



IL SITO SPERIMENTALE “NICOLAS”

**Efficacia delle fasce tampone arboree
nella riduzione dei carichi di azoto.
Monitoraggio e sperimentazione presso
l'azienda pilota e dimostrativa “Diana”
di Veneto Agricoltura**

Report della ricerca

Autori - *Authors*

Bruna Gumiero - professore a contratto dell'Università di Bologna Dipartimento di Biologia Evoluzionistica Sperimentale

Bruno Boz - dottorando presso Scuola di dottorato Scienze delle produzioni vegetali indirizzo Agrobiotecnologie Università di Padova

Paolo Cornelio – Ufficio Tecnico Consorzio di Bonifica Dese Sile

Fotografie - *Pictures*

Bruno Boz

Paolo Cornelio

Disegni tecnici - *Technical drawings*

Bruno Boz

Traduzione - *Translation*

Cristina Bruno

Coordinamento - *Coordination*

Federico Correale Santacroce

Veneto Agricoltura – Settore Agroenergie e Fuori Foresta

Pubblicazione edita da - *Printed volume edited by*

VENETO AGRICOLTURA

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

Viale dell'Università, 14 - Agripolis - 35020 Legnaro (PD)

Tel. 049.8293711 - Fax 049.8293815

E-mail: info@venetoagricoltura.org

www.venetoagricoltura.org

Realizzazione editoriale - *Editors*

VENETO AGRICOLTURA

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

Coordinamento Editoriale: Isabella Lavezzo, Margherita Monastero

Settore Divulgazione Tecnica e Formazione Professionale

Via Roma, 34 - 35020 Legnaro (PD)

Tel. 049.8293920 - Fax 049.8293909

E-mail: divulgazione.formazione@venetoagricoltura.org

Ringraziamenti - *Acknowledgements*

Francesca Ragazzi e Raffaella Scaggiante - A.R.P.A.V. di Castelfranco Veneto (TV) - Servizio Osservatorio Suolo e Rifiuti e Servizio Laboratori

Luigi Gottardo – Veneto Agricoltura

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

PRESENTAZIONE

La presente pubblicazione nasce da una importante esperienza realizzata da Veneto Agricoltura e dal Consorzio di Bonifica Dese Sile sulla capacità delle fasce tampone boscate di migliorare la qualità delle acque.

Presso l'Azienda Pilota Dimostrativa Diana di Veneto Agricoltura nel comune di Mogliano Veneto (TV) è stato realizzato un impianto forestale sperimentale dove viene fatta confluire dell'acqua proveniente dal vicino fiume Zero, mediante il suo sollevamento con delle opere idrauliche appositamente progettate. Esperti ricercatori hanno monitorato gli effetti sugli inquinanti disciolti nelle acque immesse in questo modo nel bosco.

I risultati positivi riscontrati - una percentuale di sottrazione di azoto fino al 60% - confermano che la fasce tampone boscate in ambiente agricolo sono un valido sistema per la depurazione delle acque dei nostri corsi d'acqua.

E' quindi auspicabile che tale pratica venga diffusa sul nostro territorio. L'agricoltura potrebbe così esercitare una importante funzione di miglioramento ambientale a vantaggio dell'intera collettività che va oltre alla positiva creazione di impianti forestali (miglioramento del paesaggio, aumento della biodiversità, produzione di energia sostenibile, ecc.). Infatti, se opportunamente integrati con il sistema idraulico del territorio, tali impianti contribuiscono alla riduzione del temuto fenomeno dell'eutrofizzazione delle nostre acque.

Veneto Agricoltura e il Consorzio di Bonifica Dese Sile sono impegnati da anni in progetti innovativi sulla corretta gestione delle risorse idriche e del cosiddetto fuori foresta. Questa pubblicazione di impronta scientifica consente di divulgare gli importanti risultati fino ad ora conseguiti nel sito sperimentale di Veneto Agricoltura riferito all'Azienda Pilota Dimostrativa Diana.

Veneto Agricoltura
L'Amministratore Unico
On. Corrado Callegari

Consorzio di Bonifica Dese Sile
Il Presidente
Avv. Paolo Dalla Vecchia

IL SITO SPERIMENTALE “NICOLAS”

EFFICACIA DELLE FASCE TAMPONE ARBOREE NELLA RIDUZIONE DEI CARICHI DI AZOTO. MONITORAGGIO E SPERIMENTAZIONE PRESSO L’AZIENDA PILOTA E DIMOSTRATIVA “DIANA” DI VENETO AGRICOLTURA

L’attività di monitoraggio condotta nel sito sperimentale “Nicolas” nel periodo 1999 – 2005 per conto del Consorzio di Bonifica Dese Sile e incentrata sullo studio dell’efficacia delle fasce tampone arboree nella riduzione dei carichi di azoto che defluiscono ai corpi idrici e che da essi vengono veicolati verso la Laguna di Venezia, è stata finalizzata a:

1. aumentare la conoscenza dei processi che permettono alle fasce arboree di fungere da tamponi riducendo le concentrazioni delle principali forme azotate veicolate attraverso i deflussi idrici che le attraversano;
2. quantificare l’entità di questa riduzione e verificare l’andamento durante la fase di maturazione della fascia arborea;
3. individuare le più idonee modalità di gestione

degli impianti arborei e dei deflussi idrici per giungere in questo modo alla scelta di tipologie, tecniche d’impianto e criteri di manutenzione idonei a massimizzare, per lo specifico ambiente, l’efficacia dei sistemi tampone.

Per indagare compiutamente questi aspetti è stato realizzato un sito sperimentale che consente un totale controllo dei volumi di irrigazione che vengono fatti defluire attraverso un’area forestale di recente impianto. I risultati emersi da questa attività sperimentale hanno fornito conferme e indicazioni interessanti, in linea con quelli rinvenibili in letteratura, a dimostrazione che fasce boscate di diversa ampiezza sono in grado di ridurre più del 60% i carichi di azoto totale disciolto nelle acque che defluiscono attraverso il sistema tampone.



THE EXPERIMENTAL SITE “NICOLAS”

EFFICIENCY OF RIPARIAN FOREST BUFFER STRIPS IN REDUCING NITROGEN LOAD. MONITORING AND EXPERIMENTATION AT THE PILOT DEMONSTRATIVE FARM “DIANA” - VENETO AGRICOLTURA

The monitoring activity conducted by the “Consorzio di Bonifica Dese Sile” (the local Drainage Authority) at the experimental site “Nicolas” in 1999 – 2005 is based on the study of the efficiency of the riparian forest buffer strips in reducing nitrogen loads flowing into the water bodies, and from there to Venice Lagoon. Scope of the monitoring was:

1. to increase knowledge on the processes which allow the riparian forest buffer strips to act as buffers and thus reduce the concentration of the main nitrogen compounds which are carried by the water flows that run through them;
2. quantify the amount of the reduction in nitrogen load, and the trend of the reduction during the maturation phase of the riparian forest system;
3. identify the most appropriate management strategies of the buffer strips and water flow in order to choose those typologies, planting techniques and maintenance operations which would maximize the efficiency of the buffer systems.

The proper investigation of these features required to build an experimental site which allows for the total control of the irrigation water volume flowing through a forested area recently planted. The results of this experimental activity provided interesting suggestions in agreement with data from literature, showing how riparian forest strips of different width can reduce more than 60% of the nitrogen load to the waters running through the buffer system.

Il sito “Nicolas”.

The “Nicolas” site.



INTRODUZIONE

Il sito sperimentale "Nicolas", posto all'interno dell'Azienda Pilota e Dimostrativa "Diana", situata nel Comune di Mogliano Veneto (TV) e gestita da Veneto Agricoltura, è stato realizzato nell'ambito del progetto promosso e attuato dal Consorzio di Bonifica Dese Sile "Interventi di riqualificazione ambientale lungo il basso corso del Fiume Zero per il controllo e la riduzione dei nutrienti sversati nella Laguna di Venezia". Il progetto è finanziato dalla Regione Veneto attraverso il "Piano per la prevenzione dell'inquinamento delle acque del bacino idrografico immediatamente sversante nella Laguna di Venezia".

Il sito pilota viene comunemente denominato "Nicolas" in relazione al fatto che l'intero disegno sperimentale, sia in termini di metodiche analitiche utilizzate, che di scelta, disposizione e frequenza dei campionamenti, ha ricalcato quello adottato da tutti gli importanti e referenziati Istituti coinvolti nel Progetto di Ricerca Europeo NICOLAS ("Nitrogen Control by Landscape Structures in Agricultural Environment - European project by

DGXII Environment & Climate: ENV4-CT97-039"). Visto il numero elevato e il forte grado di eterogeneità dei parametri da misurare (dati idrologici, pedologici, meteorologici, chimici, forestali ecc.), oltre ai tecnici del Consorzio di Bonifica Dese Sile, che hanno partecipato alle attività di sperimentazione provvedendo in particolare all'allestimento e alla manutenzione del sito, nel progetto di monitoraggio sono stati coinvolti numerosi altri soggetti:

- A.R.P.A.V. di Castelfranco Veneto (TV) - Servizio Osservatorio Suolo e Rifiuti e Servizio Laboratori
- A.R.P.A.V. di Teolo (PD) - Centro Meteorologico
- Haycock Associates St.Albans, Hertfordshire UK
- Università di Bologna, Dipartimento di Biologia Evoluzionistica Sperimentale
- Università di Padova, Dipartimento di Biotecnologie Agrarie
- Università di Rennes, Francia
- Veneto Agricoltura, Settore Agroenergie e Fuori Foresta



INTRODUCTION

The experimental site “Nicolas”, located inside the Pilot Demonstrative Farm “Diana”, in the municipal district of Mogliano Veneto (TV), managed by Veneto Agricoltura, was built within the project promoted and carried out by the Dese Sile Drainage Authority “Environmental restoration actions along the low course of Zero River for the reduction of nutrient input into Venice Lagoon”, funded by Veneto Region through the “Plan for pollution prevention in the watershed flowing directly into Venice Lagoon”.

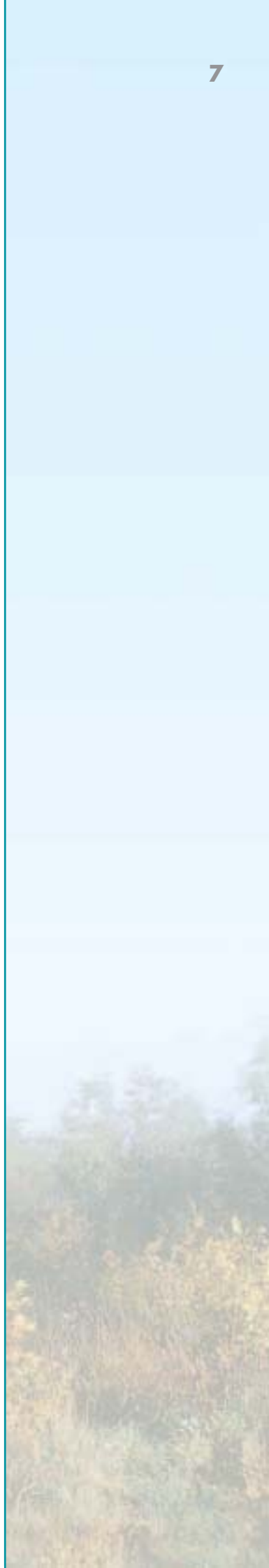
The experimental site was called “Nicolas” because the entire experimental design (analytical methods, the location of sampling sites and sampling frequency) followed what adopted by all the Institutes involved in the European Research Project NICOLAS (“Nitrogen Control by Landscape Structures in Agricultural Environment - European project by DGXII Environment & Climate: ENV4-CT97-039”).

Because of the high number and high heterogeneity of the parameters to be measured (hydrological, pedological, meteorological, chemical, forestry data, exc.), other research units were involved in the monitoring, besides the technicians of the Dese Sile Drainage Authority (who took part in the experiments, particularly by constructing and maintaining the experimental site):

- Environmental Protection Agency of the Veneto Region (A.R.P.A.V.) – Observatory Service for Soils and Waste and Laboratory Service - Castelfranco Veneto (TV)
- A.R.P.A.V. – Meteorological Center of Teolo (PD)
- Haycock Associates St. Albans, Hertfordshire UK
- Bologna University, Department of Evolutionary and Experimental Biology
- Padova University, Department of Agricultural Biotechnology
- Rennes University, France
- Veneto Agricoltura, Sector for Bioenergy and Agroforestry

Panoramica del sito sperimentale “Nicolas” - Ottobre 2002.

View of the experimental site “Nicolas” - October 2002.



L'AREA DI STUDIO

Il sito sperimentale è collocato all'interno di un'area tampone arborea ben più vasta e realizzata in terreni a precedente uso agricolo a seminativo,

posti lungo l'argine sinistro del basso corso del fiume Zero (Località Bonisiolo in Comune di Mogliano Veneto (TV)).



Il Fiume Zero nel tratto limitrofo al sito sperimentale.

Zero River in the reach adjacent to the experimental site.

In quest'area sono stati realizzati da Veneto Agricoltura 30 ettari di sistemi tampone forestali, in appezzamenti equivalenti (0,35 ha ciascuno) e strutturalmente identici. Ciascun appezzamento viene irrigato attraverso un sistema di scoline con acqua prelevata, attraverso un impianto di sollevamento, dal fiume Zero. Lo Zero, che confluisce nel Dese poco prima che quest'ultimo sfoci nella Laguna di Venezia, è un fiume di risorgiva che ha una lunghezza di 41,5 km e un bacino tributario di 7.283 ha, occupati per il 94% da aree agricole e per il 6% da aree urbane. All'interno del bacino prevalgono le colture erbacee (mais, soia e frumento) coltivate in terreni sistemati "alla ferrare-

se", con appezzamenti regolari, larghi 30-50 m e lunghi 200-500 m, delimitati lateralmente da scoline permanenti e con linea di colmo longitudinale (pendenze 1-3 %).

Le precipitazioni registrate nell'area di studio durante i tre anni di campionamento nel periodo novembre 1999 - ottobre 2002 sono state rispettivamente pari a 725, 968 e 1.066 mm con dei picchi nei mesi autunnali e primaverili e periodi di minore piovosità durante l'inverno e l'estate. La temperatura media mensile oscilla fra i 3°C di gennaio ed i 23 °C di Luglio con una temperatura media annua vicina ai 13,5 °C.

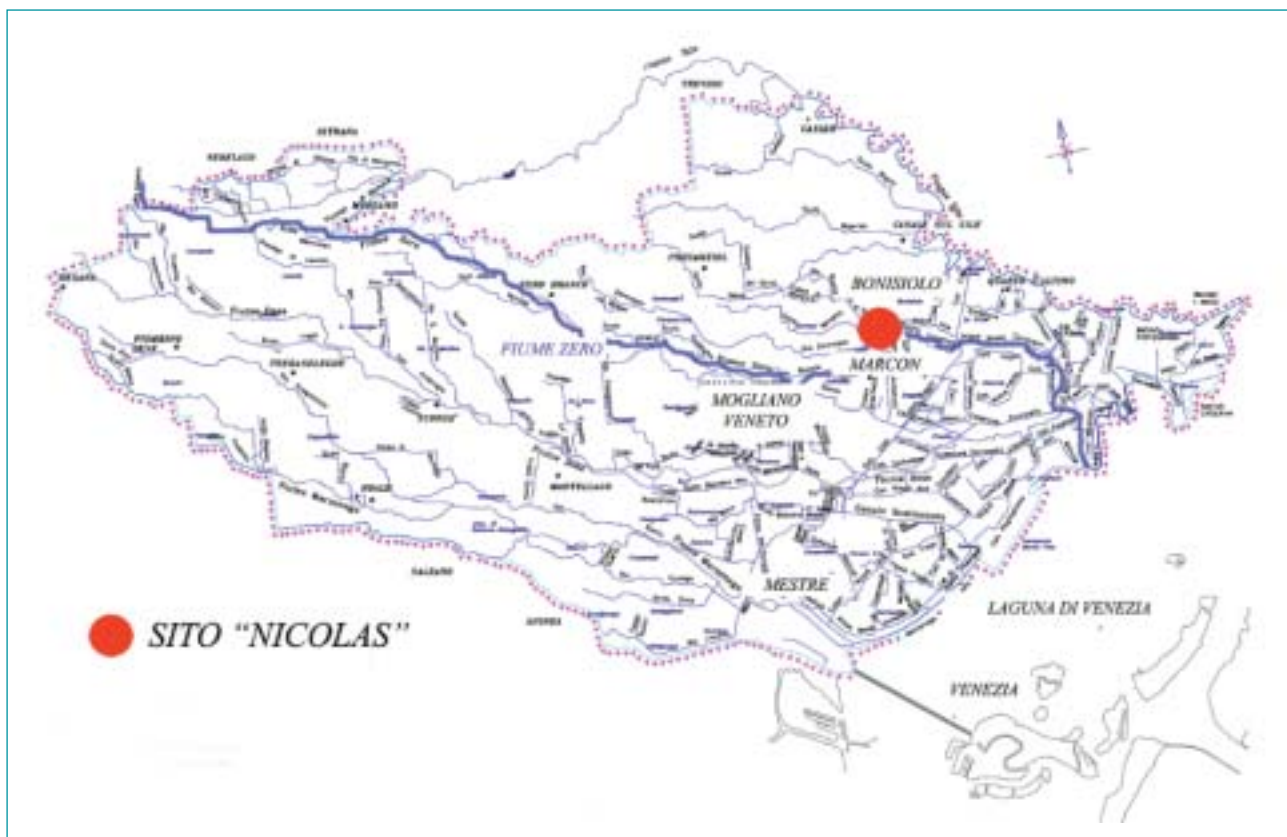
STUDY AREA

The experimental site is located within a much wider forested buffer zone, developed in lands previously used for arable crops, along the left bank of the lower course of Zero River (locality Bonisiolo Mogliano Veneto (TV)).

A forested buffer area was developed by Veneto Agricoltura in this area for a total of 30 ha, divided in plots of the same size (0.35 ha each) and structure. Each plot was watered through a ditch system carrying water (through a lifting system), from Zero River. The Zero joins the Dese River just before the latter flows into Venice Lagoon; it is a krenal river 41.5 km long, with a 7283 ha watershed 94% of which is used for agriculture and 6%

as urban areas. The watershed is mostly covered by herbaceous cultivations (corn, soy, wheat) farmed "alla ferrarese", i.e. in regular plots, longitudinally convex with 1-3% steepness, 30-50 m large and 200-500 m long, bordered by lateral permanent drainage.

Rainfall recorded for the three years of sampling in November 1999 - October 2002 had values respectively of 725, 968 e 1066 mm, peaking in autumn and spring, and low values in winter and summer. Average monthly temperature ranged between 3 °C in January and 23 °C in July, with an annual average close to 13,5 °C.



Il Sito Nicolas è posto lungo la sponda sinistra del tratto terminale del Fiume Zero, nel bacino scolante della Laguna di Venezia.
The experimental site Nicolas is located on the left bank of the terminal reach of Zero River, in the watershed draining into Venice Lagoon.

IL SITO SPERIMENTALE

Il sito sperimentale è stato realizzato nel 1999 su un terreno a precedente uso agricolo a seminativo: per la sua realizzazione sono stati necessari interventi atti alla sistemazione idraulica del terreno (realizzazione di canalette adacquatrici) e all'implementazione di un impianto di sollevamento, l'adeguamento della stazione meteorologica presente nell'Azienda Diana, l'installazione della rete piezometrica, la preparazione dei terreni e la messa a dimora delle piantine arboree (avvenuta nella primavera 1999 utilizzando piantine forestali di 2-3 anni di età) prodotte dal Centro Vivaistico di Montecchio Precalcino.

Il sito occupa una superficie complessiva di circa 0,85 ha ed è a sua volta suddiviso in tre diversi appezzamenti così strutturati:

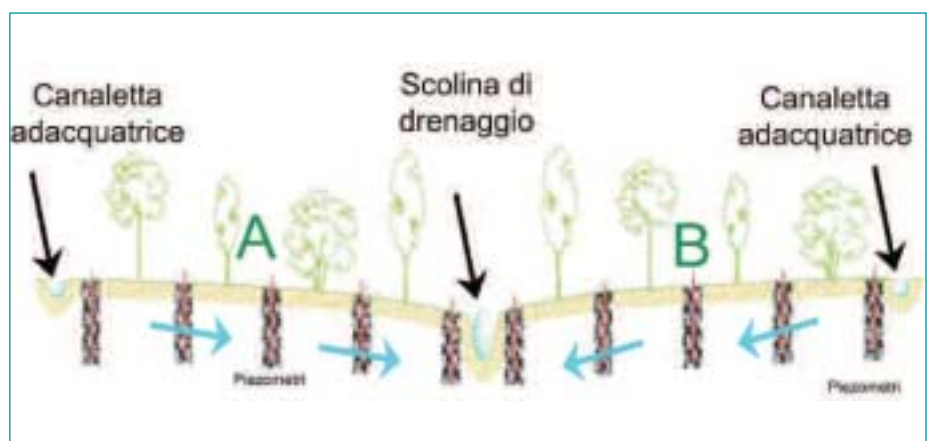
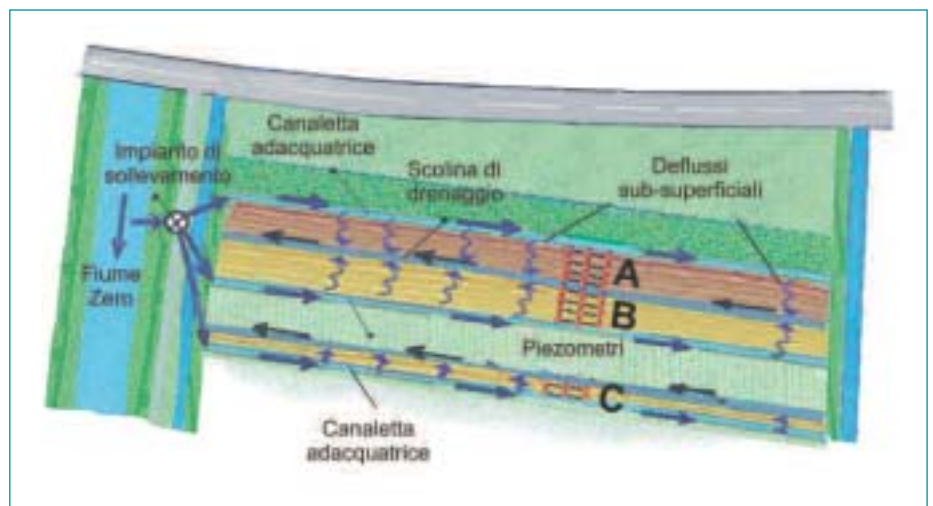
Appezzamenti A e B (0,35 ha ciascuno): si tratta di due appezzamenti attigui e simmetrici rispetto ad una scolina di drenaggio, che li separa, aventi un'ampiezza di circa 15 metri ed una lunghezza di poco superiore ai 200 metri.

In ciascun appezzamento sono state poste a dimora 1.000 piantine forestali con pane di terra, sia di specie arboree che di specie arbustive. Le principali specie arboree e arbustive presenti sono: il salice bianco (*Salix alba L.*), il salice da ceste (*Salix triandra*), l'ontano nero (*Alnus glutinosa L.*) Gaertner, la farnia (*Quercus robur L.*), l'acero campestre (*Acer campestre L.*), il nocciolo (*Corylus avellana L.*), il biancospino (*Crataegus monogyna Jacq.*), l'orniello (*Fraxinus*

ornus L.), la frangola (*Frangula alnus L.*). Il sesto di impianto adottato è di 1,5 m (3,5 m per le piante di alto fusto) sulla fila per 3,5 m nell'interfila per complessivi 4 filari in ciascun appezzamento.

L'unica sostanziale differenza fra i due appezzamenti è relativa all'apporto di sostanza organica che è stato effettuato in fase di allestimento nell'appezzamento A attraverso l'interramento, mediante frangizollatura, di 30 t di compost miscelato con 18 t di corteccia di latifoglia. Ciò al fine di determinare, sin dalle prime campagne di monitoraggio, l'influenza del carbonio organico sui livelli di riduzione dell'azoto.

Appezzamento C (0,15 ha): si tratta di un appezzamento simile ai precedenti e adiacente al B, caratterizzato da un'ampiezza di soli 5 metri e dalla presenza di un solo filare arboreo.



THE EXPERIMENTAL SITE

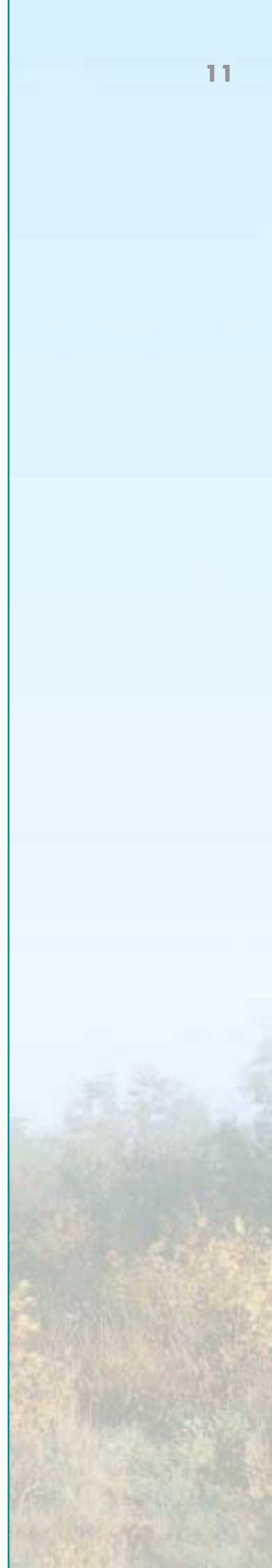
The experimental site was built in 1999 on an area previously used for arable crops; it required rebuilding the hydraulic structures (furrows facilitating sub-superficial water flow) and the water pumping plant, upgrading the meteorological station already existing in the Diana farm, installing the piezometric network, preparing the soil, planting the saplings (occurred in spring 1999 using 2-3 years old harvested plants) produced by the Montecchio Precalcino Centre. The experimental site covers a total area of around 0.85 ha, divided in three plots structures as follows:

Plots A and B (0.35 ha each): two adjacent plots, symmetrical with respect to a draining ditch which divides them, each one 15 m large and about 200 m long. One-thousand forested saplings of trees and shrubs were planted in each plot; the most commonly planted species were: white willow (*Salix alba* L.), almond willow (*Salix triandra*), black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner), pedunculate oak (*Quercus robur* L.), field maple (*Acer campestre* L.), common hazel (*Corylus avellana* L.), common hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.), manna ash (*Fraxinus ornus* L.), black dogwood (*Frangula alnus* L.). The chosen forestal configuration was: 1.5 m for shrubs and 3.5 m for trees spaced along the row and 3.5 m wide interrows, for a total of 4 rows for each plot. The only substantial difference between the two plots is the amount of organic matter used while preparing the plot: only in the plot A 30 t of compost mixed with 18 t of bark was added by disk harrowing to the topsoil, with the aim of determining from the first monitoring the influence of carbon on nitrogen reduction level.

Plot C (0.15 ha): similar to the previous ones and adjacent to plot B, but only 5 m large and with only one row of trees.

Pianta e sezione in scala del sito sperimentale: l'acqua del fiume Zero, grazie all'impulso fornito dall'impianto di sollevamento scorre nelle canalette adacquatrici che delimitano i tre appezzamenti. La sistemazione a baulatura favorisce poi il deflusso subsuperficiale (non si registrano fenomeni di lisciviazione verso gli strati profondi) delle acque attraverso l'area tampone (monitorato dalla rete piezometrica); l'acqua viene infine raccolta da una scolina di drenaggio e reimpressa nel fiume Zero.

Plan and section of the experimental site: each of the 3 strips is watered through an irrigation ditch carrying water from the Zero river. Soil setting allows having a difference in elevation among the irrigation ditches and the drainage ditches, resulting in a sub-superficial flow of water running through the entire buffer strips.



Il sito sperimentale così strutturato permette di misurare la capacità filtro di due fasce tampone ampie 15 metri e aventi 4 filari arborei ciascuna e di una fascia tampone monofilare di soli 5 metri. Ciascuna delle 3 fasce viene irrigata attraverso un solco adacquatore che veicola acqua prelevata dal fiume Zero. La baulatura dei terreni permette di avere una differenza di quota tra i solchi adacquatori e le scoline di drenaggio, favorendo così l'instaurarsi di un deflusso ipodermico che attraversa interamente le fasce tampone. La qualità delle

acque in ingresso viene controllata utilizzando un campionatore automatico.

La stazione di monitoraggio è dotata di 3 griglie di piezometri, a maglia 5 m x 3 m, per un totale di 36 piezometri che vengono utilizzati sia per le misure di livello delle acque subsuperficiali, sia per la raccolta dei campioni d'acqua.

I suoli, a tessitura superficiale franco limoso argilloso, sono riconducibili ai suoli Zerman descritti e cartografati nella "Carta dei suoli del Bacino Scolante in Laguna di Venezia" (ARPAV 2004).

SUOLO ZERMAN - ZRM1 (Profilo SINAP 13) - Località: Azienda Diana (Bonisolo - TV) (ZERMAN SOIL - ZRM1 (SINAP 13 profile) - Location: Diana Farm (Bonisolo - TV)																
Orizzonte Horizon	Profondità Depth	pH H ₂ O	Granulometria Granulometry			Classe tessitura Textural class	Carbonati tot. Total carbonates	Calcare attivo Active limestone	Carbonio organico Organic carbon	Fosforo ass. Total phosphorus	Complesso di scambio Exchange complex					Conducibilità idraulica satura - Ks Saturated hydraulic conduction - Ks
			Sabbia Sand	Limo Silt	Argilla Clay						CSC	Ca sc.	Mg sc.	K sc.	TSB	
			%	%	%						%	meq/	meq/	meq/	meq/	
Ap1	0-40	8,0	12,9	51,4	35,7	FLA	4	1	0,9	22	26,2	21,7	3,4	0,3	100	0,88
Ap2	40-70	8,0	12,2	51,8	36,0	FLA	4	2	0,9	16	20,6	20,9	3,9	0,3	100	
Bw	70-90	8,1	7,4	52,3	40,3	AL	1	1	0,3		19,7	18,9	6,4	0,3	100	1,20
Bk	90-120	8,6	10,5	63,4	26,1	FL	15	13	0,2		14,4	64,2	6,0	0,1	100	0,08
Ckg	120-150	8,4	18,1	64,8	17,1	FL	46	11	0,1		13,6	32,3	5,1	0,1	100	

Tabella riepilogativa delle caratteristiche chimico-fisiche dei diversi orizzonti di suolo rilevate nel 2001 nell'area sperimentale - Fonte ARPAV Castelfranco Veneto.

Table summarizing the physical-chemical characteristics of the various soil horizons as surveyed in the experimental site in 2001 - Source ARPAV Castelfranco Veneto.

I volumi complessivi di acqua pompata all'interno del sito sperimentale, nel periodo 1999-2003 sono stati dell'ordine dei 50.000 mc/ha all'anno (in ciascuna scolina di irrigazione viene pompata acqua con una portata di circa 0.3 l/s). Dopo il

2003, a seguito all'ampliamento della zona tampone arborea fino a 30 ha ca., i volumi di irrigazione sono stati ridotti (circa 55% di volume di irrigazione in meno).



Attraverso il confronto fotografico è possibile apprezzare la rapida trasformazione del sito sperimentale dalla condizione iniziale di area ad uso agricolo, in cui sono appena state messe a dimora le piantine forestali (1999), in area tampone boscata (2002 e 2006 nell'ordine).

Pictures allow to compare the quick transformation occurring in the experimental site from the initial condition of agricultural area with newly-planted saplings (1999), to a forested buffer area (2002 and 2006, respectively).

The setting of the experimental site allows measuring the filtering capacity of two buffer strips 15 m wide with 4 tree rows each, and of one buffer strip 5 m large, with one row of trees.

The structure of the experimental field is characterized by ridges and furrows facilitating sub-superficial water flow throughout all the field from the inlet point, represented by water pumped through the ridges, to the parallel network of furrows localized at lower elevation.

Quality of incoming water is checked with a conductivity-meter and an automatic sampler.

The monitoring station has 3 "5 m x 3 m" grids of piezometers, for a total of 36 piezometers which

are used to measure the sub-superficial water level, and to collect water samples.

The soil (texture category "silty clay loam") belong to the "Zerman soil consociation" according to the "Carta dei suoli del Bacino Scolante in Laguna di Venezia" (Soils map of the watershed draining into Venice Lagoon) (ARPAV 2004).

A total volume of about 50,000 m³/ha/y of water was pumped into the experimental site in 1999-2003 (water discharge in each irrigation ditch was about 0.3 l/s). After 2003, due to widening of the buffer strip to a surface of about 30 hectares, irrigation volumes were reduced by 55%.

IL PIANO DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio è stato effettuato con frequenza mensile nel periodo novembre 1999 – ottobre 2002; in seguito è stata condotta una nuova campagna di misure a carattere speditivo, mirata a

valutare i parametri principali a fronte dell'evoluzione del sito, nel corso dei periodi di ottobre 2003, ottobre 2004, maggio e luglio 2005.



Campionamento con uso di trivella del suolo negli strati più profondi.

Sampling the deepest soil layer by drilling.

Il piano di monitoraggio ha previsto la misurazione dei seguenti parametri:

Metereologici

- i dati meteorologici (dati giornalieri relativi a: temperatura dell'aria, precipitazioni, umidità relativa, radiazione solare, velocità e direzione del vento) sono stati rilevati nella stazione meteo presente all'interno dell'Azienda "Diana";
- durante l'intero periodo di monitoraggio è stata misurata in continuo la temperatura dei suoli tramite un data logger inserito nei primi 15 cm del suolo.

Idrologici

- misurazione inizialmente in continuo (mediante due trasduttori di pressione, inseriti in due piezometri e collegati a un data logger) e in seguito mensile (tramite freatimetri) della profondità del

deflusso sub-superficiale;

- misurazione in continuo dei volumi di irrigazione immessi.

Qualità delle acque

- prelievo giornaliero (tramite l'utilizzo di un campionatore automatico) delle acque del fiume Zero;
- campionamento mensile delle acque nei piezometri e nelle scoline di irrigazione e drenaggio.

I parametri misurati nelle acque sono stati i seguenti: pH, temperatura, conducibilità elettrica, nitrati, nitriti, ammoniaca, azoto Kjeldahl, azoto totale, azoto organico, carbonio organico, ferro, manganese, fosforo totale, ortofostato e cloruro (utilizzato come tracciante biologicamente inerte per monitorare i fenomeni di diluizione e dispersione).

MONITORING PLAN

Monitoring was carried out monthly in October 1999 - October 2002; a subset of measurement aimed to evaluate the main parameters after changes in the site structure occurred, were taken in October 2003, October 2004, May and July 2005.

The monitoring plan consisted of the measurement of the following parameters:

Meteorological

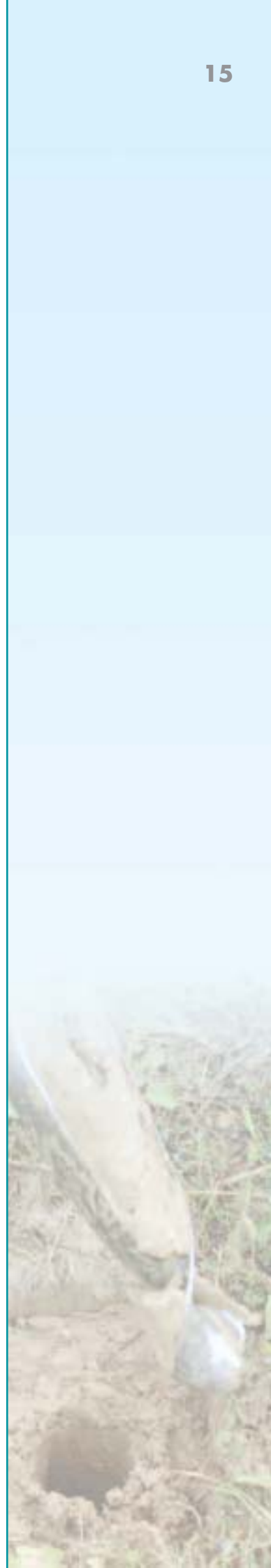
- meteorological data (daily recording of air temperature, rainfall, relative humidity, sun radiation, wind speed and velocity) were measured in the meteorological station located in the "Diana" farm;
- soil temperatures were continuously measured by a data logger inserted in the first 15 cm of soil.

Hydrological

- measurements of sub-superficial water flow were taken continuously (two transducers inserted in two piezometers and connected to a data logger) at the beginning of the monitoring plan, and monthly (using phreatimeters) later on;
- measurements of volume of irrigation water introduced were taken continuously.

Water quality

- daily water sampling (using an automatic sampler) of Zero river;
- monthly sampling of water from piezometers and from irrigation and drainage ditches;
- parameters measured in water samples were: pH, temperature, electrical conductivity, nitrates, nitrites, ammonia, Kjeldahl nitrogen, total nitrogen, organic nitrogen, dissolved organic carbon, dissolved iron, dissolved manganese, dissolved total phosphorus, orthophosphate and chloride (used as a biologically inert tracer to monitor dilution and dispersion).



QUALITÀ DEI SUOLI

Oltre all'analisi pedologica iniziale (vedi box di approfondimento a pag. 19), sono stati effettuati campionamenti stagionali del suolo nei soli appezzamenti **A** e **B** e secondo il seguente schema sperimentale: in ogni appezzamento e in ciascuna delle tre zone (distale [1], mediale [2] e prossimale [3] rispetto alla scolina di drenaggio) sono state selezionate 3 aree di un metro quadro ciascuna (repliche). Per ogni stagione, zona e replica, sono stati raccolti campioni di suolo a tre diverse profondità (0-20 cm; 35-60 cm; 80-100 cm).

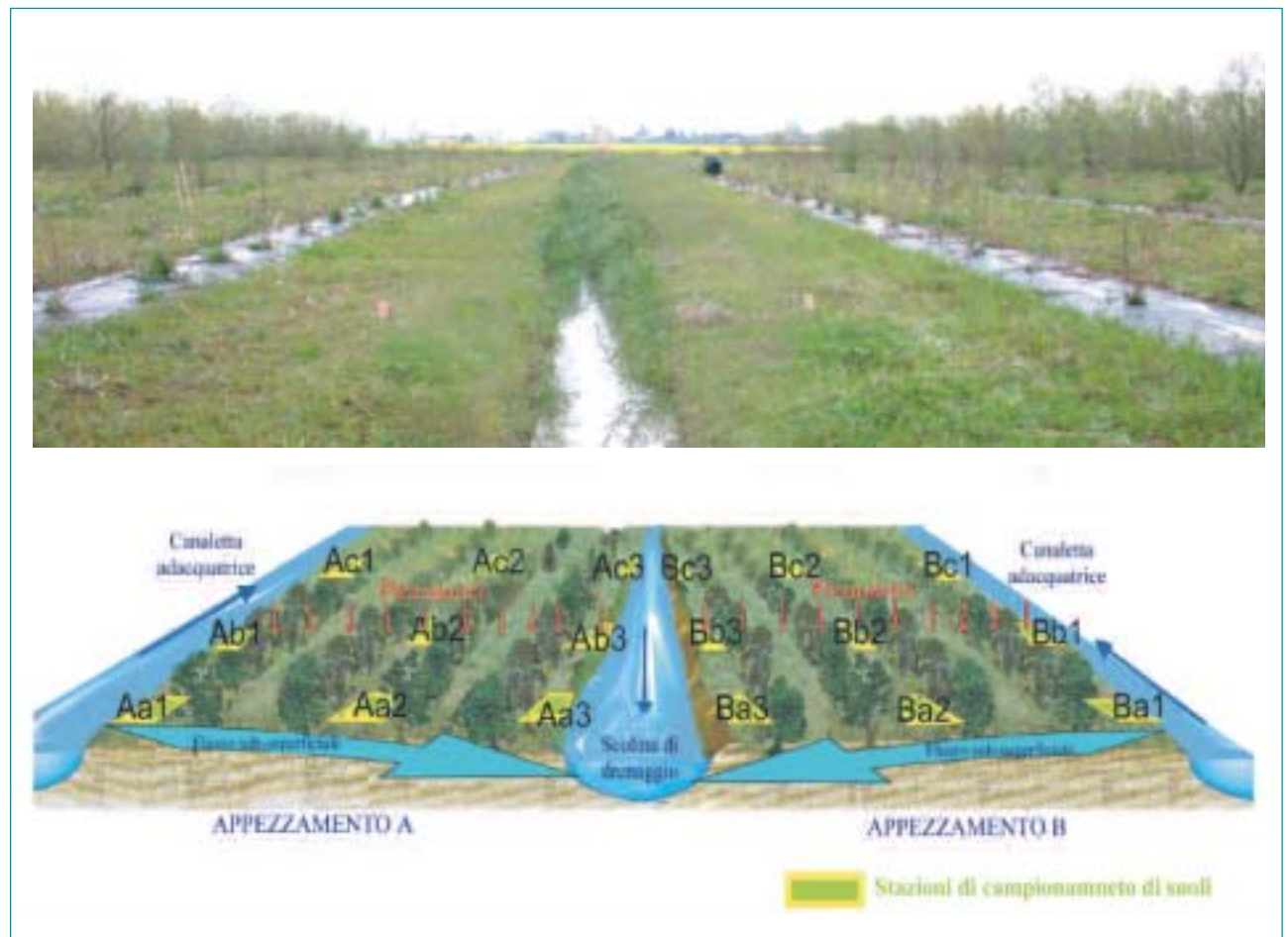
I parametri misurati nei campioni di suolo sono i seguenti: umidità, tessitura, ammoniaca, nitrati, nitriti, azoto organico disciolto, azoto totale, azoto immobilizzato/batterico, sostanza organica, car-

bonio organico, rateo di mineralizzazione.

Denitrificazione

Per gli stessi campioni di suolo prelevati secondo la frequenza e la modalità descritta in precedenza sono stati misurati:

- i ratei di denitrificazione in situ (DNT), che è una misura del processo reale di denitrificazione in atto;
- l'attività enzimatica di denitrificazione (DEA), che è invece una misura della capacità potenziale delle comunità batteriche presenti nel campione di suolo di denitrificare, qualora vengano create condizioni di anossia e contemporaneamente aggiunte quantità non limitanti di azoto nitrico e carbonio.



SOIL QUALITY

Besides the initial pedological analysis (see the box at page 19), seasonal soil samples were collected from plots **A** and **B** according to the following protocol: for each plot and for each of the three zones (distal [1], median [2], and proximal [3] to the draining ditch) 3 areas of 1 m² each (replicates) were selected. For each station, zone, and replicate, soil samples were collected at three different depths (0-20 cm; 35-60 cm; 80-100 cm).

Soil samples were analysed for the following parameters: humidity, texture, ammonia, nitrates, nitrites, dissolved organic nitrogen, total nitrogen, nitrogen immobilized/bacterial, organic matter, organic carbon, mineralization rate.

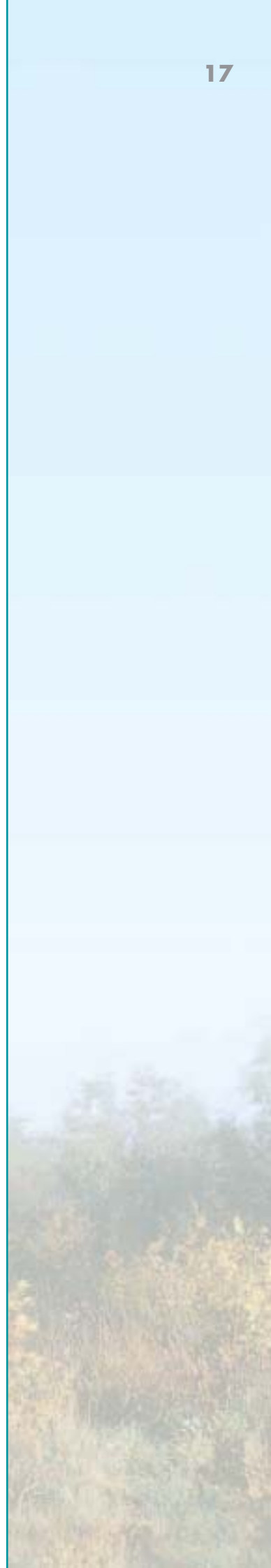
Denitrification

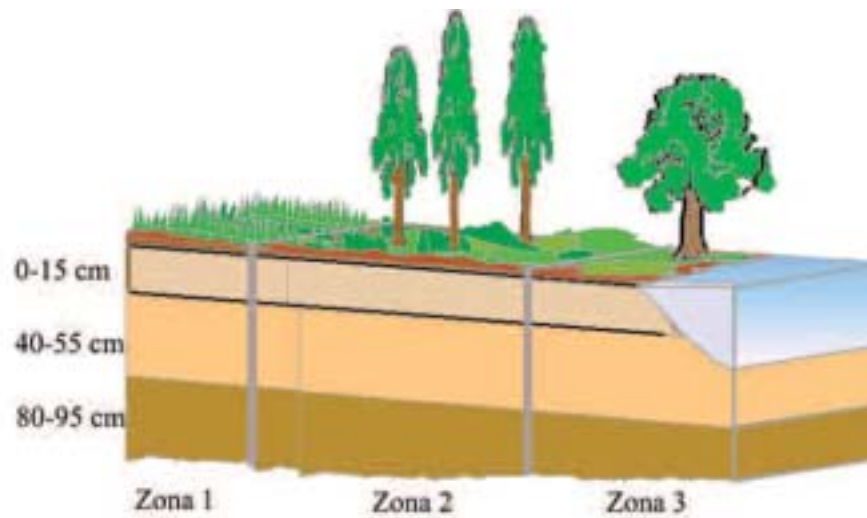
The same soil samples described above were analysed for the following parameters:

- *in situ* denitrification rate (DNT), which measures the real denitrification process under way;
- denitrification enzymatic activity (DEA), which measures the potential ability of bacterial communities present in the soil sample to denitrify if they anoxic conditions occur and if a non-limiting amount of nitric nitrogen or/and carbon are added.

Vista d'insieme del sito sperimentale e della dislocazione dei punti di campionamento. In ciascun appezzamento, per ciascuna delle tre zone (1 prossimale; 2 intermedia e 3 distale rispetto alla canaletta adacquatrice) sono state individuate 3 stazioni di campionamento dei suoli (repliche), per complessive 18 stazioni. I campioni d'acqua invece vengono prelevati direttamente dal fiume Zero, dai piezometri e dalle canalette adacquatrici e di drenaggio.

Global view of the sampling sites. For each plot and for each of the three zones (distal [1], medial [2] and proximal [3] to the draining ditch) 3 soil sampling stations (replicates) were selected, for a total of 18 stations. Water samples were collected from piezometers and draining ditches.





Il campionamento dei suoli per la misura dei ratei di denitrificazione è stato effettuato in tre zone (prossimale, intermedia e distale rispetto alla canaletta adacquatrice) e a tre diverse profondità (strato superficiale 0-15 cm; strato intermedio 40-55 cm; strato profondo 80-95 cm).

Soil sampling, and measurements of the denitrification rates, were carried out in three zones (distal, medial and proximal to the draining ditch) and at three different depths (surface layer 0-15 cm; intermediate layer 40-55 cm; deep layer 80-95 cm).



Alcune fasi del processo analitico per la misura dei ratei di denitrificazione e dell'attività enzimatica di denitrificazione: campionamento dei suoli a varie profondità (foto a sinistra) e creazione di atmosfera di azoto in campioni di suoli saturi (foto a destra).

Some phases of the denitrification rate and denitrification enzymatic activity analyses: collection of soil samples at different depths (picture on the left), and creation of a nitrogen atmosphere in saturated soils (picture on the right).

DESCRIZIONE DEL SUOLO

In prossimità del sito sperimentale è stato descritto un profilo pedologico con lo scavo di una trincea profonda 150 cm. Il suolo è caratterizzato da granulometria argilloso fine e dalla presenza di un orizzonte calcico in profondità. In particolare è possibile distinguere un orizzonte superficiale (Ap, fino a 70 cm di profondità) di colore bruno oliva, a tessitura franco limoso argillosa, scarsamente calcareo e alcalino; segue un orizzonte di alterazione (Bw), spesso circa 20 cm, bruno oliva chiaro, tessitura argilloso limosa, con un contenuto di carbonati inferiore. Al di sotto si trova un orizzonte di circa 30 cm di spessore, grigio oliva chiaro con molte screziature grigie e bruno giallastre, franco limoso, molto calcareo e fortemente alcalino, caratterizzato dall'accumulo di carbonato di calcio (orizzonte calcico Bk) sotto forma di concrezioni irregolari o concentrazioni soffici, di colore chiaro. A partire da 120 cm si trova il substrato Ckg, privo di struttura e con colori e tessitura simili all'orizzonte soprastante. Il suolo presenta profondità utile alle radici moderatamente elevata, limitata da orizzonti idromorfi, drenaggio mediocre e permeabilità bassa.

SOIL DESCRIPTION

A soil profile was determined near the experimental site by digging a trench 150 cm deep. Soil is fine-textured, with a deep calcic horizon. In particular, the top layer of the soil horizon (Ap, to a 70 cm depth) is olive-brown, with silty clay loam texture, low limestone content and alkalinity. Underneath the top soil is a weathered subsoil (Bw) 20 cm thick, light olive-brown, with silty-clay texture, lower limestone content. The following horizon is 30 cm thick, light olive gray with grey and yellow-brown streaks, loamy sand textured, highly calcic and strongly alkaline, characterized by limestone accumulation (calcic horizon Bk) forming irregular concretions or soft masses, of light colour. At 120 cm depth begins the Ckq substratum, with no structure and with colours and texture similar to the previous horizon. The soil rooting depth is moderately high, limited by hydromorphic horizons, mediocre drainage and low permeability.



Suolo argilloso con orizzonte calcico in profondità (Endogleyic Calcisols (Endosiltic), descritto nell'area di studio.

Soil is fine-textured, with a deep calcic horizon (Endogleyic Calcisols (Endosiltic), described in the study area.

Il profilo di suolo descritto ricade nelle depressioni della pianura alluvionale antica (tardiglaciale) del Brenta (unità cartografica ZRM1) costituite prevalentemente da argille e limi. Tratto da "Carta dei suoli del bacino scolante in laguna di Venezia", ARPAV 2004.

The soil profile described here is typical of the depressions of the ancient (late-glacial) Brenta River alluvial plain (cartographic unit ZRM1), characterized by clay and silt. From "Carta dei suoli del bacino scolante in laguna di Venezia", ARPAV 2004.

I RISULTATI

Vengono discussi di seguito i risultati relativi alle variazioni delle concentrazioni delle diverse forme di azoto nelle acque e alla misura dei ratei di denitrificazione reale e potenziale misurati nei campioni di suolo del sito Nicolas. I dati idrologici, meteo-

rologici e di qualità chimico-fisica dei suoli non vengono discussi separatamente, ma vengono tenuti in considerazione per una corretta quantificazione, interpretazione e comprensione dei processi avvenuti.



Le acque del Fiume Zero.
Zero River water.

Qualità delle acque

Nel corso dei primi tre anni di monitoraggio sono stati immessi nel sito i seguenti volumi di irrigazione: 51.917 mc/ha (1° anno), 48.060 mc/ha e 48.600 mc/ha (2° e 3° anno rispettivamente). Le misure piezometriche hanno permesso di rilevare la presenza di un acquifero sospeso posto ad una quota di circa 35-60 cm sotto la superficie formatosi grazie ai deflussi costanti delle acque di irrigazione.

Considerando i volumi di irrigazione e le concentrazioni di azoto totale disciolto rilevate nella canaletta adacquatrice (concentrazione media di circa 3 mg/l), nella zona tampone larga 15 m (FT15) si calcola un input di azoto totale disciolto di 135 kg/ha/anno (l'unità di superficie si riferisce all'ampiezza della fascia tampone) nel 2000, di 116 kg/ha anno nel 2001 e di 118 kg/ha/anno nel 2002, mentre nella fascia tampo-

ne larga 5 m (FT5) è stato misurato un input di 316 kg/ha/anno nel 2000, di 270 kg/ha/anno nel 2001 e di 275 kg/ha/anno nel 2002.

Analizzando le diverse forme di azoto, dal primo al terzo anno, sia nel sito FT15 che nel sito FT5, si è registrato un significativo incremento della capacità di ritenzione dei nitrati con valori saliti da circa il 40% all'85%. Per l'azoto ammoniacale si è invece riscontrata una maggiore variabilità annua, con gli output che in alcuni casi hanno superato gli input, ma con una tendenza in entrambi i siti ad avere, al terzo anno, valori di output sostanzialmente coincidenti con i valori di input. Per l'azoto organico gli output sono sempre risultati superiori agli input, ma con una progressiva riduzione dei rilasci passando dal primo al terzo anno. Nel complesso la ritenzione di azoto totale è salita dal 23-28% del primo anno al 61-63% del terzo anno.

RESULTS

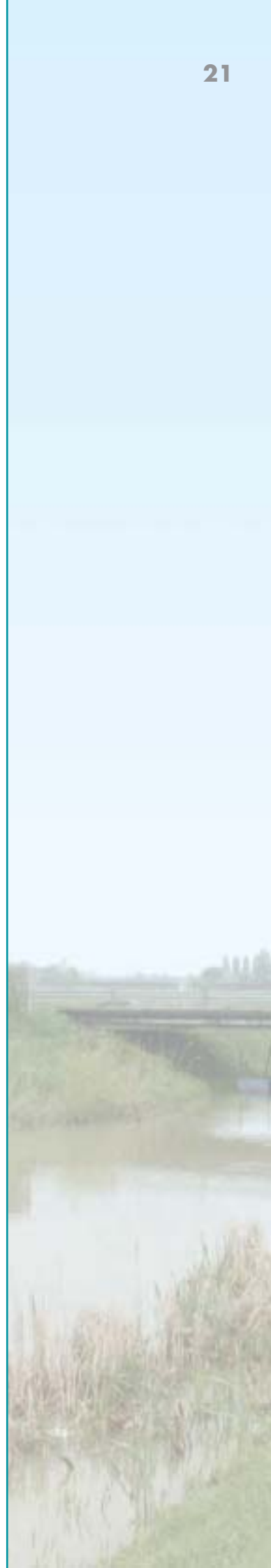
We present below the variations in concentration of the nitrogen compounds in water, and the values of the real and potential denitrification rates as measured in soil samples from the Nicolas site. Hydrological, meteorological, and soil chemical-physical data are not presented separately, but taken into account for the correct quantification, interpretation and understanding of the described processes.

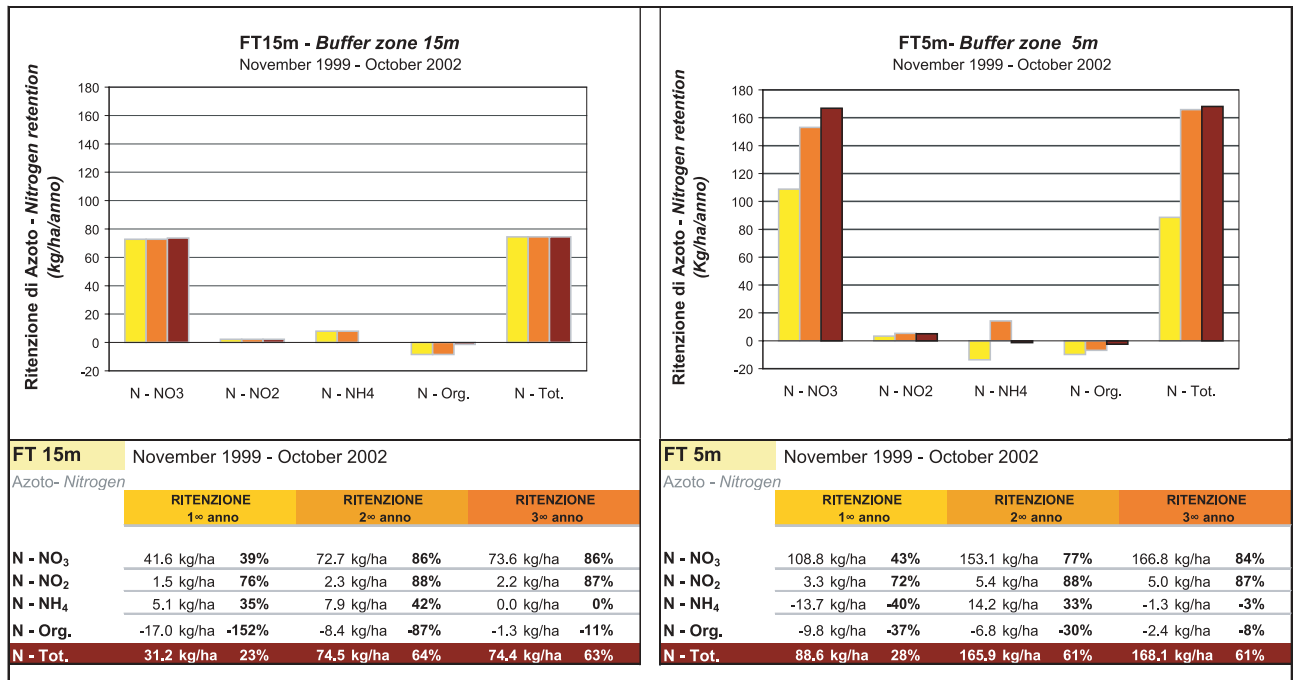
Water quality

During the first three years of monitoring activity, the following volumes of irrigation water were introduced in the system: 51,917 m³/ha (1st year), 48,060 m³/ha and 48,600 m³/ha (2nd and 3rd year, respectively). The effect of irrigation was to create a perched aquifer on clay lenses within the field (1.2-1.5 m below soil surface) with resulting water levels about 35-60 cm below the soil surface.

Taking into account the irrigation volumes and the total dissolved nitrogen concentration measured in the irrigation ditch (average concentration about 3 mg/l), a total dissolved nitrogen input of 135 kg/ha/y (the surface unit refers to the buffer strip width) for 2000, 116 kg/ha/y for 2001, and 118 kg/y for 2002 can be calculated for the 15 m large buffer strip (FT15). For the 5 m large buffer strip (FT5), input values measured 316 kg/ha/y for 2000, 270 kg/ha/y for 2001, and 275 kg/ha/y for 2002.

As regards the different nitrogen compounds, from the first to the third year, at both site FT15 and FT5, the nitrates retention capacity increased strongly from about 40 to 85%. Ammonia nitrogen on the other hand had a higher annual variability, with the outputs sometimes exceeding the inputs but with a trend for both sites to reach, on the third year, output values corresponding to input levels. Organic nitrogen outputs were always higher than the inputs, but with a progressive reduction of the outputs, decreasing from the first to the third year. Overall, total nitrogen retention increased from 23-28% in the first year to 61-63% in the third year.



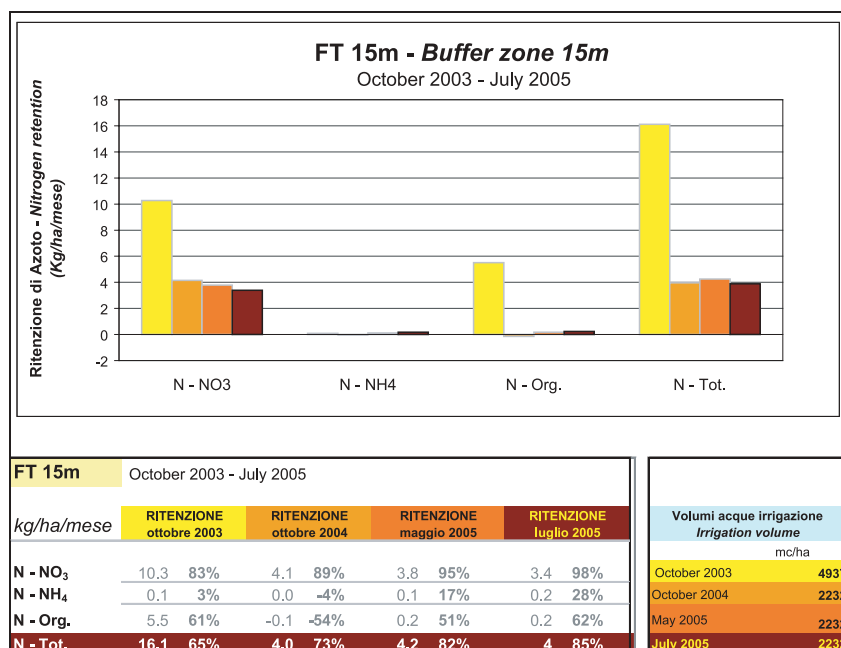


I grafici riportano i Kg/ha/anno di azoto (sia totale che distinto nelle varie forme) rimossi dalle fasce tampone di 15 m e 5 m nei tre anni di campionamento; accanto alla quantificazione dei Kg/ha/anno vengono anche riportate le percentuali di rimozione che evidenziano un netto incremento dell'abbattimento nel corso del 2° e 3° anno di campionamento.

Graphs represent the nitrogen kg/ha/y (as total, and as each compound) removed from the 15m and 5m buffer strips in the three sampling years. Removal percentages are presented as well; they show a net increase in removal during the 2nd and 3rd sampling year.

Nei quattro campionamenti stagionali effettuati nel periodo 2003 - 2005 le percentuali di ritenzione si sono confermate in linea con quelle degli anni precedenti, anche se la quantità per ettaro di azoto immesso e rimosso, si è ridotta a seguito del dimezzamento dei volumi di irrigazione, dovuto al notevole ampliamento della zona tampone arborea (30 ha ca.) avvenuto nel 2004.

Un ulteriore elemento di novità emerso nel corso dei campionamenti più recenti è la capacità di ritenere anche l'azoto organico; questo risulta particolarmente evidente dai dati relativi al campionamento di ottobre 2004, in cui i volumi di irrigazione erano comparabili con quelli dei primi tre anni di monitoraggio.

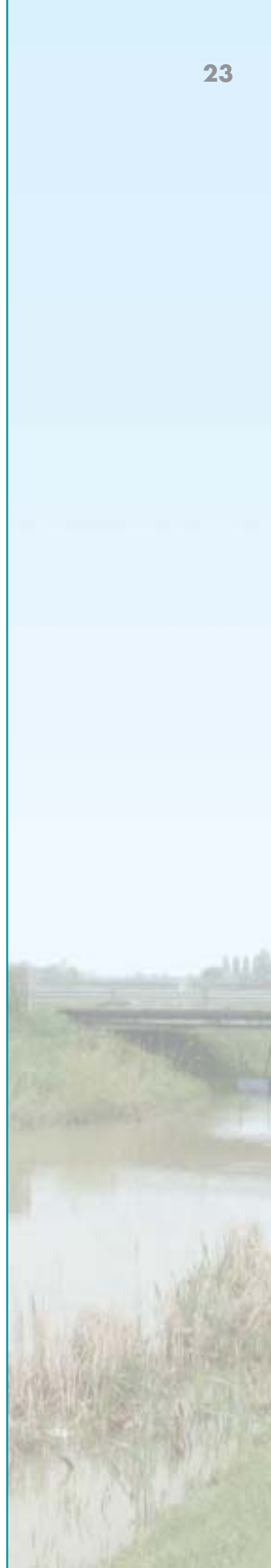


I grafici riportano i Kg/ha/mese di azoto (sia totale che distinto nelle varie forme) rimossi dalle fasce tampone di 15 m nelle 4 stagioni campionate nel periodo 2003-2005; accanto alla quantificazione dei Kg/ha vengono anche riportate le percentuali di rimozione che si confermano in linea con quelle degli anni precedenti.

Graphs represent the nitrogen kg/ha/y (as total, and as each compound) removed from the 15 m buffer strips in the four seasonal samples of 2003-2005. Besides the kg/ha/y the removal percentages are presented as well; they correspond with those of the previous years.

For the four seasonal samples collected in 2003-2005, the retention percentages corresponded to those of the previous years, even if the total amount of nitrogen introduced and removed was strongly reduced, due to the lower irrigation volumes to one half caused by the strong reduction of the buffer strip (about 30 ha) occurred in 2004.

An unexpected result obtained from the more recent samples, was the ability to remove even the organic nitrogen; this is particularly detectable in data from October 2004 samples, when irrigation volumes were comparable to those of the first three years of monitoring.



DNT - DENITRIFICAZIONE IN SITU

Il valore medio annuo (su dati stagionali) dei ratei di denitrificazione misurato nei due appezzamenti è risultato di $0,31 \mu\text{gN g(suolo)}^{-1} \text{gg}^{-1}$ nel 2000, di $0,15 \mu\text{gN g(suolo)}^{-1} \text{gg}^{-1}$ nel 2001 e di $0,53 \mu\text{gN g(suolo)}^{-1} \text{gg}^{-1}$ nel 2002. Il dato medio rilevato invece nel corso del 2005 è risultato essere di soli $0,07 \mu\text{gN g(suolo)}^{-1} \text{gg}^{-1}$.

In entrambi gli appezzamenti e in tutti gli anni di campionamento i valori più elevati sono stati registrati nello strato intermedio (40-60 cm di profondità) che, come detto, viene mantenuto in costanti condizioni di saturazione dal deflusso delle acque di irrigazione. Lo strato superficiale, che generalmente in aree tampone naturali fa registrare i ratei di denitrificazione più elevati, in questo caso presenta un'attività più limitata in quanto soggetto a periodi di saturazione saltuari e legati alle dinamiche naturali (precipitazioni, oscillazioni della falda). Il calo dei ratei di denitrificazione registrato nel corso del secondo anno di campionamenti è imputabile alla minor disponibilità di azoto per il forte incremento dell'"uptake" vegetazionale.

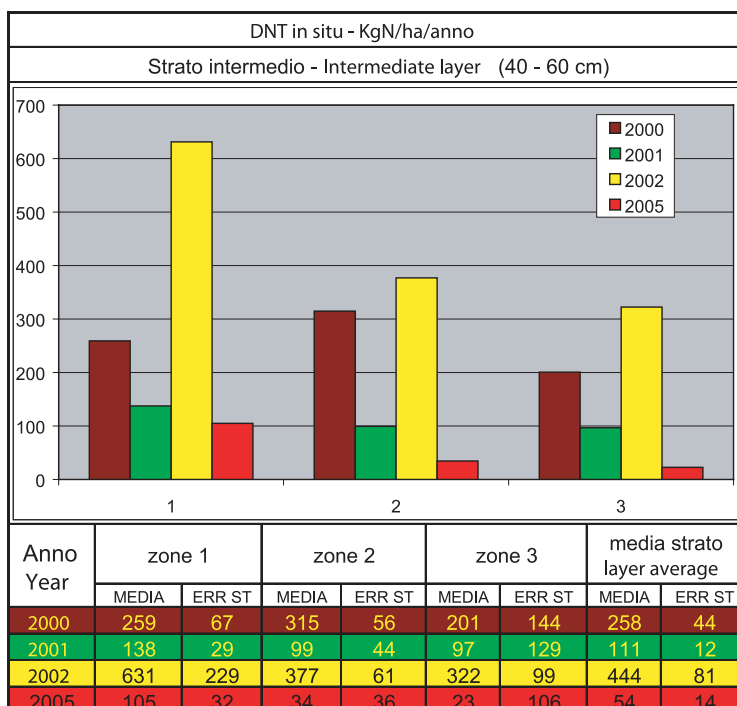
Il processo di denitrificazione presenta una evidente stagionalità, con ratei elevati registrati nel perio-

do estivo e autunnale e ratei più ridotti nel periodo invernale e primaverile.

Si osservano in genere ratei di denitrificazione più elevati nella zona 1, prossimale rispetto alla canaletta adacquatrice, giustificabili considerando da un lato il maggior grado di saturazione e dall'altro la maggiore concentrazione di azoto nelle acque di irrigazione.

Se consideriamo i soli 20 cm dello strato intermedio e una densità del suolo di 1200 Kg/m^3 , si registrano ratei di denitrificazione rispettivamente di 258 kgN/ha/anno nel 2000, di 111 kgN/ha/anno nel 2001 e di 444 kgN/ha/anno nel 2002, dati che evidenziano il significativo contributo del processo di denitrificazione nella rimozione complessiva di azoto.

Nel corso del 2005, i ratei medi di abbattimento sono risultati di soli 54 kgN/ha/anno e questo a piena conferma della dipendenza del processo di denitrificazione dal mantenimento del deflusso irriguo; si ricorda infatti che nel corso di questa annualità vi è stata una riduzione delle portate immesse e dell'input di azoto disciolto rispetto ai primi 3 anni, di circa il 55%.



Il grafico riporta i ratei di denitrificazione annuali (Kg/ha/anno) misurati negli anni 2000-2005 nelle 3 zone (1,2,3).

Graphs represent the annual denitrification rates (kg/ha/y) measured in 2000-2005.

IN SITU DENITRIFICATION - DNT

The average annual value (based on seasonal data) of denitrification rates measured in the two plots reached $0.31 \mu\text{gN g}(\text{suolo})^{-1} \text{gg}^{-1}$ in 2000, $0.15 \mu\text{gN g}(\text{suolo})^{-1} \text{gg}^{-1}$ in 2001, and $0.53 \mu\text{gN g}(\text{suolo})^{-1} \text{gg}^{-1}$ in 2002. The average value recorded for 2005 was only $0.07 \mu\text{gN g}(\text{suolo})^{-1} \text{gg}^{-1}$.

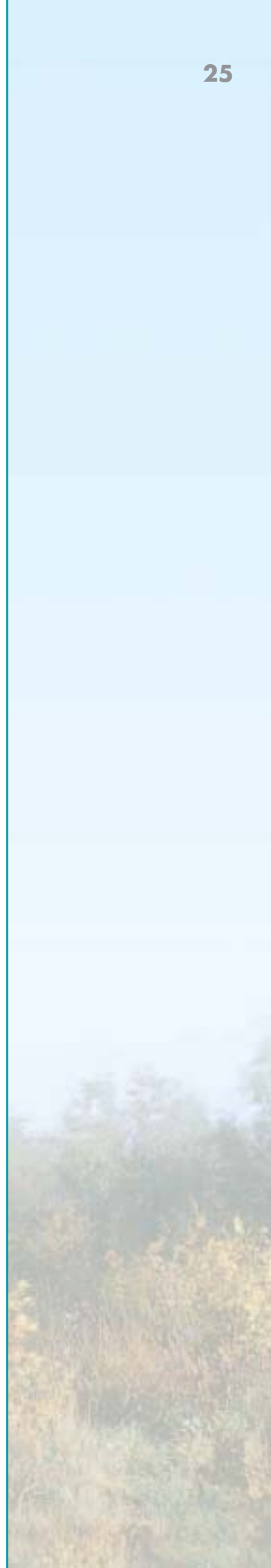
In both plots and in all the sampling years, highest values were recorded in the intermediate layer (40-60 cm depth) which was always saturated by the irrigation water. The upper level, which usually in natural buffer strips has the highest denitrification rates, in this case had more limited activity because it was saturated occasionally, following natural events (rainfall, aquifer level oscillation). The decrease in denitrification rate recorded for the second sampling year was due to the reduced nitrogen availability caused by the strong increase of vegetational uptake.

Denitrification processes showed a clear seasonality, with high rates recorded in summer and autumn, and lower rates in winter and spring.

Denitrification rates were higher in zone 1, proximal to the irrigation ditch, justified by its higher saturation and by the higher nitrogen concentration in the irrigation water.

If we take into account only the 20 cm of intermediate layer, and a soil density of 1200 Kg/m^3 , denitrification rates reached values of 258 kgN/ha/y in 2000, 111 kgN/ha/y in 2001 and 444 kgN/ha/y in 2002. These data underline the significant contribution of the denitrification process to the global nitrogen removal.

In 2005, the average abatement rate was only 54 kgN/ha/y , to confirm how the process depends on the irrigation flow; in fact during that year the inflow discharge, and the dissolved nitrogen input, were reduced to 55% of the values of the first 3 years.

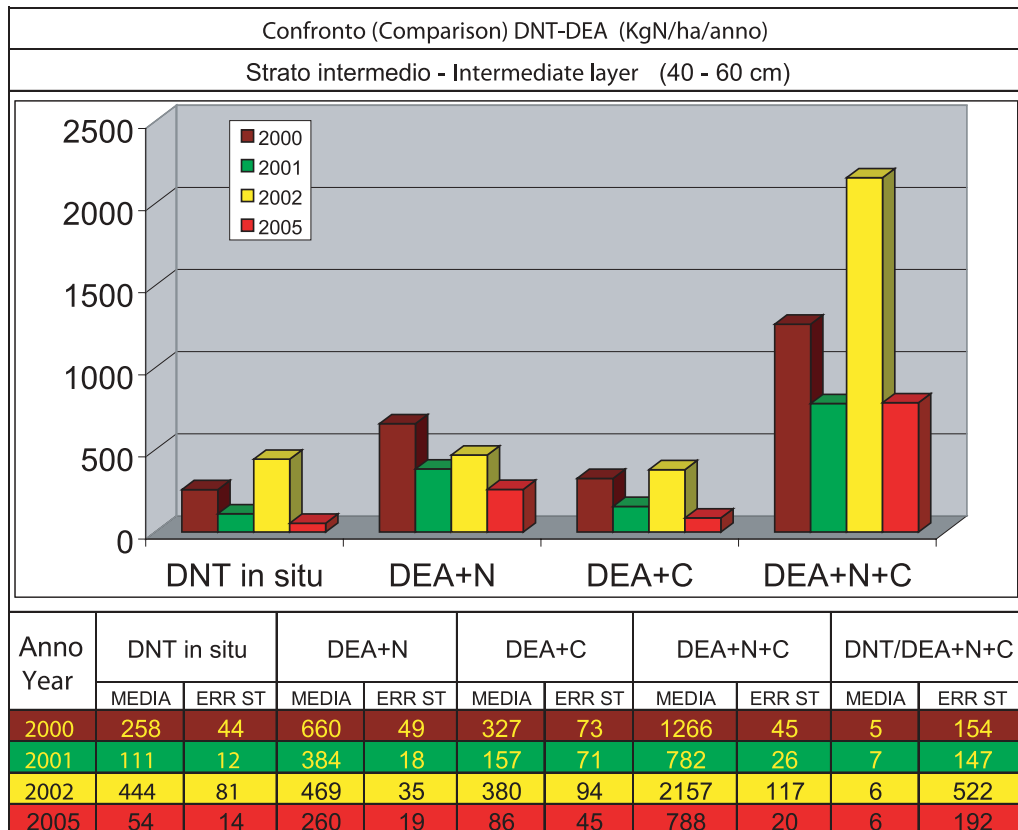


DEA - ATTIVITÀ ENZIMATICA DI DENITRIFICAZIONE

Le misure dell'attività enzimatica di denitrificazione evidenziano la potenzialità di denitrificazione dei suoli in assenza di fattori limitanti: gli stessi campioni di suolo per cui si è misurata la denitrificazione in situ vengono incubati in condizioni di saturazione (DEA), in condizioni di saturazione e aggiunta di nitrati (DEA+N), in condizioni di saturazione e aggiunta di carbonio (DEA+C), ed infine in condizioni di saturazione e aggiunta di nitrati e carbonio (DEA+N+C).

I valori di denitrificazione in condizione di saturazione, ma senza l'aggiunta di carbonio e azoto (DEA), non evidenziano incrementi rispetto alla denitrificazione in situ (DNT); questo risultato

dimostra chiaramente che senza l'immissione di ulteriori carichi di nitrati e/o senza un incremento delle fonti di carbonio utilizzabile le capacità denitrificanti dell'area tampone rimangono costanti. Al contrario sia in aggiunta di carbonio (DEA+C) che in aggiunta di nitrati (DEA+N) si registra un evidente incremento dei ratei di denitrificazione (dell'ordine di 2-3 volte maggiori). Il dato che colpisce maggiormente è però quello che emerge in condizioni di saturazione e con disponibilità non limitante sia di carbonio che azoto (DEA+C+N), in cui i ratei di denitrificazione divengono, in termini di ordini di grandezza, 5-7 volte maggiori.



DEA - DENITRIFICATION ENZYMATIC ACTIVITY

Measurements of denitrification enzymatic activity show the potential denitrification of soil in absence of limiting factors: the same soil samples where the *in situ* denitrification was measured, were incubated in saturation conditions (DEA), in saturation with the addition of nitrates (DEA+N), in saturation with the addition of carbon (DEA+C), in saturation with the addition of nitrates and carbon (DEA+N+C).

Denitrification values in saturation conditions, but without nitrogen and carbon addition (DEA) were not higher than *in situ* denitrification values (DNT); this result showed clearly that without the addition of further nitrate and/or without an increase in organic carbon, the denitrification capacity of the buffer strip remains constant. On the other hand the addition of carbon (DEA+C) or nitrates (DEA+N) caused an increase in the denitrification rate which becomes 2-3 times higher. The most striking information was given by saturation condition and non-limiting amounts of both carbon and nitrogen (DEA+C+N): the corresponding denitrification rates became 5-7 times higher.

Il grafico riporta il confronto fra i ratei di denitrificazione annuali (Kg/ha/anno) misurati negli anni 2000-2005 e i ratei di denitrificazione potenziale (N e C non limitanti il processo) calcolati per gli stessi campioni di suolo.

Graph comparing the annual denitrification rates (Kg/ha/y) measured in 2000-2005 and the potential denitrification rates (if C and N are not limiting factors), calculated for the same soil samples.

ATTIVITÀ IN CORSO

L'attività di monitoraggio del sito Nicolas proseguirà fino al 2011; oltre a continuare la verifica dell'efficacia del sistema, sono state avviate ulteriori attività conoscitive tra cui in particolare:

- la determinazione della composizione e della dinamica delle comunità microbiche colonizzanti i suoli del sito sperimentale ai fini di verificare l'esistenza di relazioni fra questi aspetti e l'andamento del processo di denitrificazione;

- l'utilizzo dei dati raccolti per la taratura del modello REMM (Riparian Ecosystem Management Model) sviluppato da USDA.

Nei prossimi tre anni, nell'ambito di una stretta collaborazione tra il Consorzio di Bonifica e Veneto Agricoltura, si prevede inoltre di verificare l'efficacia del sistema con maggiori concentrazioni di azoto nelle acque in entrata e dopo il taglio della vegetazione arboreo-arbustiva.



La vegetazione del sito "Nicolas" nel 2007.

The vegetation of "Nicolas" site in 2007".

ACTIVITY IN PROGRESS

The monitoring activity of the Nicolas site will continue in 2007-2010; besides carrying on the verification of the efficiency of the routine monitoring system, other activities have been started, and in particular:

- determination of composition and dynamic of microbial communities colonizing the soils of the experimental site, in order to verify the possible relationships between these factors and the denitrification process;
- use of collected data for the calibration of the REMM model (Riparian Ecosystem Management Model) developed by the USDA.

Thanks to a collaboration between Veneto Agricoltura and Consorzio di Bonifica Dese Sile, during the next three years, the efficiency of the system adding higher amount of nitrogen and after wood cutting will be tested.



Panoramica del sito sperimentale "Nicolas" – Inverno 2008.

View of the experimental site "Nicolas" – Winter 2008.

CONCLUSIONI

- Fasce tampone arboree di recente impianto, a due anni dalla messa a dimora (piante di 4-5 anni di età) hanno ridotto di più del 60% i carichi di azoto totale disciolto che le hanno attraversate per via subsuperficiale, fino a un valore massimo di 168 kg/ha/anno (l'unità di superficie si riferisce all'ampiezza della fascia tampone);
- in termini di ritenzione percentuale di azoto nelle acque, non sono state riscontrate differenze significative tra fasce tampone larghe 15 m e fasce tampone larghe 5 m: fasce a minore ampiezza (anche monofilari) si sono dimostrate quindi più efficaci (stesso abbattimento ma minore superficie occupata) rispetto a fasce plurifilari;
- sia per le fasce tampone larghe 15 m che per le fasce tampone larghe 5 m, si è registrato un incremento nel tempo della capacità di ritenzione di azoto nitrico ($N-NO_3$), con riduzioni del 39-43 % a un anno dall'impianto e riduzioni del 84-86 % a tre anni dall'impianto;
- il processo di denitrificazione è strettamente correlato alla presenza del deflusso subsuperficiale generato a seguito dell'attività di irrigazione; una sua riduzione significativa è stata infatti in grado di inibire significativamente il processo;
- in questo tipo di sistema, il processo di denitrificazione è in grado di fornire da solo un contributo molto significativo in termini di riduzione complessiva di azoto (ratei medi annui con valori compresi fra 100-300 kgN/ha/anno);
- le misure di denitrificazione potenziale effettuate sui suoli in assenza di fattori limitanti hanno fatto registrare una forte potenzialità di incremento dei ratei di denitrificazione (fino a 2000 kgN/ha/anno) e hanno evidenziato che a parità di % di riduzione dei carichi è possibile incrementare notevolmente la massa di azoto rimossa immettendo acque a maggior concentrazione di azoto.

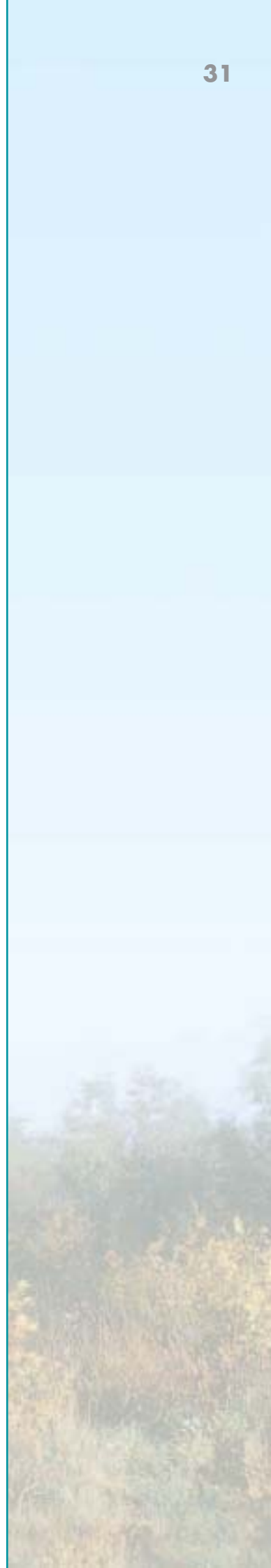


CONCLUSIONS

- Young forested buffer strips, two years after implanting (4-5 years old plants), reduced the total dissolved nitrogen load which run through them by sub-superficial flow more than 60%, to a maximum value of 168 kg/ha/y (the surface unit refers to the width of the buffer strip);
- significant differences in percentage nitrogen retention between the buffer strips 15 m wide and those 5 m wide: narrower strips, with one row of plants, were more efficient than those with multiple rows (same nitrogen reduction but less surface required);
- an increase in the retention time of nitric nitrogen (N-NO₃) was recorded for both 15 m large buffer strips and 5 m large ones, with reduction of 39-43 % one year after planting the buffer strips, to 84-86 % after three years;
- the denitrification process is strongly correlated to the presence of sub-superficial flow created by the irrigation system; a strong reduction of flow water volume clearly restrain the denitrification process;
- denitrification processes can contribute significantly to total nitrogen reduction (average annual rates 100-300 kgN/ha/y);
- measurements of potential denitrification, taken in soils without limiting factors (nitrogen and carbon), showed a strong potential increase in denitrification rates (up to 2000 kgN/ha/y), and highlighted how for the same percentage load reduction it is possible to increase the amount of nitrogen removed by using water at higher concentration of total nitrogen.

La vegetazione del sito "Nicolas" nel 2007.

The vegetation of "Nicolas" site in 2007.



BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- Dhondt K., Boeckx P., Vancleemput O., Hofman G., Detroch F., 2002- Seasonal groundwater nitrate dynamics in a riparian buffer zone - *Agronomie* 22 (2002) 747-753747© INRA, EDP Sciences, 2002DOI: 10.1051/agro:2002063.
- Gilliam J.W., Parsone J.E. & Mikkelsen R.L., 1997 – Nitrogen dynamics and buffer zones, in Haycock N.E., Burt T.P., Goulding K.W.T. & Pinay G. (eds.), *Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection*, Quest Environmental, Harpenden.
- Haycock N.E., Pinay G. & C. Walzer, 1993 – Nitrogen retention in river corridors european perspective. *Ambio* 22:340-346.
- Haycock N.E., Gumiero B., Boz B., Vardiero V., Baldo G., Cornelio P., 2005 – “Il progetto Fasce Tampone Boscate (FTB) del Consorzio di Bonifica Dese Sile: uno strumento utile al risanamento della Laguna di Venezia” - *Atti dei convegni Lincei* 216 – Giornata Mondiale dell’Acqua - Acqua e copertura vegetale (Roma, 22 marzo 2004) – Accademia Nazionale dei Lincei – Barbi Editore pp. 127-134.
- Lowrance R.C., 1997. The potential role of riparian forests as buffer zones in Haycock N.E., Burt T.P., Goulding K.W.T. & Pinay G. (eds.), *Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection*, Quest Environmental, Harpenden.
- Lowrance R., Altier L.S., Williams R.G., Inamdar S.P., Bosch D.D., Sheridan J.M., Thomas D.L. and Hubbard R.K. 1998. The Riparian Ecosystem Management Model: Simulator for ecological processes in riparian zones. Proceedings of the First Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Las Vegas, NV, April 1998, Pgs: 1.81-1.88.
- Naiman R.J. & Decamps H., 1997. The ecology of interfaces - riparian zones. *Annual Review of Ecological Systems*, 28: 621-658.
- NICOLAS Research Project: 1997-2000. ENV4-CT97-0395 EC DGXII, Brussels, Co-ordinator Gilles Pinay.
- Pinay G., Fabre A., Vervier Ph. & Gazelle F, 1992. Control of C, N, P in soils of the riparian forests. *Landscape Ecology*, 6:121-132.
- Pinay G., Black V. J., Planty-Tabacchi A. M., Gumiero B., and Decamps H., 2000, Geomorphic control of denitrification in large river floodplain soils. *Biogeochemistry* 50:163-182.
- Pinay G., Gumiero B., Tabacchi E., Planty-Tabacchi A.M., Heffing M.M., Burt T.P., Black V., Nilsson C., Lordache V., Bureau F., Vought L.M., Petts G.E., Decamps H. 2007. Patterns of denitrification rates in European alluvial soils under various hydrological regimes. *Freshwater Biology* 52 (2) 252-266.