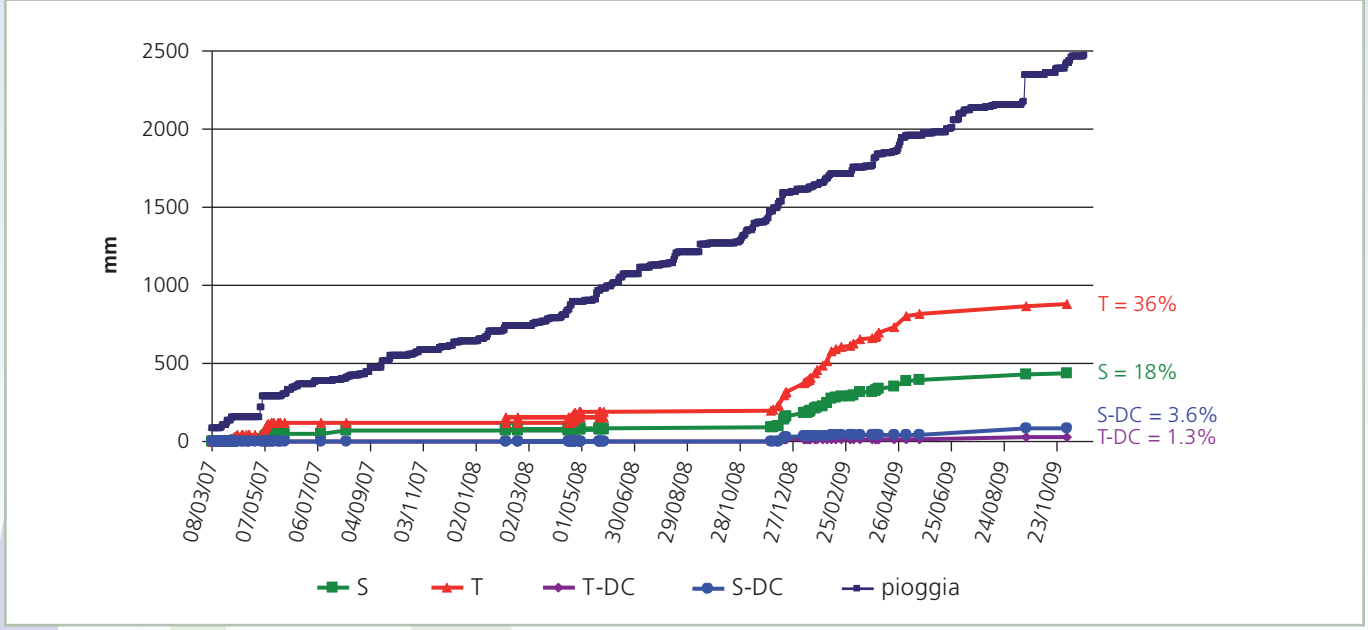


Figura 16 – Andamento dell'umidità del terreno in una stagione primaverile estiva in appezzamenti con drenaggio controllato (sopra) e libero (sotto).

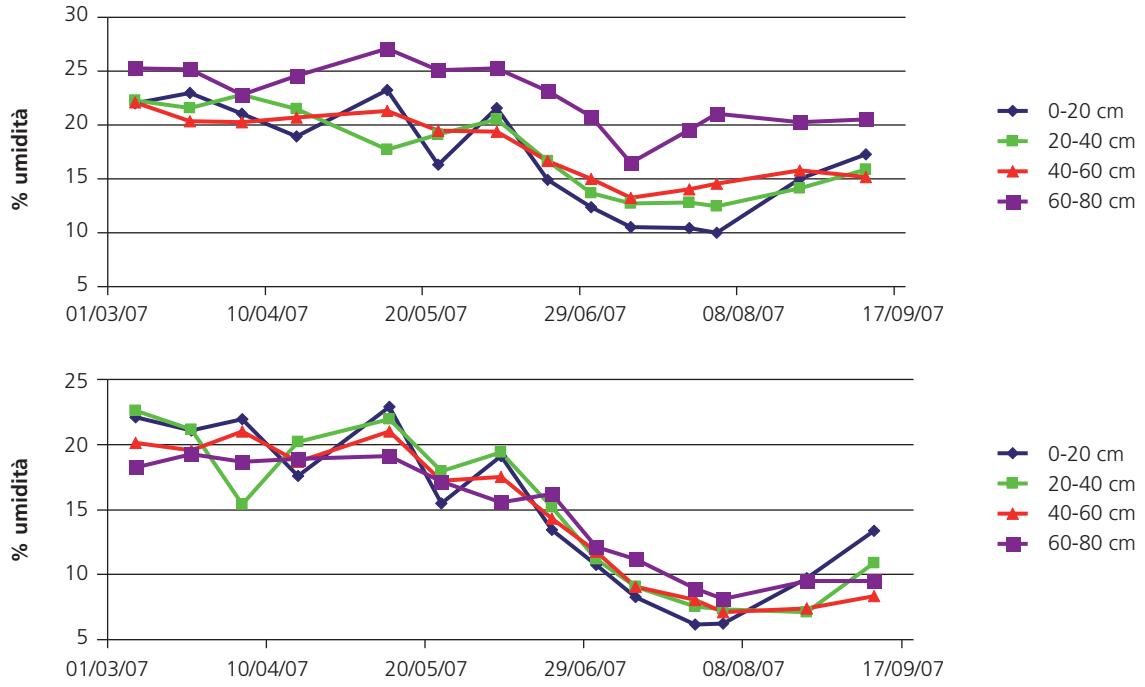


Figura 17 – Perdite cumulate di azoto nel dispositivo di drenaggio controllato nel periodo marzo 2007-settembre 2009.

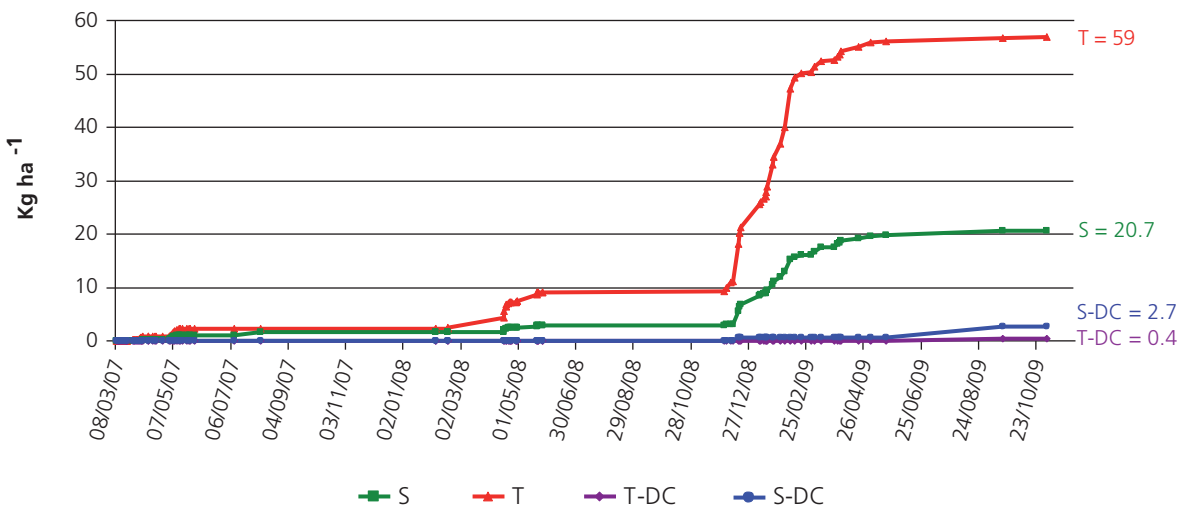


Tabella 1 – Carichi e rimozione di azoto totale, azoto nitrico e fosforo totale calcolati per l'impianto di fitodepurazione a flusso superficiale sito presso l'azienda sperimentale "L. Toniolo".

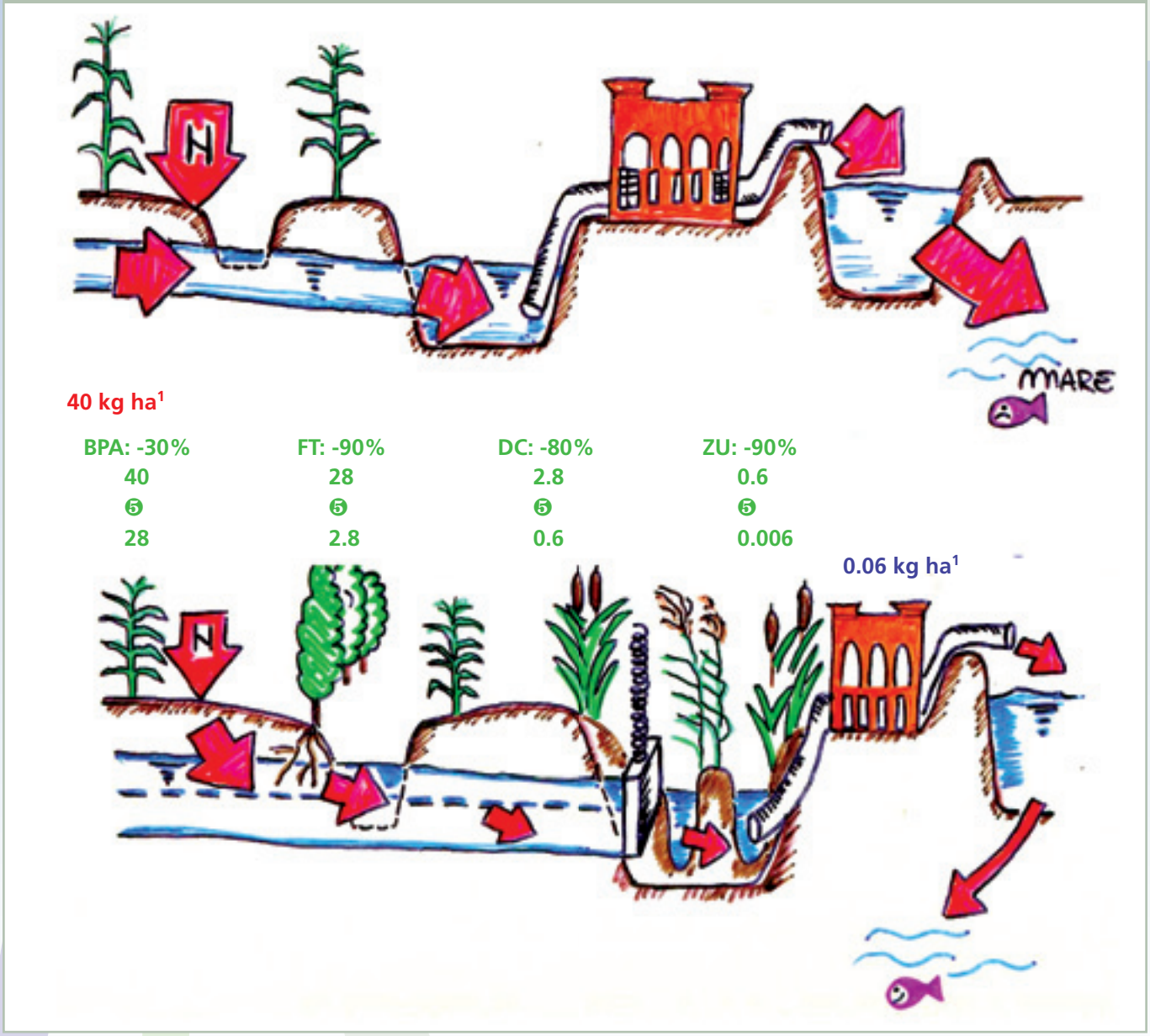
Annata agraria	N Tot. (kg ha^{-1})			NO_3 -N (kg ha^{-1})			P Tot. (kg ha^{-1})		
	IN	OUT	Rimozione %	IN	OUT	Rimozione %	IN	OUT	Rimozione %
2008-2009	155,5	12,8	91,8	84,2	3,4	95,9	4,6	0,31	93,2
2009-2010	377,1	52,67	86,0	434,6	79,9	81,6	6,8	3,00	56,0
Media	266,3	32,7	87,7	259,4	41,7	83,9	5,7	1,66	70,9

3.2 Scenari di sostenibilità

Considerando i dati delle attività di monitoraggio svolte nel dispositivo e integrandoli con quelli raccolti con le ricerche sulle prestazioni delle fasce tampone, si possono delineare gli scenari esemplificati in figura 18. Ipotizzando un bacino di bassa pianura in cui si pratichino tecniche di coltivazione non particolarmente attente al contenimento delle perdite azotate si può stimare una perdita media annua di 40 kg ha^{-1} di elemento. Fatti salvi i processi di autodepurazione che possono avvenire lungo la rete idrica minore e i canali di bonifica, questa quantità potrà giungere quasi inalterata al mare. Mettendo in atto tecniche volte alla riduzione del carico potenziale (BPA) ci si può attendere già un interessante controllo delle perdite, che potranno essere ridotte nella misura del 30%. La presenza di fasce tampone (FT) a protezione della rete idrica di superficie può consentire una drastica riduzione delle perdite, con abbattimenti del 90%. Integrando BPA con fasce tampone, quindi, la quantità di azoto allontanata dall'appezzamento passerebbe da 40 a meno di 3 Kg ha^{-1}. Se poi si attuasse un sistema di regolazione dei deflussi col drenaggio controllato (DC), l'azoto perso scenderebbe a poco più di mezzo Kg ha^{-1}. Infine, realizzando un bacino di fitodepurazione prima dell'impianto di sollevamento, si potrebbe ottenere un ulteriore abbattimento che consentirebbe di scaricare a mare solo qualche decina di grammi di azoto.

Esistono quindi molti margini di manovra per proteggere i corpi idrici interni e salvaguardare la qualità delle acque di mare dall'inquinamento dell'azoto di origine agricola.

Figura 18 – Perdite di azoto dai terreni agricoli in assenza (sopra) e in presenza (sotto) di interventi di controllo.



4. PER APPROFONDIRE

Borin M. e Bonaiti G., 1996. Un dispositivo sperimentale di drenaggio controllato con zona umida per studiare le possibilità di controllo delle perdite di nitrati dai terreni agricoli. Irrigazione e drenaggio, 44(1), 39-46.

Borin M. e Bonaiti G., 1997. Nitrate-nitrogen concentration in soil and water under wetland macrophytes and maize grown in lysimeters with various water table management. Proc. "7th Gumpensteiner Lysimeter Day, Gumpenstein, (A)", 7-9/4/1997, 147-148.

Borin M., Bonaiti G. e Giardini L., 1998. First results on controlled drainage to reduce nitrate losses from agricultural fields. In: Pereira, L.S. e Gowing W.: Water and the environment: innovative issues in irrigation and drainage. E & FN Spon, London, 35-42.

Borin M., 1998. Dal bilancio dell'azoto indicazioni per la fertilizzazione. L'Informatore Agrario, 21, 31-34.

Borin M, Bigon E., Saccomani L. e Vianello M., 1999. Le fasce tampone: aspetti generali e indicazioni della ricerca. Atti Seminario di Studio sulla Fitodepurazione, Treviso, 5/11/99, 71-77.

Borin M., Morari F., Bonaiti G., Paasch M. and Skaggs R.W., 2000. Analysis of DRAIMOD performances with different detail of soil input data in the Veneto Region of Italy. Agricultural water management, 42, 259-272.

Borin M., Bonaiti G., Santamaria G. e Giardini L., 2001. A constructed surface flow wetland for treating agricultural waste waters. Water Science & Technology, 44, 523-530.

Borin M. e Bigon E., 2001. Abbattimento dell'inquinamento di origine agricola ad opera di fasce tampone ripariali. L'Informatore Agrario, 11, 87-91.

Morari F., Vianello M., Borin M. e Zanin G., 2001. Un misuratore-campionatore del deflusso superficiale in presenza ed assenza di fasce tampone. Irrigazione e Drenaggio, 48, 2, 24-30.

Borin M., Bonaiti G. e Giardini L., 2001. Controlled drainage and wetlands to reduce agricultural pollution: a lysimetric study. Journal of Environmental Quality, 30(4), 1330-1340.

Borin M. e Bigon E., 2002. Abatement of NO3-N concentration in agricultural waters by narrow buffer strips. Environmental pollution, 117 (1), 165-168.

Borin M., G. Bonaiti and L. Giardini, 2002. Water conservation and crop production under controlled drainage and subirrigation: five years' experience in NE Italy. Ital. J. Agron., 7(2): 111-118.

Borin M., 2003. Fitodepurazione - Soluzioni per il trattamento dei reflui con le piante. Il Sole 24 ore Edagricole, Bologna, 198 pag., ISBN 88-506-4830-8.

Borin M., 2003. Strategie per l'uso ecocompatibile dei reflui zootecnici. L'Informatore Agrario, 45, 79-82.

Borin M., Vianello M., Morari F. e Zanin G., 2005. Effectiveness of a buffer strip in removing runoff pollutants from a cultivated field in Noth-East Italy. Agriculture, ecosystems and environment, 105, 101-114.

Borin M., Tocchetto D., 2005. Fitodepurazione: possibilità applicative in ambito zootecnico. L'informatore zootecnico, 4, 30-36.

Borin M., Berti A., Guercini S., Sartori L., Schiavon S., 2006. Gestione delle deiezioni suine, punto critico dell'allevamento. L'Infromatore Agrario, 16, 40-41.

Berti A., Borin M., Morari F., 2006. Stima dei rilasci di azoto in campo. L'Infromatore Agrario, 30, 30-32.

Borin M. e Tocchetto D., 2007. Five year water and nitrogen balance for a constructed surface flow wetland treating agricultural drainage waters. Science of the Total Environment, 380, 38-47.

Borin M. and Bacelle S. (Eds.), 2007. Proc. of the Intern. Conf. On Multi Functions of Wetland Systems, P.A.N. ed., ISBN 978-88-902948-0-8, 224 p.

Borin M., Morari F, Andreoli L. e Marini G., 2008. Il Codice Locale di Buona Pratica Agricola del Parco del Mincio. ISBN: 978-88-902948-1-5. PADOVA: P.A.N. (ITALY). 56 p.

Passoni M. and Borin M., 2008. Efficacy of narrow buffer strips in removing agricultural pollutants in the shallow subsurface water flux from a cultivated field in north-east Italy. Ital. J. of Agron., 3 (3), 61-62.

Salvato M., Passoni M. and Borin M., 2008. Performance of a constructed surface flow wetland in abating nutrients in agricultural drainage waters. Ital. J. of Agron., 3 (3), 67-68

Borin M., Abud M.F., 2009. Sistemas naturales para el control de la contaminacion difusa. In: Penuela G., Morato J.. Manual de tecnologias sostenibles en tratamiento de aguas. p. 45-55, Medellin, Colombia: Tecspar project, ISBN/ISSN: 978-958-44-5307-5.

Passoni M., Morari F., Salvato M., Borin M., 2009. Medium-term evolution of soil properties in a constructed surface flow wetland with fluctuating hydroperiod in North Eastern Italy. Desalination, 246, 215-225.

Borin M., Passoni M., Thiene M., Tempesta T., 2010. Multiple functions of buffer strips in farming areas. European J. of Agronomy, 32, 103-111.

Borin M., 2010. La fitodepurazione riduce i nitrati zootecnici. Terra e vita, 4, 34-35.

Salvato M. and Borin M., 2010. Effect of different macrophytes in abating nitrogen from a synthetic wastewater. Ecol. Engin., 36, 1222-1231.

Borin M., Bisol T., Amatya D.M., 2010. Performance of Drainwat model in assessing the drainage discharge from a small

watershed in the Po Valley (Northern Italy). Proc. of CIGR XVIIth World Congress – Québec City, Canada – June 13-17, 2010.

Passoni M. and Borin M., 2010. Effect of different buffer strips on pollutant removal in agricultural runoff. Proc of 12th IWA Int. Conf. on Wetland systems for water pollution control, Venezia (I), 4-8 October, 779-781.

Borin M., Passoni M. e Salvato M., 2010. Il Sottoprogetto: drenaggio controllato e fitodepurazione. In: Progetto Ecobasco – Messa a punto di modelli produttivi innovativi nelle colture estensive per una gestione ecocompatibile nell'ambito del Bacino Scolante in Laguna di Venezia 2007-2009. Ed. Veneto Agricoltura, 51-64. ISBN 978-88-6337-047-8.

Bonaiti, G., Borin, M., 2010. Efficiency of controlled drainage and subirrigation in reducing nitrogen losses from agricultural fields. Agric. Water Manag., 98, 343-352.

Borin M., Politeo M., 2012. Ridurre l'azoto nei reflui, con le piante si può. Rivista di Suinicoltura. (1) pp. 82-86.

Borin M., Gumiero B., Boz B., Politeo M., 2012. Fitodepurazione per il trattamento degli effluenti animali. Terra e vita, 4 suppl., 25-29.

Plaza de los Reyes C., Vera L., Salvato M., Borin, M. Vidal G. 2011. Consideraciones para la eliminación de nitrógeno en humedales artificiales. Tecnologia del Agua, 330, 40-49.

Borin M., Malagoli M., Salvato M., Tanis B., 2013. Wetland systems: ecology, functioning, management. ISBN 978-88-902948-4-6, 172 pp., published by P.A.N., Padova (Italy).

Coordinatore

Centro Ricerche
Produzioni Animali
C.R.P.A. S.p.A.

Viale Timavo 43/2
42121 Reggio Emilia - Italia

Tel. +39 0522 436999
Fax +39 0522 435142

http://aqua.crpa.it
Email: aqua@crpa.it

Finanziato dall'Unione europea nell'ambito
del Programma Life Plus Ambiente,
il progetto AQUA è iniziato il 01 ottobre 2010
e terminerà il 31 marzo 2014.

AQUA è coordinato da CRPA spa e
cofinanziato dalle Regioni Piemonte, Lombardia,
Veneto ed Emilia-Romagna, dalle aziende multiservizi
IREN ed HerAmbiente, da AGCO Italia.

Partners per la realizzazione sono
Fondazione CRPA Studi e Ricerche, CRA, IPLA Piemonte,
ERSAF Lombardia, Veneto Agricoltura
ed ERSA Friuli Venezia-Giulia.

ISBN 978-88-6337-110-9