



Valutazione quantitativa delle misure agroambientali del
Piano di Sviluppo Rurale delle Marche

**Rapporto finale del quarto stralcio esecutivo
5-IV-RF**

Ancona – 30 aprile 2008



Corretta citazione di questo lavoro:

Roggero P.P., Cocco S., Corti G., De Sanctis G., Orsini R., Perugini M., Seddaiu G., Taffetani F., Toderi M., 2008. Valutazione quantitativa delle misure agroambientali del Piano di Sviluppo Rurale delle Marche 2000-2006. Relazione finale del quinto stralcio esecutivo. ASSAM Agenzia di Servizi per lo Sviluppo Agroalimentare nelle Marche, Ancona.



Sommario

1.	Composizione del gruppo di lavoro	8
2.	Introduzione	9
3.	Metodologie di valutazione.....	10
4.	Analisi pedologica del l'area campione di pianura	10
5.	Caratterizzazione della vegetazione e di bioindicatori nell'area campione di pianura.....	16
5.1.	Vegetazione.....	16
5.2.	Sistema di bioindicatori per il monitoraggio e la gestione dell'agroecosistema.....	32
6.	Valutazione quantitativa dell'impatto dei sistemi colturali sull'erosione del suolo	35
6.1.	Eventi meteorici ed avvicendamenti colturali utilizzati per le simulazioni EUROSEM....	37
6.2.	Risultati delle simulazioni: bacino Bottiglie	38
6.3.	Risultati delle simulazioni: bacino Spescia.....	39
6.4.	Erosione idrica del suolo a scala di bacino: dati sperimentali	40
7.	Valutazione quantitativa dell'impatto delle misure agroambientali sulla qualità dell'acqua	43
7.1.	Bilancio apparente dei nutrienti	43
	Area campione di pianura	43
	Area campione di collina	43
7.2.	Andamento termopluviometrico nel periodo di osservazione	45
7.3.	Perdite di azoto nitrico nel deflusso superficiale	46
7.4.	Perdite di fosforo nel deflusso superficiale.....	46
7.5.	Concentrazione di nitrati nelle acque di falda.....	47
	Metodologia	47
	Risultati	47
8.	Analisi quantitative sull'impatto delle misure agroambientali del PSR su produzione, bilancio idrologico e inquinamento da nitrati	53
8.1.	Metodologia e limiti di applicazione	53
8.2.	Impatto delle misure agroambientali sulle produzioni dei cereali	55
	Area campione di pianura	55
	Aree campione di collina	56
8.3.	Bilancio idrico e inquinamento da nitrati.....	56
9.	Impatto delle misure agroambientali sulla fertilità del suolo.....	63
9.1.	Metodologia	63
9.2.	Risultati	66
10.	Considerazioni conclusive e raccomandazioni	70
11.	Bibliografia	74



Indice delle Figure

Figura 1. Sito di pianura. Andamento dell'umidità del suolo da marzo a maggio 2008.	15
Figura 2. TRANSETTO DI VEGETAZIONE RELATIVO ALLA ALLA SERIE EDAFO-MESOFILA PLANIZIALE DEI TERRAZZI ALLUVIONALI <i>LAURO NOBILIS-FRAXINETO OXYCARPAE SIGMETUM</i>	19
Figura 3 – Area campione di pianura Azienda Rocca Priora (AN): carta della vegetazione.	20
Figura 4. Grafici degli indici di maturità (im) - biodiversità (sp/mq), e delle forme biologiche applicato alla s serie edafo-mesofila planiziale dei terrazzi alluvionali lauro nobilis-fraxineto oxycarpae sigmetum.	34
Figura 5 spazializzazione dell' Indice di Maturità (IM) relativo a tutte le tipologie di vegetazione rilevate.....	34
Figura 6 – Evoluzione della copertura vegetale nel bacino Bottiglie conseguente alla adesione all'agricoltura biologica nell'annata agraria 2000 2001 di un agricoltore operante nel bacino.	36
Figura 7 – Orografia del bacino Bottiglie (in alto) e Spescia. In rosso i confini idrografici. Distanza tra due isoipse 10 m.	41
Figura 8 – Area campione di collina (Serra de' Conti). Precipitazioni e temperature medie decadiche nel periodo giugno 2007-marzo 2008 a confronto con i dati medi pluriennali. Elaborazione dati forniti dal Centro Operativo del Servizio di Agrometeorologia dell'Agenzia Servizi Settore Agroalimentare Regionale – ASSAM (i dati termopluviometrici poliennali sono relativi al periodo1998 – 2008).	45
Figura 9 – Ubicazione dei pozzi campionati nel bacino “Bottiglie”.....	48
Figura 10 – Ubicazione dei pozzi campionati nel bacino “Spescia”.	49
Figura 11 - Dinamica della concentrazione di nitrati (■; in mg L ⁻¹ di NO ₃ ⁻ ; scala di sinistra) e della piezometrica (-; in m dal piano di campagna; scala di destra) dei pozzi ubicati nei due bacini sperimentali (Bottiglie pozzi: 1-2a-3-7-B; Spescia pozzi: 4-6-S).....	49
Figura 12 - Percentuali mensili di azoto lisciviato per frumento duro, mais e suolo nudo nel sistema colturale in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 140 e 280 kg ha ⁻¹	61
Figura 13 - Concentrazioni medie mensili di azoto (NO ₃ - mg L ⁻¹) nelle acque di percolazione per frumento duro, mais e suolo nudo nel sistema colturale in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 140 e 280 kg ha ⁻¹	62
Figura 14 - Picchi di concentrazioni massime di azoto (NO ₃ - mg L ⁻¹) nelle acque di percolazione per frumento duro, mais e suolo nudo nel sistema colturale in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 140 e 280 kg ha ⁻¹	62
Figura 15 – Area campione di pianura. Impatto di diverse strategie di fertilizzazione sull'evoluzione del contenuto di C organico nel suolo espresso in kg ha ⁻¹ (orizzonte 0-30 cm) in un avvicendamento colturale frumento duro-mais. I numeri si riferiscono alle unità di N (kg ha ⁻¹ N) rispettivamente al frumento duro e al mais. Org = fertilizzazione con letame a dosi corrispondenti alle unità di azoto; min = concimazione minerale).....	68
Figura 16 – Area campione di pianura. Impatto di diverse strategie di fertilizzazione sull'evoluzione del contenuto di C organico nel suolo espresso in % (orizzonte 0-30 cm) in un avvicendamento colturale frumento duro-mais. I numeri si riferiscono alle unità di N (kg ha ⁻¹ N) rispettivamente al frumento duro e al mais. Org = fertilizzazione con letame a dosi corrispondenti alle unità di azoto; min = concimazione minerale).....	68
Figura 17 – Area campione di collina. Impatto di diverse strategie di fertilizzazione sull'evoluzione del contenuto di C organico nel suolo espresso in kg ha ⁻¹ (orizzonte 0-30 cm) in un avvicendamento colturale frumento duro-mais. I numeri si riferiscono alle unità di N (kg ha ⁻¹ N)	



rispettivamente al frumento duro e al mais. Org = fertilizzazione con letame a dosi corrispondenti alle unità di azoto; min = concimazione minerale).....	69
Figura 18 – Area campione di collina. Impatto di diverse strategie di fertilizzazione sull’evoluzione del contenuto di C organico nel suolo espresso in % (orizzonte 0-30 cm) in un avvicendamento colturale frumento duro-mais. I numeri si riferiscono alle unità di N (kg ha^{-1} N) rispettivamente al frumento duro e al mais. Org = fertilizzazione con letame a dosi corrispondenti alle unità di azoto; min = concimazione minerale).....	69



Indice delle tabelle

Tabella 1 – Composizione del gruppo di lavoro	8
Tabella 2 - Lista delle abbreviazioni.....	8
Tabella 3 – Analisi fisico chimiche dei singoli orizzonti dei profili di suolo rilevati del sito di pianura.....	11
Tabella 4 - <i>Lauro nobilis</i> - <i>Fraxinetum oxycarpae</i> Pedrotti e Gafta 1992	22
Tabella 5 – <i>Rubus ulmifolii</i> - <i>Ligustretum vulgare</i> Poldini 1989	23
Tabella 6 – <i>Ranunculetum repentis</i> Knapp 1946.....	24
Tabella 7 – <i>Agropyron repentis</i> – <i>Dactyletum glomeratae</i> Ubaldi 1976. Variante a <i>Festuca arrundinacea</i>	25
Tabella 8 – Aggruppamento ad <i>Equisetum telmateja</i> . Variante ad <i>Equisetum palustre</i>	26
Tabella 9 – Aggruppamento a <i>Galium aparine</i>	27
Tabella 10 – <i>Poetum annuae</i> Felfoldy 1942	28
Tabella 11 – <i>Avena barbatae</i> – <i>Brometum diandri</i> Biondi e Baldoni 1991	29
Tabella 12 – <i>Aphano arvensis</i> – <i>Matricarientum chamomillae</i> Tuxen 1937.....	30
Tabella 13 – <i>Linario spurie</i> – <i>Stachyetum annuae</i> Lorenzoni 1965	31
Tabella 14 – <i>Apietum nodiflori</i> Br.-Bl 1952	32
Tabella 15 – ripartizione colturale del bacino Bottiglie utilizzata nelle simulazioni.....	38
Tabella 16 - Deflusso superficiale ed erosione idrica nel bacino Bottiglie in funzione della tipologia di copertura vegetale e al variare dell'intensità di pioggia in un evento di 44 mm totali di cui 33 mm in 20 minuti (copertura reale come da Tabella 15).	39
Tabella 17 - Deflusso superficiale ed erosione idrica nel bacino Bottiglie in funzione della tipologia di copertura vegetale e al variare dell'intensità di pioggia in un evento di 44 mm totali di cui 33 mm in 10 minuti (copertura reale come da Tabella 15).	39
Tabella 18 – Deflusso superficiale ed erosione idrica nel bacino Spescia in funzione della tipologia di copertura vegetale in un evento di 44 mm totali di cui 33 mm in 20 minuti	39
Tabella 19 - Bacino "Spescia": caratteristiche delle precipitazioni che hanno dato origine a deflusso superficiale ed erosione idrica del suolo.	42
Tabella 20 - Principali colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo nel sito campione di pianura a Falconara Marittima.	43
Tabella 21 - Principali colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo nel bacino "Spescia" a Serra de' Conti.	44
Tabella 22 - Superfici coltivate nel bacino "Spescia" di Serra de' Conti nell'annata agraria 2007-08.	44
Tabella 23 - Principali colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo nel bacino "Bottiglie" di Serra de' Conti.	44
Tabella 24 - Superfici coltivate nel bacino "Bottiglie" di Serra de' Conti nell'annata agraria 2007-08.....	45
Tabella 25 – Concentrazione media di nitrati (mgL^{-1}) osservata nei pozzi monitorati durante il periodo 1998 – 2008. (Analisi effettuate dal Laboratorio Agrochimico Regionale dell'ASSAM).....	53
Tabella 26 – Dosi di concime azotato (kg ha^{-1} N) utilizzate per le valutazioni quantitative effettuate con il modello DSSAT. Fonte: PSR 2000-06 Regione Marche.....	54
Tabella 27 - Rese colturali medie simulate di frumento duro e mais in kg ha^{-1} e riduzioni percentuali rispetto al valore di riferimento per l'avvicendamento colturale frumento duro – mais, in base ai disciplinari del PSR per i siti di pianura e collina. Il mais in pianura è in irriguo. Medie di 8 anni di avvicendamento	55



Tabella 28 – Quantificazione dell’azoto medio lisciviato ($\text{kg ha}^{-1} \text{N}$) e riduzione percentuale rispetto al valore di riferimento per l’avvicendamento colturale frumento duro – mais, in base ai disciplinari del PSR per i siti di pianura e collina. Il mais in pianura è in irriguo. Medie di 8 anni di avvicendamento frumento duro-mais.....	57
Tabella 29 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento ordinario di pianura (frumento duro e mais irriguo con concimazioni azotate rispettivamente di 180 e 350 kg ha^{-1}).....	58
Tabella 30 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento biologico di pianura (frumento duro e mais irriguo con concimazioni azotate rispettivamente di 180 e 350 kg ha^{-1}).....	58
Tabella 31 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento F1 di pianura (frumento duro e mais irriguo con concimazioni azotate rispettivamente di 140 e 280 kg ha^{-1})	59
Tabella 32 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento F1 di collina (frumento duro e mais in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 140 e 280 kg ha^{-1})	59
Tabella 33 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento F1 ZVN di collina (frumento duro e mais in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 120 e 220 kg ha^{-1})	60
Tabella 34 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento basso input (frumento duro-mais in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 90 e 180 kg ha^{-1})	60
Tabella 35 – Parametri di <i>default</i> del modello DSSAT per le tre frazioni % di sostanza organica, in funzione della tessitura del suolo e della profondità del terreno.....	65
Tabella 36 – Livelli di concimazione azotata adottata nelle zone collinari e di pianura per la inizializzazione del modulo di simulazione del carbonio nel suolo con il modello DSSAT.....	65
Tabella 37 – Parametri utilizzati per le tre frazioni di sostanza organica considerati dal modello DSSAT, in funzione della tessitura del suolo e della profondità del terreno per il sito di collina.....	65
Tabella 38 – Parametri utilizzati per le tre frazioni di sostanza organica considerate dal modello DSSAT, in funzione della tessitura del suolo e della profondità del terreno per il sito di pianura.....	66



1. Composizione del gruppo di lavoro

Il gruppo di lavoro che contribuisce alla valutazione ha competenze nel campo dell'Agronomia e coltivazioni erbacee, Pedologia e Botanica (Tabella 1).

Tabella 1 – Composizione del gruppo di lavoro

Personale di ruolo

Nome	Qualifica	Competenza	Dipartimento
Pier Paolo Roggero	prof ordinario	Agronomia coltivazioni erbacee	SAPROV
Marco Toderi	ricercatore		
Giovanna Seddaiu	ricercatore		
Giuseppe Corti	prof associato	Pedologia	
Stefania Cocco	ricercatore		
Fabio Taffetani	prof ordinario	Botanica	
Pietro Lanari	Responsabile	Laboratorio	ASSAM
Maddalena Canella	Funzionario	Agrochimico	
Ettore Marchegiani	Responsabile	Servizio Agrometeo	
Busilacchi Michela	Tecnico		

Personale a contratto

Nome	Qualifica	Competenza
Roberto Orsini	Dottore di ricerca SAPROV	Agronomia
Giuseppe Iezzi	Dottore di ricerca SAPROV	
Giacomo De Sanctis	Dottore di ricerca SAPROV	
Martina Perugini	Dottorando di ricerca SAPROV	
Clorino Cioci	Dottorando di ricerca SAPROV	
Michele Rismondo	Dottore di ricerca SAPROV	Botanica

Tabella 2 - Lista delle abbreviazioni

Abbrev.	Significato
AGEA	Agenzia per le erogazioni in agricoltura
ARF	sistema Agroalimentare ambiente Rurale e Foreste
ASSAM	Agenzia per i Servizi del Settore Agroalimentare nelle Marche
CTC	Comitato Tecnico di Coordinamento
DDS	Decreto del Dirigente del Servizio
n-k-xx	n = numero arabo (1-5) corrispondente allo stato di avanzamento; k = numero romano (I-IV) corrispondente allo stralcio del progetto xx = PD, PE, RF
PAC	Politica Agricola Comune
PD	Progetto Definitivo (I-PD)
PE	Progetto Esecutivo
PSR	Piano di Sviluppo Rurale (reg. 1260/99) 2000-2006 per la Regione Marche
RF	Rapporto Finale
RTI	Valutatore indipendente Ecoter-Resco-Unicab
SAPROV	Dipartimento di Scienze Ambientali e delle Produzioni Vegetali, Università Politecnica delle Marche
STAR	Comitato per le Strutture Agricole e Sviluppo Rurale
ZVN	Zona Vulnerabile per l'inquinamento da Nitrati di origine agricola



2. Introduzione

Il progetto di valutazione quantitativa rappresenta un approfondimento al programma di valutazione affidato dalla Regione Marche all'RTI, in particolare per gli aspetti che riguardano l'impatto delle misure F1 e F2 attuate dalla regione sull'erosione del suolo, la lisciviazione di nitrati e fosforo e la conservazione della fertilità del suolo.

Questa relazione finale si riferisce al quinto ed ultimo stato di avanzamento del progetto di valutazione quantitativa delle Misure Agroambientali del Piano di Sviluppo Rurale delle Marche, che è stato affidato all'ASSAM e ad un gruppo di lavoro interdisciplinare dell'Università Politecnica delle Marche. Essa costituisce un ulteriore avanzamento rispetto alle relazioni precedenti, aggiornato ad aprile 2008, ed è basata sulla raccolta e valutazione di dati originali nei siti di monitoraggio prescelti, nel periodo luglio 2007-aprile 2008.

La relazione riporta, nello stesso ordine seguito nella tabella 6 del progetto definitivo (Allegato 1), le metodologie e i principali risultati conseguiti basati sulla raccolta di dati biofisici in tre aree di monitoraggio, una ubicata in una pianura irrigua, le altre due in ambiente collinare.

Le finalità del quinto stato di avanzamento della valutazione quantitativa del PSR possono essere così schematizzate:

- Completamento delle caratterizzazioni idrogeologica e pedologia dell'area campione di pianura;
- Completamento della caratterizzazione della vegetazione nelle aree campione;
- Analisi dei sistemi colturali ed effetti sull'impatto ambientale;
- Valutazione quantitativa dell'erosione idrica del suolo nel sito di collina;
- Elaborazione rapporto finale.

Le attività svolte nell'ultima fase della valutazione fanno riferimento a diversi approcci metodologici tra loro complementari, che hanno permesso di integrare diverse prospettive per l'analisi dei complessi processi bio-fisici associati all'impatto della attuazione delle misure agroambientali nei principali agroecosistemi della regione. Sono stati integrati i seguenti metodi di analisi quantitativa:

- analisi pedologica e climatica, propedeutica alle analisi quantitative;
- monitoraggio di dati meteorologici, deflussi idrici superficiali, concentrazione di nitrati e fosforo solubile e solidi sospesi nelle acque superficiali, a scala di microbacino imbrifero;
- monitoraggio delle acque di falda, in collina;
- analisi della vegetazione delle aree campione di collina e pianura;
- analisi di bioindicatori per la caratterizzazione degli agro-ecosistemi;
- analisi quantitativa dell'erosione del suolo con approccio modellistico a base fisica (EUROSEM), calibrato in base ai dati dei monitoraggi;
- analisi quantitativa dei sistemi colturali a scala di microbacino imbrifero e nel sito di monitoraggio di pianura, attraverso interviste, raccolta ed elaborazione di dati originali;
- analisi quantitativa dei sistemi colturali con approccio modellistico a base fisica (DSSAT), calibrato in base ai monitoraggi e alle prove sperimentali di campo, con particolare riferimento produttività delle colture, bilancio idrologico, lisciviazione dei nitrati e fertilità del suolo.



3. Metodologie di valutazione

Le metodologie di indagine relative al monitoraggio a scala di microbacino in collina e nel sito di pianura sono state illustrate nelle relazioni precedenti (2-I-RF; 3-II-RF e 4-III-RF), alle quali si rimanda per ulteriori dettagli. Le valutazioni effettuate con i modelli di simulazione sui sistemi colturali e la fertilità del suolo (DSSAT) e sull'erosione idrica del suolo (EUROSEM) sono basate sulle calibrazioni illustrate nella relazione 4-III-RF. Per questi motivi, nella parte metodologica di ciascuna valutazione, si fa riferimento esclusivamente alle parti non descritte nelle precedenti relazioni, in particolare alla parametrizzazione del modello DSSAT per le valutazioni dell'impatto della concimazione azotata sulla lisciviazione dei nitrati e la fertilità del suolo e sulla raccolta dati relativa alla qualità dell'acqua di falda nei microbacini.

Si riportano inoltre i risultati relativi alla raccolta dati effettuata nel periodo luglio 2007-marzo 2008, che riguardano i seguenti aspetti:

- andamento termopluviometrico (dati raccolti da ASSAM Meteo);
- analisi pedologica del sito di pianura (completamento) e monitoraggio dell'umidità del suolo nello stesso sito;
- analisi dei bilanci apparenti in pianura e in collina;
- completamento dell'analisi della vegetazione e dei bioindicatori nel sito di pianura;
- valutazione quantitativa dell'erosione del suolo con il modello EUROSEM.

I principali archivi informatici relativi ai risultati conseguiti sono stati allegati esclusivamente su supporto digitale.

4. Analisi pedologica del l'area campione di pianura

Da punto di vista morfologico, tre dei quattro profili di riferimento (in particolare i profili 1, 3 e 4) si sono rilevati simili fra di loro e abbastanza diversi dal profilo 2 (*Tabella 3*). Infatti, mentre i tre profili presentano non molto spiccate caratteristiche vertiche, nel profilo 2, oltre alle caratteristiche vertiche è presente un orizzonte fragipan (2Bx) alla profondità di oltre 130 cm. Ciò conferma l'ipotesi che questo orizzonte indurito sia presente a macchia di leopardo, in linea con l'origine dei substrati pedogenetici, rappresentati da materiali alluvionali e litoranei a tessitura fine con rimaneggiamenti fluviali. Le fratture di tipo vertico si approfondiscono al massimo fino a 1,5 m di profondità. L'analisi morfologica dei profili indica comunque che tali fratture non assumono una larghezza eccessiva durante il periodo estivo, probabilmente grazie all'irrigazione e a un minimo ristagno idrico che si realizza a una certa profondità a causa dell'aumento della densità del suolo.

L'analisi granulometrica dei campioni indica il trattarsi di suoli con tessitura fine, variabile fra il franco argilloso e il franco argilloso limoso in superficie (all'incirca fra 80 e 150 cm) e fra il franco e il franco limoso a maggiori profondità.

L'analisi chimica rivela la presenza della cosiddetta "forza vecchia" del suolo, in quanto in tutti i suoli si ha un orizzonte Ap dello spessore variabile fra 35 e 60 cm arricchito di sostanza organica, azoto e fosforo disponibile. Tali elevati contenuti diminuiscono bruscamente negli orizzonti B sottostanti e la diminuzione continua all'aumentare della profondità. Tale andamento indica che gli elevati contenuti di sostanza organica, azoto e fosforo disponibile provengono da arricchimento diretto, probabilmente dovuto alla tecnica di coltivazione.

I cationi di scambio, com'era da attendersi, sono dominati dal Ca e, a notevole distanza, dal Mg. Un aspetto da rimarcare è la presenza di elevate quantità di Na scambiabile (solubile?) nell'orizzonte 2Bw (da circa 1 m a 1,7 m di profondità) del profilo 4. Tale elevato contenuto di Na scambiabile motiva la presenza in questo orizzonte di una struttura di tipo prismatico, la quale si sviluppa



proprio quando nel suolo vi sia una certa concentrazione salina. Nonostante la vicinanza al mare, però, la presenza di questo Na scambiabile non sembra potersi attribuire a aerosol marino in quanto, se questo fosse la fonte di sali, in suoli con questa tessitura avremmo dovuto trovare presenza di sali anche a profondità minori di 1 m; per di più, affinché si formi una struttura prismatica è necessario che la presenza di sale non sia effimera, ma continua. Per tale motivi, è probabile che questo sale non sia di trasporto eolico, ma piuttosto, sale che era presente nello strato geologico (di origine marina) dal quale si è evoluto l'orizzonte. Ciò significa anche che a queste profondità il suolo è scarsamente o per niente drenato.

Le costanti idrologiche sono state stimate mediante la funzione pedo-transfer di Saxton ed evidenziano un contenuto di acqua disponibile compreso tra 12 e 15% in volume nei diversi orizzonti del suolo.

La misura dell'umidità del suolo (Figura 1) è stata rilevata con gessetti Eijkelkamp soil moisture blocks rilevando le misure immediatamente dopo ogni evento piovoso e, comunque, ad ogni 10 giorni. Tali misure hanno fornito alcune interessanti indicazioni, che meritano ulteriori approfondimenti:

- nel periodo considerato, il contenuto idrico è stato sorprendentemente basso, sempre inferiore al 35%; ciò può essere attribuito al fatto che la stagione invernale passata è stata particolarmente poco piovosa.
- Nel periodo da aprile a maggio il contenuto idrico negli orizzonti superficiali è stato sempre maggiore nei suoli coltivati a frumento.
- Al progredire della stagione i suoli coltivati a bietola mostrano una tendenziale diminuzione dell'umidità, mentre quelli a frumento mostrano l'andamento opposto.
- Particolare è il comportamento del gessetto posizionato a 140 cm di profondità nel profilo 2, vale a dire nel mezzo degli orizzonti fragipan. Le misure di umidità hanno sempre dato valori molto bassi, inferiori al 10%, indipendentemente dal verificarsi di eventi piovosi o meno. La veridicità delle misure effettuate è stata testata sia in campo sia in laboratorio, confermando la bontà delle misure di quel gessetto. Il basso contenuto idrico di quella porzione di suolo conferma il trattarsi di orizzonti talmente induriti da impedire il passaggio dell'acqua.

Tabella 3 – Analisi fisico chimiche dei singoli orizzonti dei profili di suolo rilevati del sito di pianura.

Tessitura
Profilo 1

orizzonte	Prof.	sabbia				limo	argilla	Classe tessiturale (USDA)
		grossa	fine	molto fine	Tot.			
	cm	g kg ⁻¹						
Ap	0-49	34,0	11,3	121,7	166,9	431,3	401,7	silty clay
Bw	49-154	21,2	3,8	150,0	175,0	472,8	352,2	clay loam
2Bw	154-175+	29,0	35,0	114,0	180,2	594,0	228,0	silt loam



Profilo 2

orizzonte	Prof.	sabbia				limo	argilla	Classe tessiturale (USDA)
	cm	grossa	fine	molto fine	Tot.			
		g kg ⁻¹						
Ap	0-41	12,7	15,5	145,0	173,2	457,8	369,0	silty clay loam
Bw	41-130	17,8	15,0	171,5	204,3	505,7	290,0	clay loam
2Bx1	130-172	70,0	27,0	207,0	304,0	447,0	249,0	loam
2Bx2	172-191+	65,0	26,0	320,0	411,0	330,0	259,0	loam

Profilo 3

orizzonte	Prof.	sabbia				limo	argilla	Classe tessiturale (USDA)
	cm	grossa	fine	molto fine	Tot.			
		g kg ⁻¹						
Ap	0-62	10,7	37,5	197,0	245,2	390,3	364,5	clay loam
Bw	62-80	2,0	36,0	246,0	284,0	383,0	333,0	clay loam
2Bw	80-135	32,0	30,5	251,0	313,5	486,0	200,5	loam
3Bw	135-201+	14,0	41,5	313,0	368,5	459,0	172,5	loam

Profilo 4

orizzonte	Prof.	sabbia				limo	argilla	Classe tessiturale (USDA)
	cm	grossa	fine	molto fine	Tot.			
		g kg ⁻¹						
Ap	0-35	14,3	32,7	170	217	392,3	390,7	clay loam
Bw	35-97	25,6	33,4	177,4	236,4	389,2	374,4	clay loam
2Bw	97-176+	46,7	68	249	363,7	407,6	228,7	loam

sabbia grossa: 2-0.2 mm; sabbia fine: 0.2-0.1 mm; sabbia molto fine: 0.1-0.05 mm;
limo: 0.05-0.002 mm; argilla: < 0.002 mm

Analisi chimiche

Profilo1

orizzonte	pH	N tot	C org	P disponibile
		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹
Ap	7,98	1,28	11,62	43
Bw	8,04	0,49	3,60	5
2Bw	8,60	0,20	1,16	8

Profilo2

orizzonte	pH	N tot	C org	P disponibile
		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹
Ap	7,68	1,06	9,68	23
Bw	8,08	0,35	1,94	16
2Bx1	8,48	0,15	1,21	8
2Bx2	8,45	0,20	0,60	3



Profilo 3				
orizzonte	pH	N tot	C org	P disponibile
		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹
Ap	8,08	1,00	10,31	37
Bw	8,29	0,50	3,48	3
2Bw	8,60	0,23	1,53	2
3Bw	8,62	0,18	1,30	3

Profilo 4				
orizzonte	pH	N tot	C org	P disponibile
		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹
Ap	7,98	1,41	11,48	121
Bw	8,10	0,87	6,90	31
2Bw	8,55	0,33	2,47	3

Cationi scambiabili e capacità di scambio cationico

Profilo 1					
orizzonte	Ca	Mg	K	Na	CSC
			cmol(+) kg ⁻¹		
Ap	25,2	2,8	0,3	0,4	34,8
Bw	18,4	4,2	0,2	0,5	29,2
2Bw	17,0	2,1	0,1	0,2	14,1

Profilo 2					
orizzonte	Ca	Mg	K	Na	CSC
			cmol(+) kg ⁻¹		
Ap	21,0	3,8	0,3	0,4	29,2
Bw	14,9	3,6	0,2	0,5	22,2
2Bx1	16,3	2,6	0,2	0,3	13,3
2Bx2	16,4	2,6	0,2	0,3	15,7

Profilo 3					
orizzonte	Ca	Mg	K	Na	CSC
			cmol(+) kg ⁻¹		
Ap	24,0	2,2	0,4	0,3	27,8
Bw	21,9	1,8	0,3	0,4	23,3
2Bw	17,6	1,3	0,2	0,3	14,5
3Bw	15,9	1,2	0,2	0,2	9,5

Profilo 4					
orizzonte	Ca	Mg	K	Na	CSC
			cmol(+) kg ⁻¹		
Ap	24,6	3,1	0,9	0,4	29,6
Bw	23,2	3,0	0,6	0,4	27,2
2Bw	16,5	1,9	0,3	9,3	13,4



Costanti idrologiche

Profilo1			
orizzonte	Punto di appassimento %Vol 1500 kPa	Capacità di campo % Vol 33 kPa	Capacità idrica massima %Vol 0 kPa
Ap	24	38	45
Bw	21	35	39
2Bw	14	29	35
Profilo2			
orizzonte	Punto di appassimento %Vol 1500 kPa	Capacità di campo % Vol 33 kPa	Capacità idrica massima %Vol 0 kPa
Ap	23	37	44
Bw	18	33	39
2Bx1	15	30	44
2Bx2	16	28	37
Profilo3			
orizzonte	Punto di appassimento %Vol 1500 kPa	Capacità di campo % Vol 33 kPa	Capacità idrica massima %Vol 0 kPa
Ap	22	36	45
Bw	20	33	40
2Bw	12	27	38
3Bw	11	24	37
Profilo4			
orizzonte	Punto di appassimento %Vol 1500 kPa	Capacità di campo % Vol 33 kPa	Capacità idrica massima %Vol 0 kPa
Ap	24	38	48
Bw	22	35	40
2Bw	14	27	36

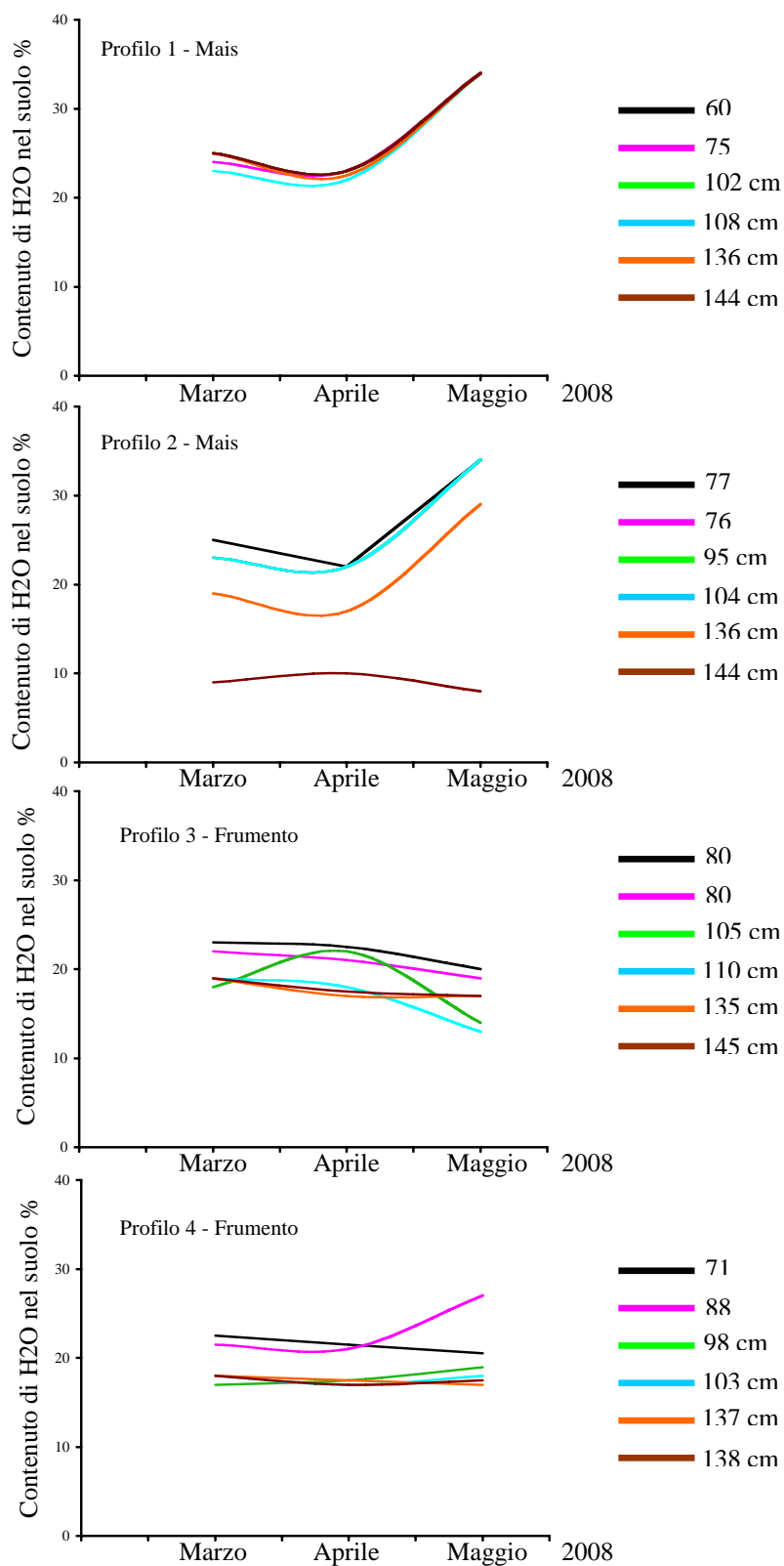


Figura 1. Sito di pianura. Andamento dell'umidità del suolo da marzo a maggio 2008.



5. Caratterizzazione della vegetazione e di bioindicatori nell'area campione di pianura

5.1. Vegetazione

Lo studio fitosociologico della vegetazione ha permesso di caratterizzare le principali tipologie di vegetazione presenti nel territorio indagato, che nel loro complesso descrivono un paesaggio fortemente condizionato dalle attività produttive ed insediative agricole, trattandosi di territori ad elevata intensità di utilizzazione, anche in termini di superficie, con conseguente influenza sulle superfici di margine in molti casi fortemente assottigliate. In queste aree si alternano per lo più cereali (frumento e mais), barbabietola ed in misura minore foraggiere e colture proteiche, in un sistema in cui la vegetazione spontanea si presenta molto frammentata e di scarsa estensione, intercalata a campi coltivati o presente ai margini di fossi principali.

I dati sulla vegetazione relativa all'area di studio riguardano la vegetazione forestale (non presente nell'area di studio ma rilevata in contesti pedoclimatici analoghi), i lembi di vegetazione arbustiva, le formazioni erbacee degli incolti, dei margini erbosi e dei fossi, le cenosi commensali dei campi coltivati, e la vegetazione elofitica dei canali principali.

Vegetazione forestale

LAURO NOBILIS – FRAXINETUM OXYCARPAE Pedrotti E Gafta 1992 (Tabella 4).

Il bosco a dominanza di *Fraxinus oxycarpa* è presente nelle aree planiziali che si sviluppano in corrispondenza dei terrazzi alluvionali elevati, quindi non raggiunti dalle acque di esondazione fluviale, come dimostra la presenza di specie differenziali della classe *Quercetea ilicis* come *Laurus nobilis*, *Quercus ilex*, *Rosa sempervirens*, *Ruscus aculeatus*, *Rubia peregrina*; tale formazione forestale non è presente all'interno sito indagato, ma è stata rilevata nella valle del fiume Potenza in analoghi contesti pedoclimatici (Biondi et al. 2002; Taffetani et al., 2006; Taffetani et al., 2008; Micheletti e Taffetani 2006), dove rappresenta la vegetazione potenziale mesofita, mesomediterranea, dei territori planiziali del versante adriatico dell'Italia centrale. All'interno del bosco sono presenti, oltre alla specie dominante, *Ulmus minor*, *Quercus robur*, *Iris foetidissima*, *Carex pendula*.

Vegetazione arbustiva

RUBO ULMIFOLII-LIGUSTRETUM VULGARE Poldini 1989 (Tabella 5)

Dato l'intenso utilizzo agricolo a cui è sottoposto il territorio indagato, la vegetazione di mantello forestale si riscontra soltanto in un ristretto lembo nella parte più meridionale dell'area di studio, a contatto con l'argine del Fiume Esino. Si tratta di una cenosi arbustiva inquadrabile nell'associazione *Rubus ulmifolii-Ligustrum* e caratteristica di stazioni fresche su suoli alluvionali originatisi da sedimenti fluviali con substrato umido. Tra le specie arbustive più diffuse, oltre a *Rubus ulmifolius* e *Ligustrum vulgare*, troviamo *Clematis vitalba*, *Crataegus monogyna*, *Sambucus nigra* e *Cornus sanguinea*. L'associazione individuata si colloca nell'ambito dell'alleanza *Berberidion vulgaris*, all'interno dell'ordine *Prunetalia spinosae* e della classe *Rhamno-Prunetea*.

Vegetazione dei margini erbosi

RANUNCULETUM REPENTIS Knapp 1946 (Tabella 6)

La formazione a dominanza di *Ranunculus repens* e *Galium album* e facente parte dell'alleanza *Agropyro-Rumicion*, dell'ordine *Plantaginetalia majoris* e della classe *Molinio-Arrhenatheretea*, si



riscontra sui margini contigui ai fossi con acqua corrente e dunque caratterizzati da risalita capillare. Ciò determina condizioni edafiche che favoriscono la presenza di specie meso-igrofile come *Ranunculus repens*, *Potentilla reptans*, *Symphytum tuberosum* e *Urtica dioica*, che testimoniano una tendenza evolutiva delle cenosi erbacee di margine verso forme più stabili.

AGROPYRO REPENTIS - DACTYLETUM GLOMERATAE Ubaldi 1973 e Ubaldi, Puppi e Speranza 1983 (Tabella 7– ril. 1-5)

VARIANTE A FESTUCA ARUNDINACEA (Tabella 7– ril. 6-7)

Le formazioni erbacee appartenenti a questa associazione sono rappresentate dalla vegetazione di prateria a dominanza di *Agropyron repens* dell'alleanza *Inula viscosae-Agropyron repentis* della classe *Artemisietea vulgaris*. Si tratta di un sintaxon che descrive formazioni semiruderali pioniere e post-colturali su suoli detritici con orizzonti scarsamente definiti a causa delle lavorazioni agricole. Oltre ad *Agropyron repens*, le specie maggiormente presenti sono *Daucus carota*, *Dactylis glomerata*, *Rumex crispus* e *Convolvulus arvensis*. Tali formazioni sono state rilevate nei margini dei campi coltivati o in zone non lavorate limitrofe alle principali strutture insediative.

In corrispondenza di aree interessate da impianti arborei, e di conseguenza non più coltivate per un periodo di circa 4-5 anni, è stata individuata una variante a *Festuca arundinacea* dell'associazione *Agropyron repentis-Dactyletum glomeratae*, che ne rappresenta uno stadio maggiormente evoluto dovuto alla cessazione delle attività agricole ad eccezione dello sfalcio saltuario. Tale condizione è ben evidenziata dalla maggiore presenza e copertura di specie appartenenti alla classe *Molinio-Arrhenatheretea*, tra cui *Festuca arundinacea*, *Potentilla reptans* e *Plantago lanceolata*.

Vegetazione erbacea dei fossi

AGGRUPPAMENTO A EQUISETUM TELMATEJA (Tabella 8– ril. 1-3)

VARIANTE AD EQUISETUM PALUSTRE (Tabella 8– ril. 4)

L'aggruppamento ad *Equisetum telmateja* è stato rilevato in corrispondenza dei margini superiori dei fossi e delle canalizzazioni principali (con presenza permanente di acqua) presenti nell'area indagata. Tali formazioni sono caratterizzate dalla presenza di specie nitro-igrofile della classe *Artemisietea vulgaris* come *Equisetum telmateja*, *Urtica dioica* e *Daucus carota*, che indicano la presenza di una umidità edafica prolungata in situazioni alterate e sottoposte a sfalcio periodico.

La parte più interna dei fossi umidi (con presenza non continuativa di acqua) ospita una vegetazione che si differenzia per la presenza dominante di *Equisetum palustre* ed *Equisetum ramosissimum*, entrambe inquadrabili nella classe *Molinio-Arrhenatheretea*, i quali indicano condizioni di umidità edafica persistente.

AGGRUPPAMENTO A GALIUM APARINE (Tabella 9)

Nei fossi e nelle canalizzazioni che si presentano asciutti per la maggior parte dell'anno, è stata rilevata una vegetazione a dominanza di *Galium aparine* ed *Epilobium tetragonum*, inquadrabile nell'alleanza *Arction lappae*, nell'ordine *Artemisietalia* e nella classe *Artemisietea vulgaris*. Tale cenosi si caratterizza per la presenza pressoché costante di specie della classe di appartenenza, tra cui *Convolvulus arvensis*, *Daucus carota* ed *Agropyron repens*. Si riscontrano tuttavia anche numerose specie trasgressive della classe *Stellarietea mediae*, che indicano un basso livello evolutivo probabilmente dovuto alle operazioni di ripulitura e rimaneggiamento effettuate annualmente.

Vegetazione erbacea delle strade interpoderali

POETUM ANNUAE Felföldy 1942 (Tabella 10)



L'associazione contraddistinta dalla dominanza di *Poa annua* e dalla presenza costante di *Lolium multiflorum*, *Cynodon dactylon*, *Catapodium rigidum* e *Cardamine hirsuta* è stata rilevata sui bordi contigui alla carreggiata delle strade presenti nell'area esaminata. L'associazione individuata rientra nell'alleanza *Matricario matricarioidis-Polygonion arenastri*, nell'ordine *Polygono arenastri-Poetalia annuae* e nella classe *Polygono-Poetea*. Le specie che entrano a far parte di tale associazione si caratterizzano per una spiccata adattabilità a crescere su suolo compatto e dunque con scarsissima ritenzione idrica, condizione ecologica dovuta all'azione esercitata, seppur marginalmente rispetto al fondo stradale vero e proprio, dal passaggio dei mezzi agricoli e degli autoveicoli.

AVENO BARBATAE-BROMETUM DIANDRI Biondi e Baldoni 1991 (Tabella 11)

La vegetazione dei margini stradali interposti tra la vegetazione della *Polygono-Poetea* ed i bordi dei campi coltivati o dei fossi si caratterizza per un livello evolutivo piuttosto basso, dovuto al disturbo arrecato durante i lavori di manutenzione ed evidenziato dalla dominanza di specie della *Stellarietea mediae*. Le comunità rilevate sono state assegnate all'associazione *Avena barbatae-Brometum diandri*, descritta per i bordi stradali dell'Italia centrale, dell'alleanza *Hordeion leporini* nell'ordine *Sisymbrietalia officinalis*. Tra le specie più abbondanti, oltre alla caratteristica di associazione *Avena barbata*, si ricordano altre terofite tra le quali *Veronica persica*, *Geranium columbinum* e *Sonchus asper*. La presenza di specie appartenenti alla classe *Artemisietea vulgaris* come *Agropyron repens*, *Daucus carota* e *Cirsium arvense* evidenzia il potenziale evolutivo di tali cenosi verso stadi più strutturati.

Vegetazione commensale dei campi coltivati

APHANO ARVENSIS – MATRICARIETUM CHAMOMILLAE Tuxen 1937 (Tabella 12)

L'associazione *Aphano arvensis – Matricarietum chamomillae* si sviluppa nelle pianure alluvionali delle Marche, su suoli freschi con falda freatica alta, limosi, limoso-argillosi, sabbiosi e sabbioso-argillosi (Baldoni 1995). La vegetazione è caratterizzata dalla presenza di specie quali *Matricaria chamomilla*, *Anagallis arvensis*, *Sorghum halepense* della classe *Stellarietea mediae*, ed è stata rilevata in corrispondenza delle colture di cereali autunno-vernini presenti nell'area di studio.

LINARIO SPURIAE-STACHYETUM ANNUAE Lorenzoni 1965 (Tabella 13)

Vegetazione infestante le colture erbacee avvicendate, presente principalmente nel periodo intercalare tra le coltivazioni segetali e quelle a ciclo primaverile-estivo. Nelle Marche questa associazione si rinviene nei settori collinari e pianeggianti prevalentemente su Marne a Fucoidi e su depositi detritici (Baldoni 1995, Rismondo e Taffetani 2005). L'associazione *Linario spuriae-Stachyetum annuae*, appartenente all'alleanza *Polygono concolvuli-Chenopodion polyspermi* dell'ordine *Solano nigri-Polygonetalia convolvuli*, classe *Stellarietea mediae*, è stata rilevata, nell'area di studio, all'interno delle colture di barbabietola, mais, ed in corrispondenza di appezzamenti tenuti a riposo colturale per un periodo di 1 o 2 anni, e per tanto caratterizzati da fenomeni di ricolonizzazione spontanea da parte di specie pioniere e ruderali. Tra le specie presenti ci sono *Stachys annua*, *Picris echioides*, *Chenopodium album*, *Polygonum aviculare*, *Anagallis arvensis*.

Vegetazione elofitica dei canali e delle risorgive

APIETUM NODIFLORI Br.-Bl. 1952 (Tabella 14)

La cenosi appartenente all'associazione *Apietum nodiflori* si contraddistingue per la netta prevalenza di *Apium nodiflorum*, sovente accompagnata da altre specie della classe *Phragmiti-*



Magnocaricetea, quali *Alisma plantago-aquatica*, *Glyceria fluitans* e *Cyperus esculentus*. Si sviluppa sul bordo dei fossi principali a contatto con acqua corrente ed ossigenata durante tutto l'arco dell'anno, condizione resa possibile da situazioni di risorgiva. All'interno della classe igrofila sopracitata l'associazione viene collocata nell'alleanza *Nasturtion officinalis* e nell'ordine *Nasturtio-Glycerietalia*.

SERIE DI VEGETAZIONE E PAESAGGIO VEGETALE

Le tipologie vegetazionali descritte e cartografate (Figura 5) fanno parte della Serie edafo-mesofila planiziale dei terrazzi alluvionali *Lauro nobilis-Fraxinetum oxycarpae* sigmetum (Figura 2), descritta per le pianure alluvionali delle Marche centro-meridionali (Biondi et al. 2002; Taffetani et al., 2006; Taffetani et al., 2008; Micheletti e Taffetani 2006). All'interno dell'area di studio non è presente la vegetazione climatofila forestale appartenente a tale serie, rappresentata dal bosco a dominanza di *Laurus nobilis* e *Fraxinus oxycarpa* dell'associazione *Lauro nobilis-Fraxinetum oxycarpae*. La vegetazione più matura rilevata nel territorio indagato è rappresentata da un lembo di vegetazione arbustiva dell'associazione *Rubus ulmifolii-Ligustrum vulgare*, mentre risultano assenti formazioni di orlo forestale e di prateria stabile. In corrispondenza dei margini dei coltivi, degli impianti arborei e degli incolti sono presenti differenti tipologie di vegetazione erbacea appartenenti alle classi *Molinio-Arrhenatheretum* (*Ranunculus repens*) e *Artemisietum vulgare* (*Agropyron repens-Dactylis glomerata*). La vegetazione dei margini dei fossi e dei principali canali è rappresentata da formazioni nitro-igrofile della classe *Artemisietum vulgare*, descritte dagli aggruppamenti ad *Equisetum telmateia* e a *Galium aparine*. Lungo le strade e nei calpestii sono presenti formazioni erbacee della classe *Polygonum-Poetea*, descritte con l'associazione *Poeta annua*, e della classe *Stellarietum mediae*, rappresentate dall'associazione *Avena barbata-Bromum diandrum*. All'interno dei campi coltivati sono presenti cenosi commensali appartenenti alle associazioni *Aphano arvensis-Matricarietum chamomillae* e *Linum spurium-Stachyetum annua*.

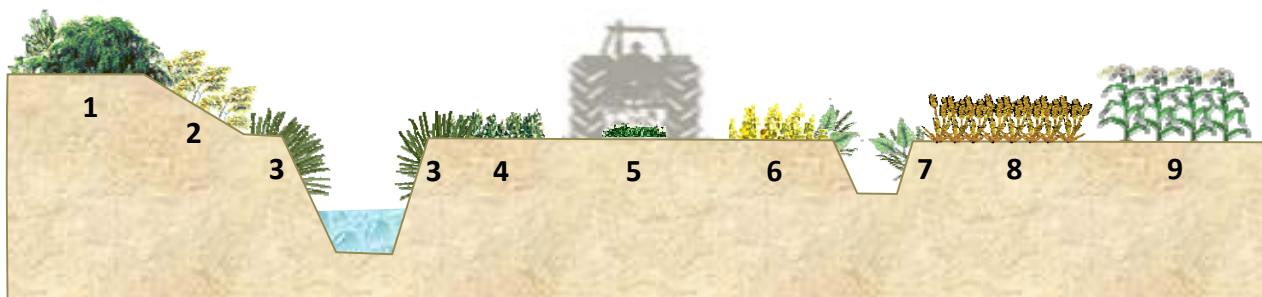


Figura 2. TRANSETTO DI VEGETAZIONE RELATIVO ALLA ALLA SERIE EDAFO-MESOFILA PLANIZIALE DEI TERRAZZI ALLUVIONALI *LAURO NOBILIS-FRAXINETUM OXYCARPAE* SIGMETUM.

1. Arbusteto *Rubus ulmifolii-Ligustrum vulgare*
2. Margini erbosi ed incolti *Agropyron repens* – *Dactylis glomerata*
3. Margini interni dei canali principali aggr. a *Equisetum telmateia*
4. Margini superiori dei canali principali *Ranunculus repens*
5. Formazioni erbacee stradali e dei calpestii *Poeta annua*
6. Margini stradali e dei coltivi *Avena barbata-Bromum diandrum*
7. Margini erbosi dei fossi asciutti aggr. a *Galium aparine*
8. Commensali dei cereali *Aphano arvensis-Matricarietum chamomillae*
9. Commensali di mais e barbabietola *Linum spurium-Stachyetum annua*

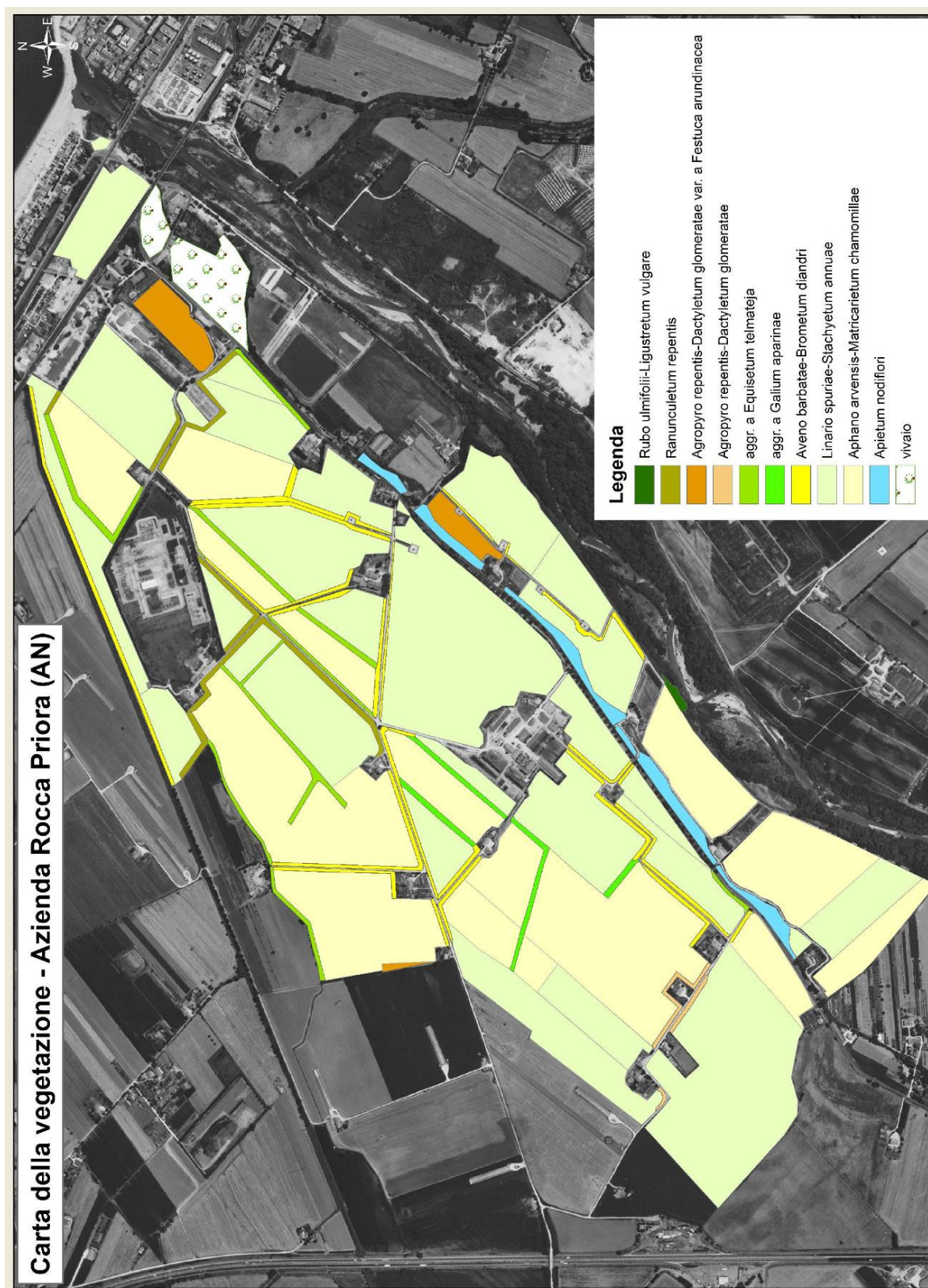


Figura 3 – Area campione di pianura Azienda Rocca Priora (AN): carta della vegetazione.



SCHEMA SINTASSONOMICO

PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA Klika in Klika e Novák 1941

Nasturtio-Glycerietalia Pignatti 1954

Nasturtion officinalis Géhu e Géhu-Franck 1987

Apietum nodiflori Br.-Bl. 1952

STELLARIETEA MEDIAE Tüxen, Lohmeyer e Preising ex von Rochow 1951

Aperetalia spicae-venti J. Tüxen e Tüxen in Malato-Beliz, J. Tüxen e Tüxen 1960

Scleranthion annui (Kruseman e Vlieger 1939) Sissingh in Westhoff, Dijk e Passchier 1946

Sceleranthenion annui Kruseman e Vlieger 1939

Aphano arvensis-Matricarietum chamomillae Tuxen 1937

Solano nigri-Polygonetalia convolvuli (Sissingh in Westhoff, Dijk e Passchier 1946) O. Bolòs 1962

Polygono convolvuli-Chenopodion polyspermi Koch 1926

Linario spuriae-Stachyetum annuae Lorenzoni 1965

Sisymbrietalia officinalis J. Tüxen in Lohmeyer e al. 1962 em. Rivas-Martínez, Bascónes, T.E. Díaz, Fernández-González e Loidi 1991

Hordeion leporini Br.-Bl. in Br.-Bl., Gajewski, Wraber e Walas 1936

Aveno barbatae-Brometum diandri Biondi e Baldoni 1991

ARTEMISIETEA VULGARIS Lohem., Preising e Tx. in Tx. 1950 ampl. Rivas Martinez et al. 1991

Artemisietalia vulgaris Lohmeyer in Tüxen 1947

Arction lappae Tüxen 1937

Aggr. a *Galium aparine*

Agropyretalia repentis Oberd., Th. Mull e Gors in Oberd et al. 1967

Inulo viscosae-Agropyron repentis Biondi et Allegranza 1996

Agropyro repentis-Dactyletum glomeratae Ubaldi 1976 em. Ubaldi, Puppi e Speranza 1983

aggr. a *Equisetum telmateja*

POLYGONO-POETEA ANNUE Rivas-Martínez 1975

Polygono-Poetalia annuae Tüxen in Géhu, Richard e Tüxen 1972

Matricario-Polygonion avicularis Rivas-Martínez 1975

Poetum annuae Felföldy 1942

MOLINIO-ARRHENATHERETEA Tüxen 1937

Plantaginietalia majoris Tüxen e Preising in Tüxen 1950

Lolio-Plantaginion majoris Sissingh 1969

Ranunculetum repentis Knapp 1946

RHAMNO-PRUNETEA Rivas Goday e Borja ex Tüxen 1962

Prunetalia spinosae Tüxen 1952

Berberidion vulgaris Br.-Bl. 1950

Rubus ulmifolii-Ligustretum vulgare Poldini 1989



QUERCO-FAGETEA Br.-Bl. e Vlieger in Vlieger 1937

Populetalia albae Br.-Bl. ex Tchou 1948

Populion albae Br.-Bl. ex Tchou 1948

Lauro nobilis-Fraxinetum oxycarpae Pedrotti e Gafta 1992

Tabella 4 - Lauro nobilis-Fraxinetum oxycarpae Pedrotti e Gafta 1992

		Ril. n°	1	2	3	4	5	6	7	8	presenze
		GPS	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Altitudine (m sldm)	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Esposizione	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Inclinazione (°)	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Ricoprimento (%)	100	100	100	100	100	90	90	80	
		Superficie (mq)	100	100	100	100	100	100	100	80	
<hr/>											
		Sp. caratt. e diff. associazione									
P scap	S-EUROP.-SUDSIB.	Fraxinus oxycarpa Bieb.	4.4	5.5	5.5	5.5	5.5	4.5	4.5	.	7
P caesp	EUROP.-CAUC.	Ulmus minor Miller	4.4	2.2	2.2	4.4	2.2	3.3	3.3	.	7
H scap	EUROP.-CAUC.	Ranunculus lanuginosus L.	1.2	.	+	1.1	2.3	+	1.1	1.1	7
P caesp	STENOMEDIT.	Laurus nobilis L.	1.2	.	+	2.2	1.2	1.1	1.2	.	6
<hr/>											
		Sp. caratt. ordini sup. (all. <i>Populion albae</i> , ord. <i>Populeetalia albae</i> , classe <i>Quercio-Fagetea</i>)									
G rhiz	STENOMEDIT.	Arum italicum Miller	+	.	+	+	2.2	1.1	1.1	1.1	7
P lian	EURIMEDIT.	Hedera helix L.	+	.	+	1.1	+2	1.2	+2	.	6
H caesp	PALEOTEMP.	Brachypodium sylvaticum (Hudson) Beauv.	+	.	.	+2	2.3	+2	+2	3.4	6
G rhiz	EURIMEDIT.	Iris foetidissima L.	+	.	+	.	+	+2	+	+2	6
He	EURASIAT.	Carex pendula Hudson	.	+	+	.	+2	.	.	.	3
P scap	EUROP.-CAUC.	Quercus robur L.	.	.	.	.	.	+	+	.	3
P caesp	SE-EUROP.	Quercus pubescens Willd.	.	.	.	.	.	1.1	+	.	2
P scap	S-EUROP.-SUDSIB.	Fraxinus ornus L.	.	.	+	.	.	.	.	.	1
P scap	SE-EUROP.	Quercus virgiliana (Ten.) Ten.	+	.	.	.	.	.	.	.	1
G rhiz	SE-EUROP.	Symphytum tuberosum L.	.	.	.	.	+2	.	.	.	1
G bulb	EURASIAT.	Ranunculus ficaria L.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	1
<hr/>											
		Sp. caratt. classe <i>Quercetea ilicis</i>									
NP	STENOMEDIT.	Rosa sempervirens L.	1.1	+	1.2	1.1	2.3	2.2	+2	.	7
G rhiz	EURIMEDIT.	Ruscus aculeatus L.	3.3	.	+	4.4	2.2	2.3	2.3	.	6
P lian	STENOMEDIT.	Rubia peregrina L.	+	.	.	1.1	1.2	+2	1.1	.	5
G rhiz	STENOMEDIT.	Asparagus acutifolius L.	+	.	.	1.1	+	.	+2	.	4
P caesp	EURIMEDIT.	Rhamnus alaternus L.	.	.	.	+	1.2	.	+	.	3
P scap	STENOMEDIT.	Quercus ilex L.	.	.	.	+	.	+	+2	.	3
P caesp	STENOMEDIT.	Viburnum tinus L.	+	.	.	.	.	.	+	.	2
<hr/>											
		Sp. Compagne									
P lian	S-EUROP.-SUDSIB.	Clematis viticella L.	+	.	.	+	1.2	1.1	1.1	1.1	6
NP	EUROP.-CAUC.	Ligustrum vulgare L.	+	.	.	+	+2	1.1	1.1	.	5
H scap	CIRCUMBOR.	Geum urbanum L.	+	.	+	.	.	+	+	1.2	5
P caesp	EUROP.-CAUC.	Prunus spinosa L.	+	.	+	+	.	.	+	.	4
P caesp	PALEOTEMP.	Crataegus monogyna Jacq.	3.3	.	.	1.1	.	1.1	1.2	.	4
P caesp	EURASIAT.	Euonymus europaeus L.	.	.	+	.	1.2	1.1	1.1	.	4
H rept	CIRCUMBOR.	Agrostis stolonifera L.	+2	.	+	+	.	.	.	.	3
G bulb	STENOMEDIT.	Allium neapolitanum Cyr.	+	.	.	+	.	.	.	.	2
T scap	PALEOTEMP.	Stellaria pallida (Dumort.) Piré	1.2	.	.	+	.	.	.	.	2
G bulb	CENTRO-MEDIT.	Bellevia romana (L.) Sweet	1.1	.	.	.	+	.	.	.	2
T scap	EURASIAT.	Galium aparine L.	.	.	.	+	+2	.	.	.	2
G bulb	CENTRO-MEDIT.	Bellevia dubia (Guss.) Kunth	.	.	.	.	.	+	+	.	2
H caesp	CIRCUMBOR.	Poa nemoralis L.	.	.	.	.	.	+2	+2	.	2
T rept	COSMOP.	Stellaria media (L.) Vill.	.	.	.	.	.	1.2	1.2	.	2
P caesp	CENTRO-EUROP.	Crataegus oxyacantha L.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	1
H scap	EURASIAT.	Vicia cracca L.	.	.	.	.	.	.	+	.	1
H caesp	EURIMEDIT.	Carex divulsa Stokes	.	.	.	.	.	+	.	.	1
H caesp	EURIMEDIT.ATL.	Carex otrubae Podp.	.	.	.	.	.	.	.	3.3	1
T scap	EURIMEDIT.	Vicia bithynica (L.) L.	.	.	.	.	.	+2	.	.	1



Tabella 5 – *Rubus ulmifolii*-*Ligustretum vulgare* Poldini 1989

		Ril. n°	1	2
		GPS	-	-
		Altitudine (m sldm)	6	6
		Esposizione	S	S
		Inclinazione (°)	10	10
		Ricoprimento (%)	100	100
		Superficie (mq)	15	15
<hr/>				
NP	EUROP.-CAUC.	Sp. caratt. associazione <i>Ligustrum vulgare</i> L.	3.4	2.3
P scap	EUROP.-CAUC.	Sp. caratt. all. <i>Berberidion vulgaris</i> e ord. <i>Prunetalia spinosae</i> <i>Acer campestre</i> L.	1.1	1.1
P lian	EURIMEDIT.	<i>Hedera helix</i> L.	1.1	+2
P lian	EUROP.-CAUC.	<i>Clematis vitalba</i> L.	2.2	+
P caesp	PALEOTEMP.	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	+2	+
<hr/>				
NP	EURIMEDIT.	Sp. caratt. classe <i>Rhamno-Prunetea</i> <i>Rubus ulmifolius</i> Schott	2.3	3.4
P caesp	EUROP.-CAUC.	<i>Sambucus nigra</i> L.	1.2	1.2
P caesp	EURASIAT.	<i>Cornus sanguinea</i> L.	+2	+
<hr/>				
P caesp	SE-EUROP.	Sp. compagne <i>Quercus pubescens</i> Willd.	+	+
P caesp	AVV.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	+	+
H caesp	PALEOTEMP.	<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Hudson) Beauv.	1.2	1.1
T scap	EURASIAT.	<i>Galium aparine</i> L.	1.1	1.2
H ros	EURIMEDIT.	<i>Viola alba</i> Besser ssp. <i>dehnhardtii</i> (Ten.) W. Becker	.	+2
G rhiz	SE-EUROP.	<i>Symphytum bulbosum</i> Schimper	+2	.
H scap	EURASIAT.	<i>Lamium maculatum</i> L.	.	+2
P scap	PALEOTEMP.	<i>Populus alba</i> L.	+2	.
NP	PALEOTEMP.	<i>Solanum dulcamara</i> L.	.	1.2



Tabella 6 – *Ranunculetum repentis* Knapp 1946

		Ril. n°	1
		GPS	-
		Altitudine (m sldm)	4
		Esposizione	NW
		Inclinazione (°)	40
		Ricoprimento (%)	100
		Superficie (mq)	10
<hr/>			
		Sp. caratt. associazione ed unità superiori (all. <i>Agropyro-Rumicion</i> , ord. <i>Plantaginetalia majoris</i> , classe <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>)	
H rept	PALEOTEMP.	Ranunculus repens L.	4.5
H scap	EURASIAT.	Galium album Miller	2.3
H ros	PALEOTEMP.	Potentilla reptans L.	1.2
G rhiz	CIRCUMBOR.	Equisetum palustre L.	1.2
H ros	EURASIAT.	Plantago media L.	+2
H ros	CIRCUMBOR.	Taraxacum officinale Weber (aggregato)	+
<hr/>			
		Sp. compagne	
G rhiz	SE-EUROP.	Symphytum tuberosum L.	1.2
T scap	EURASIAT.	Lamium purpureum L.	1.2
T scap	EURIMEDIT.	Euphorbia platyphyllos L.	1.1
T scap	S-EUROP.-SUDSIB.	Geranium columbinum L.	1.1
T scap	EURIMEDIT.	Avena barbata Potter	+2
T scap	COSMOP.	Cardamine hirsuta L.	+2
H scap	SUBCOSMOP.	Urtica dioica L.	+2
H caesp	SUBATL.	Brachypodium rupestre (Host) R. et S.	+2
G rhiz	STENOMEDIT.	Arum italicum Miller	+2
T scap	MEDIT.-TURAN.	Vicia sativa L. ssp.sativa	+



Tabella 7 – *Agropyron repentis* – *Dactyletum glomeratae* Ubaldi 1976. Variante a *Festuca arrundinacea*

		Ril. n°	1	2	3	4	5	6	7	presenze
		GPS	97	97	97	97	97	232	232	
		Altitudine (m sldm)	12	12	12	12	12	3	3	
		Esposizione	E	E	E	E	W	-	-	
		Inclinazione (°)	10	10	10	10	10	-	-	
		Ricoprimento (%)	100	80	100	100	100	90	100	
		Superficie (mq)	30	30	30	30	20	50	50	
<hr/>										
		Sp. caratt e diff. Associazione e ord.superiori (all. <i>Inulo viscosae</i> - <i>Agropyron repentis</i> , ord. <i>Agropyretalia repentis</i>)								
G rhiz	PALEOTEMP.	Convolvulus arvensis L.	1.2	1.2	+2	+	.	+	.	5
H scap	SUBCOSMOP.	Rumex crispus L.	1.1	1.1	+	+	.	+	.	5
H bienn	PALEOTEMP.	Daucus carota L.	.	.	1.1	+	.	1.2	+2	4
G rhiz	CIRCUMBOR.	Agropyron repens (L.) Beauv.	+2	+2	.	.	.	2.3	2.2	4
H caesp	PALEOTEMP.	Dactylis glomerata L.	.	+2	.	+2	.	+2	2.3	4
<hr/>										
		Sp. caratt. variante a <i>Festuca arundinacea</i>								
H caesp	PALEOTEMP.	Festuca arundinacea Schreber	.	.	.	.	.	3.3	2.2	2
		Festuca sp.	.	.	.	.	.	2.2	3.3	2
<hr/>										
		Sp. caratt. <i>Artemisietea vulgaris</i>								
H scap	EUROSIB.	Malva sylvestris L.	+2	.	+2	1.1	+	.	.	4
H scap	PALEOTEMP.	Hypericum perforatum L.	.	.	+2	1.1	+	+	.	4
H bienn	PALEOTEMP.	Silene alba (Miller) Krause	.	.	1.1	+	+2	.	.	3
G rad	EURASIAT.	Cirsium arvense (L.) Scop.	.	.	.	.	.	+	+	2
H scap	PALEOTEMP.	Mentha longifolia (L.) Hudson	.	.	.	.	.	1.1	+	2
H scap	AVV.	Artemisia verlotorum Lamotte	+2	1.1	.	.	.	.	.	2
H scap	CIRCUMBOR.	Artemisia vulgaris L.	.	.	+2	1.2	.	.	.	2
H scap	PALEOTEMP.	Cichorium intybus L.	.	+	.	+2	.	.	.	2
G rhiz	MEDIT.-TURAN.	Cardaria draba (L.) Desv.	+	.	+	.	.	.	.	2
H scand	PALEOTEMP.	Calystegia sepium (L.) R.Br.	.	.	.	.	.	+2	+	2
H scap	SUBCOSMOP.	Urtica dioica L.	.	.	.	+	.	.	.	1
T scap	EURASIAT.	Sonchus oleraceus L.	.	.	.	+2	.	.	.	1
H scap	PALEOTEMP.	Silene vulgaris (Moench) Garcke	+	.	.	.	.	.	.	1
G rhiz	SUBCOSMOP.	Arundo donax L.	.	.	.	.	+	.	.	1
<hr/>										
		Sp. caratt. classe <i>Stellarietea mediae</i>								
T scap	EURIMEDIT.	Avena barbata Potter	2.3	3.3	2.2	2.3	+2	1.1	+2	7
T scap	S-EUROP.-SUDSIB.	Geranium columbinum L.	+	.	+2	+	+2	+	+	6
T scap	EURIMEDIT.	Bromus madritensis L.	.	.	2.3	2.2	+2	+2	+	5
T scap	AVV.	Veronica persica Poir.	+	.	+	+	.	+	+	5
T scap	EURASIAT.	Sonchus asper (L.) Hill	+2	+2	+	+	.	+	.	5
H bienn	MEDIT.-TURAN.	Carduus pycnocephalus L.	+2	.	+	1.2	.	.	.	3
H bienn	COSMOP.	Capsella bursa pastoris (L.) Medicus	.	+2	+	+	.	.	.	3
T scap	EURIMEDIT.	Bromus sterilis L.	+2	+2	.	.	.	.	.	2
T scap	SUBCOSMOP.	Bromus hordeaceus L.	.	.	+	+	.	.	.	2
T scap	MEDIT.-TURAN.	Vicia sativa L. ssp.sativa	.	.	+	1.1	.	.	.	2
T scap	EURIMEDIT.	Picris echioides L.	.	.	+2	+2	.	.	.	2
H scap	EUROSIB.	Picris hieracioides L.	.	.	.	.	.	+2	+	2
T scap	E-MEDIT.-MONT.	Papaver rhoeas L.	.	.	+	+	.	.	.	2
T scap	EURIMEDIT.	Rapistrum rugosum (L.) All.	1.1	1.2	.	.	.	.	.	2
T scap	EURIMEDIT.	Raphanus raphanistrum L.	.	.	1.1	+2	.	.	.	2
T scap	EURIMEDIT.	Hordeum leporinum Link	.	+2	.	.	.	.	.	1
T scap	EURIMEDIT.	Catapodium rigidum (L.) Hubbard	.	.	+	.	.	.	.	1
T rept	COSMOP.	Polygonum aviculare L.	+2	.	.	.	.	.	.	1
T scap	E-MEDIT.-MONT.	Sinapis alba L.	.	.	+2	.	.	.	.	1
T scap	EUROP.-CAUC.	Myosotis arvensis (L.) Hill	.	.	+	.	.	.	.	1
T scap	MEDIT.-TURAN.	Vicia sativa L. ssp. segetalis (Thuill.) Gaudin	.	.	.	+2	.	.	.	1
<hr/>										
		Sp. compagne								
H ros	PALEOTEMP.	Potentilla reptans L.	+2	+2	1.1	+	.	1.1	1.2	6
H scap	EURASIAT.	Galium album Miller	1.2	+2	+2	+	2.2	.	.	7
H ros	EURASIAT.	Plantago lanceolata L.	+2	.	+2	+	.	1.1	+	7
T scap	EURASIAT.	Galium aparine L.	.	.	1.2	+2	2.3	+2	+	7
NP	EURIMEDIT.	Rubus ulmifolius Schott	+2	.	2.3	+	.	.	.	7
H rept	PALEOTEMP.	Trifolium repens L.	.	.	.	.	.	+2	+2	7
H scap	PALEOTEMP.	Lotus corniculatus L.	+2	.	+2	.	.	.	.	7
T caesp	COSMOP.	Poa annua L.	+2	+2	.	.	.	.	.	7
T scap	EURASIAT.	Cerastium semidecandrum L.	.	.	+2	+	.	.	.	7
P lian	EUROP.-CAUC.	Clematis vitalba L.	+	.	.	.	3.4	.	.	7
H caesp	PALEOTEMP.	Bromus erectus Hudson	.	.	.	.	.	1.1	+	7
H ros	EURASIAT.	Plantago media L.	+	.	.	.	.	.	.	7
G rhiz	CIRCUMBOR.	Equisetum palustre L.	.	.	.	.	.	+2	.	7
T scap	EURIMEDIT.	Medicago arabica (L.) Hudson	.	.	.	+	.	.	.	7
H bienn	EURIMEDIT.	Echium italicum L.	.	.	+2	.	.	.	.	7
G bulb	PALEOTEMP.	Allium sphaerocephalon L.	+2	.	.	.	.	.	.	7



Tabella 8 – Aggruppamento ad *Equisetum telmateja*. Variante ad *Equisetum palustre*

		Ril. n°	1	2	3	4	presenze
		GPS	93	94	231	-	
		Altitudine (m sldm)	3	4	4	4	
		Esposizione	-	NW	NW	-	
		Inclinazione (°)	-	-	50	-	
		Ricoprimento (%)	100	100	90	70	
		Superficie (mq)	30	40	20	10	
		Sp. caratt. aggruppamento					
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Equisetum telmateja</i> Ehrh.	4.4	3.3	3.3	1.2	4
H scap	COSMOP.	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	.	.	+	+	2
He	CENTRO-EUROP.	<i>Sium latifolium</i> L.	.	+	.	.	1
		Sp. caratt. variante					
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Equisetum palustre</i> L.	.	.	.	3.3	1
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.	.	.	.	1.2	1
		Sp. caratt. unità superiori (alleanza <i>Inulo-Agropyron</i> , ordine <i>Agropyretalia</i> , classe <i>Artemisietea vulgaris</i>)					
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Daucus carota</i> L.	2.2	+2	1.1	.	3
G rhiz	PALEOTEMP.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	1.2	1.2	.	+2	3
H scap	EURASIAT.	<i>Cruciata laevipes</i> Opiz	+2	+2	+2	.	3
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Agropyron repens</i> (L.) Beauv.	+2	1.2	.	.	2
T scap	S-EUROP.-SUDSIB.	<i>Geranium columbinum</i> L.	.	1.2	+2	.	2
H scap	AVV.	<i>Artemisia verlotorum</i> Lamotte	+2	.	.	.	1
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Equisetum arvense</i> L.	.	+2	.	.	1
H bienn	S-EUROP.-SUDSIB.	<i>Lactuca serriola</i> L.	.	.	+2	.	1
G bulb	CENTRO-MEDIT.	<i>Bellevalia romana</i> (L.) Sweet	.	.	.	+2	1
		Sp. caratt. classe <i>Stellarietea mediae</i>					
T scap	EURIMEDIT.	<i>Euphorbia platyphyllos</i> L.	+	1.1	+2	1.1	4
T scap	EURASIAT.	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	1.2	1.1	+2	.	3
T scap	EURIMEDIT.	<i>Avena barbata</i> Potter	+2	1.2	.	.	2
T scap	E-MEDIT.-MONT.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	+	+2	.	.	2
T scap	EURIMEDIT.	<i>Picris echioides</i> L.	+2	1.2	.	.	2
T scap	MEDIT.-TURAN.	<i>Vicia sativa</i> L. ssp.sativa	1.2	+	.	.	2
T rept	EURIMEDIT.	<i>Anagallis arvensis</i> L.	+2	+	.	.	2
G rad	EURASIAT.	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	1.2	+2	.	.	2
T scap	EURIMEDIT.	<i>Phalaris canariensis</i> L.	1.2	1.2	.	.	2
T scap	EURIMEDIT.	<i>Bromus sterilis</i> L.	+2	+2	.	.	2
T scap	SUBCOSMOP.	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	.	+2	.	.	1
H bienn	COSMOP.	<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Medicus	.	1.1	.	.	1
T scap	AVV.	<i>Veronica persica</i> Poiret	.	.	+2	.	1
T scap	EURASIAT.	<i>Lamium purpureum</i> L.	.	.	+2	.	1
		Sp. compagne					
H scap	EURASIAT.	<i>Galium album</i> Miller	1.2	1.2	+	.	3
H scap	SUBCOSMOP.	<i>Urtica dioica</i> L.	1.2	1.1	2.2	.	3
T caesp	COSMOP.	<i>Poa annua</i> L.	.	1.1	.	.	1
H scap	PALEOTEMP.	<i>Epilobium tetragonum</i> L.	.	.	2.2	.	1
H scap	SUBCOSMOP.	<i>Rumex crispus</i> L.	.	1.1	.	.	1
H scap	PALEOTEMP.	<i>Mentha longifolia</i> (L.) Hudson	.	.	+2	.	1
H caesp	EURASIAT.	<i>Poa trivialis</i> L.	.	.	1.1	.	1
H rept	CIRCUMBOR.	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	.	+	.	.	1
H scand	PALEOTEMP.	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br.	.	.	+2	.	1
P scap	PALEOTEMP.	<i>Populus nigra</i> L.	+	.	.	.	1
P caesp	EUROP.-CAUC.	<i>Ulmus minor</i> Miller	+2	.	.	.	1
G rhiz	SE-EUROP.	<i>Symphytum tuberosum</i> L.	.	.	1.1	.	1
G bulb	EURASIAT.	<i>Ranunculus ficaria</i> L.	.	.	+2	.	1



Tabella 9 – Aggruppamento a *Galium aparine*

Ril. n°			1	2	3	4	presenze
GPS			96	233	233	233	
Altitudine (m sldm)			4	15	15	15	
						V	
						0	
Superficie (mq)			40	30	30	30	0
<hr/>							
Sp. caratt. aggruppamento							
T scap	EURASIAT.	<i>Galium aparine</i> L.	1.1	2.3	1.1	2.3	4
H scap	PALEOTEMP.	<i>Epilobium tetragonum</i> L.	.	1.2	2.2	2.2	3
Sp. caratt. unità superiori (all. <i>Arction lappae</i> , ord. <i>Artemisietalia vulgaris</i> , classe <i>Artemisietea vulgaris</i>)							
G rhiz	PALEOTEMP.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	1.1	1.2	+	+2	4
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Daucus carota</i> L.	1.1	.	+2	2.3	3
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Agropyron repens</i> (L.) Beauv.	1.1	.	+2	1.1	3
H scap	CIRCUMBOR.	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	.	+	+	+	3
T scap	S-EUROP.-SUDSIB.	<i>Geranium columbinum</i> L.	+2	.	.	+2	2
H scap	AVV.	<i>Artemisia verlotorum</i> Lamotte	+	.	.	.	1
T scap	SUBCOSMOP.	<i>Chenopodium album</i> L.	+2	.	.	.	1
Sp. caratt. classe <i>Stellarietea mediae</i>							
T scap	EURASIAT.	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	+2	.	+	+	3
T scap	EURIMEDIT.	<i>Avena barbata</i> Potter	+2	.	3.3	+2	3
T scap	E-MEDIT.-MONT.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	+2	.	+2	+2	3
T scap	EURIMEDIT.	<i>Picris echioides</i> L.	.	+2	+	+	3
T scap	EURASIAT.	<i>Veronica hederifolia</i> L.	+	+	+	.	3
T scap	EURASIAT.	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	.	+2	+2	+	3
G rhiz	MEDIT.-TURAN.	<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.	+2	.	+2	+	3
T scap	COSMOP.	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	+2	.	+	+	3
T scap	STENOMEDIT.	<i>Phalaris paradoxa</i> L.	.	+2	1.1	+2	3
T scap	MEDIT.-TURAN.	<i>Vicia sativa</i> L. ssp. <i>sativa</i>	+2	.	.	1.1	2
T rept	EURIMEDIT.	<i>Anagallis arvensis</i> L.	+	+2	.	.	2
T rept	COSMOP.	<i>Polygonum aviculare</i> L.	+2	+	.	.	2
T scap	CIRCUMBOR.	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Holub	.	+2	+	.	2
G rad	EURASIAT.	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	1.1	.	.	.	1
T scap	EURIMEDIT.	<i>Phalaris canariensis</i> L.	1.1	.	.	.	1
T scap	SUBCOSMOP.	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	+	.	.	.	1
T scap	PALEOTEMP.	<i>Mercurialis annua</i> L.	+	.	.	.	1
T scap	EURIMEDIT.	<i>Ammi majus</i> L.	.	.	.	1.2	1
Sp. compagne							
G rhiz	COSMOP.	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	1.2	.	.	.	1
H scap	SUBCOSMOP.	<i>Urtica dioica</i> L.	+	.	.	.	1
H scap	PALEOTEMP.	<i>Epilobium parviflorum</i> Schreber	+2	.	.	.	1
H bienn	EUROP.-CAUC.	<i>Inula conyza</i> DC.	+2	.	.	.	1



Tabella 10 – *Poetum annuae* Felföldy 1942

		Ril. n°	1	2
		GPS		
		Altitudine (m sldm)		
		Esposizione	-	-
		Inclinazione (°)	-	-
		Ricoprimento (%)	70	40
		Superficie (mq)	5	5
<hr/>				
		Sp. caratt. ass. e unità superiori (all. <i>Matricario-Polygonion arenastri</i> , ord. <i>Polygono-Poetalia annuae</i> , classe <i>Polygono-Poetea</i>)		
T caesp	COSMOP.	<i>Poa annua</i> L.	4.4	2.3
G rhiz	COSMOP.	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	1.2	+
		Sp. compagne		
T scap	EURIMEDIT.	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	3.4	1.2
T scap	COSMOP.	<i>Cardamine hirsuta</i> L.	+	1.1
T scap	EURIMEDIT.	<i>Catapodium rigidum</i> (L.) Hubbard	1.2	+
T scap	EURIMEDIT.	<i>Capsella rubella</i> Reuter	.	1.1
T scap	EURASIAT.	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	.	+
H ros	EURASIAT.	<i>Plantago lanceolata</i> L.	1.2	.
H rept	PALEOTEMP.	<i>Trifolium repens</i> L.	1.2	.
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Oxalis acetosella</i> L.	1.2	.
H ros	EURASIAT.	<i>Plantago media</i> L.	1.2	.



Dipartimento di Scienze Ambientali
e delle Produzioni Vegetali

Tabella 11 – *Avena barbatae* – *Brometum diandri* Biondi e Baldoni 1991

		Ril. n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	presenze
		GPS	95	95	-	-	230	-	229	230	-	
		Altitudine (m sldm)	3	3	4	4	4	4	4	4	4	
		Esposizione	-	-	-	-	NNW	-	SE	NNW	NNW	
		Inclinazione (°)	-	-	-	-	20	-	10	20	20	
		Ricoprimento (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
		Superficie (mq)	20	20	50	20	15	10	30	15	20	
<hr/>												
		Sp. caratt. associazione										
T scap	EURIMEDIT.	Avena barbata Potter	1.2	2.2	2.2	4.4	2.3	2.3	2.2	+2	.	8
<hr/>												
		Sp. caratt. all. <i>Hordeion leporini</i> e ord. <i>Sisymbrietalia</i>										
T scap	EURIMEDIT.	Bromus sterilis L.	+2	+2	.	.	.	.	.	.	.	2
T scap	EURIMEDIT.	Bromus madritensis L.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	1
<hr/>												
		Sp. caratt. classe <i>Stellarietea mediae</i>										
T scap	AVV.	Veronica persica Poir.	+	+	+	2.3	+	2.3	+2	+2	+2	9
T scap	S-EUROP.-SUDSIB.	Geranium columbinum L.	1.1	+	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	.	8
T scap	EURASIAT.	Sonchus asper (L.) Hill	1.1	1.1	+	1.1	+2	.	+2	+2	1.1	8
T scap	SUBCOSMOP.	Bromus hordeaceus L.	.	.	.	+2	+	+2	.	1.1	.	4
T scap	EURASIAT.	Lamium purpureum L.	.	.	.	1.2	+2	1.1	.	+2	.	4
T scap	COSMOP.	Cardamine hirsuta L.	.	.	.	.	.	+2	+	+	.	4
T rept	EURIMEDIT.	Anagallis arvensis L.	+	+	.	.	.	.	+	.	+	4
T scap	EURIMEDIT.	Phalaris canariensis L.	2.3	2.2	.	.	.	.	.	.	2.2	3
T scap	MEDIT.-TURAN.	Vicia sativa L. ssp.sativa	.	.	.	.	+	.	.	+	+2	3
T scap	EURIMEDIT.	Picris echioides L.	1.1	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.	3
T scap	SUBCOSMOP.	Matricaria chamomilla L.	+2	+2	.	.	.	.	.	.	+	3
T scap	EURASIAT.	Avena fatua L.	.	.	1.1	.	.	.	2.2	2.2	.	3
H scap	EUROSIB.	Picris hieracioides L.	.	.	+	.	.	+2	.	.	.	2
T scap	EURIMEDIT.	Euphorbia platyphyllos L.	.	.	+2	.	+	.	.	.	.	2
T scap	EURIMEDIT.	Lolium multiflorum Lam.	.	.	.	.	.	1.2	2.2	.	.	2
T scap	COSMOP.	Euphorbia helioscopia L.	1.1	+	.	.	.	.	.	.	.	2
H bienn	MEDIT.-TURAN.	Carduus pycnocephalus L.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1
T scap	E-MEDIT.-MONT.	Papaver rhoeas L.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1
T rept	COSMOP.	Polygonum aviculare L.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1
T scap	W-STENOMEDIT.	Diplotaxis erucoides (L.) DC.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1
T scap	PALEOTEMP.	Veronica arvensis L.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1
T scap	N-EUROP.	Matricaria inodora L.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1
T scap	STENOMEDIT.	Phalaris paradoxa L.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1
T scap	PALEOTEMP.	Mercurialis annua L.	.	.	.	.	.	+2	.	.	.	1
<hr/>												
		Sp. caratt. classe <i>Artemisietea vulgaris</i>										
G rhiz	PALEOTEMP.	Convolvulus arvensis L.	+2	+2	+	1.2	.	1.1	+2	.	1.2	7
H scap	SUBCOSMOP.	Rumex crispus L.	+2	+2	.	1.1	+2	1.1	.	+	+2	7
H bienn	PALEOTEMP.	Daucus carota L.	1.2	1.1	+2	1.1	.	+	+2	.	1.1	7
G rhiz	CIRCUMBOR.	Agropyron repens (L.) Beauv.	3.3	3.3	3.3	.	2.2	.	.	+2	2.3	6
G rad	EURASIAT.	Cirsium arvense (L.) Scop.	.	.	+2	+2	.	.	+2	1.1	.	4
H scap	SUBCOSMOP.	Urtica dioica L.	.	.	.	+2	1.2	.	+2	1.1	.	4
H scap	PALEOTEMP.	Mentha longifolia (L.) Hudson	.	.	.	+2	+	.	+	+	.	4
H caesp	EURASIAT.	Poa trivialis L.	.	.	1.1	.	1.1	.	1.2	1.1	.	4
H caesp	PALEOTEMP.	Dactylis glomerata L.	.	+2	.	+2	.	.	+2	.	.	3
H bienn	PALEOTEMP.	Silene alba (Miller) Krause	.	.	.	1.2	1.1	.	.	1.1	.	3
H scap	AVV.	Artemisia verlotorum Lamotte	+2	+2	.	.	.	.	.	.	.	2
H scap	CIRCUMBOR.	Artemisia vulgaris L.	.	.	+2	.	.	+2	.	.	.	2
T scap	EURASIAT.	Sonchus oleraceus L.	.	.	.	1.1	.	+	.	.	.	2
G rhiz	SE-EUROP.	Symphytum tuberosum L.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	2
H scap	PALEOTEMP.	Verbena officinalis L.	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	1
H scap	EUROSIB.	Malva sylvestris L.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	1
H scap	PALEOTEMP.	Hypericum perforatum L.	.	.	.	.	.	.	.	.	+2	1
H scap	EURASIAT.	Cruciata laevipes Opiz	.	.	.	.	.	.	.	.	+2	1
H bienn	EURIMEDIT.	Arctium minus (Hill) Bernh.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	1
<hr/>												
		Sp. compagne										
H ros	EURASIAT.	Plantago media L.	+2	+2	+	+2	+2	.	+	+	+2	8
H rept	PALEOTEMP.	Trifolium repens L.	1.1	1.2	1.2	.	+2	.	+2	+2	1.2	7
H ros	PALEOTEMP.	Potentilla reptans L.	+2	+2	+2	1.2	+2	.	.	1.2	.	6
H ros	EURASIAT.	Plantago lanceolata L.	.	.	+2	+	+	2.2	+2	+2	.	6
H scap	EURASIAT.	Galium album Miller	1.2	2.2	+	.	2.2	.	.	1.2	.	5
T scap	EURASIAT.	Galium aparine L.	.	.	+	1.2	.	.	+	.	+	4
T caesp	COSMOP.	Poa annua L.	1.1	+2	.	.	.	.	1.2	.	+2	4
G rhiz	CIRCUMBOR.	Equisetum palustre L.	.	.	1.1	.	1.2	.	.	1.2	.	3
H ros	CIRCUMBOR.	Taraxacum officinale Weber (aggregato)	.	.	.	.	+	.	+	+	.	3
T scap	EURIMEDIT.	Medicago arabica (L.) Hudson	.	.	.	.	+	3.4	.	+	.	3
G rhiz	CIRCUMBOR.	Equisetum telmateja Ehrh.	.	.	.	.	1.2	.	1.1	1.2	.	3
H caesp	SUBATL.	Brachypodium rupestre (Host) R. et S.	.	.	.	.	1.2	.	1.1	+	.	3
H rept	PALEOTEMP.	Ranunculus repens L.	.	.	.	.	+2	.	.	3.3	.	2
G rhiz	STENOMEDIT.	Arum italicum Miller	.	.	.	.	+2	.	.	+2	.	2
H caesp	EURASIAT.	Festuca pratensis Hudson	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	1
H scap	EUROSIB.	Trifolium pratense L.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	1
T scap	EURASIAT.	Cerastium semidecandrum L.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	1



Tabella 12 – *Aphano arvensis* – *Matricarientum chamomillae* Tuxen 1937

		Ril. n°	1	2	3	4	5	presenze
		GPS	229	-	151	-	-	
		Altitudine (m sldm)	5	4	4	5	4	
		Esposizione	-	-	-	-	-	
		Inclinazione (°)	-	-	-	-	-	
		Ricoprimento (%)	15	20	15	15	10	
		Superficie (mq)	30	100	30	30	40	
<hr/>								
T scap	SUBCOSMOP.	Sp. caratt. associazione Matricaria chamomilla L.	.	+2	3.3	1.1	1.2	4
<hr/>								
		Sp. caratt. unità superiori (all. <i>Scleranthion annui</i> , ord. <i>Aperetalia spicae</i> -venti, classe <i>Stellarietea mediae</i>)						
T rept	COSMOP.	Polygonum aviculare L.	+2	1.2	1.2	+	+	5
T rept	EURIMEDIT.	Anagallis arvensis L.	.	.	1.2	1.1	1.2	3
T scap	EURASIAT.	Avena fatua L.	.	.	+	+2	+	3
T scap	STENOMEDIT.	Phalaris paradoxa L.	.	.	3.3	+2	+	3
T scap	EURASIAT.	Sonchus asper (L.) Hill	.	.	+2	+2	+	3
T scap	AVV.	Veronica persica Poir.	.	.	+2	+	+2	3
T scap	SUBCOSMOP.	Chenopodium album L.	.	.	+	+2	+	3
T scap	EURIMEDIT.	Lolium multiflorum Lam.	.	.	+2	+2	+2	3
H bienn	COSMOP.	Capsella bursa pastoris (L.) Medicus	.	+	+2	.	.	2
G rhiz	TERMOCOSMOP.	Sorghum halepense (L.) Pers.	.	.	.	1.1	1.2	2
T scap	E-MEDIT.-MONT.	Papaver rhoeas L.	.	.	+	+	.	2
T scap	EURASIAT.	Veronica hederifolia L.	+2	.	.	.	.	1
T scap	EURIMEDIT.	Picris echioides L.	.	.	+2	.	.	1
T scap	COSMOP.	Euphorbia helioscopia L.	.	.	+2	.	.	1
T scap	AVV.	Amaranthus retroflexus L.	.	.	+	.	.	1
T scap	EURIMEDIT.	Ajuga chamaepitys (L.) Schreber	.	.	+2	.	.	1
T scap	EURIMEDIT.	Bromus madritensis L.	.	.	+2	.	.	1
T scap	AVV.	Conyza canadensis (L.) Cronq.	.	.	+2	.	.	1
T scap	PALEOTEMP.	Vicia tetrasperma (L.) Schreber	.	.	+2	.	.	1
T scap	EURASIAT.	Sonchus oleraceus L.	.	.	+2	.	.	1
T scap	MEDIT.ATL.(EURI)	Adonis annua L.	.	.	+	.	.	1
<hr/>								
		Sp. compagne						
G rhiz	CIRCUMBOR.	Agropyron repens (L.) Beauv.	1.1	+	1.2	.	.	3
H bienn	PALEOTEMP.	Daucus carota L.	.	+	+2	.	.	2
H scap	SUBCOSMOP.	Rumex crispus L.	.	+	+2	.	.	2
G rhiz	PALEOTEMP.	Convolvulus arvensis L.	.	.	+2	1.1	.	2
G rhiz	CIRCUMBOR.	Equisetum telmateja Ehrh.	1.2	+2	.	.	.	2
H scap	EUROSIB.	Malva sylvestris L.	.	.	+	+	.	2
H scap	PALEOTEMP.	Mentha longifolia (L.) Hudson	+	.	.	.	.	1
H scap	EURIMEDIT.	Beta vulgaris L.	+2	.	.	.	.	1
H scap	PALEOTEMP.	Epilobium parviflorum Schreber	.	.	+	.	.	1
H scap	EURASIAT.	Medicago sativa L.	.	.	+2	.	.	1
H ros	EURASIAT.	Plantago lanceolata L.	.	.	+	.	.	1
H caesp	CIRCUMBOR.	Lolium perenne L.	.	.	2.3	.	.	1



Tabella 13 – *Linario spurie* – *Stachyetum annuae* Lorenzoni 1965

		Ril. n°	1	2	3	presenze
		GPS	147	150	-	
		Altitudine (m sldm)	4	4	4	
		Esposizione	-	-	-	
		Inclinazione (°)	-	-	-	
		Ricoprimento (%)	10	15	10	
		Superficie (mq)	30	30	30	
<hr/>						
		Sp. caratt. associazione				
T scap	EURIMEDIT.	Picris echioides L.	2.2	2.3	1.1	3
T scap	EURIMEDIT.	Stachys annua (L.) L.	.	+2	+	2
<hr/>						
		Sp. caratt. unità superiori (all. <i>Polygono convolvuli-Chenopodion polyspermi</i> , ord. <i>Solano nigri-Polygonetalia convolvuli</i> e classe <i>Stellarietea madaie</i>)				
T rept	EURIMEDIT.	Anagallis arvensis L.	+2	+2	1.2	3
T scap	EURASIAT.	Avena fatua L.	1.1	1.2	+2	3
T scap	AVV.	Veronica persica Poiret	+2	+2	.	2
T scap	EURASIAT.	Sonchus asper (L.) Hill	.	+2	+	2
T scap	SUBCOSMOP.	Matricaria chamomilla L.	+2	+	.	2
T scap	EURIMEDIT.	Hordeum leporinum Link	+2	+2	.	2
T scap	EURIMEDIT.	Phalaris canariensis L.	2.3	+2	.	2
T scap	EURIMEDIT.	Lolium multiflorum Lam.	3.4	1.1	.	2
T rept	COSMOP.	Polygonum aviculare L.	+2	.	+	2
T scap	MEDIT.-TURAN.	Vicia sativa L. ssp.sativa	+	.	+	2
T scap	SUBCOSMOP.	Chenopodium album L.	.	.	+	1
T scap	AVV.	Amaranthus retroflexus L.	.	.	+	1
T scap	EURIMEDIT.	Ajuga chamaepitys (L.) Schreber	.	+2	.	1
T scap	PALEOTEMP.	Ranunculus arvensis L.	.	+	.	1
T scap	AVV.	Conyza canadensis (L.) Cronq.	.	+2	.	1
T scap	EURIMEDIT.	Bromus sterilis L.	.	1.2	.	1
T scap	SUBCOSMOP.	Bromus hordeaceus L.	.	1.2	.	1
T scap	PALEOTEMP.	Vicia tetrasperma (L.) Schreber	.	+2	.	1
T scap	EURASIAT.	Sonchus oleraceus L.	+	.	.	1
T scap	E-MEDIT.-MONT.	Papaver rhoeas L.	.	.	1.2	1
T scap	PALEOTEMP.	Medicago lupulina L.	.	+	.	1
T scap	MEDIT.ATL.(EURI)	Adonis annua L.	.	.	+	1
T scap	SUBCOSMOP.	Torilis arvensis (Hudson) Link	+2	.	.	1
G rhiz	TERMOCOSMOP.	Sorghum halepense (L.) Pers.	.	.	+	1
T scap	W-STENOMEDIT.	Diplotaxis erucoides (L.) DC.	.	.	+	1
<hr/>						
		Sp. compagne				
G rhiz	PALEOTEMP.	Convolvulus arvensis L.	1.1	+2	1.2	3
H bienn	PALEOTEMP.	Daucus carota L.	+	+2	.	2
H scap	PALEOTEMP.	Verbena officinalis L.	1.1	+	.	2
H ros	EURASIAT.	Plantago lanceolata L.	1.2	+	.	2
H caesp	CIRCUMBOR.	Lolium perenne L.	1.2	3.4	.	2
H scap	SUBCOSMOP.	Rumex crispus L.	.	+2	.	1
H rept	CIRCUMBOR.	Agrostis stolonifera L.	+2	.	.	1
G rhiz	COSMOP.	Cynodon dactylon (L.) Pers.	2.2	.	.	1
H scap	S-EUROP.-SUDSIB.	Aster linosyris (L.) Bernh.	.	+2	.	1
H scap	EUROSIB.	Malva sylvestris L.	.	+2	.	1
H scap	PALEOTEMP.	Epilobium parviflorum Schreber	+2	.	.	1
H scap	EURASIAT.	Medicago sativa L.	+2	.	.	1
H scap	AVV.	Artemisia verlotorum Lamotte	+	.	.	1
H scap	PALEOTEMP.	Cichorium intybus L.	.	+2	.	1
H bienn	PALEOTEMP.	Centaurium erythraea Rafn	+	.	.	1
H ros	PALEOTEMP.	Potentilla reptans L.	.	+	.	1
H ros	EURASIAT.	Plantago major L.	+2	.	.	1
H scap	EUROP.-CAUC.	Inula salicina L.	+	.	.	1
H bienn	EUROP.-CAUC.	Inula conyza DC.	.	1.2	.	1



Tabella 14 – *Apietum nodiflori* Br.-Bl 1952

		Ril. n°	1	2
		GPS	-	-
		Altitudine (m sldm)	4	4
		Esposizione	SE	NW
		Inclinazione (°)	40	40
		Ricoprimento (%)	100	100
		Superficie (mq)	10	10
<hr/>				
H scap	EURIMEDIT.	Sp. caratt. associazione <i>Apium nodiflorum</i> (L.) Lag.	4.5	4.5
		Sp. caratt. unità superiori (all. <i>Nasturtion officinalis</i> , ord. <i>Nasturtio-Glycerietalia</i> , classe <i>Phragmito-Magnocaricetea</i>)		
I rad	SUBCOSMOP.	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	1.2	+
I rad	SUBCOSMOP.	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br.	1.3	+
G rhiz	SUBCOSMOP.	<i>Cyperus esculentus</i> L.	1.2	.
		Sp. compagne		
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Equisetum palustre</i> L.	1.2	2.3
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.	+	+
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Juncus articulatus</i> L.	2.3	+
H scap	PALEOTEMP.	<i>Epilobium tetragonum</i> L.	1.2	+.2
T scap	EURIMEDIT.	<i>Euphorbia platyphyllos</i> L.	1.2	1.2
T scap	PALEOTEMP.	<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	1.1	1.1
H caesp	EURIMEDIT.ATL.	<i>Carex otrubae</i> Podp.	+.2	.

5.2. Sistema di bioindicatori per il monitoraggio e la gestione dell'agroecosistema

Di seguito vengono riportati i grafici relativi ai principali indici contenuti nel sistema di bioindicatori per il monitoraggio e la gestione dell'agroecosistema (descritto nelle relazioni precedenti), applicati alla serie di vegetazione *Lauro nobilis-Fraxineto oxycarpae* sigmetum, la quale può essere considerata come rappresentativa dei territori agricoli planiziali nella Regione Marche.

L'analisi del grafico relativo ai livelli di maturità e di biodiversità (Figura 4) mostra, per l'arbusteto dell'associazione *Rubo ulmifolii-Ligustretum vulgaris*, una composizione quasi esclusiva di specie arbustive con un buon grado di maturità (IM=8,02) ed indice di biodiversità ($sp/m^2=1,13$) non molto elevato a causa della pressione delle attività agricole. La composizione dei margini erbosi e degli incolti dell'associazione *Agropyro repentis-Dactyletum glomeratae* risulta essere molto diversificata, con un indice di maturità (IM=3,39) che descrive una formazione eterogenea dal punto di vista compositivo ed abbastanza disturbata, come testimoniato dal basso indice di biodiversità ($sp/m^2=1,43$). Per quanto concerne i margini dei canali principali e delle risorgive il grafico del grado di maturità mostra valori non molto elevati (IM=2,99), dovuti all'ingerenza di specie igrofile legate alla presenza costante di acqua. In prossimità dei suddetti canali sono presenti formazioni erbacee mesofile dell'associazione *Ranunculetum repentis*, che mostrano un livello di maturità leggermente più elevato delle precedenti (IM=3,92), mentre livello di biodiversità risulta simile. In corrispondenza delle strade interpoderali a contatto con i campi coltivati sono presenti



formazioni erbacee dei calpestii (*Poetum annuae*) e di margine (*Aveno barbatae-Brometum erecti*). Per tali formazioni, sottoposte a sfalcio ripetuto durante la stagione, i livelli di maturità si mantengono mediamente non elevati, mentre da rimarcare è l'innalzamento dei livelli di biodiversità ($sp/m^2=2,20-2,84$) che raggiungono i valori maggiori della serie. Diversa è la situazione registrata nei fossi secondari (asciutti), dove la composizione floristica è caratterizzata da livelli di maturità simili ai precedenti, ma con un indice di biodiversità molto più basso ($sp/m^2=0,95$) derivante dall'ingerenza delle attività agricole che agiscono fino al margine di questi o determinandone, in alcuni casi, la riprofilatura periodica.

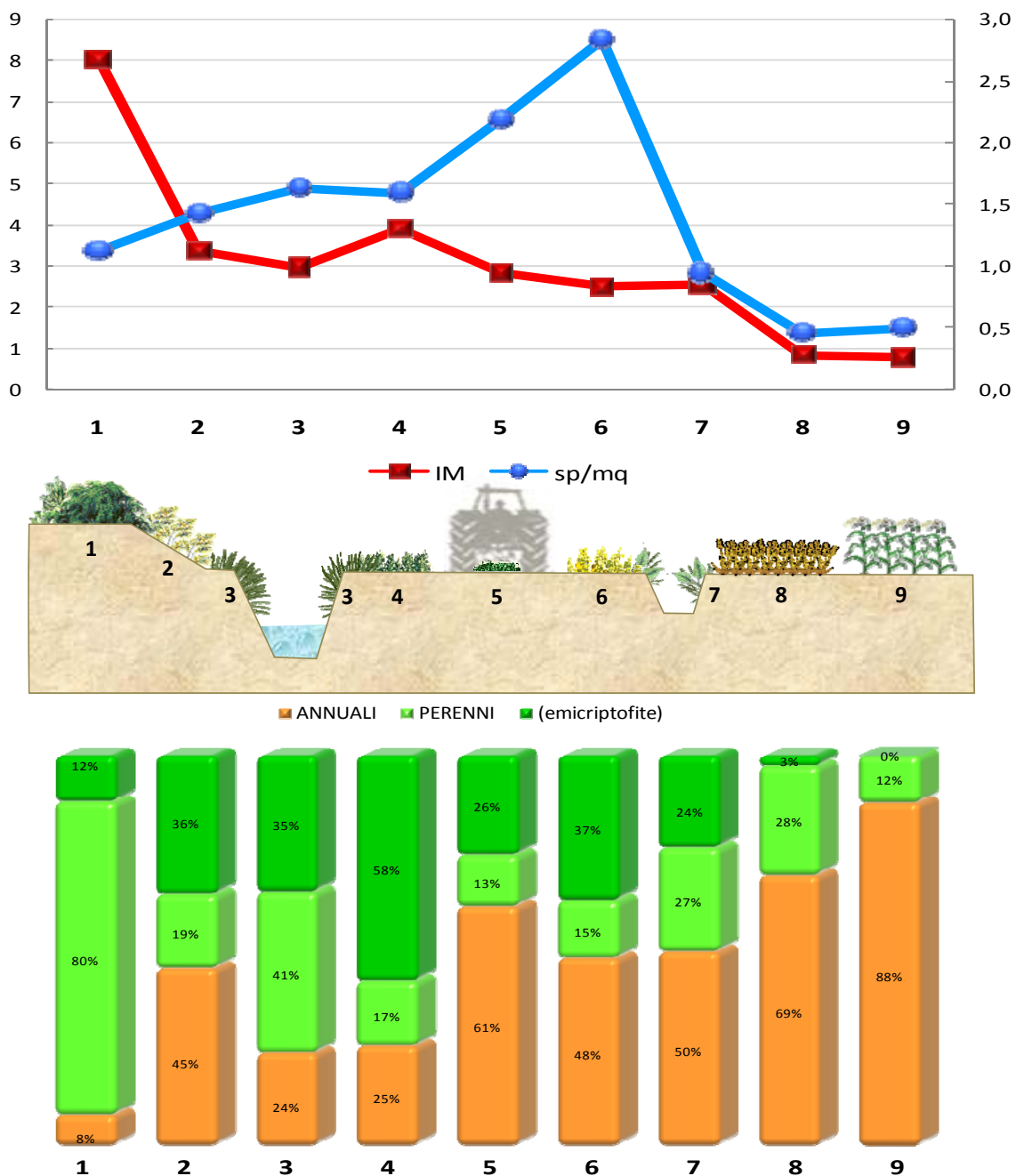
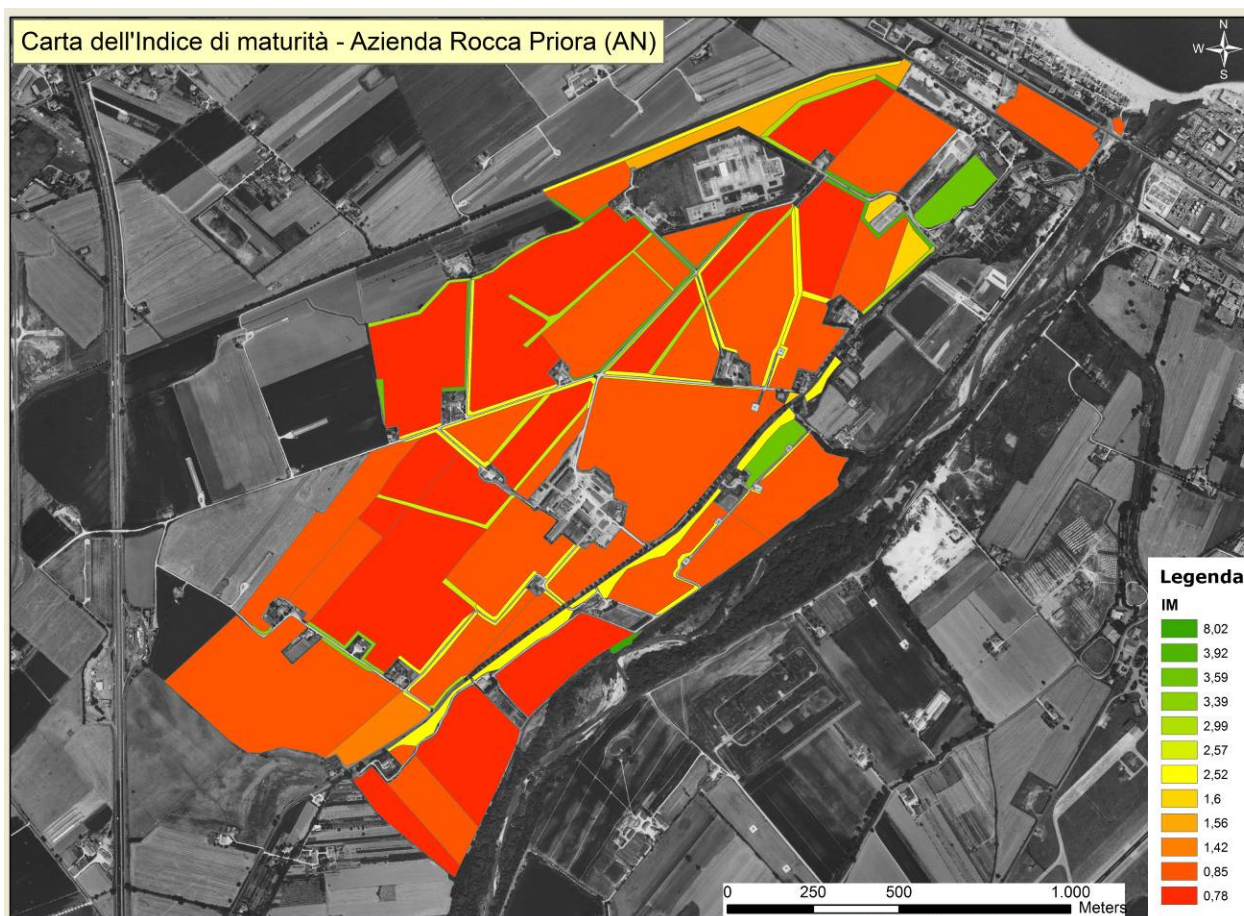


Figura 4. Grafici degli indici di maturità (im) - biodiversità (sp/mq), e delle forme biologiche applicato alla s serie edafo-mesofila planiziale dei terrazzi alluvionali lauro nobilis-fraxineto oxycarpae sigmetum.

Il grafico delle cenosi vegetali commensali dei coltivi, descritte dalle associazioni *Aphano areni-Matricarietum chamomillae* e *Linario spuriae-Stachyetum annuae*, mostra valori simili ed analoga dominanza di specie pioniere ed infestanti. I bassi valori di biodiversità suggeriscono un elevato grado di disturbo dovuto a regimi culturali intensivi.

Figura 5 spazializzazione dell' Indice di Maturità (IM) relativo a tutte le tipologie di vegetazione rilevate



In linea generale è possibile osservare come maturità (IM) e biodiversità (sp/mq) abbiano, lungo il transetto rappresentante la serie di vegetazione *Lauro nobili-Fraxinetum oxycarpae* sigmetum, andamenti differenti in relazione alle tipologie di vegetazione alle quali fanno riferimento. In particolare mentre i valori di maturità mostrano un andamento discendente dall'arbusteto fino alle cenosi commensali dei coltivi, la biodiversità esprime invece i valori più elevati in corrispondenza delle cenosi erbacee dei margini dei campi coltivati, a dimostrazione dell'importanza che queste tipologie di vegetazione rivestono all'interno dell'agroecosistema e della necessità di un diverso orientamento gestionale di tali aree. La misura di maturità e biodiversità di tutte le cenosi vegetali presenti in un determinato territorio può dunque consentire una precisa valutazione del grado di conservazione e di disturbo dell'agroecosistema in relazione alla gestione agronomica. Per quanto



concerne la differenza in composizione della vegetazione espressa del grafico delle forme biologiche, è possibile mettere in evidenza una elevata presenza di specie annuali in tutte le cenosi che subiscono le principali operazioni di controllo da parte delle attività agricole. Questo fattore è reso evidente anche dalla rappresentazione spaziale dell'indice di maturità (Figura 5), che fornisce una chiara interpretazione dello stato di conservazione del territorio studiato. Dall'analisi della carta relativa all'area indagata emerge infatti che, nonostante l'applicazione delle misure di agricoltura a basso impatto ambientale e la non esecuzione delle pratiche di diserbo al di fuori dei campi coltivati, limitandosi al solo sfalcio periodico dei margini erbosi, la ristrettezza in superficie di quest'ultimi fa sì che le operazioni eseguite sulle colture agrarie abbiano influenza più o meno diretta anche sulle zone semi-naturali, abbassando il livello medio di maturità del sistema.

6. Valutazione quantitativa dell'impatto dei sistemi colturali sull'erosione del suolo

Negli stralci precedenti è stato possibile ottenere, utilizzando dati sperimentali disponibili a scala di bacino, una calibrazione del modello EUROSEM adeguata per la stima delle perdite di suolo in differenti sistemi colturali compatibili con il PSR, confrontate con sistemi colturali ordinari tipici dell'area considerata.

I principali fattori che influenzano l'erosione del suolo sono: l'intensità della pioggia, la copertura vegetale e la sua tipologia, la pendenza del terreno, la lunghezza del pendio, l'umidità del suolo al momento della pioggia, la tessitura, il contenuto in sostanza organica e la struttura del terreno. La sostituzione di fertilizzanti minerali con fertilizzanti organici, anche se nel lungo periodo potrebbero avere un significativo effetto nella riduzione dell'erosione del suolo (Bryan, 2000) aumentando la stabilità della struttura dello stesso, nel breve periodo non riducono significativamente le perdite di suolo poiché l'incremento annuo di sostanza organica nel suolo con l'utilizzo di ammendanti o con il sovescio è piuttosto ridotta, in particolare in suoli arati (Triberti et al. 2008). La riduzione delle dosi di concime minerale, invece che aumentare la sostenibilità del sistema colturale nei riguardi dell'erosione del suolo, potrebbe ipoteticamente causare una minore protezione del suolo a causa di un minore sviluppo vegetale, tale riduzione non è stata comunque osservata in esperimenti pluriennali condotti nella collina interna della regione (Roggero e Toderi 2002) e in altri ambienti (Bazzoffi, 2007) mentre maggiori effetti sul fenomeno sono stati osservati in conseguenza del cambiamento di copertura vegetale e sulla gestione dei residui colturali.

Date queste premesse, per la quantificazione degli effetti del PSR sull'erosione si è ritenuto opportuno privilegiare la valutazione degli effetti di cambiamento di copertura vegetale a scala di bacino rispetto all'avvicendamento colturale più diffuso nella regione che prevede una coltura primaverile estiva (girasole) avvicendata ad una autunno vernina, in genere frumento duro.

Tali cambiamenti di avvicendamento colturale in aziende assoggettate al PSR sono ipotizzabili soprattutto per sistemi colturali biologici e sono stati evidenziati in uno dei due bacini oggetto di monitoraggio dal 1998 a Serra de' Conti in cui l'adesione al biologico di un agricoltore che opera nel bacino Bottiglie e gestisce direttamente 25 ha⁻¹ dei 49 ha di SAU totale del bacino.

L'adesione al biologico in particolare ha portato ad una forte contrazione della superficie coltivata a girasole, coltura particolarmente poco efficace nel controllo dell'erosione del suolo (Roggero e Toderi 2002), con l'introduzione di superfici boscate e di leguminose (Figura 6).

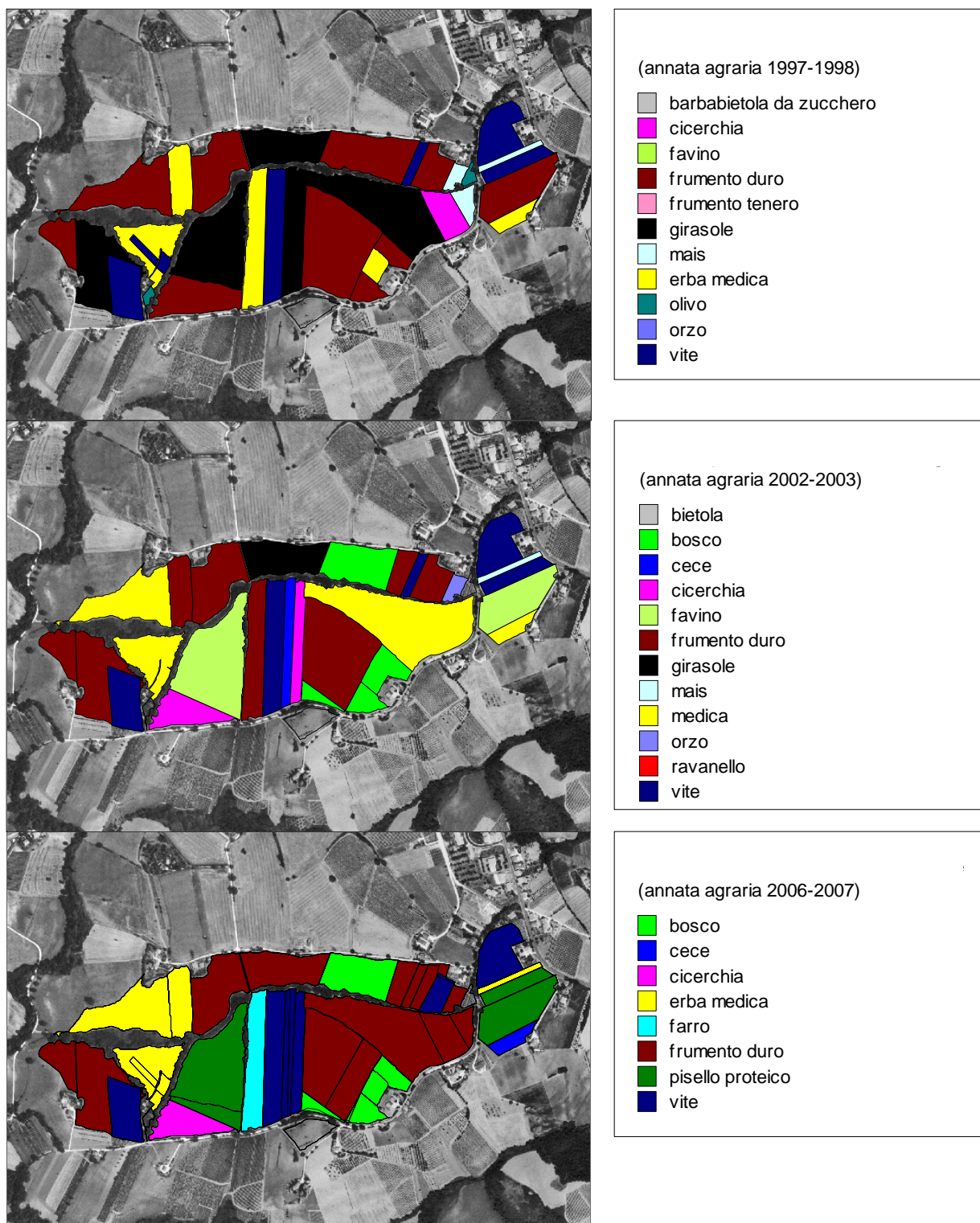


Figura 6 – Evoluzione della copertura vegetale nel bacino Bottiglie conseguente alla adesione all'agricoltura biologica nell'annata agraria 2000 2001 di un agricoltore operante nel bacino.

Nel caso specifico la riduzione della superficie coltivata con l'oleaginosa ha portato l'avvicendamento a frumento duro – girasole dal 70% circa della SAU a meno del 40%, in gran parte soprattutto imputabili alla eliminazione proprio del girasole dall'avvicendamento culturale.



Nello stesso bacino e negli stessi anni, gli agricoltori che non sono passati all'agricoltura biologica hanno continuato a coltivare girasole in avvicendamento con la graminacea, analogamente a quanto fanno dagli agricoltori del bacino Spescia.

Conferme a scala regionale in tale senso derivano dall'analisi dei database resi disponibili dalla regione per la valutazione inerenti le colture finanziate nella PAC (anno 2004) e dal database delle colture finanziate con il PSR (anno 2005) ed ampiamente analizzati nella relazione 2- I – RF, Tabella 11, che indicano una forte contrazione in F2 della superficie coltivata a cereali autunno - vernini e delle colture industriali, in particolare mais e girasole, a favore di leguminose, prati e pascoli.

6.1. Eventi meteorici ed avvicendamenti culturali utilizzati per le simulazioni EUROSEM

Poiché uno dei fattori maggiormente influenzanti le perdite di suolo simulate dal modello EUROSEM è l'umidità del suolo all'atto dell'evento, in particolare nei primi centimetri, si è ritenuto opportuno utilizzare nelle simulazioni uno degli eventi erosivi su cui è stata effettuata la validazione del modello stesso: l'evento del 16 Giugno 1999 (44 mm totali di cui 33 caduti in 20 minuti).

Tale evento meteorico è stato preceduto da un altro evento che ha portato il terreno nello strato superficiale in una condizione di umidità prossimo alla capacità idrica di campo, la scelta elimina la necessità di simulare con altri modelli matematici l'umidità del suolo in funzione della copertura vegetale scelta e che avrebbe introdotto un ulteriore elemento di errore associato all'uso di un secondo modello per ottenere i dati di input per EUROSEM.

Il mese di Giugno è stato privilegiato rispetto ad altri periodi dell'anno perché in tale periodo, pur essendo le colture nella piena fase di sviluppo (il girasole fiorisce generalmente alla fine del mese) si possono meglio evidenziare gli effetti della diversa tipologia di copertura vegetale e di densità di semina tipiche delle colture primaverili – estive. Per altri periodi, in particolare il periodo autunnale, il suolo può essere considerato nudo anche in presenza di colture erbacee appena insediate e quindi non ancora in grado di offrire una adeguata protezione del suolo.

Per aumentare la capacità di analisi degli effetti sull'erosione, oltre all'evento rilevato, sono stati stimati gli effetti sull'erosione idrica di un evento ipotetico di 44 mm totali di cui 33 in 10 minuti, quindi con intensità doppia rispetto all'evento reale, per simulare eventi meteorici particolarmente erosivi simili a quelli rilevati in passato (vedi Tabella 8, relazione 2 - I RF).

Gli effetti dei due eventi a differente intensità di pioggia, dopo le prime simulazioni guida, sono stati utilizzati unicamente nel bacino Bottiglie perché meno suscettibile ad erosione con eventi di intensità di pioggia limitata, mentre nel bacino Spescia, più semplificato dal punto di vista dei sistemi culturali e delle affossature, non avrebbe fornito informazioni aggiuntive.

Nelle simulazioni effettuate nei due bacini non è stata modificata la rete idrica presente.

Gli avvicendamenti culturali utilizzati nelle simulazioni riflettono la differente gestione dei due bacini oggetto di indagine: Bottiglie caratterizzato da un maggiore frazionamento culturale con la presenza di colture perenni, Spescia caratterizzato da unità culturali di dimensioni maggiori e coltivati un anno con frumento duro e l'anno successivo con colture primaverili – estive (tipicamente girasole).

Nel bacino Bottiglie, oltre alla situazione reale all'atto dell'evento (Tabella 15) è stata ipotizzata:

- la totale assenza di copertura vegetale,
- la sostituzione del frumento, coltura per architettura del manto vegetale e apparato radicale assimilabile a colture prative o leguminose, quando in pieno sviluppo, con una coltura meno protettiva del suolo (girasole)



- la piena copertura vegetale garantita dalla presenza di una coltura conservativa del suolo (prato) per valutare l'erosione minima ipotizzabile per i suoli e l'ambiente considerato.

Tabella 15 – ripartizione colturale del bacino Bottiglie utilizzata nelle simulazioni

Coltura	% della SAU
Bosco	4
Girasole	32
Frumento duro	42
Erba medica	7
Vigneto inerbito	11

Nel bacino Spescia, oltre all'uso del suolo reale, girasole sull'intera superficie del bacino, è stata simulata l'erosione idrica:

- dividendo in due porzioni uguali il bacino e alternando le due colture nella parte superiore ed inferiore del bacino per evidenziare eventuali effetti di posizione delle colture nello spazio dovuti a cambiamenti di pendenza o tessitura.
- sostituendo il girasole con il frumento duro, coltura presente l'anno precedente sull'intera superficie del bacino
- eliminando la copertura vegetale dall'intero bacino, per valutare il livello massimo di erosione stimabile in base all'evento meteorico utilizzato

6.2. Risultati delle simulazioni: bacino Bottiglie

I risultati delle simulazioni effettuate in base alle diverse ipotesi di copertura vegetale sono riassunti nella Tabella 16 e nella Tabella 17. Il modello quantifica per il bacino un'erosione con la pioggia meno intensa di 1 t ha^{-1} e un ruscellamento di 6,5 mm (Tabella 16); sostituendo al frumento il girasole, l'incremento delle perdite di suolo sono pari al 40% mentre l'incremento percentuale del ruscellamento è del 83%, indicando come atteso una minore capacità di protezione del suolo da parte della coltura primaverile - estiva rispetto alla graminacea. L'incremento in valore assoluto dell'erosione è comunque contenuto a scala di bacino (1 t ha^{-1} vs. 1,4).

Maggiori perdite di suolo si verificano passando dalla copertura vegetale reale a suolo nudo su tutta la superficie del bacino, l'incremento è del 116% per l'erosione e del 115% per il ruscellato.

Al contrario, rispetto all'uso del suolo reale, le perdite di suolo vengono quasi completamente annullate (-79%) in caso di copertura vegetale a prato sull'intera superficie del bacino all'atto dell'evento.

Raddoppiando l'intensità di pioggia per simulare un evento temporalesco tipico del periodo primaverile – estivo, per la copertura vegetale reale viene stimata un'erosione pari a $2,1 \text{ t ha}^{-1}$ e un ruscellamento di 8,5 mm (Tabella 17). L'incremento di perdite di suolo cresce con la sostituzione del frumento da parte del girasole, +29%; su suolo nudo l'erosione è del 329% maggiore rispetto all'uso del suolo reale e pari a $\text{ha}^{-1}\text{ha}^{-1}$ indicando una notevole suscettibilità potenziale all'erosione del bacino. L'uso del suolo normalmente presente nel bacino e caratterizzato dalla presenza di colture erbacee perenni e dall'inerbimento del vigneto, assimilabile al prato per impatto sull'erosione, riduce il rischio di eventi erosivi importanti come quello simulato.

La copertura vegetale totale del bacino con prato mantiene anche in condizioni di elevata intensità di pioggia una buona protezione del suolo, con una erosione stimata $1,9 \text{ t ha}^{-1}$, inferiore a quanto rilevato con l'uso del suolo reale ma con pioggia di intensità minore. Quest'ultima indicazione è particolarmente interessante per la valutazione del PSR poiché questo tipo di copertura vegetale è



ipotizzabile soprattutto in aree della regione marginali e caratterizzate da elevate pendenze, quindi maggiormente esposte a rischi erosivi.

6.3. Risultati delle simulazioni: bacino Spescia

I risultati delle simulazioni del bacino Spescia sono riportate in Tabella 18 ed indicano una maggiore vulnerabilità all'erosione idrica del bacino rispetto al precedente, ciò è facilmente osservabile analizzando le perdite di suolo simulate nei due bacini a parità di intensità di pioggia (33 mm in 20 minuti) e privi di coperta vegetale (14,2 t ha⁻¹ contro 2,1), nonostante una pendenza media del bacino di bottiglie maggiore (Figura 7). L'alto livello di erosione è attribuibile principalmente alla maggiore lunghezza dei fronti collinari di Spescia, ciò causa un aumento dell'energia cinetica dell'acqua che scorre sul terreno e della sua erosività. Aumentando l'intensità di pioggia nel solo bacino Bottiglie le perdite di suolo simulate in assenza di copertura vegetale restano comunque inferiori a quelle stimate a Spescia con l'evento meno intenso.

Tabella 16 - Deflusso superficiale ed erosione idrica nel bacino Bottiglie in funzione della tipologia di copertura vegetale e al variare dell'intensità di pioggia in un evento di 44 mm totali di cui 33 mm in 20 minuti (copertura reale come da Tabella 15).

Uso del suolo	Erosione		Deflusso	
	Erosione (t ha ⁻¹)	incremento (%)	deflusso (mm)	incremento (%)
Copertura reale	1,0	-	6,5	-
Prato	0,2	-79%	3,4	-48%
Girasole sostituisce il frumento	1,4	+40%	11,9	+83%
Terreno nudo	2,1	+116%	14,0	+115%

Tabella 17 - Deflusso superficiale ed erosione idrica nel bacino Bottiglie in funzione della tipologia di copertura vegetale e al variare dell'intensità di pioggia in un evento di 44 mm totali di cui 33 mm in 10 minuti (copertura reale come da Tabella 15).

Uso del suolo	Erosione		Deflusso	
	Erosione (t ha ⁻¹)	incremento (%)	deflusso (mm)	incremento (%)
Copertura reale	2,1	-	8,5	-
Prato	0,9	-57%	5,5	-35%
Girasole sostituisce il frumento	2,7	+29%	14,0	+65%
Terreno nudo	9,0	+329%	17,3	+104%

Tabella 18 – Deflusso superficiale ed erosione idrica nel bacino Spescia in funzione della tipologia di copertura vegetale in un evento di 44 mm totali di cui 33 mm in 20 minuti



Uso del suolo	Erosione		Deflusso	
	Erosione (t ha ⁻¹)	incremento (%)	deflusso (mm)	incremento (%)
Girasole (reale)	7,6		26,7	
Frumento	5,1	-33%	24,3	-9%
%50% frumento 50% girasole (frumento nella parte superiore del bacino)	5,2	-31%	24,6	-8%
%50% frumento 50% girasole (girasole nella parte superiore del bacino)	5,9	-23%	25,6	-4%
Terreno nudo	14,2	+87%	29,3	+10%

L'erosione stimata per il suolo nudo è particolarmente indicativa per il bacino Spescia poiché a causa dell'uso del suolo il bacino si presenta spesso privo di copertura vegetale, in particolare dalla raccolta del frumento (inizio Luglio) alla piena copertura del suolo della coltura primaverile – estiva (metà Maggio dell'anno successivo). Il bacino Bottiglie da questo punto di vista è più conservativo della risorsa suolo per la presenza di colture perenni lungo tutto l'arco dell'anno.

Analizzando le perdite di suolo all'interno del bacino Spescia al variare della copertura vegetale, esse sono state elevate in tutte le simulazioni eseguite.

La sostituzione della copertura a girasole con frumento ha consentito di ridurre le perdite di suolo del 33%, gran parte di tale riduzione è imputabile solo alla sostituzione del girasole nella parte superiore del bacino, come evidenzia la simulazione effettuata con la metà superiore del bacino coperta a frumento mantenendo nella parte inferiore il girasole: la riduzione delle perdite di suolo è stata del 31% rispetto all'uso del suolo reale.

L'importanza della posizione delle colture nello spazio è evidenziata dalla simulazione eseguita invertendo le due colture nella disposizione spaziale, la riduzione di erosione conseguente è inferiore a quella ottenuta nel caso predente e pari al 23%. Le differenze di perdite di suolo nelle due simulazioni sono attribuibili all'orografia del bacino caratterizzato da pendenze maggiori nella parte superiore, quindi maggiormente soggette ad erosione per una maggiore velocità di scorrimento dell'acqua rispetto alla parte inferiore del bacino (Figura 7).

I valori maggiori di erosione sono stati riscontrati nella simulazione con terreno nudo sull'intera superficie, con un incremento dell'erosione rispetto alla copertura vegetale reale del bacino del 87% ed un aumento del ruscellamento del 10%.

6.4. Erosione idrica del suolo a scala di bacino: dati sperimentali

La prolungata siccità estiva ed i modesti apporti meteorici che hanno caratterizzato tutto il periodo invernale hanno fortemente contenuto il surplus idrico nei bacini monitorati e di conseguenza i deflussi superficiali.

Durante il periodo autunnale è stato osservato un solo evento di deflusso nel bacino Spescia tra l'altro piuttosto modesto e pari a 15 mm con coefficiente di deflusso pari al 19% (

Le abbondanti precipitazioni che hanno caratterizzato il mese di marzo (185 mm effettivi vs 55 della media poliennale) hanno favorito la saturazione idrica del suolo innescando tre deflussi

superficiali comunque di modesta entità (9 mm di deflusso in totale) data la copertura vegetale del bacino investito interamente a frumento duro.

Tabella 19); il dato conferma che, nonostante le precipitazioni che hanno caratterizzato il periodo compreso tra la terza decade di ottobre e la seconda di novembre (81,2 mm), la capacità di invaso del terreno incrementata da un lungo periodo di siccità estiva, ha limitato fortemente il surplus idrico.

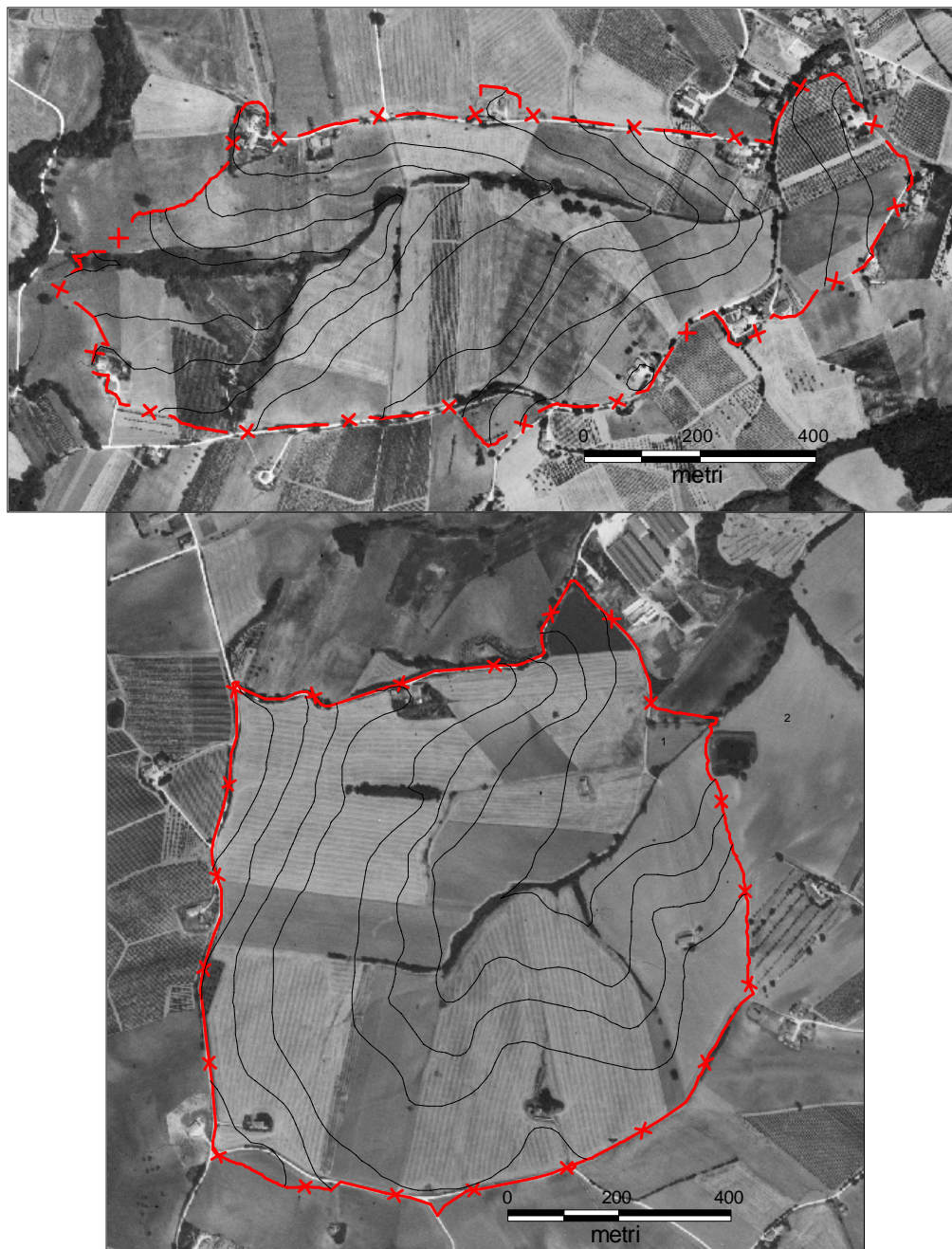


Figura 7 – Orografia del bacino Bottiglie (in alto) e Spescia. In rosso i confini idrografici. Distanza tra due isoipse 10 m.



Le abbondanti precipitazioni che hanno caratterizzato il mese di marzo (185 mm effettivi vs 55 della media poliennale) hanno favorito la saturazione idrica del suolo innescando tre deflussi superficiali comunque di modesta entità (9 mm di deflusso in totale) data la copertura vegetale del bacino investito interamente a frumento duro.

Tabella 19 - Bacino "Spescia": caratteristiche delle precipitazioni che hanno dato origine a deflusso superficiale ed erosione idrica del suolo.

DATA EVENTO		pioggia	$I_{60\max}$	deflusso	coeff.defl.	torbidità	erosione	NO_3^-	N-NO_3^-	P-PO_4^-	P_2O_5
inizio	fine	(mm)	(mmh^{-1})	(mm)	%	(g L^{-1})	(t ha^{-1})	(mg L^{-1})	(kg ha^{-1})	(mg L^{-1})	(kg ha^{-1})
29/10/2007	25/11/2007	81	5	15	19	0,9	0,1	252,6	8,8	0,18	0,1
03/03/2008	09/03/2008	97	3	1	1	11,1	0,1	6,7	0,0	0,07	0,0
23/03/2008	30/03/2008	55	3	4	7	1,6	0,1	40,1	0,4	0,05	0,0
30/03/2008	08/04/2008	n.d.	n.d.	5	n.d.	1,9	0,1	36,9	0,4	0,04	0,0
TOT**		403		25	6	3,9	0,4	84,1	9,6	0,1	0,07

*: sono riportate le piogge che hanno dato origine a deflusso superficiale n.d.: dato non disponibile

** da ottobre 2007 a marzo 2008

L'erosione idrica del suolo è stata contenuta e pari a $0,4 \text{ t ha}^{-1}$ di suolo eroso per la concomitanza di due fattori principali:

- la modesta intensità oraria massima di pioggia registrata durante il periodo ($I_{60\max}$: 5 mmh^{-1} registrata in data 30 ottobre 2007);
- la totale copertura vegetale con frumento duro del bacino che, in occasione delle precipitazioni relative al mese di marzo, ha garantito un'efficace attenuazione dell'erosività della pioggia.

Nel bacino Bottiglie non si sono registrati deflussi superficiali, a conferma dell'importanza della diversificazione d'uso del suolo (Tabella 24) nel riequilibrare il bilancio idrico e dei nutrienti.



7. Valutazione quantitativa dell'impatto delle misure agroambientali sulla qualità dell'acqua

In questo capitolo si riportano i risultati conseguiti nell'ultima fase del programma di valutazione quantitativa con particolare riferimento alle seguenti attività:

- analisi del bilancio apparente dei nutrienti nel sito di pianura e di collina;
- monitoraggio della qualità delle acque superficiali nel sito di collina;
- monitoraggio della qualità delle acque di percolazione nel sito di pianura;
- analisi quantitative sull'impatto delle misure agroambientali del PSR sulla produzione, il bilancio idrologico e l'inquinamento da nitrati;
- monitoraggio della qualità delle acque dei pozzi nell'area di collina.

L'illustrazione dei risultati è preceduta da dettagli sulle metodologie di indagine solo nel caso in cui questi non fossero già stati forniti nelle relazioni precedenti (2-I-RF, 3-II-RF, 4-III-RF).

7.1. Bilancio apparente dei nutrienti

Area campione di pianura

Nell'ambito dell'annata 2006-2007, nei quattro appezzamenti dell'azienda di pianura sui quali sono stati installati i lisimetri, è stata coltivata barbabietola da zucchero su 7 ha e frumento duro su 9,8 ha. La dose media di concime azotato distribuita alle due colture è risultata complessivamente di 115 kg ha⁻¹ di N (Tabella 20), compreso il contributo derivante da azotofissazione della coltura precedente.

La concimazione fosforica è stata somministrata solo alla barbabietola da zucchero e non al frumento duro. Pertanto, il surplus totale di fosforo dell'annata considerata è risultato mediamente basso.

Le produzioni medie delle colture (esprese in termini di s.s.) si sono attestate su 4,6 t ha⁻¹ per il frumento duro e sulle 79 t ha⁻¹ per la barbabietola da zucchero. Il surplus medio è risultato negativo sia per l'azoto che per il fosforo.

Tabella 20 - Principali colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo nel sito campione di pianura a Falconara Marittima.

Anno	Coltura	Superficie		Produzione	Residui colt. asportati	Concimazione		Surplus	
		ha	%	t ha ⁻¹ s.s.	t ha ⁻¹ s.s.	N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹
2007	frumento duro	9,8	58%	4,6	0,0	115	0	9	-52
	barbabietola da zucchero	7,0	42%	79,0	0,0	115*	211	-43	30
	TOT SAU	16,8	100%	35,7	0,0	115	88	-13	-18

* di cui 23 N kg ha⁻¹ da azotofissazione coltura precedente (fagiolo borlotto)

Area campione di collina

Nell'ambito dell'annata 2006-2007, la dose media di concime azotato distribuita sulla SAU del bacino Spescia (Tabella 21 e Tabella 22) e del bacino Bottiglie (

Tabella 23 e Tabella 24) si è rivelata molto simile: rispettivamente 45 kg ha⁻¹ di azoto per Spescia contro i 43 kg ha⁻¹ di azoto per Bottiglie. La concimazione fosforica è invece risultata più alta nel bacino: Spescia 80 kg ha⁻¹ di anidride fosforica contro i 25 kg ha⁻¹ di Bottiglie. Nell'annata in questione bisogna evidenziare che nel bacino Spescia sono state introdotte delle colture di leguminose che hanno abbassato le dosi di concime azotato generalmente distribuite nelle annate

precedenti. L'introduzione delle colture miglioratrici ha reso il bacino Spescia più simile al bacino Bottiglie a differenza delle precedenti annate. Le colture più rappresentative inoltre sono state proprio le leguminose con il 31% della SAU per il pisello proteico e il 25% per il favino contro il 18% per girasole e il 12% per la barbabietola da zucchero. Le produzioni medie per la barbabietola sono state intorno alle 29 t ha⁻¹, per il girasole 1,8 t ha⁻¹ come pure per il favino mentre il pisello proteico ha prodotto 2,7 t ha⁻¹ di granella.

Tabella 21 - Principali colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo nel bacino "Spescia" a Serra de' Conti.

Anno	Coltura	Superficie		Produzione	Residui colturali	Concimazione		Surplus	
		ha	%			N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹
2007	barbabietola	9,5	12%	29,0	0	157	211	99	151
	girasole	14,6	18%	1,8	0	27	158	-17	112
	favino	20,4	25%	1,8	0	0	0	36	-22
	pisello proteico	24,7	31%	2,7	0	49	51	44	4
	TOT SAU	69,2	86%	5,8	0	45	80	36	39
	TOT bacino	80,8	100%	5,0	0	38	69	31	33

Tabella 22 - Superfici coltivate nel bacino "Spescia" di Serra de' Conti nell'annata agraria 2007-08.

Anno	Coltura	Superficie	
		ha	%
2008	frumento duro	69,2	86%
	TOT SAU	69,2	86%
	TOT bacino	80,8	100%

Tabella 23 - Principali colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo nel bacino "Bottiglie" di Serra de' Conti.

Anno	Coltura	Superficie		Produzione	Residui colt. asportati	Concimazione		Surplus	
		ha	%			N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹
2007	frumento	19,5	32%	4,2	0	71*	37	-14	-15
	cece	0,5	1%	2,1	0	14	11	41	-8
	cicerchia	1,4	2%	1,1	0	0	0	23	-16
	farro	2,1	3%	3,1	0	14	11	-30	-18
	medica	5,7	9%	4,8	0	0	0	0	0
	pisello	7,3	12%	2,1	0	6	5	33	-29
	vite	7,3	12%	13,0	0	32*	30	-30	-39
	TOT SAU	43,9	73%	5,3	0	43	25	-12	-22
	Bosco	3,9	6%	0,0	0	0	0	0	0
	TOT SAU+bosco	47,8	79%	4,8	0	39	23	-11	-20
	TOT bacino	60,3	100%	3,5	0	28	17	-8	-14

* di cui per il frumento 12 N kg ha⁻¹ da azotofissazione coltura precedente (varie leguminose);
mentre per la vite 2 N kg ha⁻¹ da azotofissazione coltura precedente (favino)

La SAU del bacino Bottiglie è risultata investita da sette differenti colture le più rappresentate delle quali sono state: frumento duro (32% della SAU), pisello (12%) e vite (12%). Le produzioni medie (esprese in termini di s.s.) sono state rispettivamente: 4,2, 2,1 e 13,0 t ha⁻¹.

Il surplus di fosforo e azoto a scala di bacino è stato basso o negativo a Bottiglie per tutte le colture considerate, come conseguenza delle basse dosi di concime utilizzate sui cereali e l'azzeramento della concimazione fosforica sulle leguminose. A Spescia invece le dosi di fosforo somministrate



alla barbabietola e al girasole risultano relativamente elevate, ma nel bilancio complessivo a scala di bacino il surplus viene attenuato dalla presenza delle leguminose.

In sintesi, i dati rilevati sul bilancio dell'azoto e fosforo hanno messo in evidenza che la distribuzione delle colture nello spazio e la varietà di colture, a differenza della monocoltura, consente di ottenere bilanci dei nutrienti equilibrati a scala di bacino.

Tabella 24 - Superfici coltivate nel bacino "Bottiglie" di Serra de' Conti nell'annata agraria 2007-08.

Anno	Coltura	Superficie	
		ha	%
2008	frumento	19,1	32%
	favino	2,1	3%
	orzo	0,3	0%
	farro	3,4	6%
	medica	5,4	9%
	pisello	6,2	10%
	vite	7,3	12%
	TOT SAU	43,9	73%
	Bosco	3,9	6%
	TOT SAU+bosco	47,8	79%
	TOT bacino	60,3	100%

Monitoraggio della qualità delle acque (sito di collina)

7.2. Andamento termopluviometrico nel periodo di osservazione

Durante il periodo considerato, sono state registrate in totale altezze di pioggia pari a 578 mm contro 726 mm della media poliennale della zona (periodo 1998 – 2008) (Figura 8).

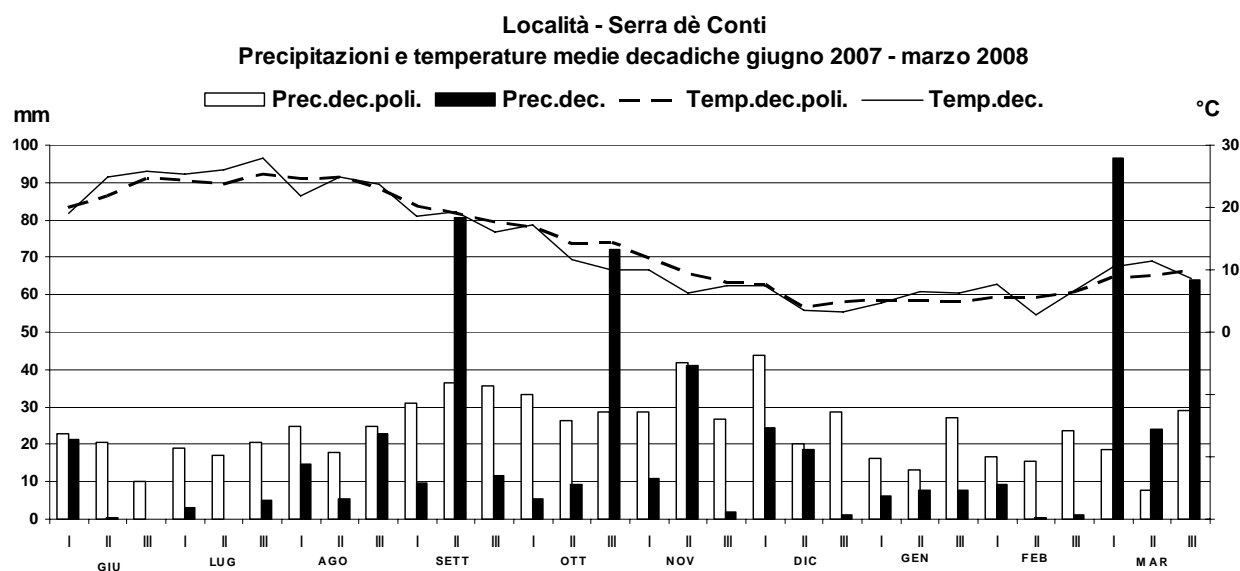


Figura 8 – Area campione di collina (Serra de' Conti). Precipitazioni e temperature medie decadiche nel periodo giugno 2007-marzo 2008 a confronto con i dati medi pluriennali. Elaborazione dati forniti dal Centro Operativo del Servizio di Agrometeorologia dell'Agenzia



Servizi Settore Agroalimentare Regionale – ASSAM (i dati termopluviometrici poliennali sono relativi al periodo 1998 – 2008).

La prolungata di siccità che ha caratterizzato il periodo estivo, è stata interrotta da precipitazioni che hanno interessato la seconda decade di settembre (80,6 mm; $I60_{max}$ 3,2 mmh⁻¹), la terza di ottobre (72,2 mm; $I60_{max}$ 5 mmh⁻¹) e la seconda di novembre (41 mm; $I60_{max}$ 3 mmh⁻¹).

Altre precipitazioni degne di nota si sono registrate nel mese di marzo durante il quale sono piovuti circa 185 mm di pioggia vs i 55 mm della media poliennale.

L'andamento termometrico ha fatto registrare temperature medie inferiori alla media poliennale (13,8 °C vs 14,1 °C) soprattutto durante i mesi di ottobre e novembre (10,4°C vs 12,4°C) per effetto della prolungata copertura nuvolosa che ha caratterizzato il periodo.

7.3. Perdite di azoto nitrico nel deflusso superficiale

Nel periodo considerato, le perdite di azoto nitrico associate al deflusso superficiale (

Le abbondanti precipitazioni che hanno caratterizzato il mese di marzo (185 mm effettivi vs 55 della media poliennale) hanno favorito la saturazione idrica del suolo innescando tre deflussi superficiali comunque di modesta entità (9 mm di deflusso in totale) data la copertura vegetale del bacino investito interamente a frumento duro.

Tabella 19) nel bacino Spescia sono state in totale modeste (9,6 kg ha⁻¹) con concentrazione di nitrati media di 84,1 mg L⁻¹.

Occasionalmente sono state osservate elevate concentrazioni di nitrati, 253 mg L⁻¹, anche se in corrispondenza di eventi di bassa entità, che hanno determinato basse perdite di N in valore assoluto (8,8 kg ha⁻¹). Questo risultato è stato attribuito alla totale assenza di copertura vegetale, che ha favorito il surplus idrico e ha impedito l'assorbimento dell'azoto reso disponibile dalla mineralizzazione della sostanza organica, dando luogo, in occasione degli eventi verificatisi tra la fine di ottobre e novembre, all'accumulo di azoto nitrico nel terreno, derivante dalla mineralizzazione degli abbondanti residui colturali lasciati nel terreno dalle colture azotofissatrici (favino e pisello proteico) che, nell'annata precedente, ricoprivano il 56% della SAU del bacino (Tabella 21).

7.4. Perdite di fosforo nel deflusso superficiale

Le perdite di fosforo riscontrate nel bacino Spescia sono state piuttosto modeste, 0,1 kg ha⁻¹ di P₂O₅, e sono state attribuite soprattutto alla concimazione in pre-semina effettuata sulle colture a ciclo autunno - vernino con perfosfato triplo pochi giorni prima delle precipitazioni che hanno generato deflusso superficiale nel periodo autunnale (

Le abbondanti precipitazioni che hanno caratterizzato il mese di marzo (185 mm effettivi vs 55 della media poliennale) hanno favorito la saturazione idrica del suolo innescando tre deflussi superficiali comunque di modesta entità (9 mm di deflusso in totale) data la copertura vegetale del bacino investito interamente a frumento duro.

Tabella 19). Pur essendo limitate in termini assoluti, le perdite di fosforo rilevate non sono trascurabili per gli effetti che concentrazioni superiori a 0,1 mg L⁻¹ possono avere impatti non trascurabili sull'eutrofizzazione dei corpi idrici superficiali. I fattori predisponenti l'inquinamento dei corpi idrici da fosforo di origine agricola sono simili a quelli descritti per l'azoto nitrico: mancanza di copertura vegetale, erosione, concimazione in periodi in cui le colture non sono ancora capaci di assorbire i nutrienti. Nel caso del fosforo, un consistente miglioramento della situazione potrebbe essere conseguito attraverso l'impiego della concimazione localizzata con concimi a lento



rilascio, che permette di ridurre in misura consistente la dose di concime, a parità di risultati produttivi.

7.5. Concentrazione di nitrati nelle acque di falda

Metodologia

Nella valutazione della qualità delle acque di falda sono stati utilizzati i risultati del monitoraggio delle acque di falda iniziato nel 1998 ed effettuato mediante il campionamento sistematico dell'acqua da otto pozzi pubblici situati nel territorio comunale di Serra de' Conti all'interno dei due microbacini oggetto di studio (Figura 9 e Figura 10). Le analisi chimico-fisiche sulle acque campionate è stato effettuato dall'ASSAM, l'Agenzia Regionale dei Servizi Agro-ambientali ed hanno riguardato la concentrazione di nitrati e di fosforo solubile e, con cadenza semestrale, le caratteristiche mineralogiche. Sono stati complessivamente raccolti 526 campioni di acqua.

La descrizione dei pozzi campionati è riportata di seguito:

- pozzo 1: ubicato nel fondovalle del bacino Bottiglie; si tratta di un pozzo realizzato oltre un secolo fa, risulta quindi essere la più antica opera di captazione del suddetto bacino. In passato veniva prevalentemente utilizzato per l'abbeveraggio del bestiame;
- pozzo 2: ubicato a Bottiglie, risale a oltre 90 anni fa; non ha mai fornito grossi volumi di acqua ed è stato utilizzato in passato per irrigare un orto di circa 2000 m² adiacente ad una vecchia casa colonica oggi ristrutturata; è attualmente utilizzato per l'irrigazione di una tartufaia artificiale di recente impianto;
- pozzo 3: adiacente ad un orto privato nella zona alta del bacino Bottiglie; realizzato una decina di anni fa, viene utilizzato regolarmente;
- pozzo 4: ubicato in zona Spescia, sulla collina sovrastante il bacino; è di vecchia realizzazione, probabilmente del secolo scorso; attualmente non è utilizzato;
- pozzo 6: realizzato da circa dieci anni, è adiacente ad una casa colonica situata nel bacino Spescia; viene sporadicamente utilizzato;
- il pozzo 7, situato nella zona di spartiacque del microbacino Bottiglie, fu costruito negli anni '50, è ubicato in prossimità di una abitazione ed è impiegato principalmente per usi civici;
- pozzo B e pozzo S: realizzati *ad hoc* per fini sperimentali nel 1998 in prossimità dei dispositivi di campionamento delle acque superficiali.

Risultati

L'interpretazione dei dati sulla dinamica della concentrazione di nitrati nell'acqua di falda in relazione ai sistemi colturali adottati nei due bacini, è risultata molto complessa per l'impossibilità di circoscrivere con esattezza il raggio di attingimento dei pozzi ubicati all'interno dello spartiacque dei bacini monitorati e per la complessità delle interazioni tra i fattori in gioco, tra cui anche fattori extra-agricoli (industrializzazione, perdite delle fognature, scarichi veicolari, etc.).

I pozzi monitorati sono ubicati in un'area interessata essenzialmente da attività agricole, da un basso livello di antropizzazione e da una limitata incidenza di attività industriali.

Il monitoraggio della dinamica del contenuto di nitrati nei pozzi indica una notevole variabilità temporale dello stato della qualità delle acque di falda (Figura 11). Durante il monitoraggio la concentrazione media di nitrati misurata nell'acqua dei pozzi ubicati nel bacino Spescia (S, 4 e 6) è risultata frequentemente superiore a 50 mg L⁻¹ con picchi di 322, 559 e 611 mg L⁻¹.

Nel bacino Bottiglie sono state osservate solo occasionalmente concentrazioni medie di nitrati superiori alla soglia, con la sola eccezione del pozzo 3, l'unico utilizzato a scopi irrigui, che ha mostrato valori sempre superiori, mentre nei pozzi non utilizzati (B, 1, 2a e 7) la concentrazione di nitrati è risultata mediamente inferiore a 24 mg L^{-1} . Il diverso stato di qualità dell'acqua attinta da pozzi utilizzati regolarmente e da pozzi non utilizzati può essere in parte attribuita al turnover dell'acqua di falda nei pozzi utilizzati, che risentono quindi maggiormente delle pratiche agricole in superficie.

Tuttavia le dinamiche della concentrazione dell'acqua di falda non sono sempre facilmente interpretabili per la difficoltà di attribuire l'acqua di ciascun pozzo ad un preciso bacino di competenza e quindi alle pratiche agricole che ivi insistono.

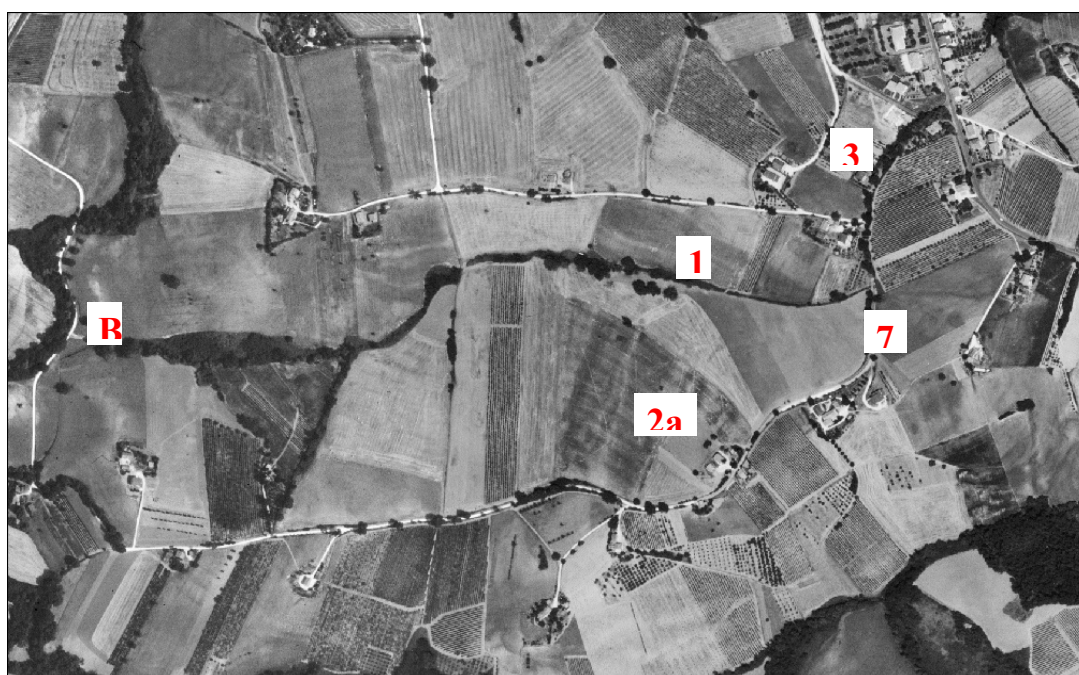


Figura 9 – Ubicazione dei pozzi campionati nel bacino “Bottiglie”



Figura 10 – Ubicazione dei pozzi campionati nel bacino “Spescia”.

La struttura idrogeologica dei due bacini infatti ha messo in evidenza che le falde alle quali attingono i pozzi in collina sono per lo più falde sospese, che si riscontrano in strati a tessitura sabbiosa, più permeabili, nei quali l'acqua defluisce con percorsi non facilmente prevedibili. In queste condizioni, i tempi necessari per le modifiche della concentrazione di nitrati nell'acqua di falda possono essere anche molto lunghi.

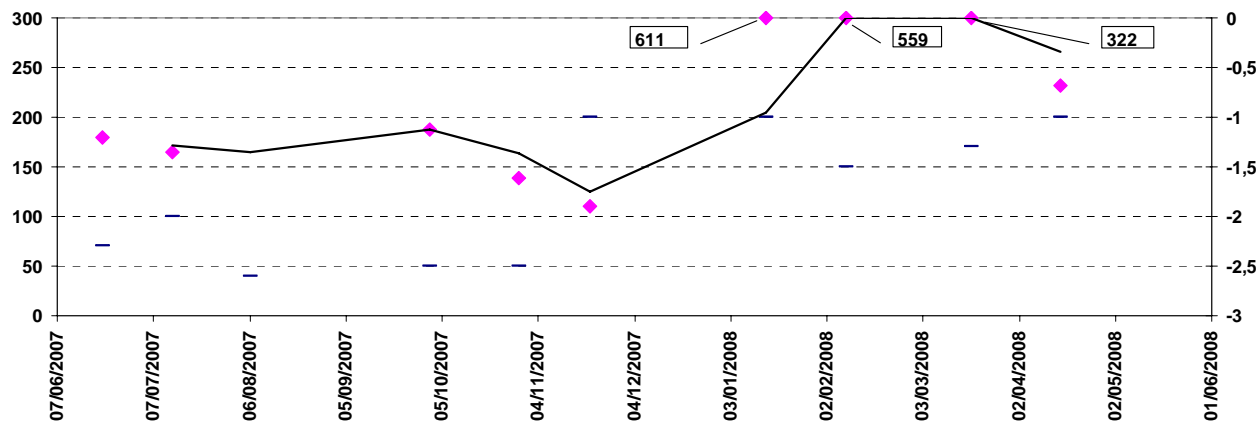
L'interpretazione della dinamica della qualità delle acque sotterranee in relazione alle pratiche agricole monitorate in superficie risulta pertanto molto complessa ed è per questo motivo che si è deciso di soprassedere sull'analisi dei risultati del monitoraggio dell'acqua dei pozzi ai fini della valutazione dell'impatto delle misure agroambientali.

Tuttavia, i risultati osservati hanno consentito di confermare, in accordo con quanto osservato in altre sperimentazioni condotte a scala parcellare (cfr. report 2-I-RF), l'esistenza di una situazione di degrado della qualità delle acque profonde, che testimonia un eccesso di nitrati nell'acqua che ricarica le falde.

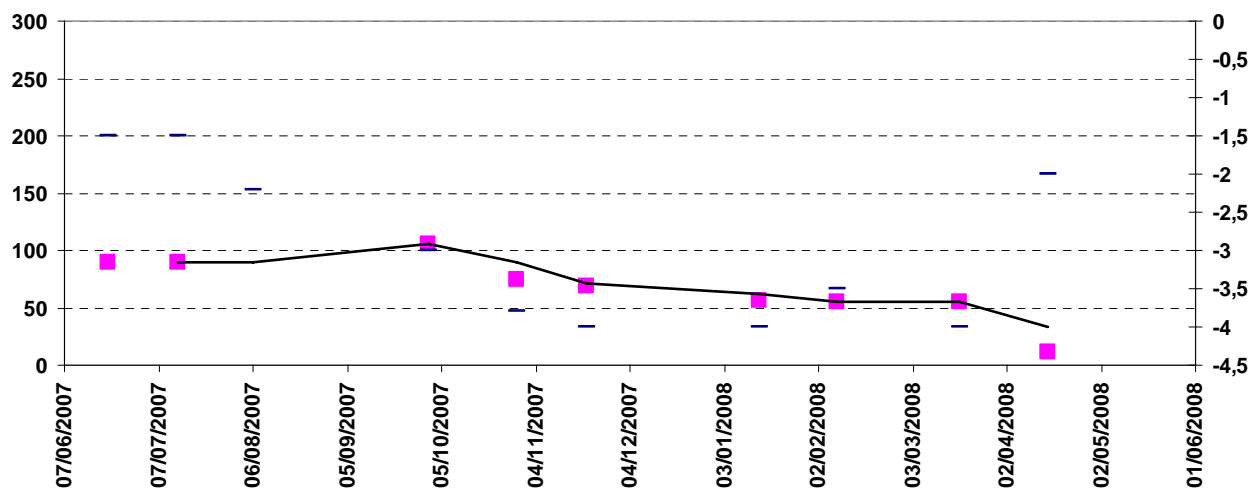
Figura 11 - Dinamica della concentrazione di nitrati (■; in mg L^{-1} di NO_3^- ; scala di sinistra) e della piezometrica (-; in m dal piano di campagna; scala di destra) dei pozzi ubicati nei due bacini sperimentali (Bottiglie pozzi: 1-2a-3-7-B; Spescia pozzi: 4-6-S).



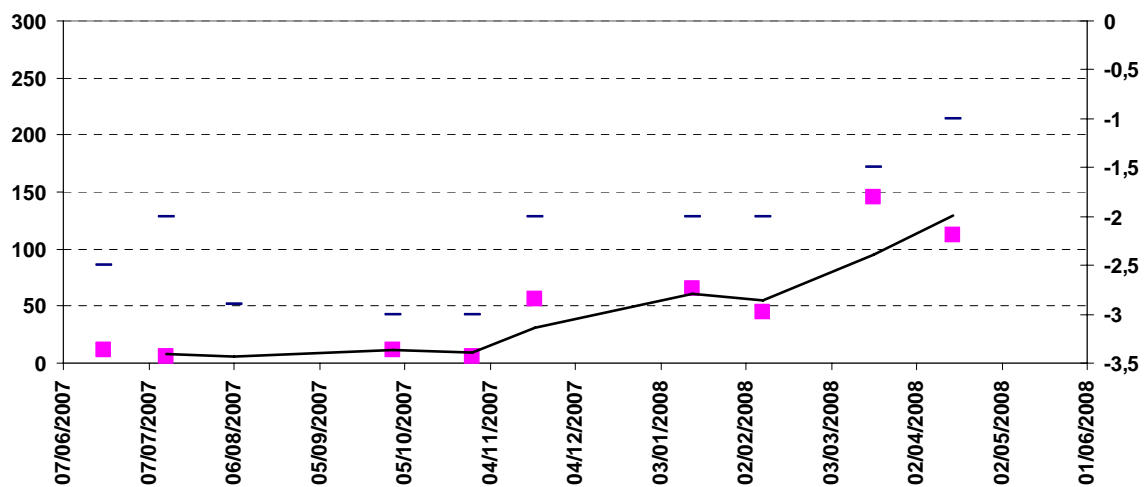
Pozzo S



Pozzo 4

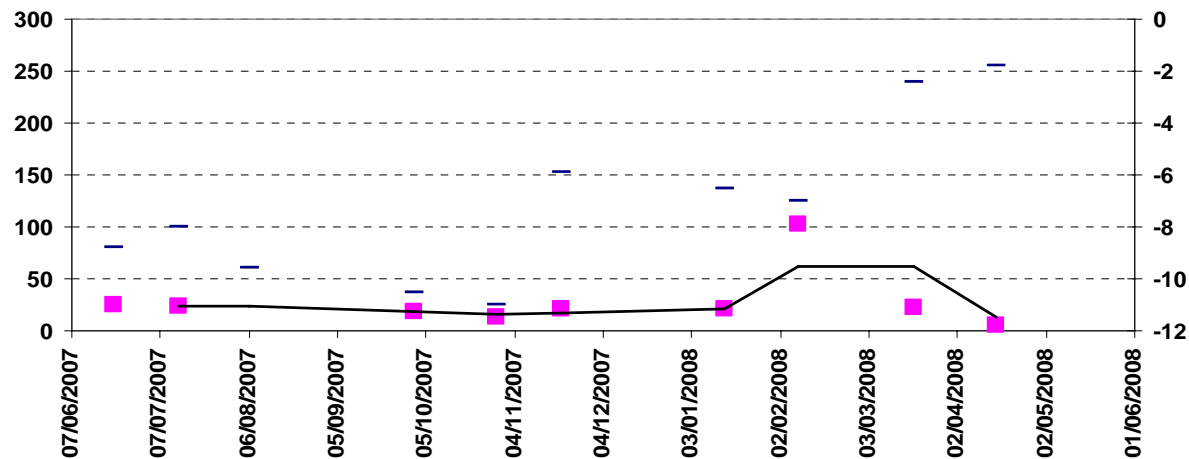


Pozzo 6

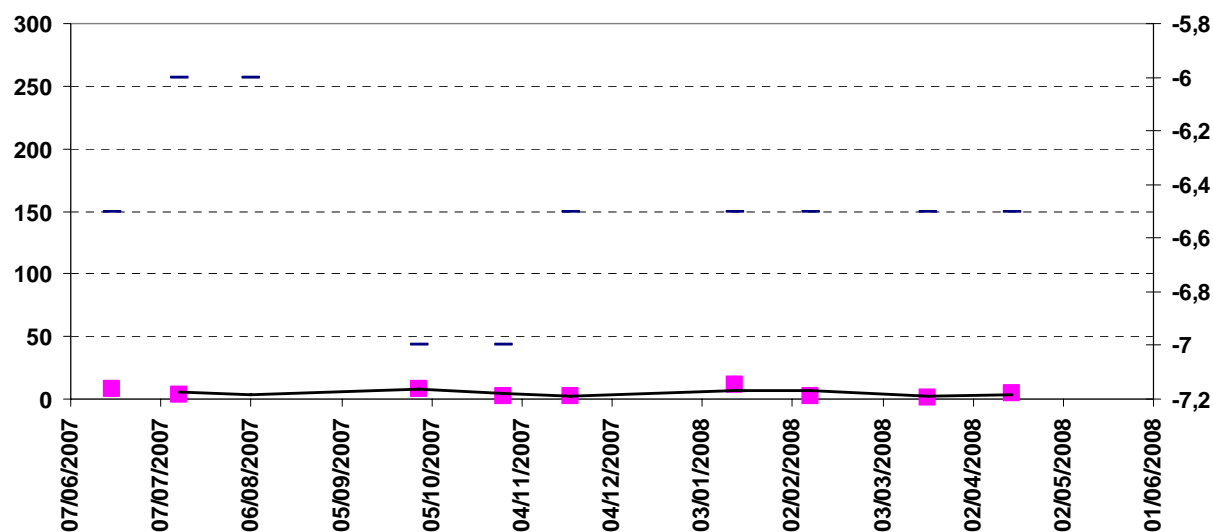




Pozzo 2a

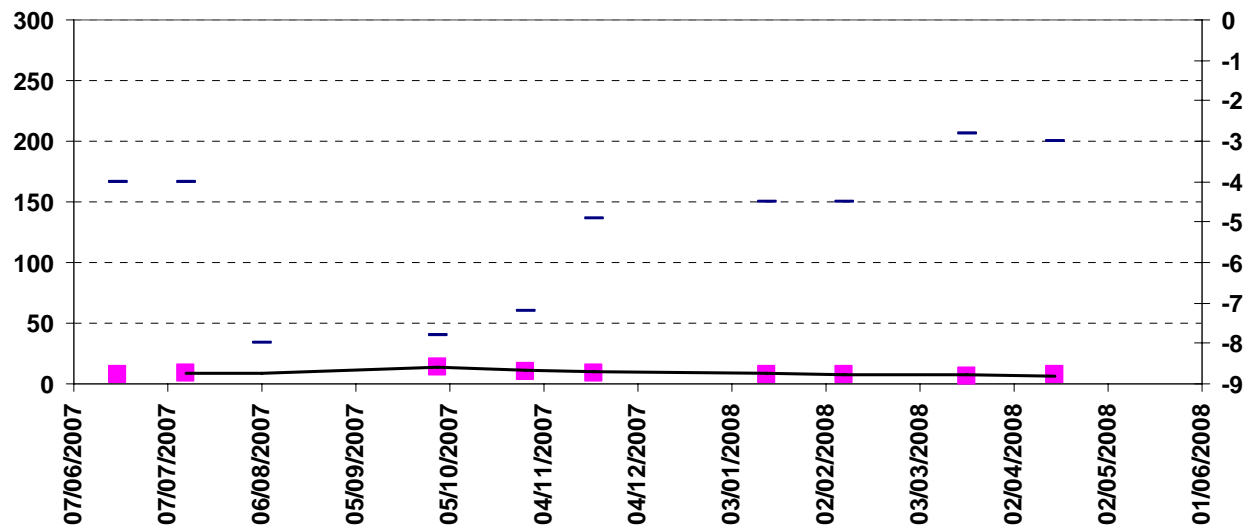


Pozzo B

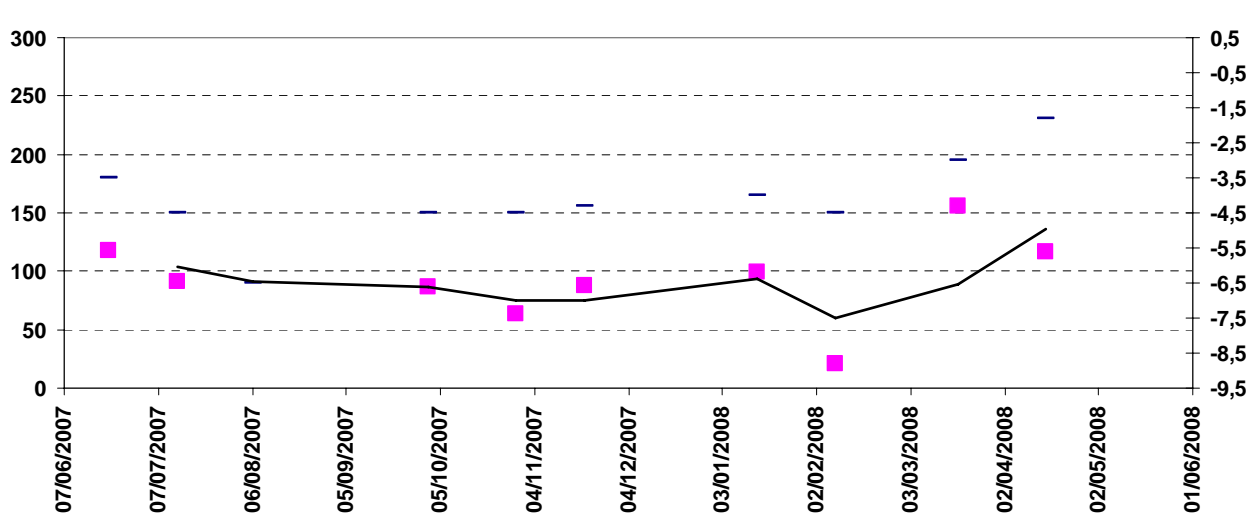




Pozzo 7



Pozzo 3



Pozzo 1

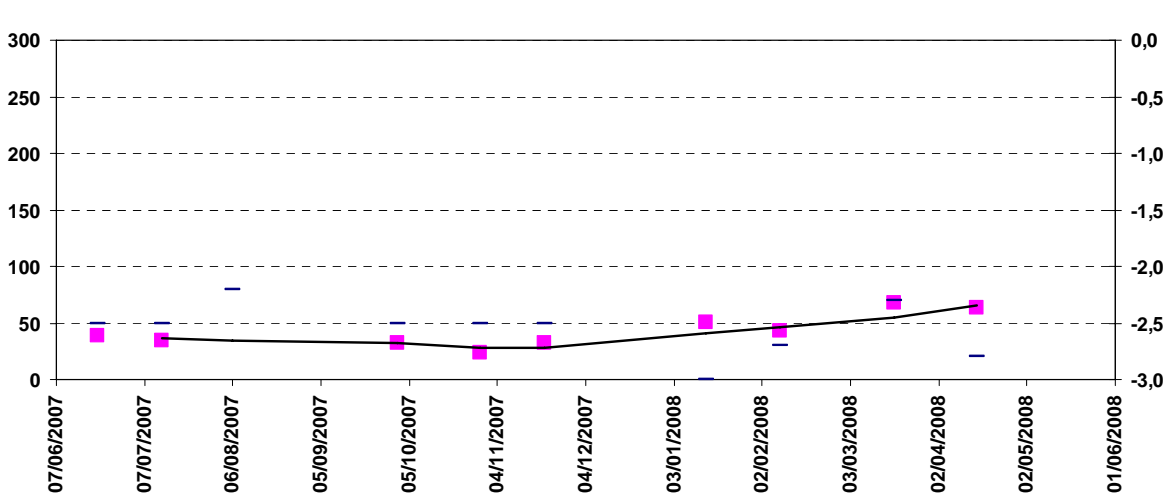




Tabella 25 – Concentrazione media di nitrati (mgL^{-1}) osservata nei pozzi monitorati durante il periodo 1998 – 2008. (Analisi effettuate dal Laboratorio Agrochimico Regionale dell'ASSAM)

Bacino	Pozzo	$\text{NO}_3^- (\text{mgL}^{-1})$
Spescia	4	100
	S	70
	6	68
Bottiglie	3	112
	1	43
	2a	35
	7	10
	B	7
Media		56

8. Analisi quantitative sull'impatto delle misure agroambientali del PSR su produzione, bilancio idrologico e inquinamento da nitrati

8.1. Metodologia e limiti di applicazione

Per questa valutazione si è fatto riferimento alle simulazioni effettuate con il modello DSSAT versione 4.02 (Jones et al., 2003) opportunamente calibrato e parametrizzato per le situazioni ambientali di pianura e di collina delle Marche. Come descritto nella relazione 4-III-RF, l'esito soddisfacente della calibrazione del modello DSSAT per le caratteristiche ambientali delle aree campione di pianura e collina nelle Marche, ha rappresentato la base necessaria per dare significato scientifico alle simulazioni successive. È utile ricordare che per poter disporre del modello calibrato, è stato necessario utilizzare i risultati agronomici, pedologici e climatici conseguiti nell'ambito di sperimentazioni di campo pluriennali condotte nella regione e dei monitoraggi tuttora in corso nelle aree di collina e di pianura, descritti nelle relazioni precedenti.

Le simulazioni sono state progettate in funzione della valutazione degli effetti delle misure agroambientali del PSR sulle rese, sulle perdite di azoto, sul bilancio idrico e sulla dinamica di medio e lungo termine della sostanza organica nel terreno.

Le valutazioni hanno riguardato l'avvicendamento colturale cerealicolo frumento duro – mais, che è stato preso come riferimento campione per l'agricoltura della regione, in considerazione dell'elevata incidenza delle superfici coltivate a cereali e della precisione di stima offerta dallo strumento adottato su queste due colture.

Le valutazioni relative al mais, per l'ambiente di pianura, si riferiscono alla coltura irrigua con apporti idrici sufficienti ad evitare stati di stress idrico, cioè mantenendo un contenuto idrico del terreno sempre compreso tra la capacità idrica di campo e il 50% dell'acqua disponibile. In ambiente collinare non è stata prevista l'irrigazione, dal momento che questa pratica, nelle Marche, è limitata agli ambienti di pianura.

La fertilizzazione azotata rappresentava un aspetto qualificante delle misure agroambientali. In particolare, esse prevedevano un premio per gli agricoltori che affidavano ad un tecnico abilitato la redazione di un piano di concimazione basato sulle produzioni attese e sulla stima delle possibili perdite ed immobilizzazioni (<http://www.agri.marche.it/PSR%202000-2006/Default.htm>), rispetto



alle pratiche convenzionali. Le pratiche convenzionali sono state ipotizzate tenendo conto delle considerazioni espresse dallo stesso bando del PSR e di informazioni raccolte nelle aree campione attraverso interviste o la consultazione degli archivi di aziende agricole. Le simulazioni sulle pratiche convenzionali sono state confrontate con quelle basate sulla prescrizioni dei disciplinari PSR (misura F1 e F2) e dei vincoli imposti dalla direttiva nitrati (Tabella 26). Per il mais irriguo, è stata presa come riferimento una dose di 350 kg ha^{-1} di N (somministrato con concimi minerali o fertilizzanti organici) per il mais condotto con pratiche agronomiche ordinarie, ridotte a 280 nel caso di applicazione della misura F1 e a 220 per la coltura in ZVN. In tutti i casi, al fine di garantire la comparabilità dei dati tra pianura e collina, è stato utilizzato un ibrido precoce di classe FAO 400, particolarmente adatto alle condizioni di collina.

I disciplinari PSR non distinguono tra ambiente collinare asciutto e pianura irrigua, ma ai fini della simulazione, coerentemente con le analisi effettuate sul campo, si è preferito operare questa distinzione, al fine di tenere conto, nella valutazione, della minore potenzialità produttiva dei sistemi colturali di collina rispetto a quelli irrigui di pianura.

Nella simulazione con la fertilizzazione organica, compatibile quindi con i disciplinari della misura F2 (agricoltura biologica), sono state valutate le tesi con le dosi estreme previste nel PSR: 350 e 220 kg ha^{-1} di azoto per il mais, 180 e 120 kg ha^{-1} di azoto per il frumento duro.

Per l'ambiente di collina le simulazioni sono state eseguite utilizzando i parametri rilevati nei suoli collinari di Agugliano, gli stessi utilizzati per la validazione degli aspetti produttivi del modello; per le simulazioni dell'ambiente di pianura sono stati utilizzati i profili di suolo rilevati a Rocca Priora e descritti nella relazione 4-III-RF.

Tabella 26 – Dosi di concime azotato (kg ha^{-1} N) utilizzate per le valutazioni quantitative effettuate con il modello DSSAT. Fonte: PSR 2000-06 Regione Marche.

Riferimento	Frumento duro	Mais
Misura F1 – F2 (max)	140	280
ZVN (max)	120	220
Pratica ordinaria	180	350
Minimo input	90	180

Le simulazioni effettuate con il modello DSSAT, rispetto a quelle effettuate attraverso la sperimentazione o il monitoraggio in campo, hanno il grande vantaggio di poter fare valutazioni quantitative scientificamente attendibili evitando i condizionamenti tipici della sperimentazione di campo, come quelli legati all'andamento meteorologico di una particolare annata. Infatti il modello tiene conto dei principali fattori che condizionano la produttività delle colture, il ciclo dell'acqua e dei nutrienti in un sistema colturale, nell'ambito delle specifiche condizioni ambientali (clima, suolo, sistema colturale) per i quali è stato calibrato. Per la valutazione descritta di seguito, è stato impiegato il sistema DSSAT calibrato per le specifiche condizioni di clima e terreno delle aree campione, previa verifica della attendibilità dei risultati delle simulazioni, come descritto nella relazione 4-III-RF.

Tuttavia, per una corretta interpretazione dei risultati conseguiti, occorre tener ben presenti i limiti di applicazione delle simulazioni così ottenute, dovute alle necessarie semplificazioni intrinseche ad ogni modello matematico. DSSAT, che è uno dei modelli più sofisticati attualmente disponibili per la simulazione dei sistemi colturali, come quasi tutti gli altri modelli di questo tipo, è caratterizzato da alcune semplificazioni relativamente alla risposta dei sistemi colturali a fattori biotici (malerbe, fitofagi e parassiti) e alla dinamica dei fenomeni di ruscellamento superficiale ed erosione. Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, le valutazioni sono state effettuate con uno strumento di



simulazione specifico (EUROSEM), mentre per il primo aspetto, non sono ancora disponibili strumenti di simulazione attendibili. Nello specifico delle valutazioni, queste semplificazioni non inficiano sostanzialmente l'attendibilità dell'analisi quantitativa, per quanto riguarda i parametri considerati.

Le simulazioni effettuate con il modello DSSAT hanno permesso di valutare quantitativamente gli effetti dell'attuazione delle misure agroambientali nelle aree campione di pianura o della collina, per le colture scelte come riferimento per la regione: mais e frumento duro. Le valutazioni qui riportate riguardano principalmente l'effetto della riduzione delle dosi di concime e della scelta di impiegare fertilizzanti organici o minerali.

8.2. Impatto delle misure agroambientali sulle produzioni dei cereali

Area campione di pianura

Nella zona campione di pianura, la riduzione degli input di concime azotato minerale su frumento duro da 180 a 120 kg ha⁻¹ N (convenzionale vs. F1 ZVN) ha determinato una riduzione nelle rese del 28% (Tabella 27). Una riduzione delle rese più contenuta, pari al 17%, è stata simulata con concimazioni azotate di 140 kg ha⁻¹ N, corrispondenti alla dose massima ammessa dai disciplinari per aree ad elevata potenzialità produttiva, fuori ZVN.

La sostituzione di concimi minerali con fertilizzanti organici, a parità di dose di azoto distribuito, ha determinato un calo di resa nel frumento di circa il 26%. La concimazione organica a dosi compatibili con i disciplinari per le ZVN (pianura) ha determinato riduzioni di resa molto marcate (-45%) rispetto al sistema colturale di riferimento con concime minerale fuori ZVN.

Nel Mais, le forti riduzioni di resa (-21%) osservate con sistemi colturali compatibili con la misura F2 (concimazione organica) in aree ZVN, indicano che in queste condizioni la coltura è sottoposta ad un importante stress nutrizionale da carenza di azoto, in particolare negli ambienti a più elevata potenzialità produttiva, come quelli di pianura. Nelle altre situazioni esaminate ed illustrate in Tabella 27, la buona dotazione naturale di sostanza organica del terreno di pianura ha parzialmente compensato lo stress nutrizionale indotto dalle più basse dosi di concime.

Tabella 27 - Rese colturali medie simulate di frumento duro e mais in kg ha⁻¹ e riduzioni percentuali rispetto al valore di riferimento per l'avvicendamento colturale frumento duro – mais, in base ai disciplinari del PSR per i siti di pianura e collina. Il mais in pianura è in irriguo. Medie di 8 anni di avvicendamento

	Collina		Pianura	
	F	M	F	M
Basso input (90-180)	3234	4059	-	-
F1 ZVN (120-220)	3819	4081	3640	11070
F2 ZVN Organico (120-220)	2915	4007	2772	8888
F1 (140-280)	4560	4054	4220	11228
Organico (180-350)			3728	10580
Convenzionale (180-350)	-	-	5054	11228
Basso input (90-180)	-29%	0%	-	-
F1 ZVN (120-220)	-16%	1%	-28%	-1%
F2 ZVN Organico (120-220)	-36%	-1%	-45%	-21%
F1 (140-280)	<i>riferimento</i>	<i>riferimento</i>	-17%	0%
Organico (180-350)			-26%	-6%
Convenzionale (180-350)	-	-	<i>riferimento</i>	<i>riferimento</i>



Aree campione di collina

In ambiente collinare, la presenza di altri fattori di stress, attribuiti principalmente ad una maggiore vulnerabilità al deficit idrico dei sistemi colturali asciutti, su terreni di minore potenza rispetto alla pianura, ha ridotto il calo di resa atteso dalla applicazione dei disciplinari F1 F2 e ZVN rispetto al sistema colturale convenzionale preso come riferimento. Nel caso del mais, sono state osservate differenze significative rispetto al sistema colturale convenzionale solamente nel caso in cui si optasse per l'uso di fertilizzanti organici con i limiti imposti dalle ZVN (-21%). In tutti gli altri casi invece, le differenze rispetto alle dosi di riferimento sono risultate trascurabili. Questo risultato è stato attribuito alla bassa potenzialità produttiva della coltura in regime asciutto, anche con concimazione convenzionale.

8.3. Bilancio idrico e inquinamento da nitrati

Le perdite di nitrati, in valore assoluto, sono state contenute entro valori compresi tra 20 e 52 kg ha⁻¹ N per il frumento e tra 26 e 66 kg ha⁻¹ N per il mais (Tabella 28). I valori più alti sono stati riscontrati nell'avvicendamento colturale con concime organico in pianura, i valori più bassi nel sistema colturale denominato "basso input".

In collina, l'adozione di dosi di azoto superiori a quanto previsto dalla misura F1 è poco probabile anche nel sistema colturale convenzionale di riferimento, per entrambe le colture prese in esame. L'adozione di tecniche colturali basate sulla riduzione della concimazione portano mediamente ad riduzione delle perdite di azoto del 9% in biologico F1 ZVN, del 20% di F1 ZVN e del 29% nel basso input, considerando l'avvicendamento frumento duro-mais. Il sistema colturale compatibile con il metodo biologico è risultato meno conservativo rispetto al sistema convenzionale. Questo risultato è imputabile principalmente alle maggiori perdite di azoto durante il ciclo colturale del mais che si verificano prevalentemente, se non esclusivamente, nel periodo di autunnale, durante il quale i nitrati rilasciati in seguito alla mineralizzazione dalla sostanza organica interrata in estate e in assenza di colture in grado di assorbirli, sono suscettibili di lisciviazione in presenza di surplus idrico. Le perdite simulate durante il ciclo colturale del frumento sono in genere più ridotte poiché l'azoto organico mineralizzato, almeno in parte, viene assorbito dalla coltura durante il normale ciclo colturale, che segue di poche settimane l'interramento dei residui della coltura primaverile – estiva.

In pianura, il passaggio da un sistema colturale basato su tecniche convenzionali di concimazione a uno compatibile con i disciplinari F1 ZVN previsto dal PSR, ha determinato un calo delle perdite di azoto del 45%, mentre, considerando i disciplinari compatibili con l'agricoltura biologica (F2) in ZVN, sono state osservate riduzioni delle perdite di azoto del 17%, meno di quanto atteso dall'applicazione della misura F1 con concime minerale, in cui le perdite di azoto erano state ridotte del 26%, per le stesse ragioni esposte relativamente all'ambiente collinare.

Le concentrazioni medie di nitrati nel deflusso osservate dalle simulazioni effettuate negli esempi riportati da Tabella 29 a Tabella 34, seguono l'andamento descritto per le perdite assolute di azoto, pur se con andamenti altalenanti nel corso degli anni in funzione dell'andamento meteorico. Le più alte concentrazioni di nitrati sono state simulate per il sistema colturale convenzionale di pianura (Tabella 29) e non si discostano da quanto simulato per il sistema colturale biologico alle medesime dosi azoto (Tabella 30). È stata però osservata una differenza nella distribuzione delle perdite nel tempo, in quanto il sistema colturale biologico ha fatto registrare perdite maggiori nei primi anni della simulazione a causa di un andamento climatico caratterizzato da piogge maggiormente concentrate nel periodo autunnale, in cui è elevata la concentrazione di ione nitrico nel suolo per effetto della mineralizzazione della sostanza organica.



Nonostante la riduzione di dosi di azoto prevista dalle misure F1 e F2 ZVN, la concentrazione di ione nitrico nel deflusso è risultata quasi sempre superiore al limite di 50 mg L^{-1} , sia in mais che in frumento. Il sistema colturale con dosi di azoto di 90 e 180 kg ha^{-1} rispettivamente per frumento e mais, aveva concentrazioni di nitrati inferiori al limite di 50 mg L^{-1} solamente negli anni in cui era presente frumento. Ha fatto eccezione l'annata 2004-05, caratterizzata da elevate perdite in gennaio per effetto di elevate precipitazioni in un periodo in cui le plantule di frumento non era ancora in grado di assorbire elevate quantità di azoto. La riduzione della rese in mais, e del suo corrispondente minore assorbimento di azoto, hanno favorito il superamento della soglia di concentrazione di nitrati sopra il limite di 50 mg L^{-1} anche con l'applicazione dei disciplinari a ridotta concimazione azotata.

Tabella 28 – Quantificazione dell'azoto medio lisciviato ($\text{kg ha}^{-1} \text{ N}$) e riduzione percentuale rispetto al valore di riferimento per l'avvicendamento colturale frumento duro – mais, in base ai disciplinari del PSR per i siti di pianura e collina. Il mais in pianura è in irriguo. Medie di 8 anni di avvicendamento frumento duro-mais.

Sistema colturale o misura PSR ($\text{kg ha}^{-1} \text{ N}$)	Collina		Pianura		Media avvicendamento	
	F	M	F	M	Collina	Pianura
Basso input (90-180)	20	26	-	-	23	-
F1 ZVN (120-220)	24	28	28	34	26	31
F2 ZVN (120-220)	26	33	35	59	30	47
F1 (140-280)	30	35	39	45	33	42
F2 (180-350)	-	-	42	66	-	54
Convenzionale (180-350)	-	-	52	61	-	57
Basso input (90-180)	-33%	-26%	-	-	-29%	-
F1 ZVN (120-220)	-20%	-20%	-46%	-44%	-20%	-45%
F2 ZVN (120-220)	-13%	-6%	-33%	-3%	-9%	-17%
F1 (140-280)	riferimento	riferimento	-25%	-26%	riferimento	-26%
F2 (180-350)	-	-	-19%	8%	-	-4%
Convenzionale (180-350)	-	-	riferimento	riferimento	-	riferimento

Le perdite di azoto più elevate sono state osservate nel periodo autunno-invernale, che corrisponde al periodo in cui il suolo è prevalentemente scoperto da vegetazione (Figura 12, Figura 13 e Figura 14). Questa condizione si presenta per lunghi periodi in particolare tra la raccolta del frumento e l'insediamento del mais e riflette una condizione molto comune agli avvicendamenti cerealicolo-industriali della regione. Durante il ciclo colturale del mais, le perdite di azoto risultano molto contenute, sia per la scarsità di precipitazioni nel periodo estivo, sia per il forte assorbimento di nutrienti di questa coltura nel periodo di pieno sviluppo.

Le perdite di azoto durante il ciclo colturale del frumento duro sono concentrate nel periodo iniziale di insediamento della coltura, quando l'assorbimento di acqua e nutrienti della coltura è contenuto e in corrispondenza di eventi meteorici elevanti successivi alla concimazione.

Un fattore chiave per la riduzione delle perdite di nitrati in questo sistema colturale non può quindi prescindere quindi dal contenimento delle perdite di azoto causate dal naturale rilascio di azoto dalla mineralizzazione della sostanza organica nel periodo in cui le colture non sono in grado di assorbirlo e quindi immobilizzarlo. Ciò vale in particolare nei terreni più fertili o in sistemi colturali biologici, nei quali la concimazione è affidata esclusivamente all'apporto di sostanza organica, la cui mineralizzazione è controllata da processi naturali. Ciò spiega anche i risultati ottenuti con le simulazioni.



Tabella 29 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento ordinario di pianura (frumento duro e mais irriguo con concimazioni azotate rispettivamente di 180 e 350 kg ha⁻¹)

<i>Variabile</i>	<i>1998-99</i>	<i>1999-00</i>	<i>2000-01</i>	<i>2001-02</i>	<i>2002-03</i>	<i>2003-04</i>	<i>2004-05</i>	<i>2005-06</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>media</i>	<i>CV</i>
Coltura	F	M	F	M	F	M	F	M				
Precipitazione	789	930	663	722	565	712	775	1025	698	847	773	19%
Irrigazione	0	255	0	217	0	281	0	254	0	252	252*	10%*
Evapotraspirazione	536	982	567	822	475	813	526	870	526	872	699	28%
Surplus idrico	378	200	72	112	157	143	246	407	213	216	214	57%
kg ha⁻¹ N-NO₃⁻ lisciviati	25	41	22	35	48	61	114	108	52	61	57	63%
conc NO₃⁻ mg L⁻¹	29	91	135	138	135	189	205	118	109	126	117	42%

* Sono considerate le annate con irrigazioni

F= frumento; M=mais

Tabella 30 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento biologico di pianura (frumento duro e mais irriguo con concimazioni azotate rispettivamente di 180 e 350 kg ha⁻¹)

<i>Variabile</i>	<i>1998-99</i>	<i>1999-00</i>	<i>2000-01</i>	<i>2001-02</i>	<i>2002-03</i>	<i>2003-04</i>	<i>2004-05</i>	<i>2005-06</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>media</i>	<i>CV</i>
Coltura	F	M	F	M	F	M	F	M				
Precipitazione	789	930	663	722	565	712	775	1025	698	847	773	19%
Irrigazione	0	255	0	217	0	281	0	254	0	252	252*	10%*
Evapotraspirazione	536	982	567	822	475	813	526	870	526	872	699	28%
Surplus idrico	378	200	72	112	157	143	246	407	213	216	214	57%
kg ha⁻¹ N-NO₃⁻ lisciviati	50	76	25	34	36	37	57	117	42	66	54	56%
conc NO₃⁻ mg L⁻¹	59	168	154	134	102	115	103	127	87	135	112	28%

* Sono considerate le annate con irrigazioni

F= frumento; M=mais



Tabella 31 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento F1 di pianura (frumento duro e mais irriguo con concimazioni azotate rispettivamente di 140 e 280 kg ha⁻¹)

<i>Variabile</i>	<i>1998-99</i>	<i>1999-00</i>	<i>2000-01</i>	<i>2001-02</i>	<i>2002-03</i>	<i>2003-04</i>	<i>2004-05</i>	<i>2005-06</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>media</i>	<i>CV</i>
Coltura	F	M	F	M	F	M	F	M				
Precipitazione	789	930	663	722	565	712	775	1025	698	847	773	19%
Irrigazione	0	255	0	217	0	281	0	254	0	252	252*	10%*
Evapotraspirazione	536	982	567	822	475	813	526	870	526	872	699	28%
Surplus idrico	378	200	72	112	157	143	246	407	213	216	214	57%
kg ha⁻¹ N-NO₃⁻ lisciviati	25	40	18	29	35	41	77	70	39	45	42	50%
conc NO₃⁻ mg L⁻¹	29	89	111	115	99	127	139	76	80	92	86	40%

* Sono considerate le annate con irrigazioni

F= frumento; M=mais

Tabella 32 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento F1 di collina (frumento duro e mais in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 140 e 280 kg ha⁻¹)

<i>Variabile</i>	<i>1998-99</i>	<i>1999-00</i>	<i>2000-01</i>	<i>2001-02</i>	<i>2002-03</i>	<i>2003-04</i>	<i>2004-05</i>	<i>2005-06</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>media</i>	<i>CV</i>
Coltura	F	M	F	M	F	M	F	M				
Precipitazione	789	930	663	722	565	712	775	1025	698	847	773	19%
Evapotraspirazione	513	741	540	695	424	620	489	669	492	681	576	19%
Surplus idrico	369	231	69	70	131	111	240	408	202	205	204	65%
kg ha⁻¹ N-NO₃⁻ lisciviati	22	39	6	12	18	26	73	66	30	35	33	76%
conc NO₃⁻ mg L⁻¹	26	75	39	76	61	104	135	72	65	77	71	48%

F= frumento; M=mais



Tabella 33 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento F1 ZVN di collina (frumento duro e mais in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 120 e 220 kg ha⁻¹)

<i>Variabile</i>	<i>1998-99</i>	<i>1999-00</i>	<i>2000-01</i>	<i>2001-02</i>	<i>2002-03</i>	<i>2003-04</i>	<i>2004-05</i>	<i>2005-06</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>media</i>	<i>CV</i>
Coltura	F	M	F	M	F	M	F	M				
Precipitazione	789	930	663	722	565	712	775	1025	698	847	773	19%
Evapotraspirazione	513	741	540	695	424	620	489	669	492	681	576	19%
Surplus idrico	369	231	69	70	131	111	240	408	202	205	204	65%
kg ha⁻¹ N-NO₃⁻ lisciviati	28	41	8	10	11	19	56	61	26	33	29	72%
conc NO₃⁻ mg L⁻¹	34	79	51	63	37	76	103	66	56	71	64	36%

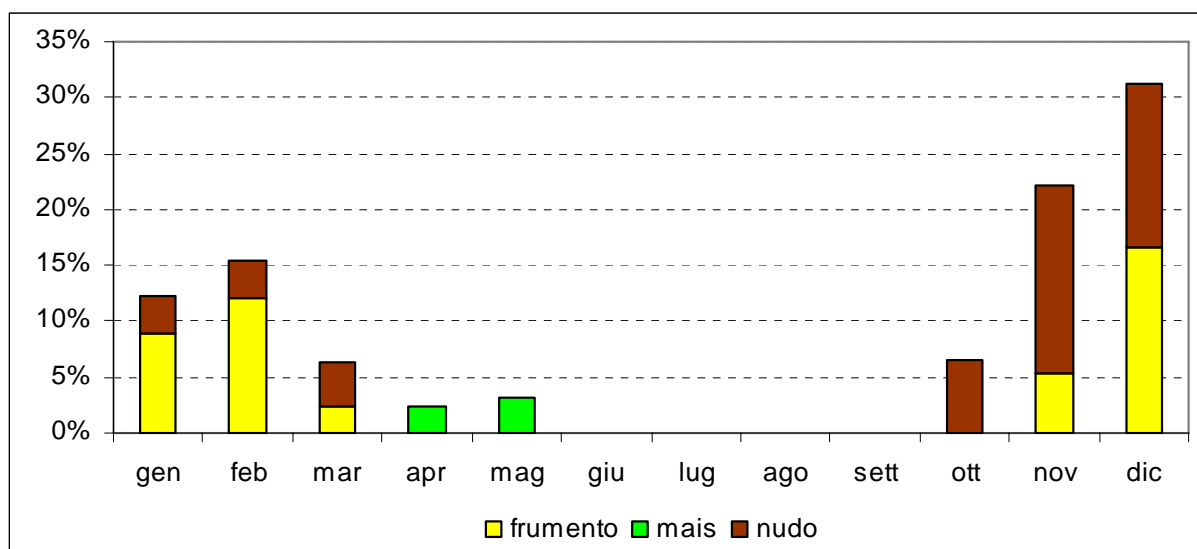
F= frumento; M=mais

Tabella 34 - Bilancio idrico e azoto lisciviato annate agrarie 1998-99 – 2005-06 avvicendamento basso input (frumento duro-mais in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 90 e 180 kg ha⁻¹)

<i>Variabile</i>	<i>1998-99</i>	<i>1999-00</i>	<i>2000-01</i>	<i>2001-02</i>	<i>2002-03</i>	<i>2003-04</i>	<i>2004-05</i>	<i>2005-06</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>media</i>	<i>CV</i>
Coltura	F	M	F	M	F	M	F	M				
Precipitazione	789	930	663	722	565	712	775	1025	698	847	773	19%
Evapotraspirazione	509	738	538	693	423	617	489	671	490	680	585	19%
Surplus idrico	368	238	70	76	125	117	240	408	201	210	205	64%
kg ha⁻¹ N-NO₃⁻ lisciviati	22	36	5	10	7	17	44	39	20	26	23	68%
conc NO₃⁻ mg L⁻¹	26	67	32	58	25	64	81	42	41	58	49	43%

F= frumento; M=mais

Figura 12 - Percentuali mensili di azoto lisciviato per frumento duro, mais e suolo nudo nel sistema colturale in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 140 e 280 kg ha⁻¹.



La sola riduzione delle dosi di concime azotate permette di agire solo su una delle cause dirette di perdite di nitrati e quindi di inquinamento, quella cioè dei casi in cui si verificano surplus idrici dopo la concimazione in pre-semina o entro 3-4 settimane dalla somministrazione del concime in copertura. Da questo punto di vista occorre ricordare, come specificato meglio nella relazione 4-III-RF, che la modalità di somministrazione del concime per le simulazioni è stata programmata esclusivamente in copertura per il frumento e tutta alla semina per il mais. Tuttavia, la massima vulnerabilità alla lisciviazione appare legata quasi esclusivamente ai periodi nei quali non era prevista la distribuzione di concimi minerali ed è quindi da ricondurre alla disponibilità di nitrati in forma libera nel terreno per assenza di copertura vegetale in fase di attivo assorbimento. Queste considerazioni valgono in particolare per la specifica situazione dell'ambiente delle Marche, caratterizzato da terreni con elevata capacità di ritenzione idrica e pertanto poco suscettibili di lisciviazione in primavera-estate, anche in annate relativamente piovose. In ambienti caratterizzati da suoli molto sabbiosi e con elevata piovosità, le perdite di nitrati potrebbero invece essere più direttamente correlate alla dose di concime applicata, anche per il fatto che la disponibilità idrica porta a dimensionare le dosi per un maggiore potenziale produttivo e per controbilanciare le perdite, come avviene nel nord Europa o in alcune regioni del Nord Italia. Nelle Marche invece, occorre agire soprattutto sull'avvicendamento colturale, cercando di garantire la massima presenza di copertura vegetale in attivo accrescimento nei periodi più critici per la lisciviazione.



Figura 13 - Concentrazioni medie mensili di azoto (NO_3^- mg L^{-1}) nelle acque di percolazione per frumento duro, mais e suolo nudo nel sistema culturale in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 140 e 280 kg ha^{-1}

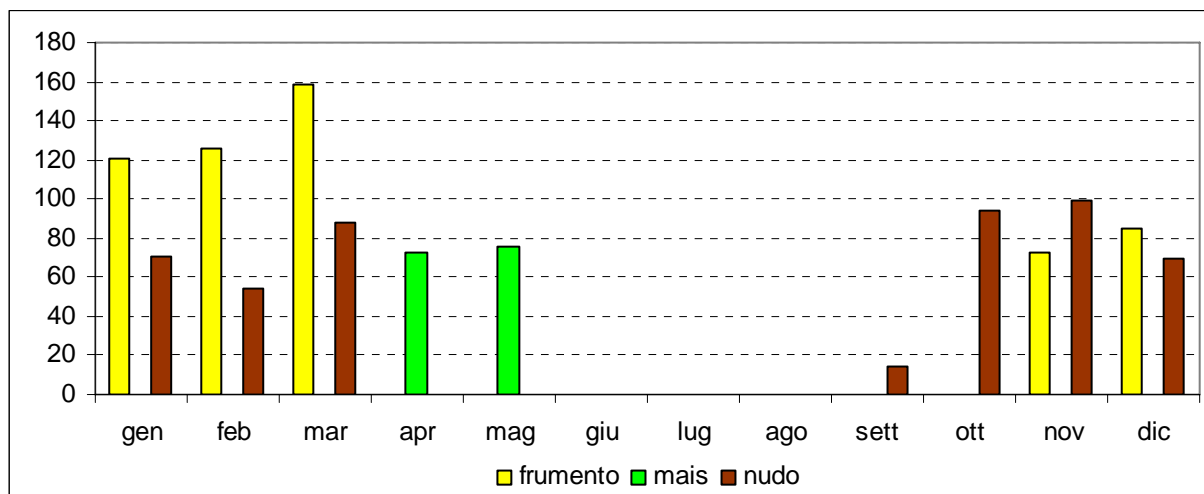
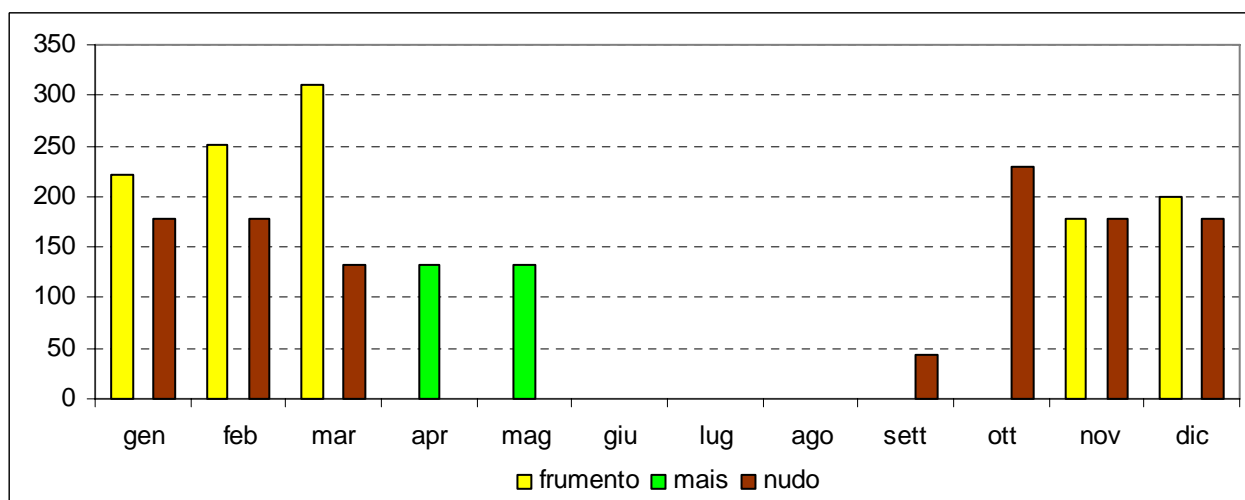


Figura 14 - Picchi di concentrazioni massime di azoto (NO_3^- mg L^{-1}) nelle acque di percolazione per frumento duro, mais e suolo nudo nel sistema culturale in asciutto con concimazioni azotate rispettivamente di 140 e 280 kg ha^{-1}





9. Impatto delle misure agroambientali sulla fertilità del suolo

9.1. Metodologia

Al fine di valutare la fertilità del suolo nei sistemi colturali è molto importante poter descrivere la dinamica dei cicli del carbonio (C) e dell'azoto (N) in relazione al clima, alle caratteristiche delle colture e alla gestione agronomica. I processi di trasformazione e trasporto di C e N hanno conseguenze agronomiche ed ambientali diverse al variare della scala temporale. Nel breve termine (settimane o mesi), essi influenzano la disponibilità di azoto minerale nel suolo; ciò a sua volta influenza le perdite di azoto per lisciviazione o denitrificazione e le asportazioni di azoto da parte delle colture, che rappresentano un importante elemento di qualità del prodotto raccolto. A lungo termine (anni o decenni), il prevalere di processi di accumulo di sostanza organica nel suolo ha un impatto positivo sulla sua fertilità (struttura, ritenzione idrica, possibilità di fornire azoto alle colture) e sul suo ruolo come agente di sequestro del carbonio, che si inserisce nell'ambito della più generale problematica della dinamica della concentrazione di anidride carbonica in atmosfera e delle strategie di mitigazione delle emissioni di CO₂. L'opposto si verifica se sono i processi di decomposizione a prevalere (Bechini, 2006).

La sostanza organica del suolo (SOM), elemento centrale nel ciclo del C, è un complesso di frazioni caratterizzate da proprietà fisiche, composizione chimica, accessibilità ai microrganismi e tempi di turnover diversi tra loro ed è in grado di influenzare tutte le funzioni del terreno.

Uno dei caratteri fondamentali di tutti gli approcci utilizzati in ambito agronomico per la rappresentazione della dinamica del carbonio (C) e dell'azoto (N) nel suolo è la loro suddivisione in diversi pool di sostanza organica e di azoto minerale (Molina e Smith, 1998). Un pool è definibile (Smith et al., 2002) come "un compartimento che contiene materiali chimicamente indistinguibili e ugualmente accessibili alle piante o alla popolazione microbica del suolo". La sostanza organica del terreno e quella aggiunta con residui colturali o fertilizzanti organici sono assegnate ad uno o più pool, ognuno dei quali possiede specifiche proprietà (rapporto C/N, velocità di decomposizione, coefficienti di ripartizione dei flussi), che consentono di simularne dinamicamente la decomposizione. La minima configurazione adottabile (es. ICBM/N: Kätterer e Andrén, 2001; CropSyst: Stöckle et al., 2003) è quella che prevede un pool a lenta decomposizione, che rappresenta la sostanza organica stabile del suolo (humus), e un pool a rapida decomposizione, che rappresenta i materiali organici aggiunti (residui colturali, reflui zootecnici, radici, ecc.). Tale configurazione è espandibile, poiché sia l'humus sia i materiali aggiunti sono rappresentabili con più di un pool (Kätterer e Andrén, 2001; Molina e Smith, 1998; Wu e McGeachan, 1998). Esempi di tali modelli sono: CANTIS (Garnier et al., 2001 e 2003), che utilizza 4 pool per rappresentare i residui (materiali rapidamente decomponibili, cellulosa, emicellulosa, lignina) e 2 pool (uno solubile e uno umificato) per rappresentare la sostanza organica del terreno; CERES (Godwin e Jones, 1991), che divide i materiali aggiunti in 3 pool (carboidrati, cellulosa, lignina); NCSOIL (Molina et al., 1983), che, in più rispetto a CERES, suddivide anche la sostanza organica del terreno in biomassa microbica, umati e humus passivo; SUNDIAL (Bradbury et al., 1993), che prevede 2 pool per i materiali aggiunti e 2 per il terreno; CENTURY (Parton et al., 1986), che usa 2 pool per i residui colturali (strutturale e metabolico) e 3 pool per la sostanza organica del suolo; e infine il modello sviluppato da Verberne et al. (1990), successivamente utilizzato come base per MOTOR (Whitmore et al., 1997), che utilizza 3 pool per rappresentare i materiali aggiunti (carboidrati e proteine, cellulosa ed emicellulosa, materiali strutturali lignificati) e 3 pool per rappresentare la sostanza organica del terreno (sostanza organica attiva protetta, sostanza organica attiva non protetta, sostanza organica inattiva). Il vantaggio di un approccio con più pool è quello di consentire



una migliore rappresentazione della realtà, suddividendo in componenti diverse i materiali non sufficientemente omogenei.

In generale, i processi relativi alle componenti organiche sono governati dai flussi di carbonio, che avvengono, per la decomposizione, a partire dai pool più labili verso i pool più stabili, con contestuale perdita più o meno rilevante di C sotto forma di emissione di CO₂ in atmosfera. I flussi di azoto dipendono dai corrispondenti flussi di carbonio, dall'efficienza microbica nell'uso del carbonio e dai rapporti C/N dei pool implicati (Molina e Smith, 1998).

Il processo di decomposizione del carbonio può quindi essere associato alla immobilizzazione dell'azoto minerale da parte della microflora edafica, al fine di soddisfare elevate richieste di N del pool di destinazione. Questa condizione si può facilmente verificare poiché in diversi casi il rapporto C/N dei pool labili (es. paglie: C/N uguali o superiori a 25) è maggiore del rapporto C/N dei pool stabili (circa uguale a 10) o del pool di biomassa microbica (6 - 10). Il pool stabile di humus è generalmente l'ultima destinazione del carbonio e dell'azoto organico, quindi la decomposizione di questo pool produce normalmente solo CO₂ ed NH₄⁺, anche se alcuni modelli prevedono flussi di ricircolo verso la biomassa microbica (es. Abrahmsen e Hansen, 2000; Garnier et al., 2003).

Il modello utilizzato per le simulazioni sugli effetti delle misure agroambientali sulla fertilità del suolo è la versione 4.02 di DSSAT, che ha incorporato il modulo Century SOM adatto allo studio degli andamenti a lungo termine della sostanza organica in sistemi colturali a basso livello di input (Gijssman et al., 2002). È stato scelto il modulo Century per lo studio dinamica del carbonio e la gestione dei residui colturali perché è tra i moduli più evoluti e dettagliati in questo campo, in quanto utilizza 2 pool per i residui colturali (strutturale e metabolico) e 3 pool per la sostanza organica del suolo: SOM1 SOM2 e SOM3 in base alla velocità di *turnover* del C:

- o SOM1: *pool* attivo, costituito essenzialmente dalla biomassa microbica, di solito quantitativamente poco rilevante ma soggetto a forti dinamiche stagionali;
- SOM2: *pool* intermedio, che subisce modifiche in un arco temporale di medio termine (1-10 anni);
- SOM3: *pool* stabile, rappresentato dalle frazioni umiche più difficilmente mineralizzabili dalla microflora del terreno.

Per la valutazione dell'impatto delle misure agroambientali sulla dinamica di medio e lungo termine della sostanza organica, è stato necessario effettuare una fase di inizializzazione del modello, per garantire la corretta gestione della dinamica dei diversi *pool* di sostanza organica del suolo.

La corretta ripartizione della sostanza organica del suolo nei tre *pool* è importante ai fini della affidabilità della simulazione della dinamica della fertilità del suolo. I tre *pool* non sono quantificabili analiticamente, in quanto sono rappresentati ciascuno da un complesso di diverse frazioni con caratteristiche fisiche (es. dimensioni) e chimiche (complessità molecolare) troppo diversificato, anche se funzionalmente simile, per poter essere identificate e quantificate con analisi di laboratorio convenzionali. La fase di inizializzazione consiste nella simulazione di lungo periodo (50 o 100 anni) a partire dal valore di *default* proposto dal modello e sulla base di una serie di parametri pedo-climatici e di gestione agronomica specifici per le condizioni ambientali oggetto di studio, e nel considerare il risultato finale della inizializzazione come input iniziale per la simulazione vera e propria.

Nel caso specifico, la calibrazione è stata effettuata per le condizioni pedo-climatiche delle aree campione di collina e di pianura. Le classi di tessitura dei suoli oggetto di studio rientravano in due principali categorie (argilloso e limoso argilloso) per i suoli di collina e tre categorie per i suoli di pianura (Franco, Franco limoso e franco limoso argilloso). La fase di inizializzazione è stata condotta simulando un avvicendamento colturale mais-frumento duro con una gestione della



fertilizzazione basata su tecniche convenzionali per un intervallo di tempo di cinquanta anni. I dati di riferimento sono stati rilevati sulla base di indagini condotte attraverso interviste agli agricoltori della zona e degli archivi delle foto aeree rilevati presso il servizio cartografico della regione Marche, dalle quali è risultato che i terreni delle aree campione utilizzati ai fini delle simulazioni sono stati utilizzati come seminativo da oltre 50 anni.

Le necessarie approssimazioni dovute alle lacune di dati sull'uso del suolo degli ultimi cinquanta anni sono state giudicate accettabili, tenendo conto anche di quanto rilevato per i sistemi colturali cerealicoli in altre aree collinari delle Marche (Roggero e Toderi, 2002).

Tabella 35 – Parametri di *default* del modello DSSAT per le tre frazioni % di sostanza organica, in funzione della tessitura del suolo e della profondità del terreno.

<i>Tessitura terreno</i>	<i>Profondità</i>	<i>SOM1</i>	<i>SOM2</i>	<i>SOM3</i>
Limoso argilloso	0-30 cm	3	38	59
	>30 cm	1	22	77
Argilloso	0-30 cm	2	34	64
	>30 cm	1	17	82
Franco Limoso argilloso	0-30 cm	3	40	57
	>30 cm	1	21	78
Franco Argilloso	0-30 cm	2	34	64
	>30 cm	1	17	82
Franco	0-30 cm	3	44	53
	>30 cm	1	19	80

Tabella 36 – Livelli di concimazione azotata adottata nelle zone collinari e di pianura per la inizializzazione del modulo di simulazione del carbonio nel suolo con il modello DSSAT

<i>Area</i>	<i>Lavorazione</i>	<i>Frumento duro</i> <i>kg N ha⁻¹</i>	<i>Mais</i> <i>kg N ha⁻¹</i>
Collina	tradizionale	140	140
Pianura	tradizionale	180	250*

* mais irriguo

Tabella 37 – Parametri utilizzati per le tre frazioni di sostanza organica considerati dal modello DSSAT, in funzione della tessitura del suolo e della profondità del terreno per il sito di collina.

<i>Tessitura terreno</i>	<i>Profondità</i>	<i>SOM1</i>	<i>SOM2</i>	<i>SOM3</i>
Limoso argilloso	0-30 cm	3	63	34
	>30 cm	1	9	90
Argilloso	0-30 cm	2	63	35
	>30 cm	1	9	90



Tabella 38 – Parametri utilizzati per le tre frazioni di sostanza organica considerate dal modello DSSAT, in funzione della tessitura del suolo e della profondità del terreno per il sito di pianura.

<i>Tessitura terreno</i>	<i>Profondità</i>	<i>SOM1</i>	<i>SOM2</i>	<i>SOM3</i>
Franco Limoso argilloso	0-30 cm	3	80	17
	>30 cm	1	9	90
Franco Argilloso	0-30 cm	2	80	18
	>30 cm	1	9	90
Franco	0-30 cm	3	80	17
	>30 cm	1	9	90

I risultati delle simulazioni della dinamica delle frazioni SOM1 e SOM3 indicano, come atteso, una sostanziale stabilità di questi due pool nel cinquantennio in entrambi i siti. Le frazioni SOM2 hanno mostrato tendenze all'aumento rispetto al valore medio di partenza (38%) negli orizzonti superficiali e si sono stabilizzati dopo cinquanta anni di simulazione su 63% nel sito di collina e 80% nel sito di pianura. La medesima calibrazione è stata ripetuta anche per gli orizzonti più profondi dei diversi profili di suolo considerati. La maggiore percentuale di SOM2 ottenuta nei terreni di pianura, insieme ad un più alto contenuto di carbonio nel suolo, indicano una maggiore fertilità dei suoli rispetto ai suoli di collina.

9.2. Risultati

I risultati delle simulazioni indicano chiaramente che la dinamica della sostanza organica nell'orizzonte superficiale (0-30 cm) di suolo è influenzata in maniera significativa dalla tipologia di fertilizzazione (organica vs minerale) e dalle dosi di fertilizzante, in tutte le situazioni oggetto di studio (Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18). Tuttavia, occorre considerare che le variazioni incominciano ad essere significative dal punto di vista statistico e agronomico solo dopo almeno 5-10 di anni di cambiamento di uso del suolo, a seconda delle situazioni, anche per la tipica variazione del contenuto di C organico nello spazio, che caratterizza normalmente tutti i terreni agricoli. Pertanto, l'impatto dell'applicazione di strategie di fertilizzazione, anche se molto differenziate tra loro, può essere valutato compiutamente solamente attraverso sperimentazioni in campo di lunga durata (20-30 anni) o stimato con strumenti di simulazione come quello impiegato per questo lavoro.

L'impatto dell'applicazione delle misure agroambientali, applicate per un periodo relativamente breve (5 anni) rispetto alle dinamiche di medio lungo termine del ciclo della C organico nel suolo, non è praticamente misurabile, se non in termini di tendenza.

Le figure riportano i risultati delle simulazioni per l'area campione di pianura (Figura 15 e Figura 16) e per quella di collina (Figura 17 e Figura 18), con unità di misura assolute (kg ha^{-1} di C organico) o relative (% di C organico). Al fine di rendere più facile il confronto tra le dosi e considerando le piccole variazioni indotte da una forte differenziazione delle dosi di fertilizzazione, si è scelto di considerare, per entrambe le aree campione, i livelli di fertilizzazione corrispondenti alle dosi massime di riferimento per la pianura (180 kg ha^{-1} di N per il frumento duro e 350 kg ha^{-1} di N per il mais, verso i livelli di azoto previsti per le aree vulnerabili (120 e 220 kg ha^{-1} di N rispettivamente per frumento duro e mais).

I risultati mostrano un netto effetto di aumento del contenuto di C organico nel suolo con l'impiego di fertilizzante organico rispetto a quello minerale, a parità di unità di fertilizzante azotato distribuite. La dose di fertilizzante organico è risultata proporzionale al "sink" di carbonio organico



nel suolo: l'incremento della dose da 120-220 a 180-350 unità di azoto nell'avvicendamento frumento-mais ha portato ad un aumento del sink di C organico nel suolo di oltre $+1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ giorno}^{-1}$ in entrambe le aree campione, con tassi assoluti di sink del C organico superiori in collina ($+2 - +3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ giorno}^{-1}$ rispettivamente per 120-220 e 180-350) rispetto alla pianura ($+1 - +2 \text{ kg ha}^{-1}$ rispettivamente pr 120-220 e 180-350).

Nell'intervallo temporale considerato (15 anni), gli effetti dell'aumento delle dosi di fertilizzante minerale sono stati opposti nei due siti. Nel sito di collina, dove il contenuto iniziale di C organico era molto basso (0,75%) è stato osservato un lieve incremento di C-sink, proporzionale all'aumento della dose di concime: un incremento di dose di concime minerale da 120-220 a 180-350 porterebbe ad un lieve incremento del "C-sink" nel suolo ($+0,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ giorno}^{-1}$). In pianura, dove il contenuto iniziale di C organico nel suolo era relativamente elevato (0,96%), la concimazione minerale porterebbe ad un lieve calo del C organico nel suolo rispetto alla situazione attuale, e quindi ad un rilascio di C per mineralizzazione, inversamente proporzionale alla dose di N, quindi più elevato ($-0,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ giorno}^{-1}$) con dosi di N compatibili con le ZVN e più basso ($-0,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ giorno}^{-1}$) con le dosi convenzionali di riferimento.

Questo andamento riflette la maggiore fertilità iniziale dei suoli di pianura, dove è presente un allevamento zootecnico e quindi vi è stata negli anni una certa restituzione di nutrienti sotto forma di letame, rispetto ai suoli di pianura. La sola concimazione minerale, nelle condizioni di pianura, porterebbe ad un impoverimento lento ma progressivo del contenuto di sostanza organica, che potrebbe essere mantenuto in equilibrio, per esempio, con un anno di fertilizzazione organica ogni 2-3 anni di concimazione minerale. In collina invece, dove la situazione attuale è già particolarmente critica per il basso contenuto di sostanza organica del suolo, l'effetto della conversione del sistema colturale alla fertilizzazione organica avrebbe effetti più rapidi e efficaci, con incrementi annuali di "C-sink" alle dosi "ZVN" da 6 a 7 volte maggiori con la fertilizzazione organica rispetto alla concimazione minerale. Ciò significa che 1 anno di concimazione organica a dosi "ZVN" avrebbe effetti di miglioramento del contenuto di sostanza organica 20 volte superiori rispetto all'incremento di dose di concime minerale da 120-220 a 180-350.

In definitiva, i risultati mettono in evidenza l'importanza strategica della riconversione in organico (es in agricoltura biologica) degli attuali sistemi di concimazione minerale di sistemi colturali cerealicoli basati sull'avvicendamento frumento-mais. Tuttavia, questa considerazione non può essere disgiunta dal fatto che la riconversione dello schema di concimazione comporta di fatto la riconversione di tutto il sistema aziendale, l'integrazione della cerealicoltura con le attività zootecniche e quindi anche una variazione degli avvicendamenti colturali. Sarebbero inoltre necessari ulteriori approfondimenti sul ruolo dei prati avvicendati nella dinamica del C organico nel suolo.



Figura 15 – Area campione di pianura. Impatto di diverse strategie di fertilizzazione sull'evoluzione del contenuto di C organico nel suolo espresso in kg ha^{-1} (orizzonte 0-30 cm) in un avvicendamento colturale frumento duro-mais. I numeri si riferiscono alle unità di N (kg ha^{-1} N) rispettivamente al frumento duro e al mais. Org = fertilizzazione con letame a dosi corrispondenti alle unità di azoto; min = concimazione minerale).

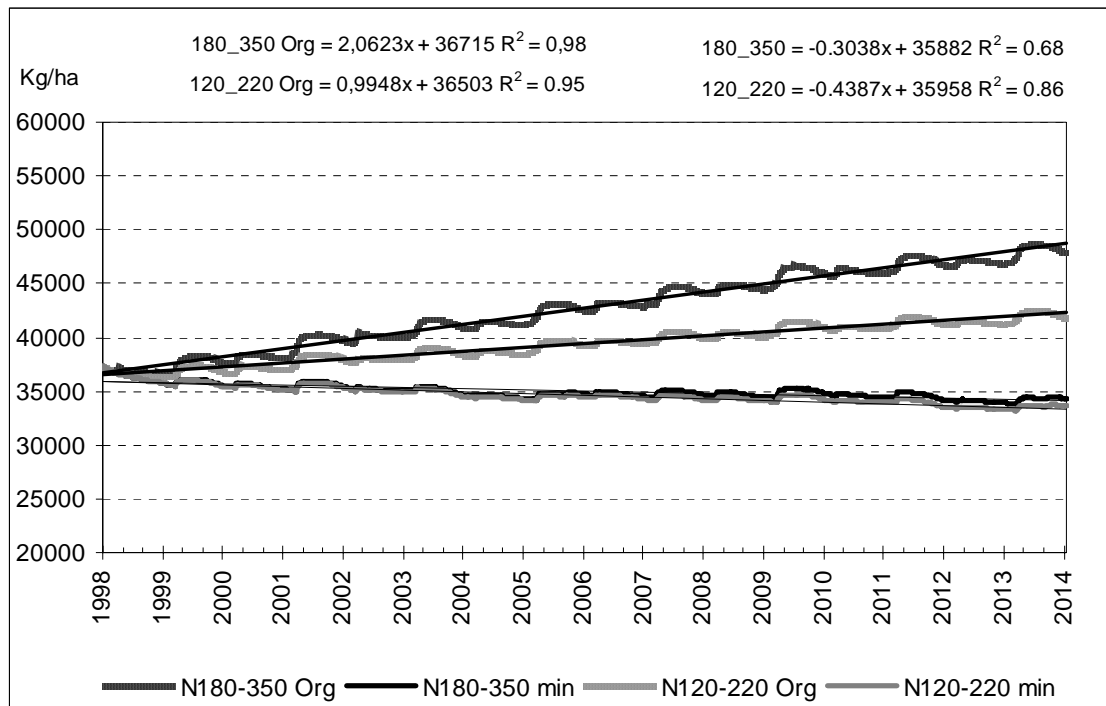


Figura 16 – Area campione di pianura. Impatto di diverse strategie di fertilizzazione sull'evoluzione del contenuto di C organico nel suolo espresso in % (orizzonte 0-30 cm) in un avvicendamento colturale frumento duro-mais. I numeri si riferiscono alle unità di N (kg ha^{-1} N) rispettivamente al frumento duro e al mais. Org = fertilizzazione con letame a dosi corrispondenti alle unità di azoto; min = concimazione minerale).

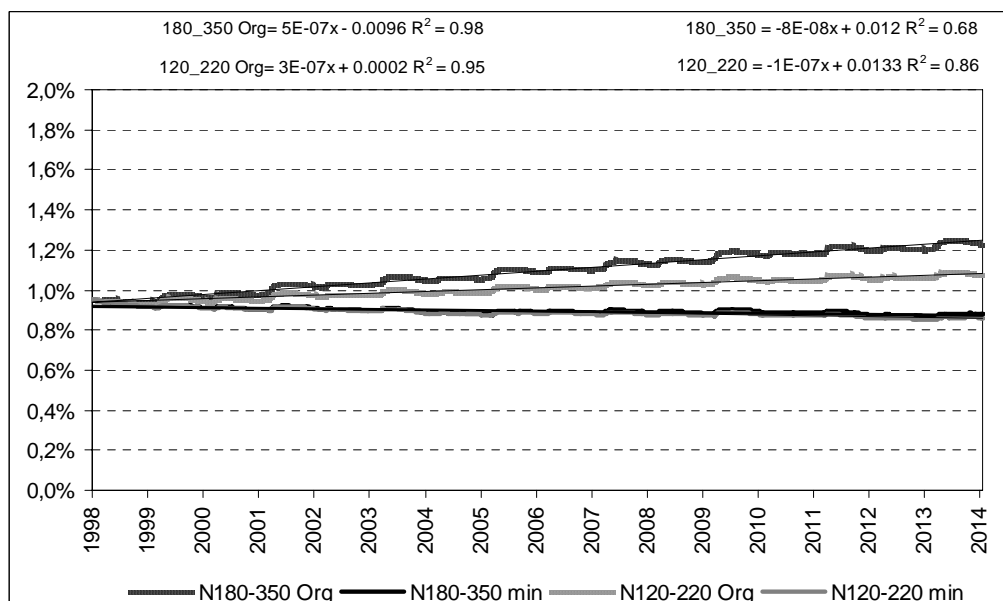




Figura 17 – Area campione di collina. Impatto di diverse strategie di fertilizzazione sull'evoluzione del contenuto di C organico nel suolo espresso in kg ha^{-1} (orizzonte 0-30 cm) in un avvicendamento colturale frumento duro-mais. I numeri si riferiscono alle unità di N (kg ha^{-1} N) rispettivamente al frumento duro e al mais. Org = fertilizzazione con letame a dosi corrispondenti alle unità di azoto; min = concimazione minerale).

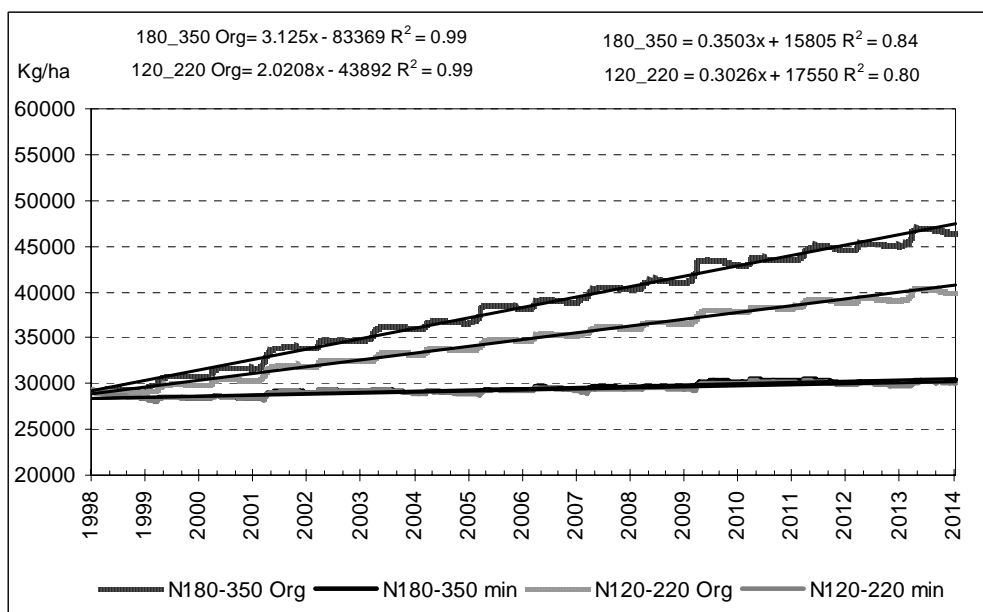
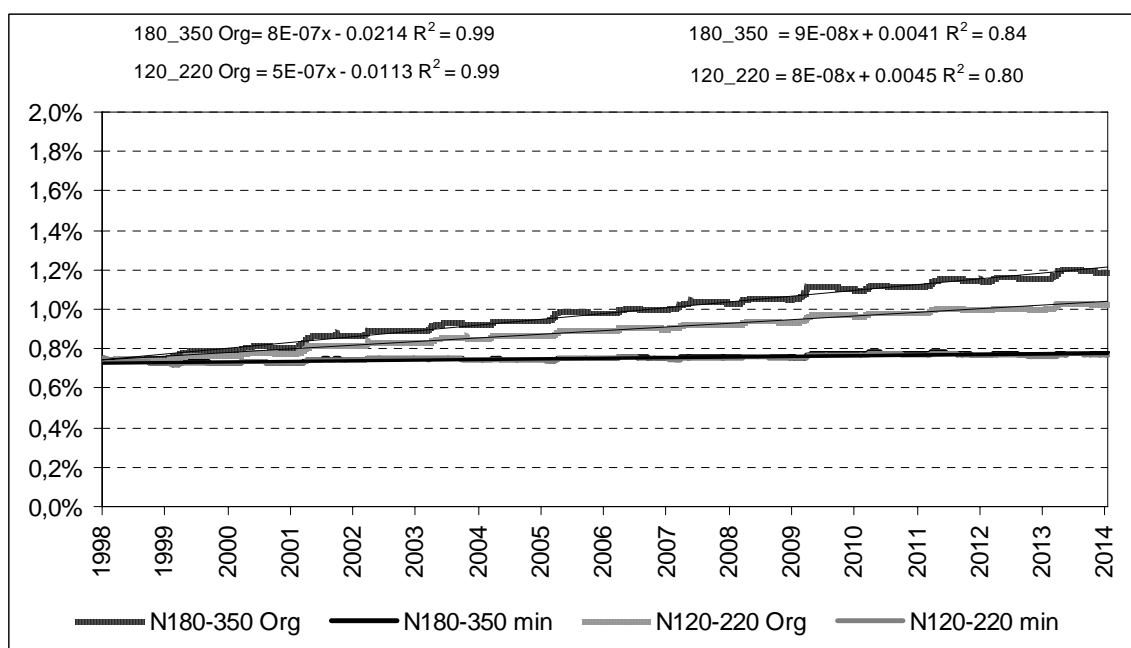


Figura 18 – Area campione di collina. Impatto di diverse strategie di fertilizzazione sull'evoluzione del contenuto di C organico nel suolo espresso in % (orizzonte 0-30 cm) in un avvicendamento colturale frumento duro-mais. I numeri si riferiscono alle unità di N (kg ha^{-1} N) rispettivamente al frumento duro e al mais. Org = fertilizzazione con letame a dosi corrispondenti alle unità di azoto; min = concimazione minerale).





10. Considerazioni conclusive e raccomandazioni

In questa relazione sono stati illustrati i risultati della fase finale della valutazione quantitativa dell'impatto delle misure agroambientali del PSR, limitatamente ad alcuni indicatori significativi dal punto di vista agro-ecologico e al periodo di monitoraggio in campo luglio 2007 – marzo 2008. Per ulteriori considerazioni e raccomandazioni sull'impatto delle politiche agroambientali regionali e sulle strategie di monitoraggio e valutazione si rimanda alla relazione di sintesi finale.

Al termine del lavoro di valutazione quantitativa, gli obiettivi prefissati si possono considerare raggiunti. L'analisi dell'impatto della adozione delle misure agroambientali del PSR sulle scelte di avvicendamento colturale avrebbe richiesto la disponibilità del *dataset* regionale contenente i dati sull'attuazione della PAC nella regione nel periodo 2000-06 e nei tre anni precedenti, in modo da poter comparare gli ordinamenti colturali delle aziende aderenti con quelli delle aziende che non hanno aderito alle misure agroambientali. In questo lavoro sono state infatti osservate alcune evidenze, in particolare nell'area campione di collina, sul fatto che l'adesione alla misura F2 sia stata associata ad un significativo cambiamento degli ordinamenti colturali, verso l'impiego di colture a basso livello di intensificazione e quindi atteso basso impatto ambientale. Tuttavia, i dati e le informazioni disponibili a scala regionale sono ancora oggi molto frammentari, anche per la molteplicità di fonti e la varietà di obiettivi per i quali vengono raccolti. Le fonti legate alle amministrazioni responsabili dell'erogazione di sussidi in agricoltura sono probabilmente quelle più accurate, almeno per il monitoraggio degli avvicendamenti colturali, e avrebbero potuto perciò rappresentare un elemento chiave delle valutazioni.

Si raccomanda pertanto, per il futuro, di impostare il programma di monitoraggio e valutazione in maniera da poter disporre di un sistema informativo dal quale poter estrarre rapidamente le serie temporali di dati relativi alle colture effettivamente praticate a scala di singola particella catastale, accompagnata, quando disponibili, da dati sulle caratteristiche fisiche di ciascuna particella. Questo strumento, oggi ancora assente in Regione, costituisce uno dei principali limiti alla efficace ed effettiva valutazione dell'impatto delle misure agroambientali a scala territoriale e rappresenterebbe un supporto fondamentale alla programmazione regionale in campo rurale.

- Le perdite di suolo nella collina marchigiana sono influenzate da diversi fattori, principalmente dall'orografia del terreno, dal tipo di copertura vegetale e sua distribuzione nello spazio, dall'intensità delle piogge nel periodo in cui il terreno è scoperto da vegetazione. Non sono ipotizzabili effetti diretti e a breve termine sull'erosione idrica dal cambiamento delle tecniche di fertilizzazione o distribuzione dei fitofarmaci in agricoltura, che costituivano uno dei principali elementi delle misure F1 e F2. Tra gli effetti indiretti attribuibili alle misure agroambientali sull'erosione del suolo vi sono quelli legati alla modifica degli avvicendamenti colturali indotti dall'adesione ai disciplinari, soprattutto quando questo ha comportato la sostituzione di colture caratterizzate da un basso livello di ricoprimento del suolo durante i mesi più piovosi, come le colture a ciclo primaverile-estivo, con prati avvicendati o colture legnose con inerbimento interfilare. I risultati della valutazione indicano che la diversificazione colturale dei pendii e l'incremento della superficie coltivata con colture a maggior grado di protezione del suolo, sono strade efficaci da percorrere per contenere l'erosione idrica entro limiti sostenibili. Interventi in questa direzione implicano un sostanziale cambiamento della logica di attuazione delle misure, spostando l'attenzione dalla singola unità colturale in un singolo anno, alla disposizione delle colture nello spazio e nel tempo all'interno dell'unità gestionale (azienda, bacino imbrifero ecc.), premiando le situazioni caratterizzate da un elevato ricoprimento medio



del suolo nel corso dell'anno e da una elevata diversificazione. I risultati delle simulazioni sull'erosione del suolo, da questo punto di vista, rappresentano un esempio di base informativa quantitativa che può essere impiegata per valutare i benefici attesi da questo tipo di cambiamenti. Tra i risultati più significativi conseguiti, oltre a quelli che permettono di evidenziare quali siano le colture più protettive, vi è quello della possibilità di valutare gli effetti sull'erosione, a parità di sistema colturale, derivanti dalla variazione della posizione delle colture in un bacino imbrifero. Per esempio, la sostituzione di monoculture che insistono su uno stesso pendio, con più colture che garantiscano almeno una parziale copertura del suolo, nel caso di studio analizzato, ha consentito di ridurre le perdite di suolo tra il 20 e il 30%, in funzione della posizione lungo il versante della coltura maggiormente protettiva. Questa valutazione implica la disponibilità di dati sufficienti alla calibrazione del modello, che consistono in un set di informazioni su orografia, pedologia, clima e uso del suolo a scala di bacino. È stato inoltre necessario investire sulla competenza tecnico-scientifica di personale capace di calibrare e validare un modello matematico a base fisica, che permettesse di tener conto della sito-specificità delle valutazioni.

Ai fini della programmazione regionale e della valutazione, si raccomanda di investire sulla disponibilità di dati, a scala regionale, che permettano di calibrare modelli di simulazione come quello utilizzato per le valutazioni descritte in questo lavoro e sulla collaborazione con istituti di ricerca scientifica competenti in materia che supportino in maniera adeguata la delicata fase di calibrazione dei modelli e di interpretazione dei risultati. Non essendo attualmente disponibili modelli matematici sufficientemente automatizzabili per una applicazione a scala regionale per la stima dell'erosione idrica del suolo in ambienti mediterranei, si raccomanda di preferire un approccio scientifico di dettaglio su poche aree campione, dalle quali estrarre informazioni utili sulle dinamiche dei processi biofisici che controllano l'erosione, piuttosto che su altri strumenti più approssimativi che permettono valutazioni su ampia scala.

- Le valutazioni sulle perdite di nitrati e fosforo dai terreni agricoli sono state affrontate con diversi strumenti di analisi quantitativa: osservazioni di campo a scala di bacino, analisi dei sistemi colturali, analisi quantitative attraverso modelli matematici a base fisica.

I bilanci apparenti, calcolati sulla base dei dati raccolti in campo sui sistemi colturali delle aree campione di pianura e di collina, indicano una generale riduzione dei surplus di nutrienti calcolati per varie colture passando dalla tecnica colturale ordinaria a F1 o F2, per effetto della riduzione della concimazione. Per le colture aderenti alle misure agroambientali, i bilanci apparenti indicano spesso surplus negativi. L'interpretazione dei dati dei bilanci apparenti deve tener conto del fatto che i surplus sono strettamente legati alla produttività delle colture che, a parità di input di nutrienti, dipende in gran parte da fattori climatici. Pertanto, a parità di livello di input, si deve attendere un surplus di nutrienti maggiore in ambienti più limitanti per la produttività (es. collina vs pianura). Così, in annate particolarmente produttive, i surplus sono nettamente inferiori rispetto a quelli conseguiti, per esempio, in annate siccitose. I dati dei bilanci apparenti hanno perciò un senso per la valutazione del potenziale inquinante di un sistema colturale, se valutati su lunghe serie temporali e a titolo comparativo tra situazioni a diverso grado di intensificazione. Per questo motivo, nel caso specifico del periodo preso in esame, anche se è stato possibile evidenziare effetti positivi dell'adozione del PSR sul bilancio dei nutrienti, ciò non ha avuto riscontro corrispondente sulla qualità delle acque. Il metodo dei bilanci apparenti non considera infatti la dinamica dell'azoto minerale rilasciato naturalmente dalla mineralizzazione della sostanza organica del suolo. In ambienti, come quello marchigiano, dove le perdite di azoto nel periodo autunnale influiscono fortemente sulla concentrazione di nitrati nelle acque, l'utilizzo dei bilanci apparenti come indicatore di sostenibilità ambientale



può risultare fuorviante ed indicare una sostenibilità ambientale dei sistemi colturali solamente apparente.

Si raccomanda pertanto di proseguire il monitoraggio, almeno in aree campione, della dinamica dei bilanci apparenti dei principali nutrienti, che implica la disponibilità, per le coltivazioni, di dati su tipo di coltura, dosi di fertilizzante, asportazioni delle colture e qualità dei prodotti asportati. Nel caso di allevamenti, si pone l'esigenza di monitorare anche gli input esterni di alimenti (mangimi concentrati, fieno ecc.) e della quantità e qualità delle produzioni zootecniche. Questi dati, se raccolti sistematicamente e per più anni in aree rappresentative della realtà regionale, permetterebbero di monitorare efficacemente lo stato generale dell'agricoltura regionale ai fini della prevenzione dei rilasci di nutrienti nell'ambiente. Tuttavia, la corretta interpretazione dei dati sui bilanci apparenti non può prescindere dalla raccolta di informazioni aggiuntive sulle dinamiche stagionali del ciclo dell'azoto a scala di agroecosistema.

Il monitoraggio della qualità delle acque di scorrimento superficiale e sottosuperficiale a scala di microbacino ha rivelato la dinamica di processi chiave per il bilancio idrologico e l'inquinamento da nitrati e fosforo non facilmente identificabili attraverso il metodo dei bilanci apparenti. I dati raccolti hanno permesso di identificare due principali fonti di nitrati nelle acque superficiali e sottosuperficiali: la concimazione e la mineralizzazione della sostanza organica naturalmente presente nel terreno. Nel periodo considerato, nelle aree campione sono stati osservati rilasci di azoto nelle acque contenuti in valore assoluto (kg ha^{-1}) ma occasionalmente elevati in termini di concentrazione.

L'interpretazione di questi risultati con il modello di simulazione ha permesso di verificare che, rispetto alla tecnica colturale convenzionale, la riduzione dei livelli di concimazione con l'adozione del PSR consente di ridurre proporzionalmente le perdite di azoto nelle colture analizzate, con una maggiore efficacia su frumento duro che su mais. La riduzione non è comunque sufficiente a portare la concentrazione dello ione nitrico al di sotto di 50 mg L^{-1} in gran parte delle situazioni. Su mais, le perdite maggiori sono state osservate nel periodo in cui il terreno rimane privo di copertura vegetale, tipicamente dall'autunno ad inizio primavera, in occasione del surplus idrico derivante dallo squilibrio tra precipitazioni ed evapotraspirazione. Su frumento duro, il surplus idrico autunno-invernale è in genere minore rispetto a mais.

Rilasci di azoto per entrambe le colture sono stati osservati anche a seguito di eventi meteorici verificatisi immediatamente dopo la distribuzione dei concimi minerali. Queste perdite possono essere ridotte con il frazionamento della distribuzione di fertilizzanti in più date, ma soprattutto, a scala di bacino, possono essere fortemente attenuate dalla frammentazione dell'uso del suolo in termini di scelta colturale, che implica interventi differiti nel tempo per le diverse colture.

L'utilizzo di sostanza organica in sistemi biologici e per singola coltura causa maggiori perdite rispetto ai corrispondenti sistemi colturali basati su fertilizzanti chimici, a causa del maggiore rilascio di azoto nitrico nel periodo autunnale, derivante dalla mineralizzazione della sostanza organica.

Dalla valutazione emerge quindi che la sola riduzione degli input chimici previsti dalle misure agroambientali non sempre consente di portare al di sotto di 50 mg L^{-1} la concentrazione di nitrati nelle acque, poiché agisce solo su una delle due componenti che portano all'inquinamento. Analogamente a quanto osservato per l'erosione, la presenza sul territorio di colture a differente impatto ambientale o la sostituzione di colture a più alto impatto ambientale, consente di mitigare gli effetti negativi della presenza di colture maggiormente impattanti. Anche in questo caso, emerge la necessità di un approccio sistemico, orientato verso la gestione del suolo a scala territoriale, ed all'analisi degli effetti delle misure sull'avvicendamento colturale. Infatti, dall'analisi degli effetti del PSR per singola coltura si potrebbe erroneamente



desumere che l'agricoltura biologica causa maggiori rilasci di azoto. La valutazione dell'impatto dei disciplinari di agricoltura biologica sulla qualità dell'acqua dovrebbe invece tenere in considerazione gli effetti complessivi a scala territoriale associati alle modifiche degli avvicendamenti colturali indotte dalla conversione all'agricoltura biologica, ed in particolare quelli legati all'introduzione di colture a minor impatto ambientale.

- La valutazione della qualità dell'acqua di falda attraverso il monitoraggio dell'acqua di pozzi è critica per la difficoltà dell'attribuzione del bacino di competenza dei pozzi, a causa di movimenti non facilmente prevedibili, per la frequente presenza di strati impermeabili nei suoli marchigiani. I movimenti laterali e le risalite di acqua alloctona, che potrebbero attraversare strati geologici naturalmente ricchi di azoto, sconsigliano quindi l'utilizzo di dati sulla qualità dell'acqua di pozzi per il monitoraggio degli effetti delle misure agroambientali su indicatori ambientali, mentre possono indicare uno stato generale delle risorse idriche, le cui dinamiche andrebbero comunque analizzate con metodologie che esulano dagli obiettivi di questa valutazione. Per i motivi sopra esposti, il monitoraggio occasionale delle acque di falda, senza criteri rigorosi o per lo meno legati all'andamento pluviometrico, possono indurre facilmente a conclusioni lontane dalla realtà ed ad adottare correttivi non idonei.



11. Bibliografia

- Baldoni M., 1995 - Vegetazione infestante le colture erbacee delle Marche e dei piani carsici dell' Appennino Umbro-Marchigiano (Italia Centrale) e serie di vegetazione. Colloques Phytosociologiques XXIV: 787-812.
- Biondi E., Casavecchia S., Radetic Z., 2002 – La vegetazione dei “guazzi” e il paesaggio vegetale della pianura alluvionale del tratto terminale del Fiume Musone (Italia centrale). Fitosociologia 39 (1), 47-70.
- Bryan R. B. (2000) Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. Geomorphology 32 pp385–415
- Graziaplena, P., Seddaiu G., Roggero P.P., 2005. Influenza della concimazione azotata e dell'epoca di semina sulla produttività, sulle caratteristiche qualitative e sull'azotofissazione del pisello da industria. In: Giuliani M.M. e Gatta G. (a cura di), Ricerca e innovazione per le produzioni vegetali e la gestione delle risorse agro-ambientali, Atti del XXXVI Convegno della Società Italiana di Agronomia, Foggia, 20-22 settembre 2005, 137-138.
- Micheletti A., Taffetani F., 2006. Analisi geobotanica e stato di conservazione dei boschi residuali nel territorio collinare marchigiano. Tesi di dottorato. Facoltà di Agraria - Università Politecnica delle Marche.
- Rismondo M., Taffetani F., 2005. Ecologia delle fasce di vegetazione e studio delle reti ecologiche negli agroecosistemi. Informatore Botanico Italiano, 37 (1): 530-531.
- Roggero P.P., Ballatore B., Sulas L., 2003. Metodologie per la quantificazione in campo dell'azotofissazione simbiotica delle leguminose. Rivista di Agronomia, 37, 207-226.
- Roggero P.P., Toderi M. (2002). Impact of Cropping System on Soil Erosion in the Clay Hills of Central Italy. In: Pagliai Marcello, Jones Robert. Sustainable Land Managment environmental protection: a soil physical approach. Advances in Geoecology, 35 (pp. 471-480). ISBN: 3-923381-48-4. Reiskirchen: Catena Verlag GmbH (Germany).
- Seddaiu G., Iezzi G., Roggero P.P., 2007. Fissazione e trasferimento dell'azoto fissato dal favino al frumento duro in successione. Su: XXXVII Convegno SIA, “Il contributo della Ricerca Agronomica all'Innovazione dei Sistemi Colturali Mediterranei”, S.L. Cosentino e R. Tuttobene Ed., Catania (Italy), 13-14 Settembre 2007, 7-8.
- Seddaiu, G., M. Ranieri, P.P. Roggero, 2004. Role of nitrogen fixation in legume-wheat rotations. In: Jacobsen S.E., Jensen C.R., Porter J.R. (eds.) Proceedings of VIII European Society for Agronomy Congress: European Agriculture in a global context KVL, Copenhagen, Denmark, 11 - 15 July 2004, 665-666.
- Taffetani F., Caputo V., Fabbri R., Rismondo M. 2006- Reti ecologiche in agricoltura: struttura, funzionamento e modellizzazione del paesaggio vegetale e dell'agroecosistema. Agribusiness Paesaggio e Ambiente -- Vol. IX (2005) n. 3: 186-197.
- Taffetani F., Facchi J., Giannangeli A., Micheletti A., Rismondo M., Zitti S. 2006. Conoscenza e gestione dei boschi residui della fascia sub costiera adriatica centrale italiana. “Le foreste d'Italia: dalla conoscenza alla gestione” 42° Congresso Società Italiana di Fitosociologia (SIFs). Potenza e Matera 20-23 Giugno 2006.
- Taffetani F., Micheletti A., Giannangeli A., Rismondo M., Zitti S., 2008. Boschi residuali nelle Marche: primi risultati del censimento. “Quale futuro per il bosco dell'Appennino” - Fabriano, 15-17 novembre 2007. Volume degli abstract (in stampa).
- Triberti L., Nastri A., Giordani G., Comellini F., Baldoni G., Toderi G. (2008) Can mineral and organic fertilization help sequesterate carbon dioxide in cropland? European Journal of Agronomy 29, pp. 13–20



Allegato 1 – Attività previste nell’ambito del quarto stralcio esecutivo (quinto avanzamento), secondo quanto previsto nel progetto esecutivo.

Attività	Modalità	Risultati attesi
Caratterizzazione idrogeologica e pedologica dell’area di monitoraggio di pianura	<ul style="list-style-type: none"> - Prosecuzione analisi pedologiche finalizzate alla valutazione spazio-temporale delle dinamiche dell’azoto e dell’acqua nei terreni dei siti oggetto di monitoraggio 	<ul style="list-style-type: none"> - Archivio informatizzato intermedio delle caratteristiche idrogeologiche e pedologiche dell’area - Archivio su caratteristiche fisico-chimiche dei terreni oggetto di valutazione - Archivio sulla dinamica del contenuto idrico del terreno
Caratterizzazione della vegetazione nei siti di monitoraggio	<ul style="list-style-type: none"> - Prosecuzione dell’analisi floristica e fitosociologica della vegetazione delle aree non coltivate incluse nei siti oggetto di valutazione quantitativa (sito di pianura), finalizzata alla caratterizzazione delle possibili interazioni con le aree coltivate e alla individuazione di criteri di gestione orientati alla mitigazione dell’impatto ambientale dei sistemi colturali - Verifiche sistematiche sugli effetti della gestione della vegetazione in aree non coltivate 	<ul style="list-style-type: none"> - Integrazione degli archivi informatizzati sulla vegetazione dei siti di monitoraggio - Validazione delle prime ipotesi a supporto di indicazioni operative sulla gestione delle aree non coltivate finalizzata alla mitigazione dell’impatto ambientale dei sistemi colturali e alla conservazione della biodiversità



Attività	Modalità	Risultati attesi
Analisi dei sistemi colturali	<ul style="list-style-type: none"> - Interviste sistematiche agli agricoltori, relativamente a ciascun appezzamento: colture (epoca di semina e di raccolta, specie, varietà, dose di seme), fertilizzazione (dosi, tipo di fertilizzante, epoca, modalità di distribuzione), trattamenti con fitofarmaci (tipo, dose ed epoca), lavorazioni principali e secondarie (tipo, epoca) relativamente a ciascuna delle annate agrarie oggetto di monitoraggio - Raccolta di campioni di prodotti vegetali asportati per la quantificazione della produzione e del contenuto in N e P ai fini del bilancio dei nutrienti 	<ul style="list-style-type: none"> - Archivio informatizzato su colture e pratiche agronomiche, per appezzamento - Campioni di prodotti vegetali da analizzare - Risultati di analisi chimiche - Tabelle di sintesi parziali sul bilancio dei nutrienti - Analisi quantitativa dell'impatto delle misure agroambientali sul bilancio dei nutrienti (N e P) per tutti i siti di monitoraggio
Monitoraggio della qualità delle acque acqua siti	<ul style="list-style-type: none"> - Prelievo sistematico dei campioni di acqua di falda da sottoporre ad analisi del contenuto di nitrati e, con cadenza semestrale dei principali cationi ed anioni - Prelievo sistematico dei campioni di acque di deflusso in uscita dai due bacini di collina su cui misurare il contenuto di nitrati, fosforo e solidi sospesi - Manutenzione ordinaria e straordinaria delle attrezzature installate 	<ul style="list-style-type: none"> - Archivio delle caratteristiche qualitative delle acque - Risultati dell'analisi quantitativa degli effetti dei sistemi colturali sulla qualità delle acque di falda e di deflusso superficiale
Valutazione quantitativa dell'erosione idrica del suolo nel sito di collina	<ul style="list-style-type: none"> - Valutazione quantitativa dell'erosione idrica del suolo in funzione di scenari caratterizzati da diversi sistemi colturali (basati sulle misure agroambientali) e caratteristiche climatiche 	<ul style="list-style-type: none"> - Risultati della valutazione e formulazione di indicazioni sull'impatto delle misure agroambientali sull'erosione del suolo nei siti di collina
Elaborazione rapporto finale	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborazione rapporto - Sintesi dei risultati ottenuti dalle valutazioni quantitative - Formulazione di ipotesi di lavoro per estendere la metodologia di valutazione quantitativa delle misure agroambientali su tutto il territorio regionale 	Rapporto finale sulla valutazione quantitativa delle misure agroambientali del PSR, allegati tecnici e archivi informatici.