



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

Servizio Osservatorio Suolo e Bonifiche

Accordo di collaborazione tra Regione Veneto, Contagraf e ARPAV “Proroga temporale delle attività di studio, controllo e monitoraggio agro ambientale degli effetti dell’applicazione di direttive e regolamenti comunitari per le zone vulnerabili ai nitrati di cui alla direttiva n. 91/676/CEE ricadenti nell’ambito del territorio del Bacino Scolante in laguna di Venezia”

DGRV 1613/2012 – Allegato A – Programma delle attività Attività 2.5.2 – Livello 1

Monitoraggio delle acque di falda e dei suoli a diverse profondità in loro corrispondenza, presenti nelle aree designate vulnerabili da nitrati di origine agricola ed in particolare nella zona di ricarica degli acquiferi per la ricerca di nutrienti, in particolare nitrati (Azione a)

Monitoraggio dei suoli

Relazione finale

agosto 2016

ARPAV
Commissario Straordinario
Nicola Dell'Acqua

Direzione Tecnica

Progetto e realizzazione
Servizio Osservatorio Suolo e Bonifiche
Paolo Giandon (Responsabile della struttura)
Francesca Ragazzi (Autori)

Monitoraggio
Andrea Della Rosa, Silvia Obber, Antonio Pegoraro, Francesca Pocaterra, Francesca Ragazzi, Luca Tagliapietra, Paola Zamarchi
(Servizio Osservatorio Suolo e Bonifiche)

Analisi chimiche
Dipartimento Regionale Laboratori
Sede di Treviso

agosto 2016

Sommario

Introduzione.....	2
Punti di campionamento.....	2
Frequenza e metodologia di campionamento.....	6
Risultati	7
Rete 20: confronto tra appezzamenti trattati con concimi organici e con concimi minerali.....	7
Rete 50: caratteristiche chimiche dei suoli in appezzamenti trattati con concimi organici.....	11
Confronto tra i risultati del monitoraggio nelle acque e i parametri del suolo.....	17
Conclusioni	20
Bibliografia	22
Allegato 1 – Andamento delle forme azotate e altri parametri negli appezzamenti trattati con concimi organici e con concimi minerali.....	23

Introduzione

L'accordo di collaborazione di cui alla DGR n. 2216/2008 prevedeva tra le azioni la costituzione di una rete di monitoraggio dei suoli nelle aree di bassa pianura in corrispondenza di parte dei piezometri installati nelle aree agricole per il monitoraggio dello stato delle acque di falda per la ricerca di nutrienti, in particolare nitrati.

L'obiettivo della rete per i suoli è di fornire delle prime indicazioni sul contenuto di nutrienti, azoto nelle sue diverse forme, ma anche fosforo e potassio, in appezzamenti ad ordinamento agronomico ordinario, concimati con fertilizzanti organici (in particolare effluenti di allevamento tal quali o trattati) o minerali e di testare l'effetto di tali pratiche su alcuni parametri del terreno come il contenuto di sostanza organica (che condiziona anche la presenza di azoto organico e quindi anche delle altre forme dell'azoto), la salinità e il contenuto in metalli pesanti (rame e zinco in particolare), ma anche sull'eventuale arricchimento in **elementi nutritivi (in particolare fosforo e potassio)**.

Punti di campionamento

Tra luglio e settembre 2014 sono stati individuati gli appezzamenti all'interno di aziende agricole sui quali eseguire il campionamento dei suoli. In particolare sono stati scelti, in corrispondenza di 20 piezometri (rete 20), 20 appezzamenti interessati dalla distribuzione di effluenti zootecnici e altrettanti concimati soltanto con fertilizzanti minerali, per il monitoraggio dei seguenti parametri:

- pH,
- azoto nitrico,
- azoto nitroso,
- azoto ammoniacale,
- fosforo assimilabile,
- potassio scambiabile,

a due profondità, nell'orizzonte lavorato (0-40cm) e nell'orizzonte profondo (50-100cm).

Altri 50 appezzamenti (rete 50), concimati usualmente con concimi organici, scelti sempre in prossimità di altrettanti piezometri, sono stati considerati per il monitoraggio di azoto totale, fosforo assimilabile, salinità, rame e zinco (questi ultimi quattro espressamente previsti dal DM 07.04.2006 art. 30 per i controlli in zone vulnerabili) negli orizzonti superficiali lavorati (0-40cm).

Quando possibile gli appezzamenti sono stati scelti all'interno di aziende pubbliche (Veneto Agricoltura, Università, Istituti agrari) per avere un controllo più preciso sulle pratiche agronomiche adottate.

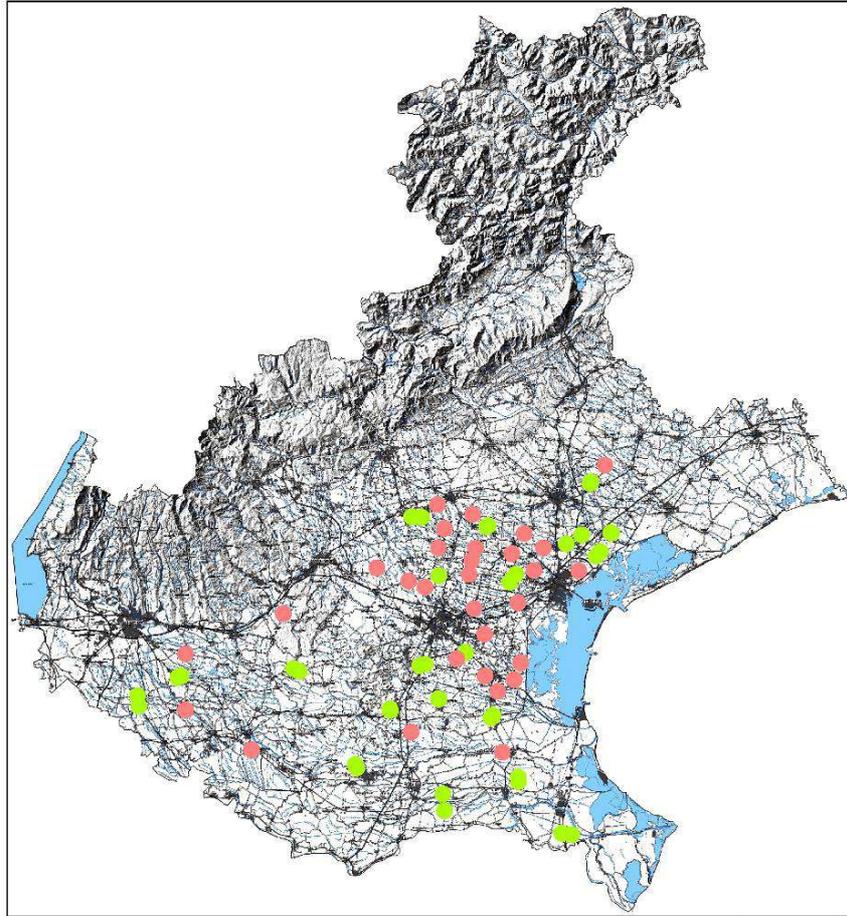


Figura 1: Localizzazione degli appezzamenti campionati nel monitoraggio nitrati: in verde gli appezzamenti campionati a due profondità (rete 20), in rosso quelli a campionamento solo superficiale (rete 50)

Tabella 1: Elenco punti di campionamento a due profondità in appezzamenti a concimazione organica e minerale in corrispondenza di 20 piezometri della rete nitrati

piezometro vicino	id sito	comune	provincia	tipo concimazione	unità deposizionale	UTS ricollegata	UC	Profondità media falda
28001	NT15	Campodarsego	PD	letame	Brenta	ZRM1	MOG1	130
28001	NT16	Campodarsego	PD	minerale	Brenta	ZRM1	MOG1	130
1201	NT13	Tombolo	PD	letame	Brenta	ZEM1	CMS1	140
1201	NT14	Tombolo	PD	minerale	Brenta	CMS1	CTD1	150
1045	NT21	Legnaro	PD	liquame	Brenta	CPC1	PDS1/RSN1	150
1045	NT22	Legnaro	PD	minerale	Brenta	PNG1	PDS1/RSN1	160
1044	NT07	Correzzola	PD	liquame	Adige	TRO1	SCO1/MEL1	170
1044	NT08	Correzzola	PD	minerale	Adige	TRO1	TRO1	170
1043	NT27	Sant'Urbano	PD	pollina	Adige	SCP1	CRC1/SAB1	140
1043	NT28	Sant'Urbano	PD	minerale	Adige	SCP1	CRC1/SAB1	140
1041	NT09	Monselice	PD	letame	Adige	CSP1	VCL1	150
1041	NT10	Monselice	PD	minerale	Adige	CSP1	CSP1	150
1032	NT03	Trebaseleghe	PD	digestato	Brenta	MRG1	CMS1/TRE1	130
1032	NT04	Trebaseleghe	PD	minerale	Brenta	ZEM1	CMS1/TRE1	140
977	NT11	Conselve	PD	letame	Adige	ALB1	ALB1/VAN1	160
977	NT12	Conselve	PD	minerale	Adige	VAN1	TRO1/SCO1	160
976	NT33	Maserà	PD	pollina	Brenta	MND1	BER1/MND1	130
976	NT34	Maserà	PD	minerale	Brenta	MND1	BER1/MND1	130
1059	NT20	Ceregnano	RO	liquame	Po	FCA1	BR6.1	120
1059	NT02	Ceregnano	RO	minerale	Po	OR04	ANT1	120
1057	NT24	Ariano Polesine	RO	liquame	costiero	CHG1	CHG1/SBA1	110
1057	NT23	Ariano Polesine	RO	minerale	costiero	CLI1	CHG1/SBA1	90
1024	NT25	Adria	RO	letame	Adige	QRT1	AUG1/LAF1	120
1024	NT26	Cavarzere	VE	minerale	Adige	BUO1	SDF1/CRE1	140
1028	NT01	Mogliano V.	TV	letame	Brenta	MOG1	MOG1	150
1028	NT31	Mogliano V.	TV	minerale	Brenta	ZEM1	ZEM1/VDC1	140
1026	NT17	Roncade	TV	liquame	Piave	SAF1	BOI1	150
1026	NT18	Roncade	TV	minerale	Piave	BOI1	BOI1	160
1025	NT19	S. Biagio di C.	TV	liquame	Piave	MAT1	MAT1	170
1025	NT32	S. Biagio di C.	TV	minerale	Piave	LVD1	MAT1	200
1215	NT06	Mirano	VE	liquame	Brenta	MRG1	ZEM1/VDC1	130
1215	NT05	Mirano	VE	minerale	Brenta	MRG1	MOG1	130
1213	NT29	Marcon	VE	digestato	Brenta	BRV1	VGO1	120
1213	NT30	Marcon	VE	minerale	Brenta	MRG1	VGO1	130
1051	NT38	Cologna V.	VR	letame	Adige	AG4	BR4.3	150
1051	NT35	Asigliano	VI	minerale	Agno Guà	FRA1	BR4.3	160
1063	NT36	Ca' degli Oppi	VR	digestato	Adige	CAP2	MAE1/CAE1	140
1063	NT37	Ca' degli Oppi	VR	minerale	Adige	MAE1	MAE1/CAE1	150
1016	NT40	Isola della Scala	VR	digestato	Adige	TVZ1	CAE1/ISC1	135
1016	NT39	Isola della Scala	VR	minerale	Adige	TVZ1	BR6.1	135

Tabella 2: Elenco punti di campionamento superficiale in appezzamenti a concimazione organica in corrispondenza di 50 piezometri della rete nitrati

piezometro vicino	id sito	comune	provincia	tipo concimazione	unità deposizionale	UTS ricollegata	UC	Profondità media falda
1028	NM01	Mogliano Veneto	TV	letame	Brenta	RSA1	MOG1	150
1027	NM02	Breda di Piave	TV	letame	Piave	CAI1	BON1/SAL1	150
1032	NM03	Trebaseleghe	PD	digestato	Brenta	MRG1	CMS1/TRE1	130
1215	NM04	Mirano	VE	liquame	Brenta	MRG1	ZEM1/VDC1	130
1044	NM05	Correzzola	PD	liquame	Adige	TRO1	SCO1/MEL1	170
1041	NM06	Monselice	PD	letame	Adige	CSP1	VCL1	150
977	NM07	Conselve	PD	letame	Adige	ALB1	ALB1/VAN1	160
1201	NM08	Tombolo	PD	letame	Brenta	ZEM1	CMS1	140
28001	NM09	Campodarsego	PD	letame	Brenta	MOG1	ZRM1	130
1026	NM10	Roncade	TV	liquame	Piave	SAF1	BOI1	150
1025	NM11	S. Biagio di Callalta	TV	liquame	Piave	MAT1	MAT1	170
1030	NM12	S. Giustina in Colle	PD	digestato	Brenta	ZRM1	CMS1	130
1045	NM13	Legnaro	PD	liquame	Brenta	CPC1	PDS1/RSN1	150
1057	NM14	Ariano Polesine	RO	liquame	Costiero	CHG1	CHG1/SBA1	110
1024	NM15	Adria	RO	letame	Adige	QRT1	AUG1/LAF1	120
1043	NM16	Sant'Urbano	PD	pollina	Adige	SCP1	CRC1/SAB1	140
1213	NM17	Marcon	VE	digestato	Brenta	BRV1	VGO1	120
1059	NM18	Ceregnano	RO	liquame	Po	FCA1	BR6.1	120
976	NM19	Maserà	PD	pollina	Brenta	MND1	BER1/MND1	130
1063	NM20	Ca' degli Oppi	VR	digestato	Adige	CAP2	MAE1/CAE1	140
1051	NM21	Cologna Veneta	VR	letame	Adige	AG4	BR4.3	150
1016	NM22	Isola della Scala	VR	digestato	Adige	TVZ1	CAE1/ISC1	135
1232	NM23	Martellago	VE	liquame	Brenta	MOG1	ZEM1/VDC1	140
1209	NM24	Mira	VE	digestato	Brenta	BRV1	BRV1	120
1225	NM25	Campagna Lupia	VE	liquame	Costiero	CON1	CON1/QUA1	150
1231	NM26	Scorzè	VE	letame	Brenta	MOG1	MOG1	140
1212	NM27	Venezia – FavaroV.	VE	letame	Brenta	MRC1	ZRM1	120
1206	NM28	Noale	VE	liquame	Brenta	ZRM1	MOG1	140
1221	NM29	Vigonovo	VE	letame	Brenta	CPC1	CPC1/RSN1	150
1006	NM30	Cavarzere	VE	liquame	Adige	RVG1	CRC1/SAB1	130
1236	NM31	Castelfranco V.	TV	liquame	Brenta	CTD1	CMS1/TRE1	999
1202	NM32	Resana	TV	liquame	Brenta	CMS1	CMS1	150
1204	NM33	Scorzè	TV	liquame	Brenta	ZEM1	MOG1	140
1031	NM34	Piazzola sul Brenta	PD	letame	Brenta	CMS1	CMS1/TRE1	150
1037	NM35	Villanova di C.	PD	liquame	Brenta	VDC1	MOG1	140
1208	NM36	Borgoricco	PD	liquame	Brenta	MRG1	CMS1	130
1029	NM37	Massanzago	PD	liquame	Brenta	ZEM1	MOG1	140
1035	NM38	Limena	PD	letame	Brenta	RSN1	LIM1/PDS1	140
1039	NM39	Pozzonovo	PD	liquame	Adige	VAN1	ALB1/VAN1	160
1235	NM40	Ponte San Nicolò	PD	letame	Brenta	MND1	RBN1	130
1227	NM41	Brugine	PD	liquame	Brenta	CRZ1	PDS1/COD1	130
1230	NM42	Arzergrande	PD	letame	Brenta	CPC1	CPC1	150
1217	NM43	Vigonzà	PD	letame	Brenta	BRV1	BRV1	130
981	NM44	Codevigo	PD	letame	Brenta	RSN1	CPC1	140
1205	NM45	Camposampiero	PD	letame	Brenta	PAM1	BNC1/PAM1/ PAN1	90
1047	NM46	Sarego	VI	letame	AgnoGuà	FRA1	BR4.3	160
1048	NM47	Camisano Vicentino	VI	pollina	Brenta	MAS1	BR3.2	999
1070	NM48	Legnago	VR	letame	Adige	LAF1	BR4.2	150
1018	NM49	Bovolone	VR	letame	Adige	FST1	BR6.10	60
1062	NM50	Zevio	VR	letame	Adige	VAN1	VAN3/BUT2	160

Frequenza e metodologia di campionamento

Sono state realizzate 4 campagne di monitoraggio con frequenza semestrale per la rete 20 e 2 per la rete 50 (con frequenza annuale), così come previsto dal progetto. In Tabella 3 è riportato il calendario dei campionamenti.

Tabella 3. Calendario campionamenti.

Campagna di monitoraggio	Sigla identificativa	Data inizio	Data termine
Prima campagna di monitoraggio rete 20	A1 (autunno)	18/09/2014	27/11/2014
Prima campagna di monitoraggio rete 50	A1 (autunno-inverno)	18/09/2014	25/02/2015
Seconda campagna di monitoraggio rete 20	A2 (primavera-estate)	21/04/2015	01/07/2015
Terza campagna di monitoraggio rete 20	A3 (autunno)	22/09/2015	10/11/2015
Quarta campagna di monitoraggio rete 20	A4 (primavera)	11/02/2016	17/03/2016
Seconda campagna di monitoraggio rete 50	A2 (fine inverno-primavera)	27/01/2016	17/03/2016

Il campionamento dei suoli è stato fatto eseguito secondo le modalità previste dal Decreto Ministeriale del 13/09/1999 "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" e successive modifiche, mediante un campionamento di tipo sistematico, a 2 profondità (orizzonte superficiale 0-40 cm e orizzonte profondo 60-100 cm) utilizzando una trivella manuale di tipo olandese. Per ciascun appezzamento sono stati prelevati 16 campioni elementari all'interno di celle di 25 m di lato; i campioni elementari sono stati raccolti in un secchio e successivamente rovesciati su un telo pulito e asciutto, omogeneizzati per costituire il campione globale dal quale è stato ottenuto il campione finale per il laboratorio.

I campioni sono stati consegnati al laboratorio ARPAV di Treviso, quelli destinati alla determinazione delle forme azotate sono stati posti in congelatore a -18°C fino al momento della determinazione analitica.

In ogni appezzamento sono state eseguite e descritte delle trivellate pedologiche fino alla profondità di 120 cm che hanno consentito di ricollegare il suolo alle unità tipologiche della carta dei suoli in scala 1:50.000 (riportate nella penultima colonna di tabella 1 e 2).

Parametri analizzati

I parametri determinati dal laboratorio ARPAV di Treviso sono quelli riportati nella tabella 4.

Tabella 4. Parametri analitici determinati per i due gruppi di campioni.

Rete 20	pH, azoto nitrico, nitroso e ammoniacale, fosforo assimilabile, potassio scambiabile, carbonio organico, calcare totale, tessitura, basi di scambio, capacità di scambio cationico
Rete 50	azoto totale, fosforo assimilabile, conduttività, rame, zinco, pH, potassio scambiabile, carbonio organico, calcare totale, tessitura, basi di scambio, capacità di scambio cationico

Risultati

Rete 20: confronto tra appezzamenti trattati con concimi organici e con concimi minerali

Come ci si poteva attendere, nel terreno la **forma di azoto** prevalente risulta quella **nitrica** con i valori più alti in prossimità delle concimazioni, sia organiche che minerali. In molti casi un basso contenuto di azoto negli orizzonti superficiali (0-50 cm) è accompagnato da un contenuto più alto negli orizzonti profondi (60-100 cm) per effetto del dilavamento con le acque di irrigazione o di pioggia. Anche l'azoto ammoniacale si trova in concentrazioni elevate quanto più il campionamento è stato fatto vicino all'intervento di fertilizzazione.

Raggruppando i dati per tipo di concimazione (tabella 5) si nota un valore medio di azoto nitrico più basso negli appezzamenti concimati con fertilizzanti minerali (6,1 mg/kg in superficie e 3,1 in profondità), fatto non sempre vero se si considerano i singoli campionamenti. Applicando il test statistico non parametrico di Kruskal-Wallis di confronto tra i diversi gruppi si evidenzia che esistono delle differenze statisticamente significative tra il contenuto di azoto nitrico degli appezzamenti concimati con liquame (9,5 mg/kg e 8,3 rispettivamente in superficie e in profondità) e letame (8,9 e 5,6) rispetto a quelli trattati solo con i concimi minerali. Nei suoli trattati con digestato si riscontrano valori intermedi tra letame e liquame (9,2 e 7,3), anche se non statisticamente diversi a causa della ridotta numerosità del gruppo. Si nota inoltre che nell'orizzonte superficiale vi è una variabilità molto più elevata nei suoli in cui sono distribuiti fertilizzanti minerali.

Anche negli orizzonti profondi spesso prevale la forma nitrica, in concentrazioni paragonabili o di poco inferiori a quelle degli orizzonti superficiali, a conferma del movimento verticale nel suolo con le acque di percolazione. Le concentrazioni più alte sono quelle negli appezzamenti in cui era stato distribuito liquame, le più basse in quelli a concimazione minerale; i suoli interessati da distribuzione di pollina presentano valori bassi nell'orizzonte profondo ma si deve tener conto che dopo il primo campionamento è stato abbandonato l'uso della pollina e la concimazione è proseguita solo con fertilizzanti minerali.

L'azoto ammoniacale, in concentrazioni più elevate nell'orizzonte superficiale rispetto a quello profondo, è presente in proporzioni decisamente più elevate, in rapporto al totale, nei suoli concimati con fertilizzanti minerali rispetto ai suoli concimati con ammendanti organici. Nei suoli trattati con digestato la concentrazione di azoto ammoniacale è doppia rispetto ai suoli trattati con liquame zootecnico.

L'andamento nel tempo delle diverse frazioni azotate nei singoli appezzamenti può essere consultato nei grafici riportati in Allegato 1. Dal momento che si trattava di una attività di monitoraggio e non di sperimentazione, avente l'obiettivo di rilevare uno stato di fatto corrispondente alle pratiche correntemente adottate dalle aziende agricole, non sono stati seguiti dei precisi protocolli per la

conduzione degli appezzamenti, pertanto gli andamenti rilevati sono di volta in volta dipendenti dalla coltura, dal tipo di concimazione, dal momento in cui è stata eseguita, dalla dose di concime distribuito e dal tempo intercorso tra concimazione e campionamento, oltre che da fattori ambientali come il tipo di suolo, gli eventi piovosi e la profondità della falda.

Tabella 5: Confronto dei valori (mg/kg) delle forme azotate in campioni di terreno prelevati in appezzamenti concimati con fertilizzanti organici o minerali (per Ntot si intende il totale delle forme minerali).

concimazione	forma azotata	orizzonte superficiale					orizzonte profondo				
		N dati	Media	Dev.Std.	Minimo	Massimo	N dati	Media	Dev.Std.	Minimo	Massimo
minerale	N NO3	81	6.15	9.35	0.50	79.61	81	3.15	3.10	0.50	20.28
	N NO2	81	0.13	0.28	0.00	2.20	81	0.11	0.15	0.01	1.03
	N NH4	81	2.40	11.94	0.01	107.31	81	0.77	2.29	0.01	19.34
	N tot	81	10.75	22.20	1.49	200.61	81	5.19	3.74	0.88	23.36
pollina	N NO3	6	5.78	3.50	0.50	10.45	6	2.57	1.72	0.50	5.49
	N NO2	6	0.12	0.12	0.01	0.26	6	0.14	0.15	0.01	0.43
	N NH4	6	3.07	5.55	0.16	14.29	6	0.35	0.25	0.01	0.77
	N tot	6	14.27	16.16	3.65	46.87	6	4.62	1.23	2.72	6.16
letame	N NO3	30	8.94	5.03	1.23	22.74	30	5.62	3.48	1.36	13.38
	N NO2	30	0.08	0.09	0.01	0.33	30	0.13	0.12	0.01	0.59
	N NH4	30	1.09	1.10	0.19	4.21	30	0.37	0.22	0.01	1.19
	N tot	30	12.51	5.64	3.58	26.25	30	7.54	3.40	1.92	14.46
digestato	N NO3	15	9.18	7.54	0.50	25.64	15	7.28	6.67	0.96	21.88
	N NO2	15	0.08	0.12	0.01	0.36	15	0.14	0.32	0.01	1.30
	N NH4	15	1.89	4.58	0.01	18.14	15	1.04	2.42	0.18	9.75
	N tot	15	13.45	11.36	3.62	47.30	15	10.16	7.18	1.88	25.78
liquame	N NO3	26	9.53	7.85	1.60	34.56	26	8.28	9.86	<1	44.53
	N NO2	26	0.13	0.24	0.01	1.21	26	0.27	0.89	<0.02	4.63
	N NH4	26	0.86	0.99	0.14	3.71	26	0.32	0.17	0.01	0.93
	N tot	26	12.51	8.16	3.87	35.09	26	10.08	10.49	0.50	49.80

Anche per gli altri parametri analizzati, carbonio organico, potassio assimilabile, fosforo assimilabile, rame e zinco, è stato fatto un analogo confronto tra concimazione organica e minerale negli orizzonti superficiali lavorati (0-40cm, tabella 6).

Tabella 6: Confronto dei contenuti di carbonio organico e di fosforo e potassio assimilabili in campioni prelevati in appezzamenti soggetti e non all'uso di effluenti.

		N dati	Media	Dev.Std.	Mediana	Minimo	Massimo
Carbonio organico (%)	concimazione minerale	20	1.0	0.4	0.9	0.5	2.2
	concimazione organica	20	1.1	0.4	1.2	0.4	1.6
Fosforo assimilabile (mg/kg)	concimazione minerale	20	24.1	33.9	14.2	<2.5	149.5
	concimazione organica	20	62.8	44.5	48.1	<2.5	166.9
Potassio scambiabile (mg/kg)	concimazione minerale	20	161.4	102.8	129.0	43.0	462.0
	concimazione organica	20	297.4	202.5	214.5	87.0	849.0

Per quanto riguarda il contenuto in **carbonio organico** (da cui si ricava la sostanza organica moltiplicando per un fattore 1,724) non emergono differenze significative tra i due gruppi considerati, anche se risulta leggermente più elevato negli appezzamenti soggetti all'uso di effluenti. Considerando la tipologia di

effluente, gli appezzamenti trattati con letame o pollina appaiono avere un maggior contenuto di sostanza organica (tabella 7).

Tabella 7 : Contenuto di carbonio organico negli appezzamenti concimati con effluenti zootecnici di diversa origine.

		N dati	Media	Dev.Std.	Mediana	Minimo	Massimo
Carbonio organico (%)	digestato	4	0.6	0.2	0.6	0.4	0.9
	letame	7	1.3	0.2	1.4	0.9	1.6
	liquame	7	1.1	0.3	1.1	0.6	1.4
	pollina	2	1.4	0.1	1.4	1.3	1.4

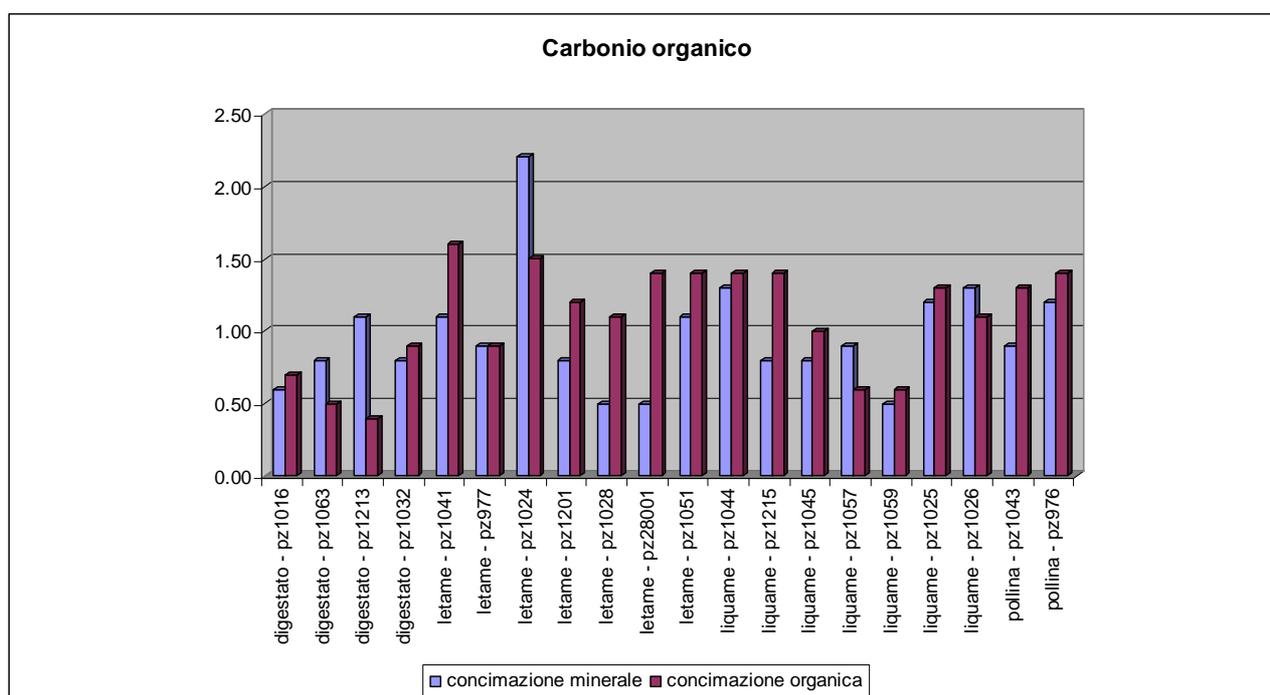


Figura 2: Contenuto di carbonio organico (%) nei 20 siti considerati; in azzurro gli appezzamenti trattati con concimazione minerale, in rosso quelli con concimazione organica (il tipo di ammendante è riportato accanto al piezometro di riferimento).

I contenuti di **fosforo** e **potassio** sono invece mediamente molto più elevati negli appezzamenti concimati con fertilizzanti organici rispetto a quelli in cui è stata effettuata la sola concimazione minerale. Per il fosforo la concentrazione nei suoli a concimazione organica è 2,6 volte quella dei suoli concimati con minerale mentre per il potassio i suoli trattati con fertilizzanti organici presentano una concentrazione dell'85% più elevata di quelli trattati con fertilizzanti minerali. Applicando un test statistico (test t) di confronto tra i due gruppi di dati emergono delle differenze statisticamente significative per entrambi gli elementi.

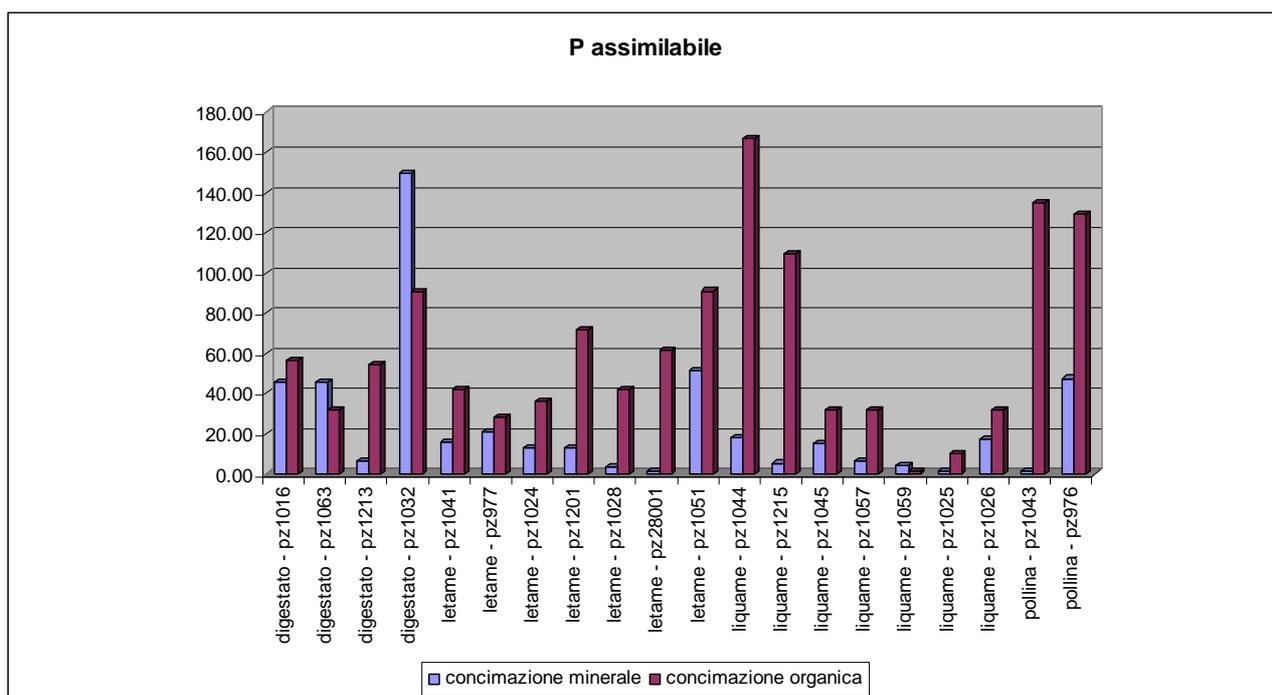


Figura 3: Contenuto di fosforo assimilabile (mg/kg) nei 20 siti considerati; in azzurro gli appezzamenti trattati con concimazione minerale, in rosso quelli con concimazione organica (il tipo di ammendante è riportato accanto al piezometro di riferimento).

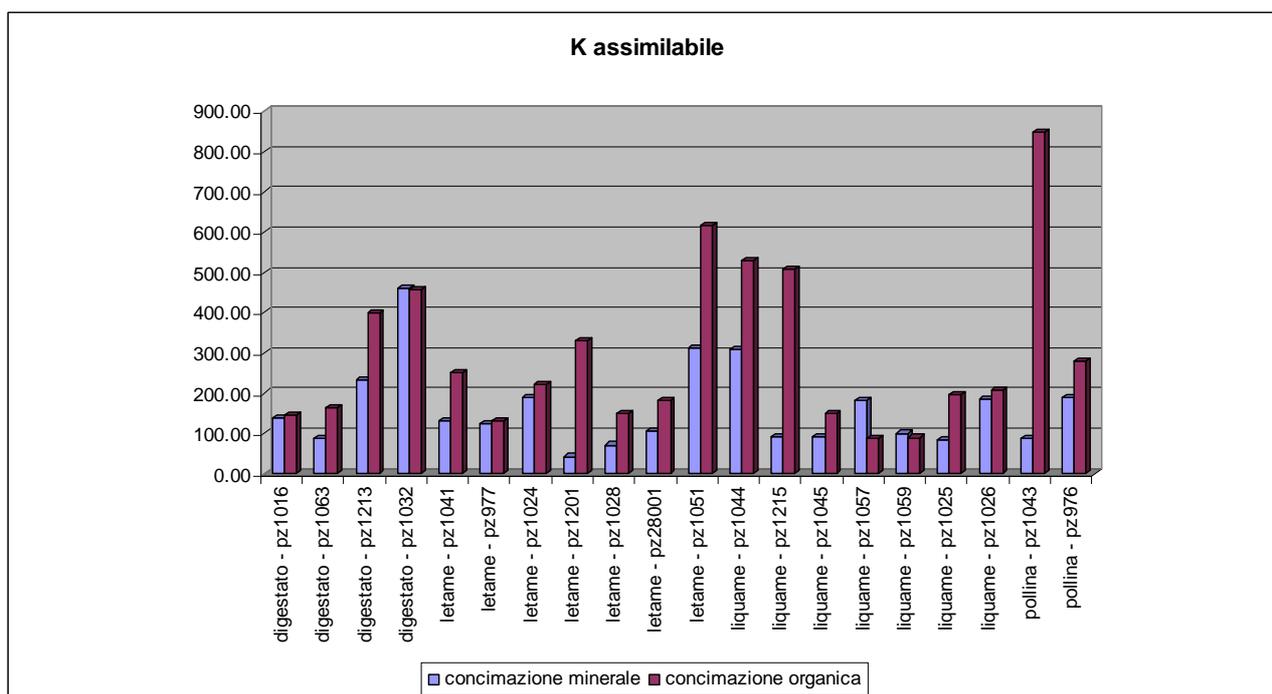


Figura 4: Contenuto di potassio scambiabile (mg/kg) nei 20 siti considerati; in azzurro gli appezzamenti trattati con concimazione minerale, in rosso quelli con concimazione organica (il tipo di ammendante è riportato accanto al piezometro di riferimento).

Per quanto riguarda i contenuti di **rame** e **zinco** non si sono osservati superamenti dei valori di fondo definiti per le unità deposizionali in cui ricadevano gli appezzamenti (tabella 8) tranne nel caso di un vigneto in cui il contenuto di rame risultava molto elevato ma pur sempre in linea con il contenuto usuale di questo elemento nei vigneti. Confrontando i contenuti negli appezzamenti trattati e non trattati con effluenti non

si rilevano differenze significative anche se si sono trovati contenuti maggiori in quelli trattati, in 9 casi su 20 per lo zinco e in 10 per il rame. L'utilizzo di fertilizzanti organici non sembra influire sulla concentrazione di rame e zinco nei suoli.

Tabella 8: Concentrazioni di zinco e rame (mg/kg) suddivisi per unità deposizionale e per tipologia di concimazione, minerale ed organica).

Unità deposizionale	Elemento	Valore di fondo	Concimazione	N dati	Media	Dev.Std.	Mediana	Minimo	Massimo
Piave	Zinco	120	minerale	2	79,5	43,1	80	49	110
			organica	2	109,0	1,4	109	108	110
	Rame	192	minerale	2	22,5	6,4	23	18	27
			organica	2	60,0	8,5	60	54	66
Brenta	Zinco	143	minerale	8	97,1	22,1	87	75	140
			organica	8	96,1	12,8	95	78	120
	Rame	110	minerale	8	36,3	14,2	34	22	63
			organica	8	33,6	10,8	31	24	57
Adige	Zinco	150	minerale	8	95,3	24,6	100	52	130
			organica	8	89,6	26,3	91	53	122
	Rame	97	minerale	8	56,8	54,0	45	11	180
			organica	8	38,4	16,5	45	13	54
Po	Zinco	111	minerale	1	85,0				
			organica	1	96,0				
	Rame	66	minerale	1	29,0				
			organica	1	35,0				
Costiero	Zinco	158	minerale	1	77,0				
			organica	1	66,0				
	Rame	48	minerale	1	24,0				
			organica	1	13,7				

Rete 50: caratteristiche chimiche dei suoli in appezzamenti trattati con concimi organici

I 50 appezzamenti campionati sono stati interessati da concimazione con 5 diverse tipologie di fertilizzante organico: 6 con digestato, 22 con letame, 10 con liquame bovino, 9 con liquame suino, 3 con pollina.

Considerando le dotazioni in elementi nutritivi, azoto, fosforo e potassio, gran parte degli appezzamenti sono risultati ricchi o molto ricchi (rispettivamente 64% e 2% per l'azoto, 34 e 46% per il fosforo e 38 e 52% per il potassio), secondo la ripartizione di tabella 9 e la distribuzione geografica delle mappe di figura 5; il contenuto in carbonio organico risulta invece moderato o moderatamente basso. La salinità, espressa come conduttività elettrica (rapporto suolo/acqua 1:2), è sempre risultata bassa e i contenuti di zinco e rame, i metalli che potenzialmente potrebbero essere apportati con le concimazioni, sono sempre in linea con i valori di fondo per le unità deposizionali di appartenenza.

Tabella 9: Classificazione dei suoli in base ai contenuti di azoto totale, fosforo assimilabile e potassio scambiabile e distribuzione dei campioni nelle diverse classi.

Giudizio	Azoto totale		Fosforo assimilabile		Potassio scambiabile	
	Contenuto (g/kg)	Numero appezzamenti	Contenuto (mg/kg)	Numero appezzamenti	Contenuto (mg/kg)	Numero appezzamenti
Scarso	<0,7	0	<14	6	<80	1
Medio	0,7-1,2	17	14-20	4	80-120	4
Ricco	1,2-5	32	20-45	17	120-240	19
Molto ricco	>5	1	>45	23	>240	26

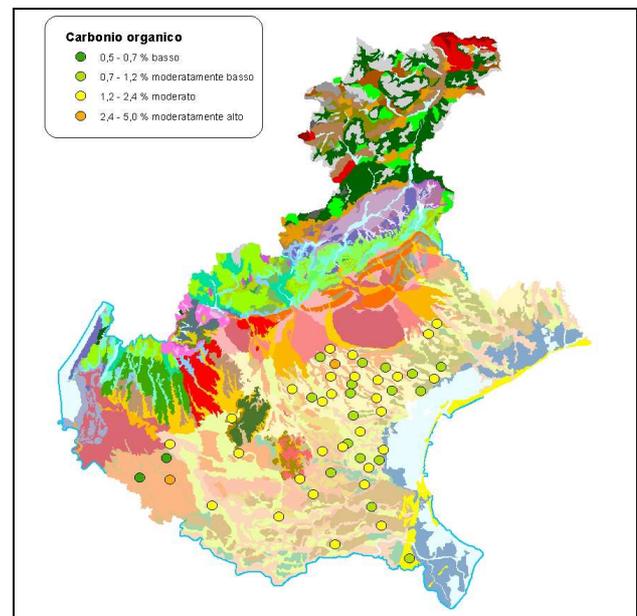
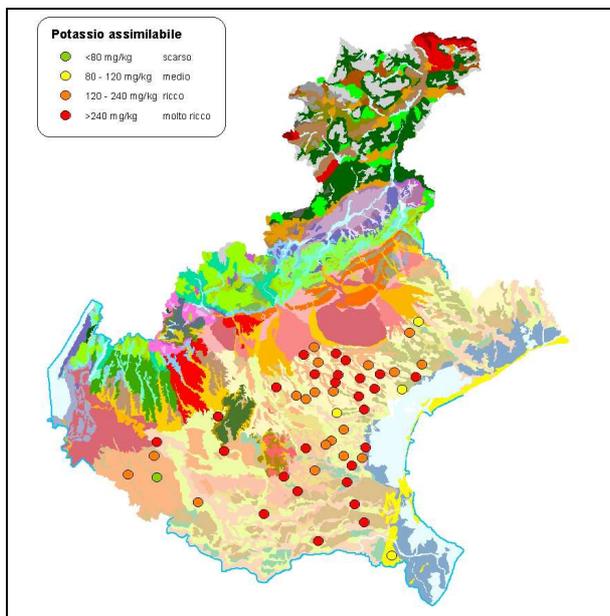
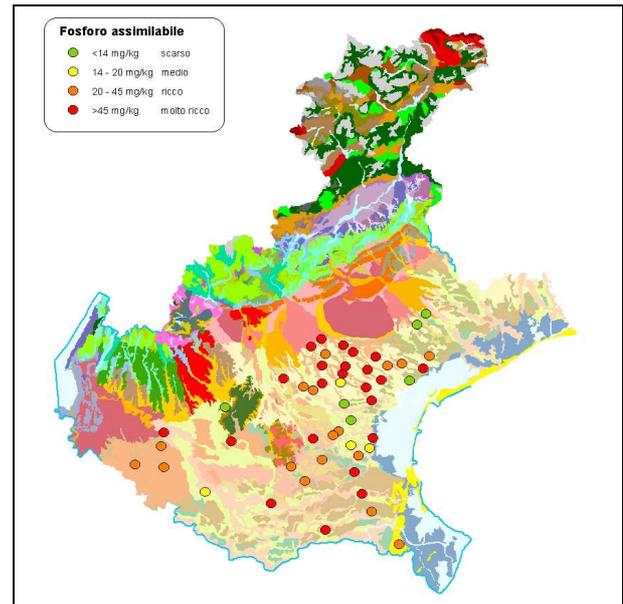
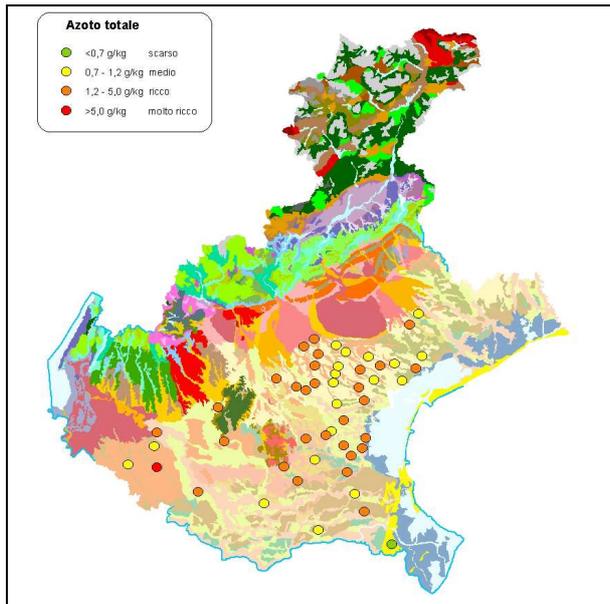


Figura 5: Contenuti di azoto totale, fosforo assimilabile e potassio scambiabile, carbonio organico nei 50 appezzamenti concimati con fertilizzanti organici.

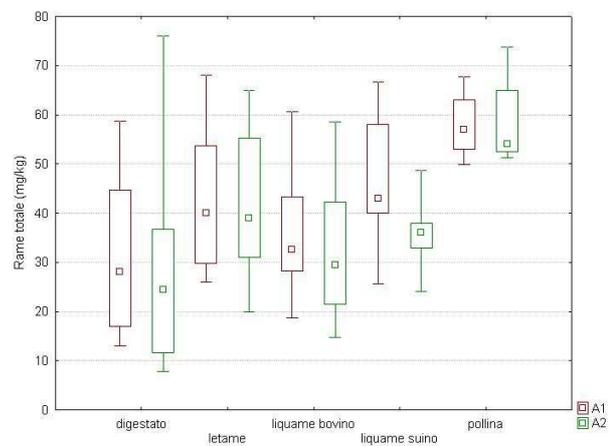
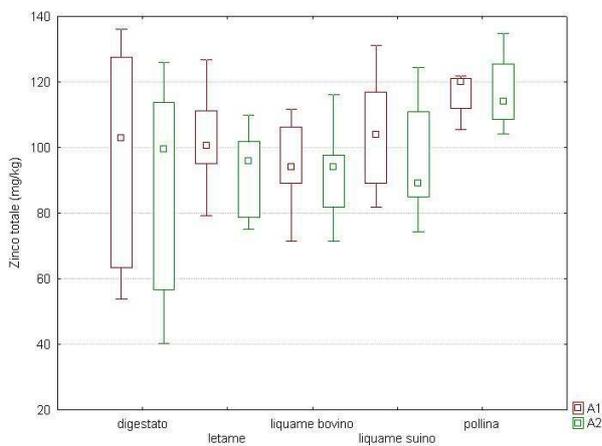
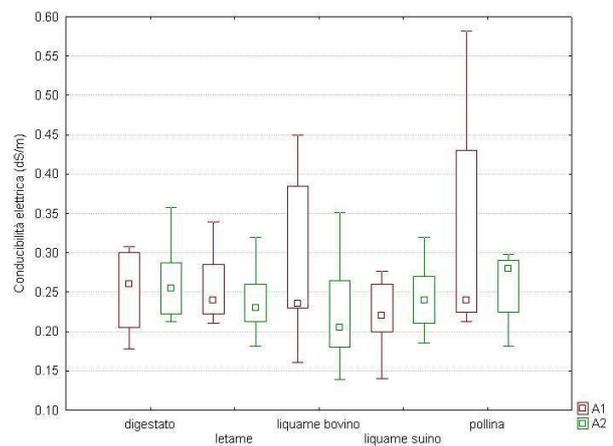
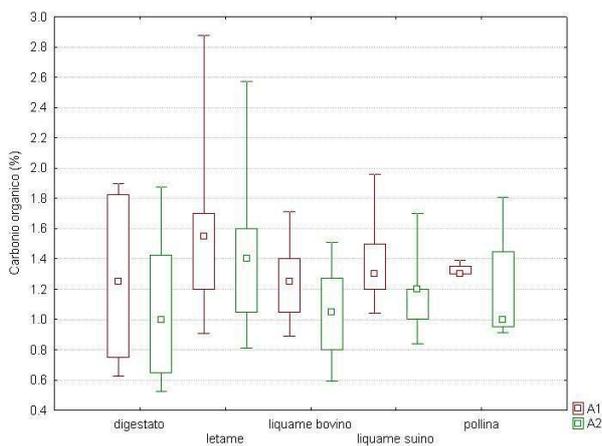
Analizzando i contenuti nel suolo di azoto totale, fosforo e potassio, carbonio organico, salinità, rame e zinco in tutti i 100 campioni raccolti nel corso del progetto (tabella 10), ma suddivisi in base al tipo di fertilizzante organico, sono state riscontrate alcune differenze, confermate dall'applicazione di test statistici (test non parametrico di Kruskal-Wallis). In particolare i terreni concimati con pollina sono risultati più ricchi di fosforo e potassio e quelli con letame i meno ricchi, dato in linea con il contenuto di questi elementi nel rispettivo concime; per quanto riguarda l'azoto totale, i maggiori contenuti sono dei terreni trattati con letame, i più bassi in quelli in cui è stato utilizzato liquame suino, caratterizzato da un maggior contenuto in acqua e pertanto più suscettibile a perdere azoto per percolazione. Non sono state rilevate differenze significative nei diversi trattamenti per il contenuto di carbonio organico, salinità, zinco e rame.

Tabella 10 : Caratteristiche chimiche dei suoli negli appezzamenti concimati con effluenti zootecnici di diversa origine.

Parametro	Concimazione	N dati	Media	Dev.Std.	Mediana	Minimo	Massimo
Fosforo assimilabile (mg/kg)	digestato	14	61.57	31.91	51.80	16.40	121.00
	letame	43	32.76	23.33	28.30	2.60	110.00
	liquame bovino	20	49.63	29.61	50.40	7.50	126.00
	liquame suino	17	62.51	31.40	58.70	7.60	129.00
	pollina	6	125.17	24.20	111.50	107.00	161.00
Potassio scambiabile (mg/kg)	digestato	14	325.21	166.27	327.50	72.00	671.00
	letame	43	229.0	116.90	210.00	68.00	617.00
	liquame bovino	20	275.70	149.85	213.00	98.00	580.00
	liquame suino	17	292.8	140.12	274.00	102.00	569.00
	pollina	6	462.67	221.53	348.50	320.00	878.00
Azoto totale (g/kg)	digestato	14	1.45	0.60	1.35	0.66	2.60
	letame	43	1.72	1.03	1.60	0.90	7.60
	liquame bovino	20	1.30	0.34	1.25	0.70	1.90
	liquame suino	17	1.28	0.45	1.20	0.83	2.40
	pollina	6	1.45	0.34	1.40	1.00	1.90
Carbonio organico (%)	digestato	14	1.29	0.65	1.20	0.50	2.60
	letame	43	1.51	0.55	1.40	0.80	3.30
	liquame bovino	20	1.16	0.33	1.20	0.50	1.80
	liquame suino	17	1.29	0.36	1.20	0.80	2.20
	pollina	6	1.30	0.35	1.30	0.90	1.90
Conduttività elettrica 1:2 (dS/m)	digestato	14	0.26	0.06	0.27	0.17	0.38
	letame	43	0.25	0.05	0.24	0.18	0.35
	liquame bovino	20	0.26	0.10	0.23	0.12	0.45
	liquame suino	17	0.23	0.05	0.22	0.10	0.34
	pollina	6	0.30	0.16	0.26	0.17	0.62
Zinco totale (mg/kg)	digestato	14	90.71	33.79	86.00	38.00	138.00
	letame	43	96.93	21.30	98.00	31.00	166.00
	liquame bovino	20	93.25	14.91	94.00	66.00	117.00
	liquame suino	17	102.18	104.00	69.00	134.00	89.00
	pollina	6	116.67	12.71	117.00	103.00	137.00
Rame totale (mg/kg)	digestato	14	37.36	28.30	29.50	7.70	98.00
	letame	43	41.85	14.71	39.00	17.80	76.00
	liquame bovino	20	34.50	15.44	30.00	11.70	66.00
	liquame suino	17	41.21	13.67	39.00	19.50	69.00
	pollina	6	59.33	10.78	55.50	49.00	76.00

I campionamenti nei 50 appezzamenti sono stati ripetuti a distanza di 12-15 mesi nel corso dei quali sono stati effettuati una o due ulteriori concimazioni (rispettivamente in 28 e 9 casi), in 13 casi la concimazione organica non è stata più ripetuta. Sono stati messi a confronto i parametri del suolo nel tempo (figura 6 e tabella 11) per verificare eventuali variazioni intercorse attraverso l'applicazione di test statistici non parametrici (test delle mediane e Kruskal-Wallis). In generale non sono state riscontrate differenze significative nel tempo all'interno di ogni gruppo di materiale distribuito, restano le differenze tra gruppi già evidenziate nell'analisi precedente. Per vedere un effetto nel tempo probabilmente è necessario utilizzare un intervallo temporale più ampio.

Si nota che per alcuni parametri i valori medi o mediani risultano più bassi nel secondo campionamento: questo fatto può essere dovuto in alcuni casi a un cambiamento nelle pratiche agronomiche, in altri alla disomogeneità delle concimazioni organiche negli appezzamenti. Inoltre alcuni parametri chimici, il potassio in particolare, risentono di una variabilità del risultato analitico di cui va tenuto conto.



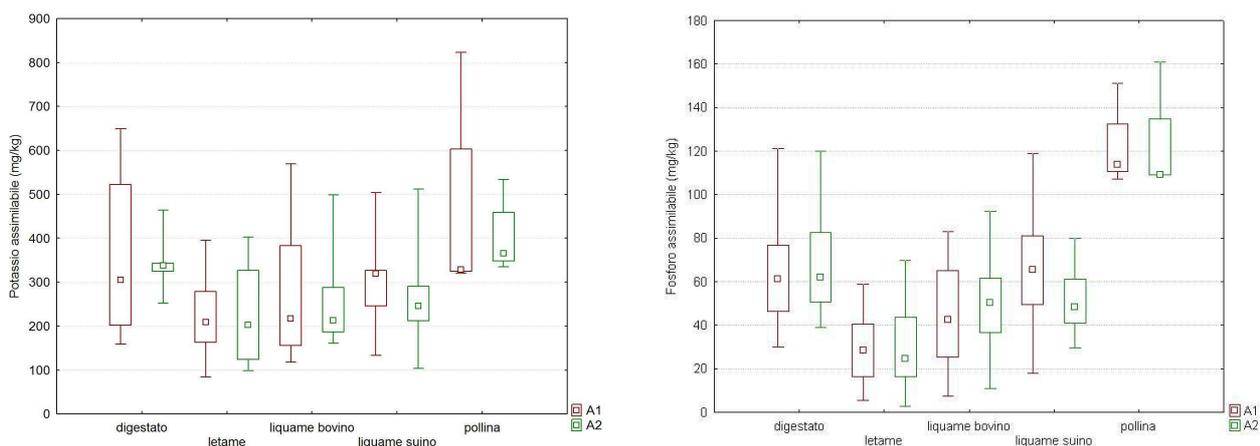


Figura 6: Confronto nel tempo (A1 primo campionamento, A2 secondo campionamento) dei principali parametri del suolo analizzati nei 50 appezzamenti suddivisi per tipo di concimazione organica. Box plot con mediana e percentili (5°, 25°, 75° e 95°).

Tabella 11 : Parametri statistici delle caratteristiche del suolo determinate nei due campionamenti effettuati nei 50 appezzamenti suddivisi per tipo di concimazione organica.

CONCIMAZIONE	tempo	PARAMETRO	unità misura	N dati	Media	Dev. Std.	Mediana	Quartile Inf.	Quartile Sup.	Minimo	Massimo
DIGESTATO	A1	pH H2O		6	7,98	0,60	8,10	7,88	8,33	6,90	8,60
	A2	pH H2O		6	8,03	0,68	8,25	8,05	8,38	6,70	8,60
	A1	Fosforo assimilabile	mg/kg	6	66,17	32,2	61,4	46,2	76,9	29,9	121,0
	A2	Fosforo assimilabile	mg/kg	6	69,82	29,88	61,90	50,53	82,58	38,9	120,0
	A1	Potassio scambiabile	mg/kg	6	365,83	214,8	305,0	202,0	522,0	152,0	671,0
	A2	Potassio scambiabile	mg/kg	6	345,67	88,79	337,5	324,75	343,5	229,0	504,0
	A1	Azoto totale	g/kg	6	1,43	0,54	1,30	1,10	1,80	0,80	2,20
	A2	Azoto totale	g/kg	6	1,33	0,58	1,35	0,83	1,73	0,66	2,10
	A1	Carbonio organico	%	6	1,27	0,60	1,25	0,75	1,83	0,60	1,90
	A2	Carbonio organico	%	6	1,10	0,58	1,00	0,65	1,43	0,50	2,00
	A1	Conduttività elettrica	dS/m	6	0,25	0,06	0,26	0,21	0,30	0,17	0,31
	A2	Conduttività elettrica	dS/m	6	0,27	0,06	0,26	0,22	0,29	0,21	0,38
	A1	Zinco totale	mg/kg	6	97,17	37,51	103,0	63,50	127,5	53,00	138,0
	A2	Zinco totale	mg/kg	6	88,00	38,08	99,50	56,75	113,8	38,00	130,0
A1	Rame totale	mg/kg	6	32,37	19,66	28,0	17,03	44,75	12,5	62,0	
A2	Rame totale	mg/kg	6	32,13	29,96	24,5	11,58	36,75	7,70	88,0	
	A1	pH H2O		22	8,01	0,28	8,10	8,00	8,20	7,20	8,30
	A2	pH H2O		22	8,14	0,31	8,30	8,10	8,30	7,40	8,40
	A1	Fosforo assimilabile	mg/kg	22	31,88	23,81	28,60	16,48	40,63	5,60	110,0
	A2	Fosforo assimilabile	mg/kg	22	32,89	23,09	24,55	16,40	43,75	2,60	92,40
	A1	Potassio scambiabile	mg/kg	22	229,0	123,1	209,5	162,5	278,3	68,0	617,0
	A2	Potassio scambiabile	mg/kg	22	221,9	115,3	202,5	124,0	326,8	72,0	494,0
	A1	Azoto totale	g/kg	22	1,85	1,37	1,60	1,33	1,70	0,90	7,60
	A2	Azoto totale	g/kg	22	1,64	0,50	1,60	1,40	1,78	0,94	3,10
	A1	Carbonio organico	%	22	1,61	0,60	1,55	1,20	1,70	0,90	3,30
	A2	Carbonio organico	%	22	1,46	0,53	1,40	1,05	1,60	0,80	3,00
	A1	Conduttività elettrica	dS/m	22	0,26	0,05	0,24	0,22	0,29	0,21	0,35
	A2	Conduttività elettrica	dS/m	22	0,24	0,05	0,23	0,21	0,26	0,18	0,35

	A1	Zinco totale	mg/kg	22	102,41	23,02	100,5	95,00	111,3	43,00	166,0	
	A2	Zinco totale	mg/kg	22	90,55	17,95	96,00	78,75	101,8	31,00	111,0	
	A1	Rame totale	mg/kg	22	42,91	15,45	40,00	29,75	53,75	21,00	76,0	
	A2	Rame totale	mg/kg	22	43,34	18,45	39,00	31,00	55,25	17,80	98,0	
LIQUAME BOVINO	A1	pH H2O		10	8,01	0,51	8,15	8,10	8,20	6,60	8,40	
	A2	pH H2O		10	8,17	0,55	8,25	8,13	8,50	6,70	8,60	
	A1	Fosforo assimilabile	mg/kg	10	49,91	35,94	42,40	25,33	65,23	7,50	126,0	
	A2	Fosforo assimilabile	mg/kg	10	49,35	23,65	50,40	36,85	61,68	11,00	92,40	
	A1	Potassio assimilabile	mg/kg	10	282,50	175,2	217,5	155,25	382,8	98,00	580,0	
	A2	Potassio assimilabile	mg/kg	10	268,90	128,9	213,0	186,5	287,8	155,00	549,0	
	A1	Azoto totale	g/kg	10	1,30	0,36	1,20	1,10	1,48	0,70	1,90	
	A2	Azoto totale	g/kg	10	1,30	0,33	1,25	1,20	1,48	0,73	1,80	
	A1	Carbonio organico	%	10	1,27	0,30	1,25	1,05	1,40	0,80	1,80	
	A2	Carbonio organico	%	10	1,04	0,34	1,05	0,80	1,28	0,50	1,60	
	A1	Conduttività elettrica	dS/m	10	0,28	0,12	0,24	0,23	0,39	0,12	0,45	
	A2	Conduttività elettrica	dS/m	10	0,23	0,08	0,21	0,18	0,27	0,13	0,41	
		A1	Zinco totale	mg/kg	10	94,20	14,76	94,00	89,00	106,3	66,00	113,0
		A2	Zinco totale	mg/kg	10	92,30	15,80	94,00	81,75	97,75	71,00	117,0
	A1	Rame totale	mg/kg	10	36,17	15,25	32,50	28,25	43,25	13,70	66,00	
	A2	Rame totale	mg/kg	10	32,82	16,25	29,50	21,50	42,25	11,70	63,00	
LIQUAME SUINO	A1	pH H2O		9	7,81	0,52	8,00	7,90	8,10	6,50	8,10	
	A2	pH H2O		9	7,99	0,33	8,10	7,90	8,20	7,40	8,30	
	A1	Fosforo assimilabile	mg/kg	9	65,83	29,44	65,60	49,60	81,00	17,80	119,0	
	A2	Fosforo assimilabile	mg/kg	9	55,54	34,25	48,50	40,80	61,20	7,60	129,0	
	A1	Potassio assimilabile	mg/kg	9	301,9	134,4	320,0	246,0	327,0	121,0	569,0	
	A2	Potassio assimilabile	mg/kg	9	274,8	146,9	246,0	212,0	291,0	102,0	554,0	
	A1	Azoto totale	g/kg	9	1,28	0,43	1,20	1,10	1,40	0,85	2,30	
	A2	Azoto totale	g/kg	9	1,28	0,47	1,20	0,93	1,30	0,83	2,40	
	A1	Carbonio organico	%	9	1,38	0,36	1,30	1,20	1,50	1,00	2,20	
	A2	Carbonio organico	%	9	1,19	0,32	1,20	1,00	1,20	0,80	1,90	
	A1	Conduttività elettrica	dS/m	9	0,22	0,05	0,22	0,20	0,26	0,10	0,28	
	A2	Conduttività elettrica	dS/m	9	0,24	0,05	0,24	0,21	0,27	0,17	0,34	
		A1	Zinco totale	mg/kg	9	104,7	19,11	104,0	89,00	117,0	77,00	134,0
		A2	Zinco totale	mg/kg	9	97,44	19,42	89,00	85,00	111,0	69,00	128,0
	A1	Rame totale	mg/kg	9	46,11	15,22	43,00	40,00	58,00	22,00	69,00	
	A2	Rame totale	mg/kg	9	35,94	9,23	36,00	33,00	38,00	19,50	55,00	
POLLINA	A1	pH H2O		3	8,03	0,35	8,00	7,85	8,20	7,70	8,40	
	A2	pH H2O		3	8,20	0,46	8,30	8,00	8,45	7,70	8,60	
	A1	Fosforo assimilabile	mg/kg	3	124,0	23,64	114,0	110,5	132,5	107,0	151,0	
	A2	Fosforo assimilabile	mg/kg	3	126,3	30,02	109,0	109,0	135,0	109,0	161,0	
	A1	Potassio scambiabile	mg/kg	3	509,0	319,6	329,0	324,5	603,5	320,0	878,0	
	A2	Potassio scambiabile	mg/kg	3	416,3	118,8	366,0	348,5	459,0	331,0	552,0	
	A1	Azoto totale	g/kg	3	1,40	0,40	1,40	1,20	1,60	1,00	1,80	
	A2	Azoto totale	g/kg	3	1,50	0,36	1,40	1,30	1,65	1,20	1,90	
	A1	Carbonio organico	%	3	1,33	0,06	1,30	1,30	1,35	1,30	1,40	
	A2	Carbonio organico	%	3	1,27	0,55	1,00	0,95	1,45	0,90	1,90	
	A1	Conduttività elettrica	dS/m	3	0,36	0,23	0,24	0,23	0,43	0,21	0,62	
	A2	Conduttività elettrica	dS/m	3	0,25	0,07	0,28	0,23	0,29	0,17	0,30	
		A1	Zinco totale	mg/kg	3	115,33	9,87	120,0	112,0	121,0	104,0	122,0
		A2	Zinco totale	mg/kg	3	118,00	17,35	114,0	108,5	125,5	103,0	137,0
	A1	Rame totale	mg/kg	3	58,33	10,07	57,0	53,0	63,0	49,0	69,0	
	A2	Rame totale	mg/kg	3	60,33	13,65	54,0	52,5	65,0	51,0	76,0	

Confronto tra i risultati del monitoraggio nelle acque e i parametri del suolo

Il posizionamento dei piezometri in origine era stato fatto cercando di interessare il maggior numero possibile di unità della cartografia dei suoli, per valutare se i risultati potessero essere messi in relazione con i tipi di suolo presenti nella pianura veneta.

Tra le proprietà del suolo si è considerata la **capacità protettiva nei confronti delle acque profonde** che esprime l'attitudine del suolo a funzionare come filtro naturale dei nutrienti che vengono comunemente apportati con le concimazioni minerali ed organiche riducendone le quantità potenzialmente immesse nelle acque. Questa capacità dipende da caratteristiche del suolo, fattori ambientali (condizioni climatiche e idrologiche) e fattori antropici (ordinamento colturale e pratiche agronomiche) ed è stata valutata attraverso l'applicazione di modelli di simulazione del bilancio idrico del suolo (MACRO, Jarvis 1994) e del bilancio azotato (SOIL-N) ai suoli rappresentativi della pianura veneta. I risultati sono stati estesi alle unità tipologiche di suolo della carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000 nella versione aggiornata al 2016 e, successivamente, alle unità della carta dei suoli attribuendo a ciascuna unità cartografica, quando nella stessa unità erano presenti due suoli, la classe del suolo più diffuso (suolo dominante).

Dei 70 piezometri soltanto uno ricade nella classe di capacità protettiva bassa e 13 in quella moderatamente bassa; la maggior parte sono in aree che si possono considerare protettive (45 piezometri in classe moderatamente alta e 11 in quella alta).

Alla cartografia si sono sovrapposti i dati della concentrazione di nitrati delle acque; nella figura 7 viene raffigurata la **concentrazione massima** riscontrata tra le 8 campagne in modo da evidenziare i punti con criticità. Nella tabella 11 si riporta il numero di stazioni con le diverse concentrazioni massime ripartite in base alla classe di capacità protettiva: come si può notare, le alte concentrazioni (>50 mg/l) si trovano in aree a capacità protettiva moderatamente alta (soltanto 3 piezometri) e nessuno in aree più critiche. Concentrazioni più basse (<50 mg/l) sono state comunque trovate in zone a capacità protettiva moderatamente bassa (8 piezometri) o migliori (21 in moderatamente alta e 7 in alta).

Tabella 12: Numero di piezometri con le diverse concentrazioni medie di nitrati riscontrate suddivisi per classe di capacità protettiva.

CONCENTRAZIONE MEDIA NITRATI	CAPACITA' PROTETTIVA ACQUE PROFONDE			
	AA	MA	MB	BB
> 50mg/l	0	3	0	0
< 50mg/l	7	21	8	0
< LQ	4	21	5	1
totale	11	45	13	1

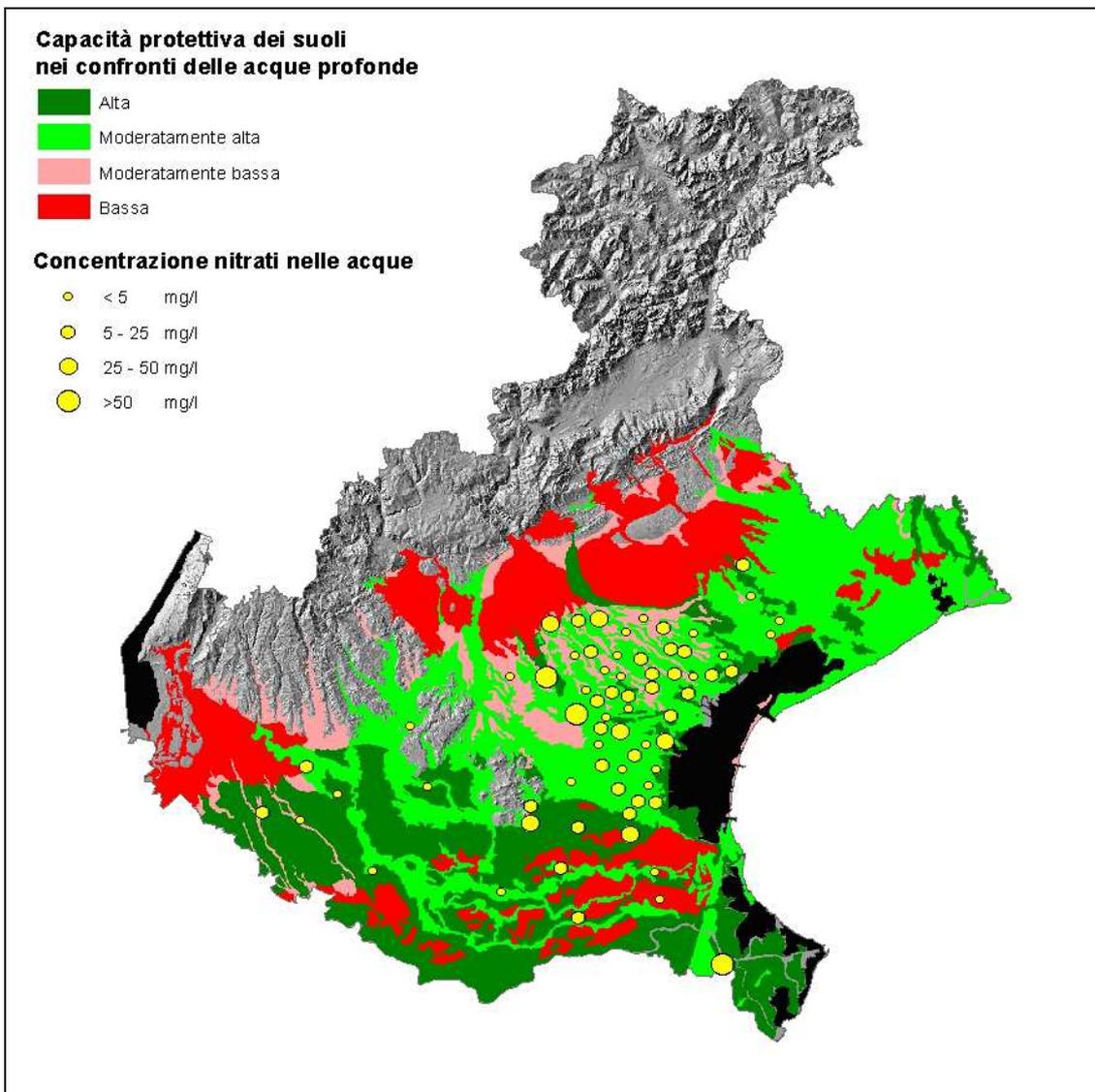


Figura 7: Carta della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde in scala 1:250.000 con sovrapposte le concentrazioni massime di nitrati nelle 8 campagne nelle acque.

Va tenuto presente che questa cartografia rappresenta la capacità protettiva **intrinseca** del suolo a funzionare da filtro dei nutrienti, pur in determinate condizioni climatiche e ambientali e che per valutare il rischio che l'azoto apportato con concimazioni organiche e minerali raggiunga le acque di falda è indispensabile conoscere gli effettivi apporti.

La carta della capacità protettiva è stata incrociata con la **carta del surplus di azoto**, che stima quanto dell'azoto distribuito con le concimazioni sia in eccesso rispetto alle utilizzazioni da parte delle colture e quindi risulti potenzialmente inquinante. La carta così ottenuta permette di dare un'indicazione più precisa di quali aree siano a maggior **rischio per la percolazione dell'azoto nelle acque di falda**.

Dei 70 piezometri 3 ricadono in aree a rischio alto, 11 a rischio moderatamente alto, e la maggior parte in aree a rischio basso (42) o moderatamente basso (14).

Anche a questa cartografia sono stati sovrapposti i dati della concentrazione di nitrati delle acque (figura 8 e tabella 12): i 3 punti in cui sono state riscontrate le alte concentrazioni (>50 mg/l) ricadono in aree a rischio di percolazione basso, e tra i punti in cui si sono trovate delle concentrazioni più basse (<50 mg/l) soltanto 8 si trovano in zone a rischio medio, le altre in aree a rischio basso o molto basso.

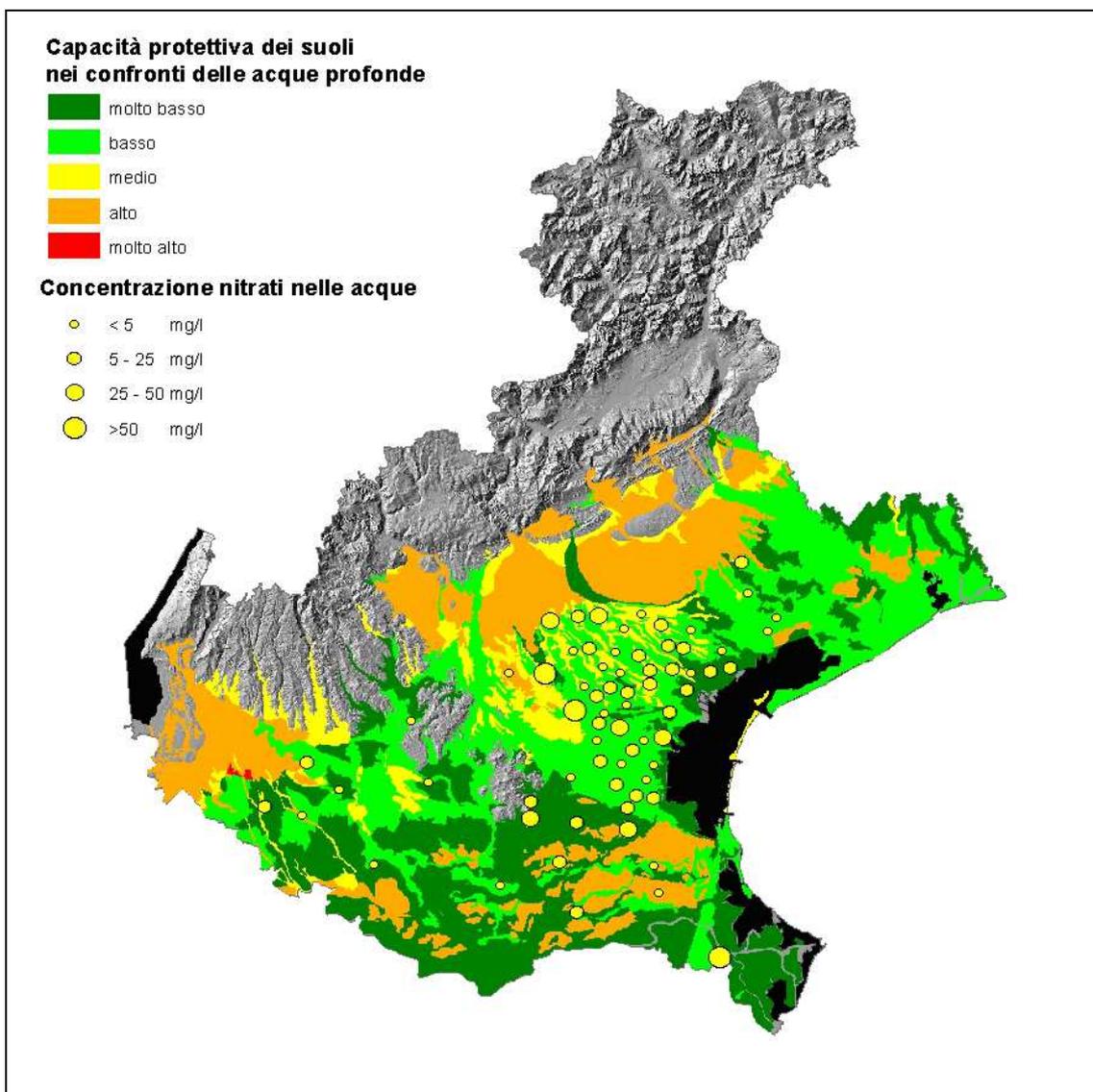


Figura 8: Carta del rischio di percolazione dell'azoto in scala 1:250.000 con sovrapposte le concentrazioni massime di nitrati nelle 8 campagne nelle acque.

Tabella 12: Numero di piezometri con le diverse concentrazioni medie di nitrati riscontrate suddivisi per classe di rischio di percolazione.

CONCENTRAZIONE MEDIA NITRATI	RISCHIO DI PERCOLAZIONE DELL'AZOTO			
	MOLTO BASSO	BASSO	MEDIO	ALTO
> 50mg/l	0	3	0	0
< 50mg/l	10	18	8	0
< LQ	4	21	3	3
totale	14	42	11	3

La concentrazione di nitrati nei piezometri indagati sembra pertanto essere molto più influenzata dalla pratica di distribuzione (dosi, modalità e momento di distribuzione dei nutrienti) piuttosto che dai caratteri dei suoli; tale riscontro però porta anche a evidenziare ancora una volta la necessità di raccogliere informazioni più precise sulle modalità e quantità di effluenti distribuite nelle medesime aree.

Conclusioni

Contrariamente al monitoraggio dei nitrati nelle acque, attività consolidata da tempo, il monitoraggio dei suoli realizzato nell'ambito del progetto costituisce la prima esperienza nel Veneto e probabilmente, per quanto a nostra conoscenza, in Italia. Proprio per questo la predisposizione della rete e il campionamento hanno richiesto un impegno notevole in termini di risorse e di tempo e le condizioni di campionamento non sono sempre state ottimali.

Le forme azotate sono state analizzate in 20 appezzamenti con concimazione organica accanto a 20 appezzamenti con concimazione minerale: la forma nitrica risulta la prevalente nel terreno rispetto a quella nitrosa e ammoniacale è presente a livelli più elevati in superficie, con concentrazioni più elevate nei terreni concimati con letame e liquame rispetto a quelli con sola concimazione minerale.

Anche negli orizzonti profondi prevale l'azoto nitrico, in concentrazioni mediamente paragonabili o inferiori, a seconda del tipo di fertilizzazione: più alta per il liquame e più bassa per la concimazione minerale.

L'azoto ammoniacale, presente in concentrazioni più elevate nell'orizzonte superficiale rispetto a quello profondo, è presente in proporzioni decisamente più elevate nei suoli trattati con fertilizzanti minerali e con pollina rispetto ai suoli trattati con altri ammendanti organici. Nei suoli trattati con digestato la concentrazione di azoto ammoniacale è doppia rispetto ai suoli trattati con liquame zootecnico.

I terreni a concimazione organica hanno mediamente un contenuto molto più elevato rispetto a quelli a concimazione minerale sia di fosforo (+160%) che di potassio (+85%) mentre per la sostanza organica contenuti leggermente più elevati si rilevano solo per i suoli trattati con ammendanti organici solidi (pollina e letame); non vi sono grosse differenze invece per le concentrazioni di rame e zinco. negli appezzamenti concimati con fertilizzanti organici rispetto a quelli in cui è stata effettuata la sola concimazione minerale.

Sono stati inoltre campionati 50 appezzamenti a concimazione organica a inizio e a fine progetto: considerando le dotazioni in elementi nutritivi, azoto, fosforo e potassio, gran parte degli appezzamenti

sono risultati ricchi o molto ricchi (rispettivamente 64% e 2% per l'azoto, 34 e 46% per il fosforo e 38 e 52% per il potassio).

I terreni concimati con pollina sono risultati più ricchi in fosforo e potassio, i terreni trattati con letame hanno il maggior contenuto di azoto totale, quelli in cui è stato utilizzato liquame suino il contenuto più basso. Non sono state rilevate differenze significative nei diversi trattamenti per il contenuto di carbonio organico, salinità, zinco e rame. Considerando la variazione degli stessi parametri nel tempo, in generale non sono state riscontrate differenze significative all'interno di ogni gruppo di materiale distribuito, restano le differenze tra gruppi già evidenziate nell'analisi precedente. Per vedere un effetto nel tempo probabilmente è necessario utilizzare un intervallo temporale più ampio.

I risultati del monitoraggio delle acque sono stati sovrapposti con la carta del rischio di percolazione dell'azoto nel suolo per verificare eventuali relazioni: i 3 punti in cui sono state riscontrate le alte concentrazioni di nitrati (>50 mg/l) ricadono in aree a rischio di percolazione basso e, tra i punti in cui si sono trovate delle concentrazioni più basse (<50 mg/l), soltanto 8 si trovano in zone a rischio medio, le altre in aree a rischio basso o molto basso. La concentrazione di nitrati nei piezometri indagati sembra pertanto essere molto più influenzata dalla pratica di distribuzione (dosi, modalità e momento di distribuzione dei nutrienti) piuttosto che dai caratteri dei suoli.

Bibliografia

ANPA - CTN_SSC (2001). *Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali*. Rapporti APAT, RTI CTN_SSC n. 2/2001.

ARPAV (2013). *Metodologia per la stima dei carichi di azoto (N) di origine agricola della Regione Veneto*. http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/file-e-allegati/documenti/minacce-di-degradazione/relazione_carichi_azoto_Veneto_2013.pdf

ARPAV (2011). *Metalli e metalloidi nei suoli del Veneto*. Treviso, 188 pp.

ARPAV (2005). *Carta dei suoli del Veneto*. Osservatorio Regionale Suolo. Castelfranco Veneto (TV), 383 pp.

Calzolari C., Ungaro F., Guermandi M., Laruccia N. (2001). *Suoli capisaldo della pianura padano-veneta: bilanci idrici e capacità protettiva*. Rapporto 10.1, progetto SINA-Carta pedologica in aree a rischio ambientale, CNR-IGES.

Calzolari C., Ungaro F., Ragazzi F., Vinci I., Cappellin R., Venuti L. (2004). *Valutazione della capacità protettiva dei suoli nel bacino scolante in laguna di Venezia attraverso l'uso di modellistica*. Bollettino della Società Italiana di Scienza del Suolo, 53, pp. 415-421.

Giandon P., Bortolami P., 2007. *L'interpretazione delle analisi del terreno. Strumento per la sostenibilità ambientale*. ARPAV, Collana Verdenauta. Padova, 70 pp.

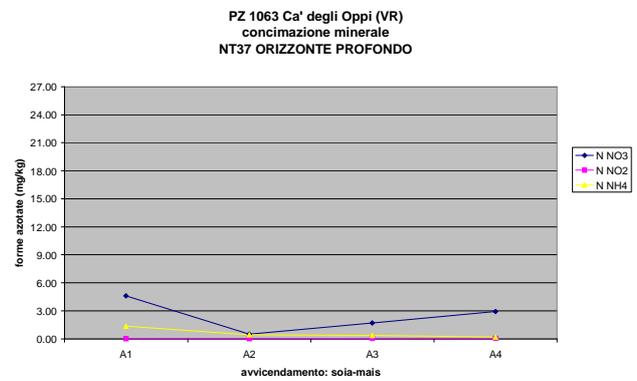
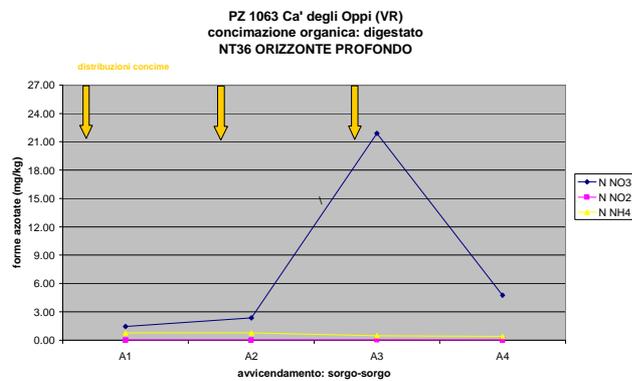
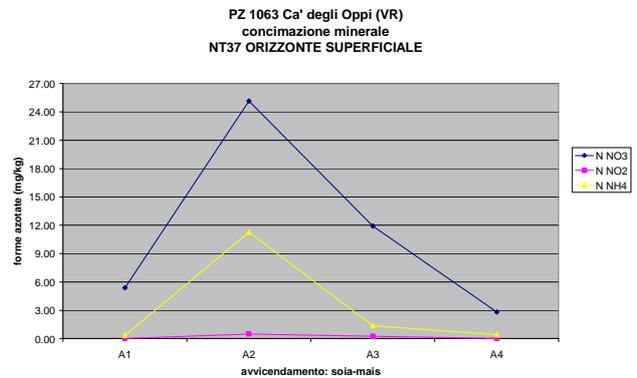
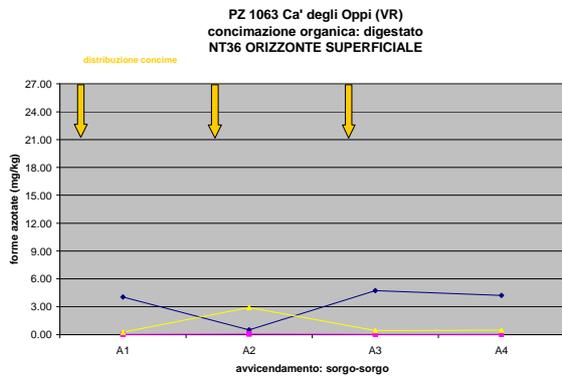
Giardini L. (2002). *Agronomia Generale*. Patron Ed., 744pp.

Ungaro F., Calzolari C., Busoni, E. (2005) - *Development of pedotransfer functions using a group method of data handling for the soil of the Pianura Padano-Veneta region of North Italy. Water retention properties*. Geoderma, 124, 293-317.

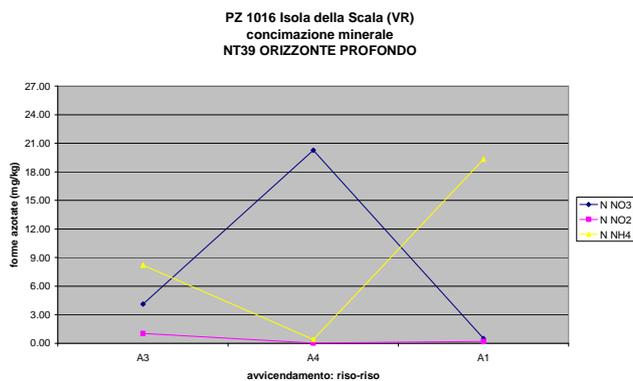
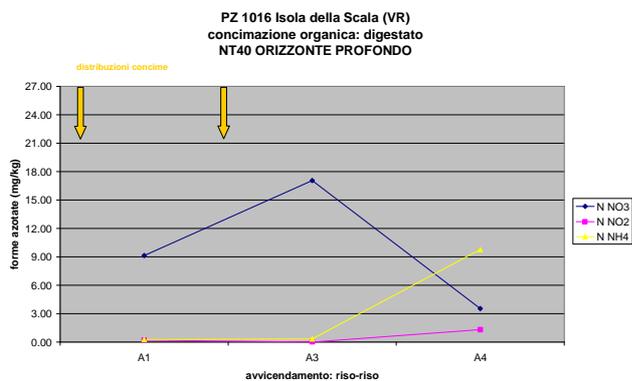
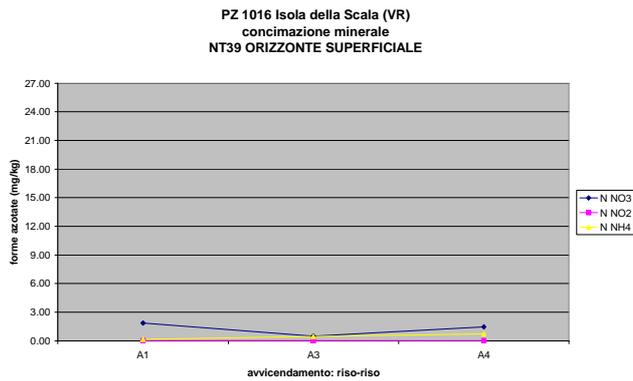
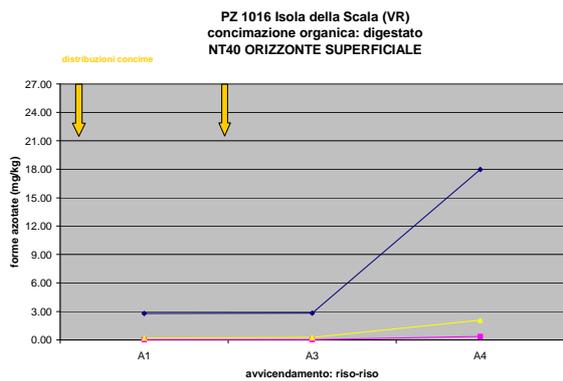
Ungaro F. (2006) - *Valutazione della capacità protettiva del suolo nei confronti dell'inquinamento delle falde nella pianura veneta*. Rapporto 4.1, convenzione ARPA Veneto - CNR IRPI "Valutazione della capacità protettiva dei suoli del veneto nei confronti delle acque sotterranee e stima del rischio di erosione" 59 pp. Aprile 2006.

Allegato 1 – Andamento delle forme azotate e altri parametri negli appezzamenti trattati con concimi organici e con concimi minerali

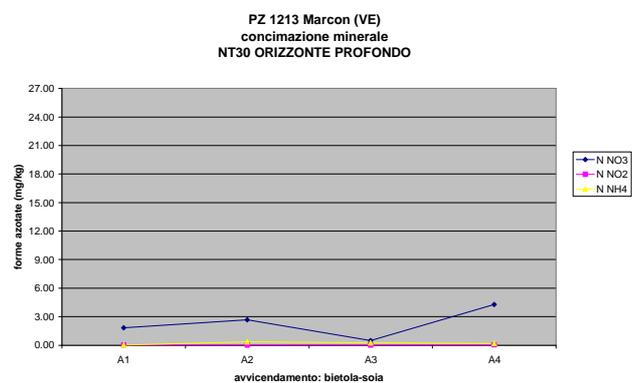
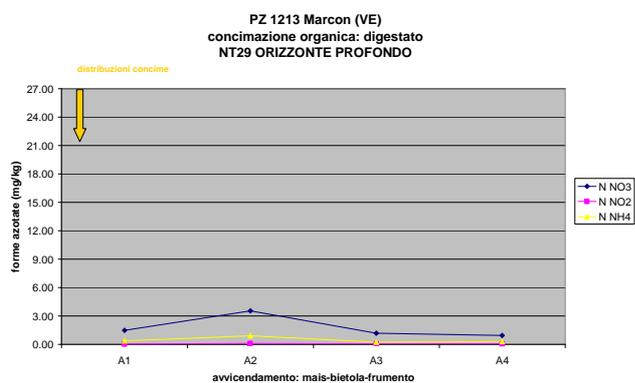
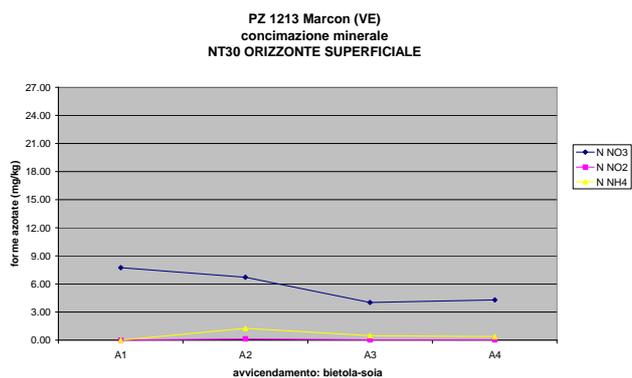
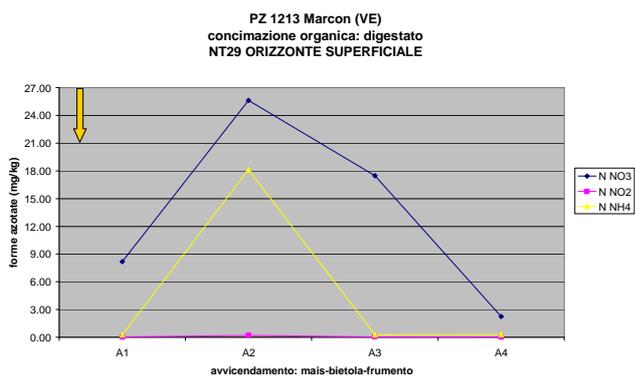
DIGESTATO



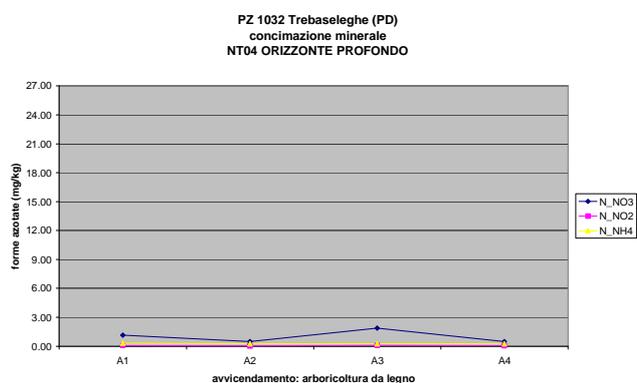
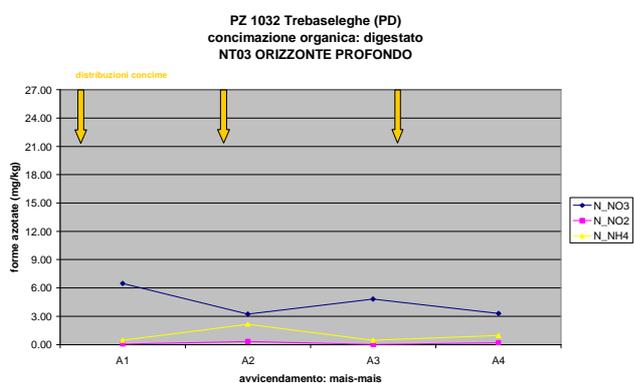
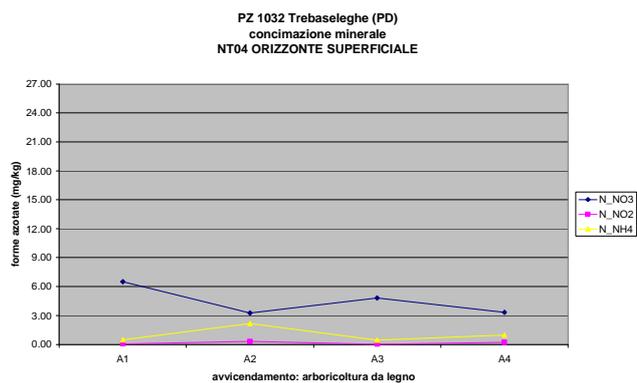
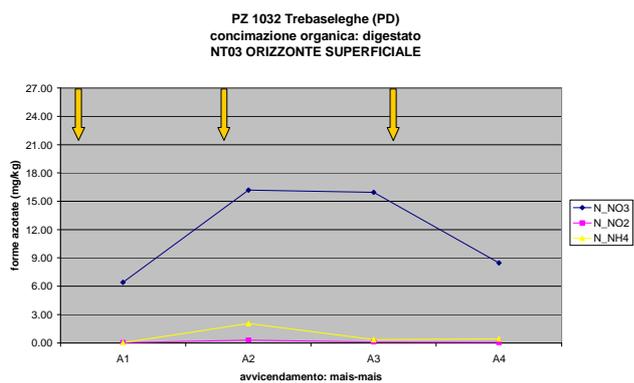
	NT36 concimazione organica	NT37 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	0.5	0.8
Azoto totale (g/kg)	1.20	1.60
Fosforo assimilabile (mg/kg)	31.6	45.8
Potassio scambiabile (mg/kg)	165.0	89.0
Zinco totale (mg/kg)	53.0	83.0
Rame totale (mg/kg)	14.7	22.0



	NT40 concimazione organica	NT39 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	0.7	0.6
Azoto totale (g/kg)	0.7	0.5
Fosforo assimilabile (mg/kg)	56.9	45.4
Potassio scambiabile (mg/kg)	146.0	45.4
Zinco totale (mg/kg)	56.0	52.0
Rame totale (mg/kg)	12.5	11.0



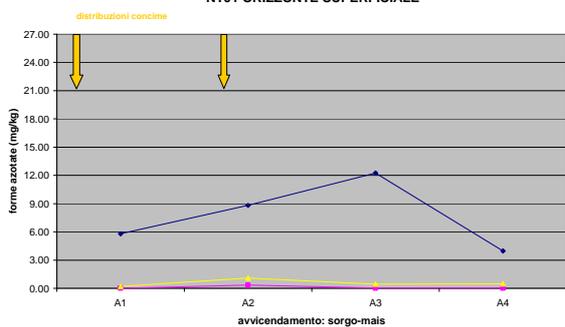
	NT29 concimazione organica	NT30 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	0.4	1.1
Azoto totale (g/kg)	1.5	1.1
Fosforo assimilabile (mg/kg)	54.2	6.5
Potassio scambiabile (mg/kg)	398.0	233.0
Zinco totale (mg/kg)	120.0	140.0
Rame totale (mg/kg)	32.0	63.0



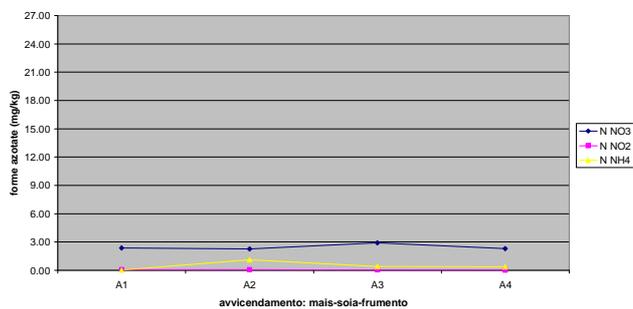
	NT03 concimazione organica	NT04 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	0.9	0.8
Azoto totale (g/kg)	1.2	1.0
Fosforo assimilabile (mg/kg)	90.9	149.5
Potassio scambiabile (mg/kg)	457.0	462.0
Zinco totale (mg/kg)	86.0	85.0
Rame totale (mg/kg)	24.0	23.0

LETAME

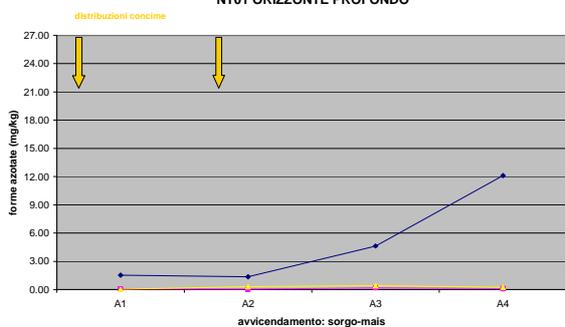
PZ 1028 Mogliano Veneto (TV)
concimazione organica: letame
NT01 ORIZZONTE SUPERFICIALE



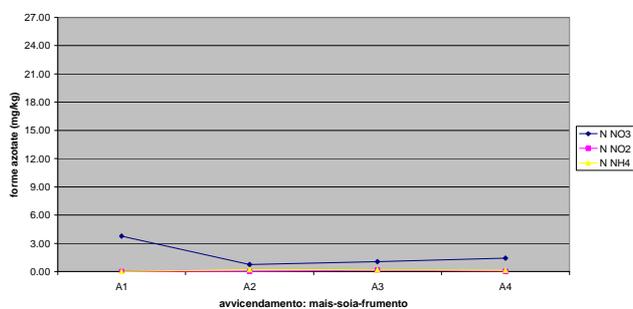
PZ 1028 Mogliano Veneto (TV)
concimazione minerale
NT31 ORIZZONTE SUPERFICIALE



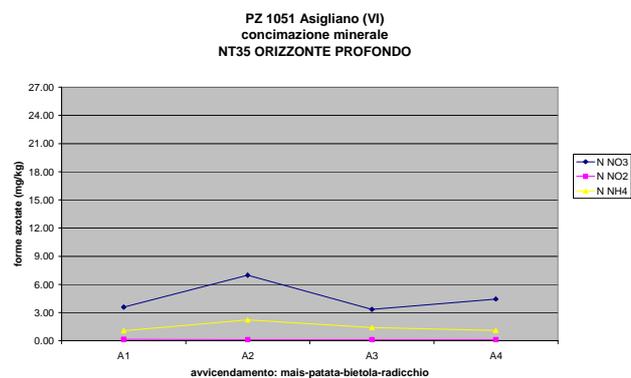
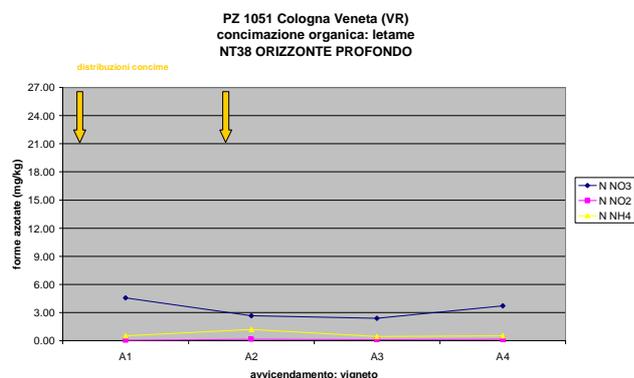
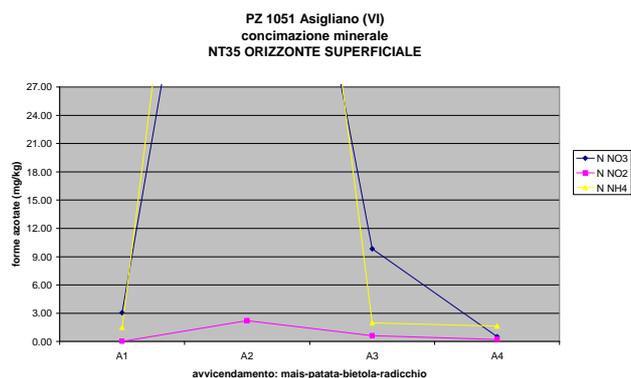
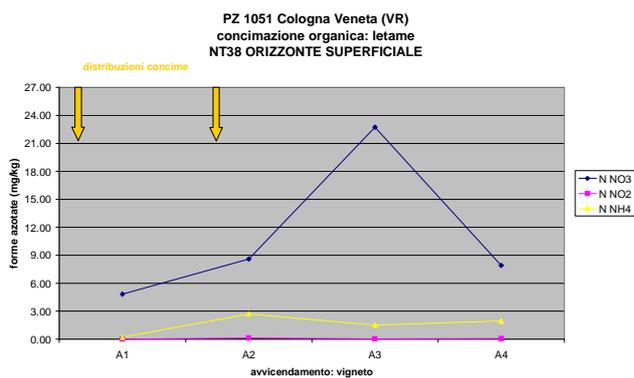
PZ 1028 Mogliano Veneto (TV)
concimazione organica: letame
NT01 ORIZZONTE PROFONDO



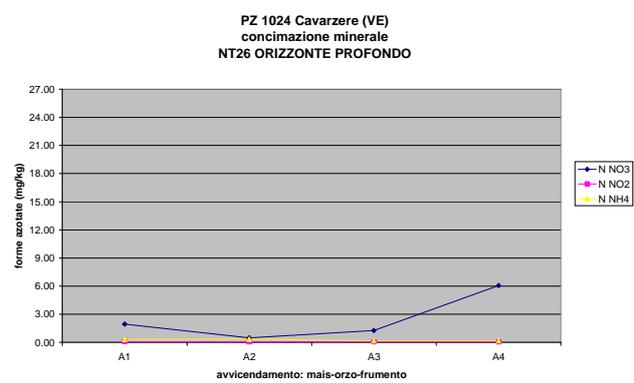
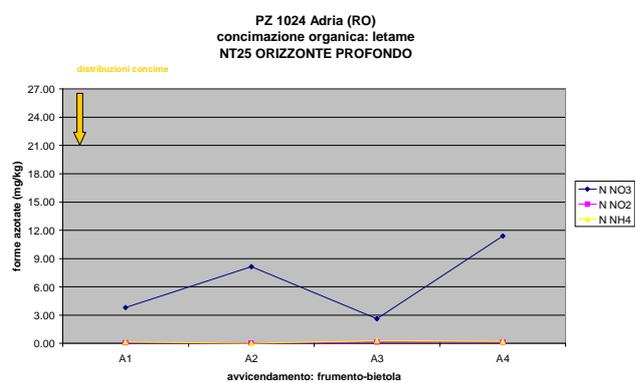
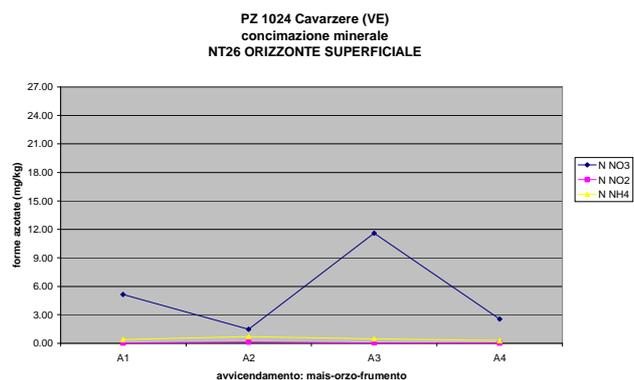
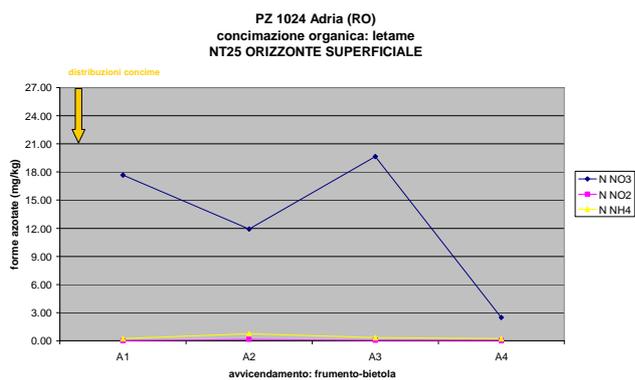
PZ 1028 Mogliano Veneto (TV)
concimazione minerale
NT31 ORIZZONTE PROFONDO



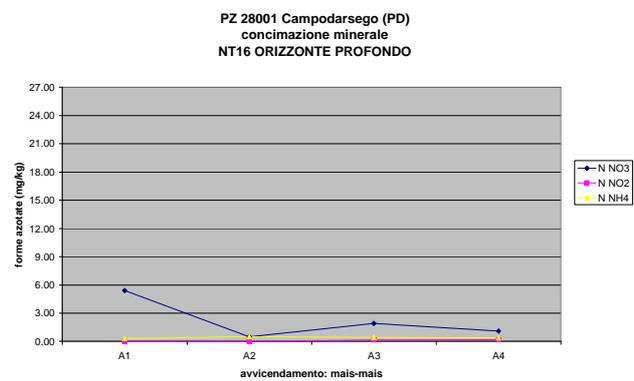
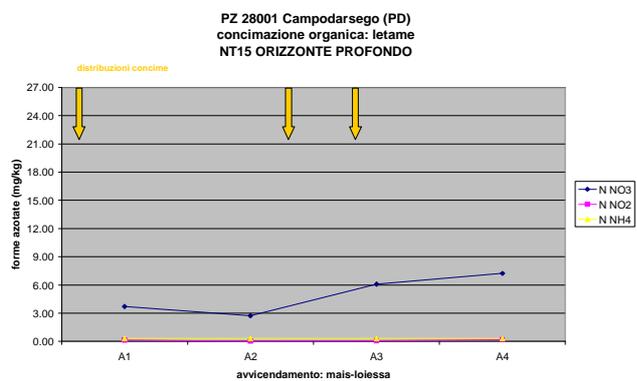
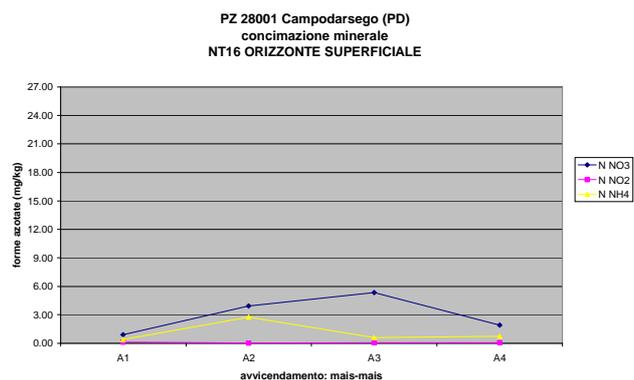
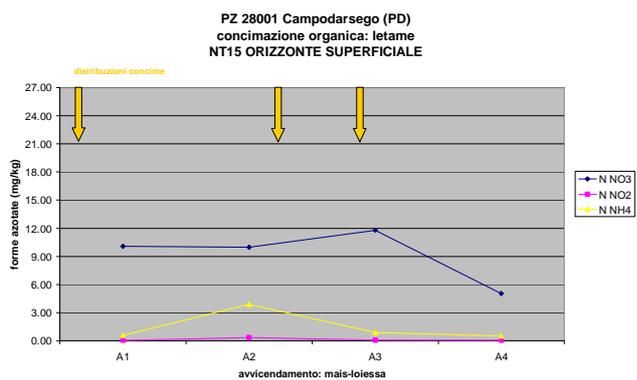
	NT01 concimazione organica	NT31 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.1	0.5
Azoto totale (g/kg)	1.1	<0.5
Fosforo assimilabile (mg/kg)	42.1	3.5
Potassio scambiabile (mg/kg)	150.0	72.0
Zinco totale (mg/kg)	95.0	86.0
Rame totale (mg/kg)	32.0	39.0



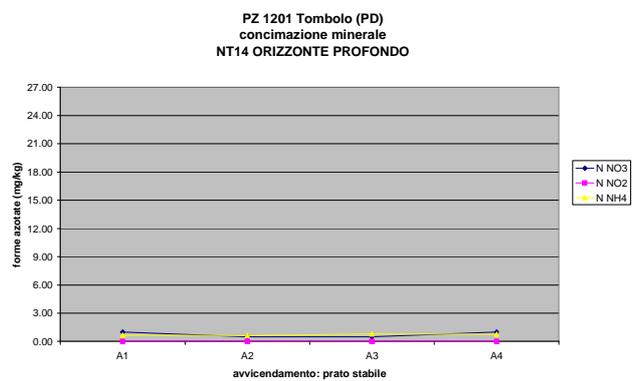
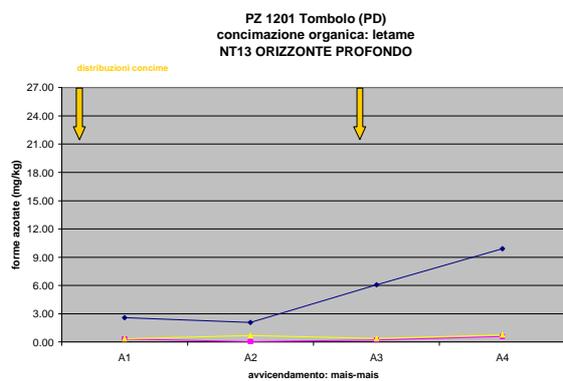
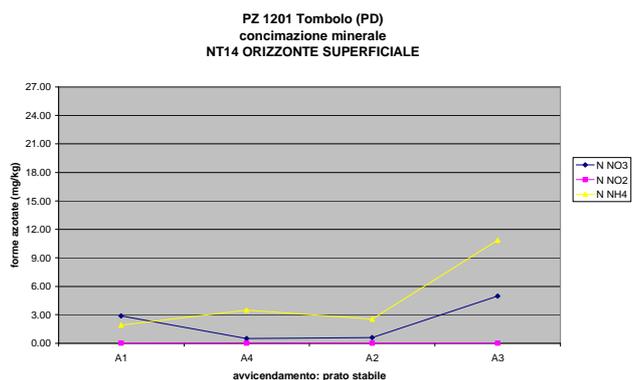
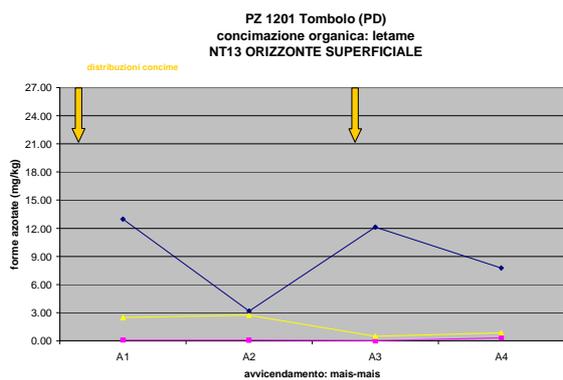
	NT38 concimazione organica	NT35 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.4	1.1
Azoto totale (g/kg)	2.6	1.8
Fosforo assimilabile (mg/kg)	91.1	51.3
Potassio scambiabile (mg/kg)	615.0	314.0
Zinco totale (mg/kg)	113.0	130.0
Rame totale (mg/kg)	54.0	53.0



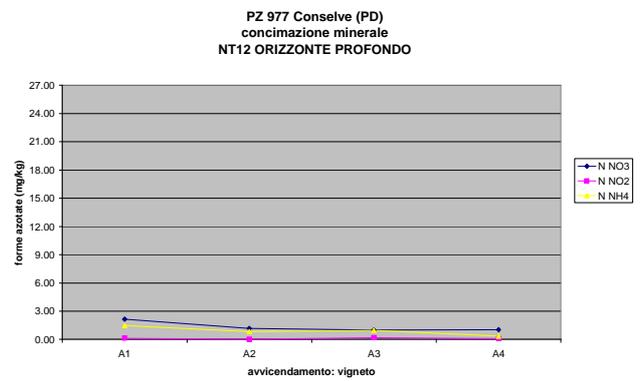
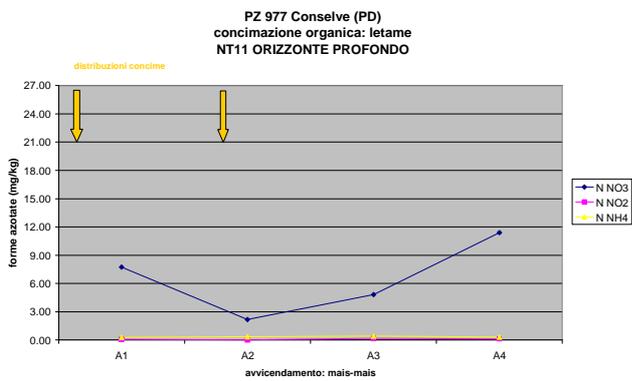
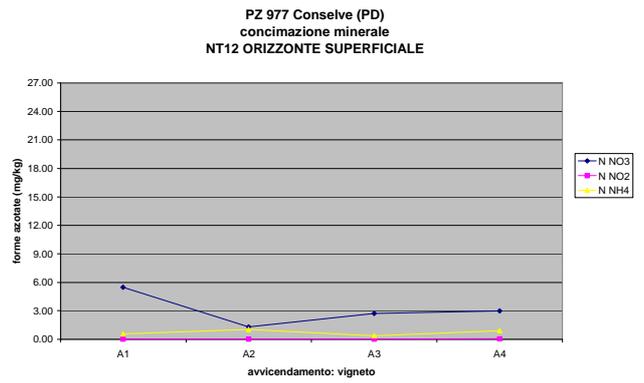
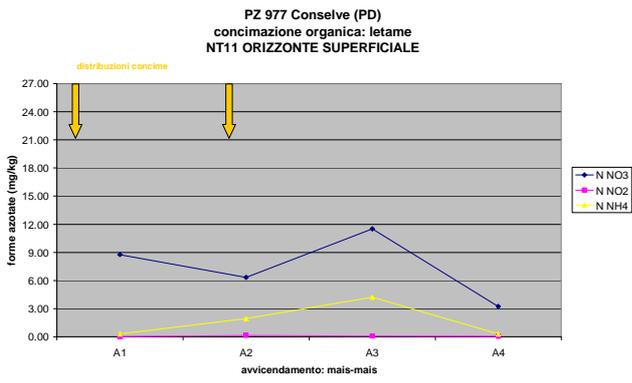
	NT25 concimazione organica	NT26 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.5	2.2
Azoto totale (g/kg)	1.5	1.9
Fosforo assimilabile (mg/kg)	36.2	13.1
Potassio scambiabile (mg/kg)	222.0	190.0
Zinco totale (mg/kg)	98.0	100.0
Rame totale (mg/kg)	34.0	36.0



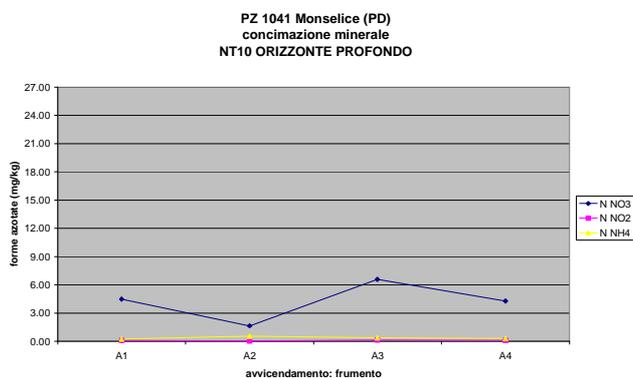
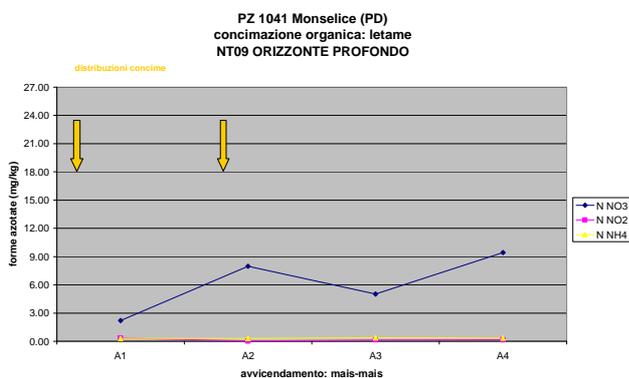
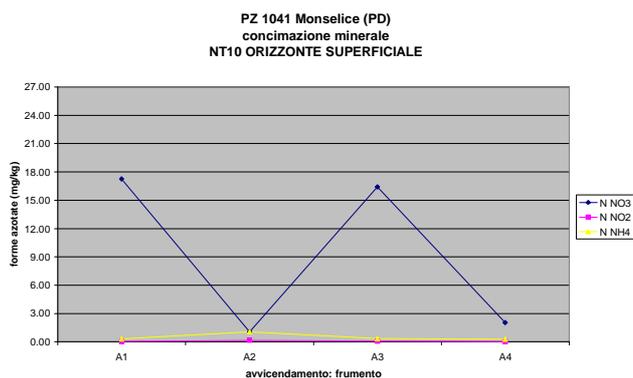
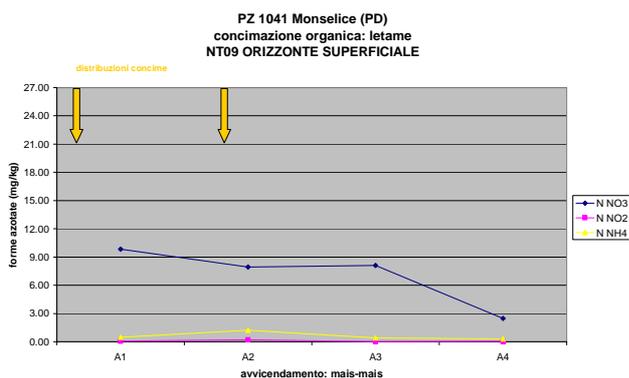
	NT15 concimazione organica	NT16 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.4	0.5
Azoto totale (g/kg)	1.6	<0.5
Fosforo assimilabile (mg/kg)	61.4	<2.5
Potassio scambiabile (mg/kg)	181.0	107.0
Zinco totale (mg/kg)	102.0	120.0
Rame totale (mg/kg)	41.0	49.0



	NT13 concimazione organica	NT14 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.2	0.8
Azoto totale (g/kg)	1.3	1.0
Fosforo assimilabile (mg/kg)	71.9	12.8
Potassio scambiabile (mg/kg)	332.0	43.0
Zinco totale (mg/kg)	95.0	84.0
Rame totale (mg/kg)	26.0	27.0



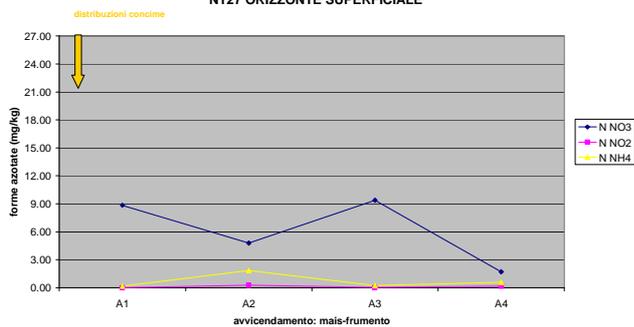
	NT11 concimazione organica	NT12 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	0.9	0.9
Azoto totale mg/kg)	0.9	1.0
Fosforo assimilabile (mg/kg)	28.3	20.7
Potassio scambiabile (mg/kg)	131.0	125.0
Zinco totale (mg/kg)	83.0	100.0
Rame totale (mg/kg)	53.0	180.0



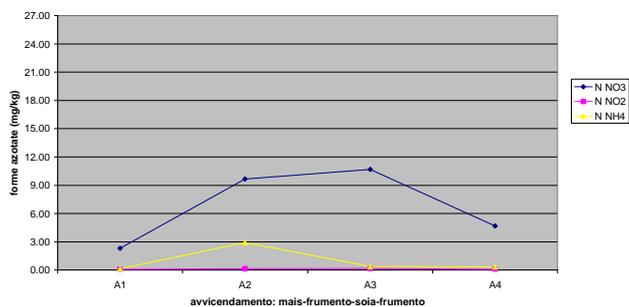
	NT09 concimazione organica	NT10 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.6	1.1
Azoto totale (g/kg)	1.6	1.0
Fosforo assimilabile (mg/kg)	42.0	15.7
Potassio scambiabile (mg/kg)	251.0	133.0
Zinco totale (mg/kg)	79.0	100.0
Rame totale (mg/kg)	44.0	68.0

POLLINA

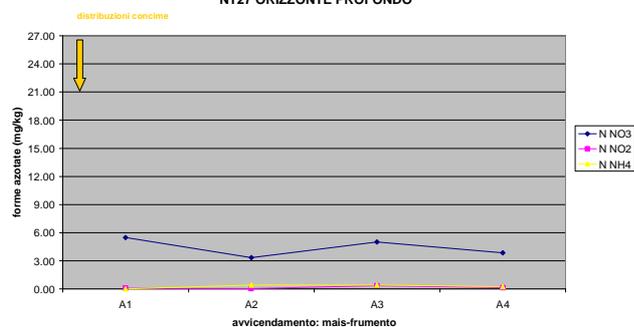
PZ 1043 Sant'Urbano (PD)
concimazione organica: pollina/letame
NT27 ORIZZONTE SUPERFICIALE



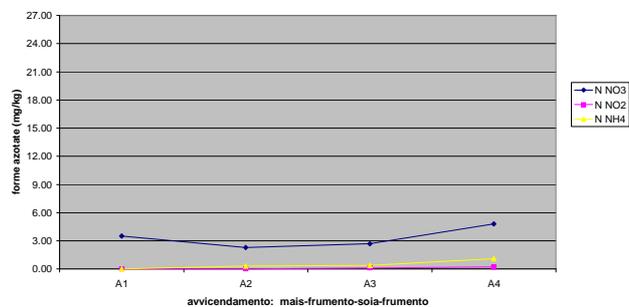
PZ 1043 Sant'Urbano (PD)
concimazione minerale
NT28 ORIZZONTE SUPERFICIALE



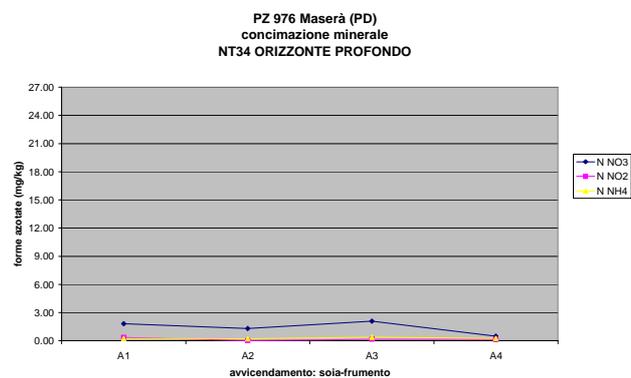
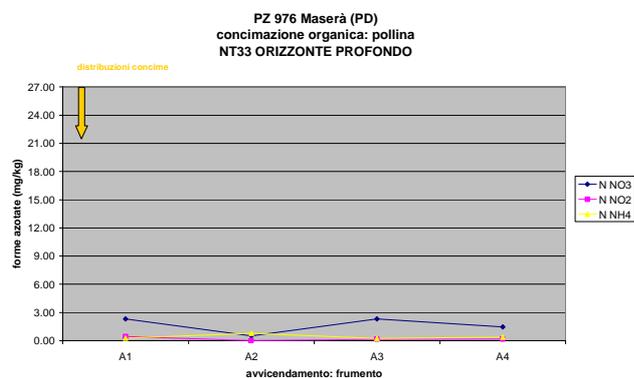
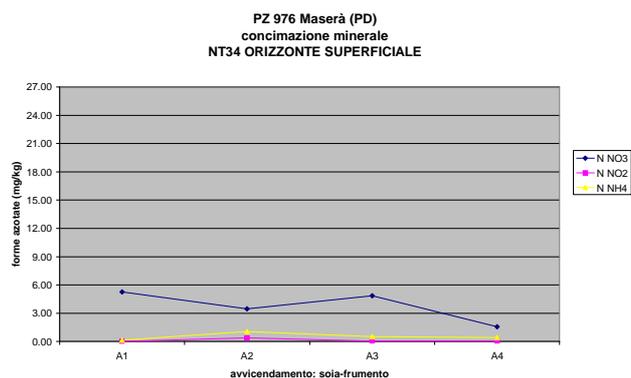
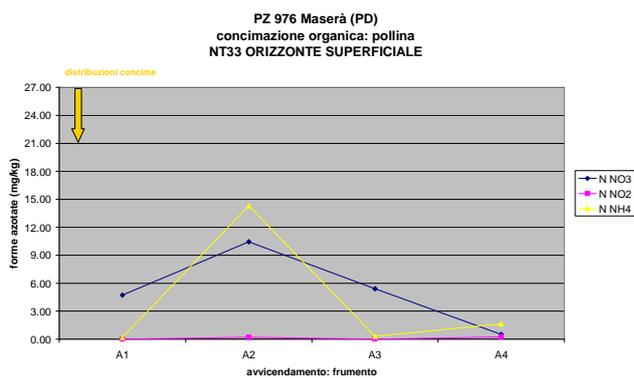
PZ 1043 Sant'Urbano (PD)
concimazione organica: pollina/letame
NT27 ORIZZONTE PROFONDO



PZ 1043 Sant'Urbano (PD)
concimazione minerale
NT28 ORIZZONTE PROFONDO

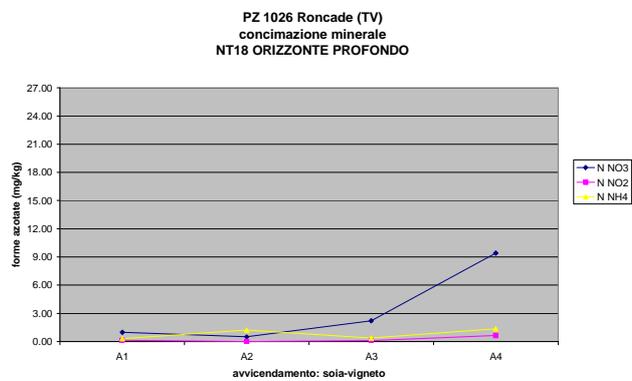
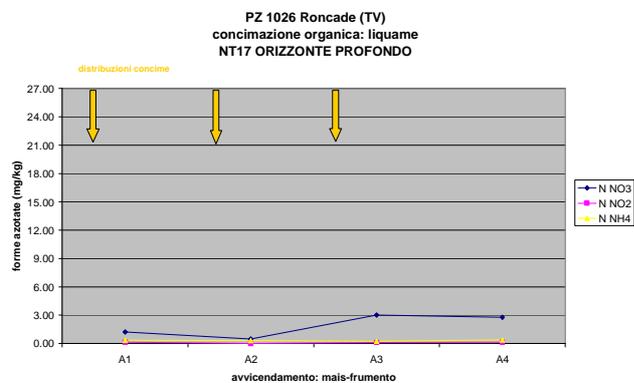
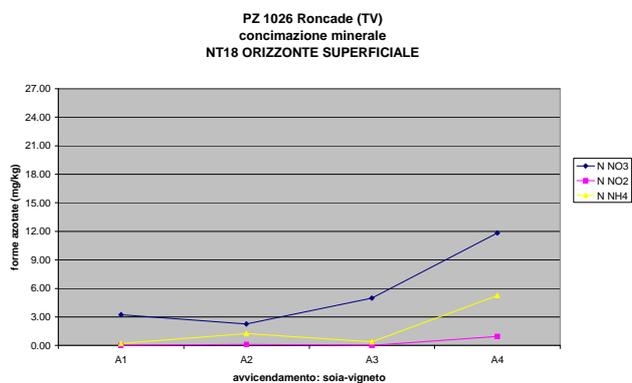
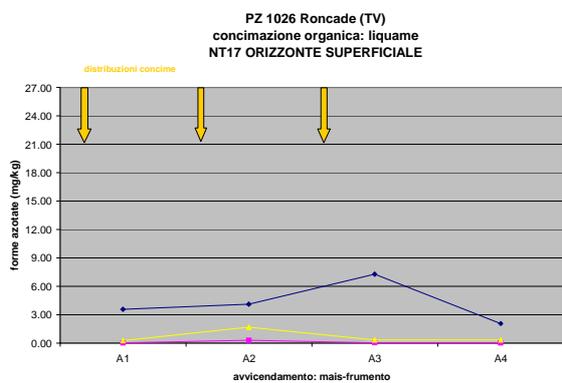


	NT27 concimazione organica	NT28 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.3	0.9
Azoto totale (g/kg)	1.0	0.7
Fosforo assimilabile (mg/kg)	135.2	<2.5
Potassio scambiabile (mg/kg)	849.0	87.00
Zinco totale (mg/kg)	122.0	77.0
Rame totale (mg/kg)	49.0	21.0

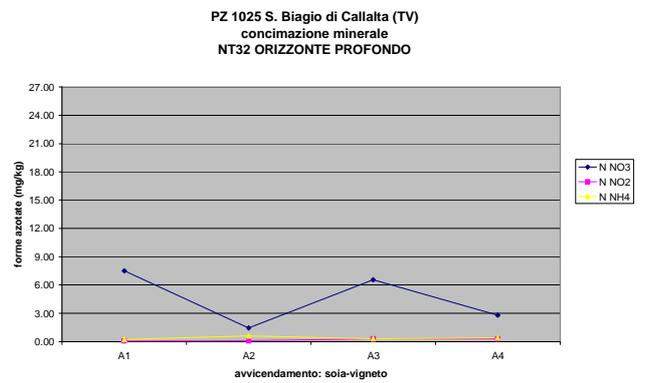
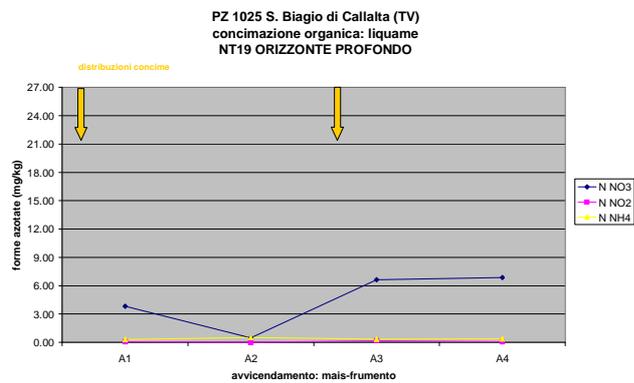
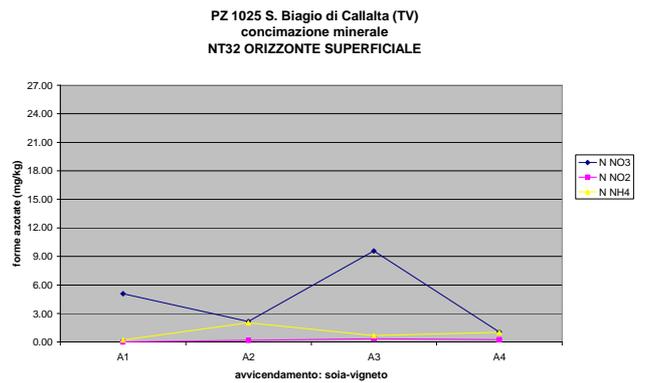
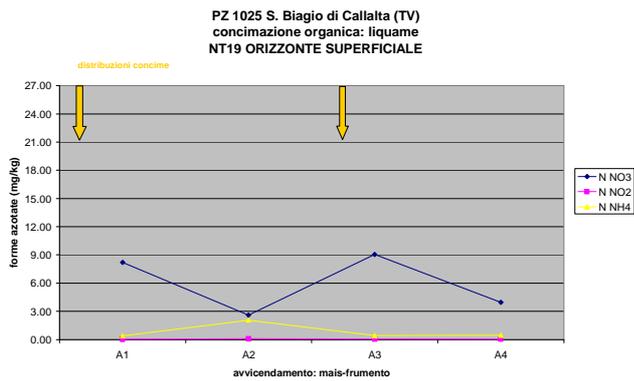


	NT33 concimazione organica	NT34 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.4	1.2
Azoto totale (g/kg)	1.4	1.2
Fosforo assimilabile (mg/kg)	129.3	47.5
Potassio scambiabile (mg/kg)	279.0	188.0
Zinco totale (mg/kg)	104.0	100.0
Rame totale (mg/kg)	57.0	38.0

LIQUAME

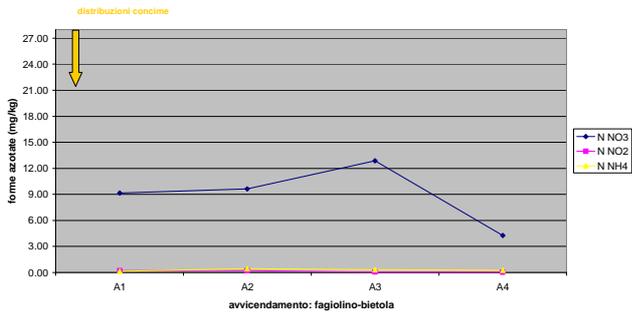


	NT17 concimazione organica	NT18 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.1	1.3
Azoto totale (g/kg)	1.2	1.2
Fosforo assimilabile (mg/kg)	32.1	17.5
Potassio scambiabile (mg/kg)	207.0	187.0
Zinco totale (mg/kg)	108.0	110.0
Rame totale (mg/kg)	54.0	27.0

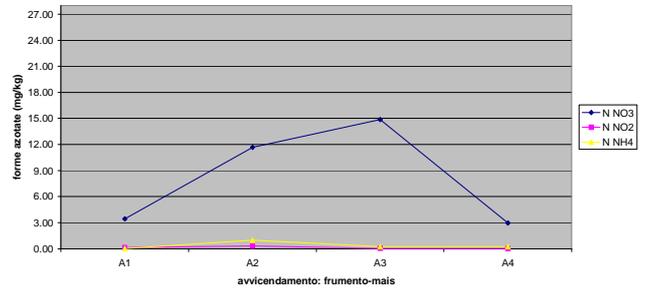


	NT19 concimazione organica	NT32 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.3	1.2
Azoto totale (g/kg)	1.8	1.0
Fosforo assimilabile (mg/kg)	10.3	<2.5
Potassio scambiabile (mg/kg)	198.0	84.0
Zinco totale (mg/kg)	110.0	49.0
Rame totale (mg/kg)	66.0	18.0

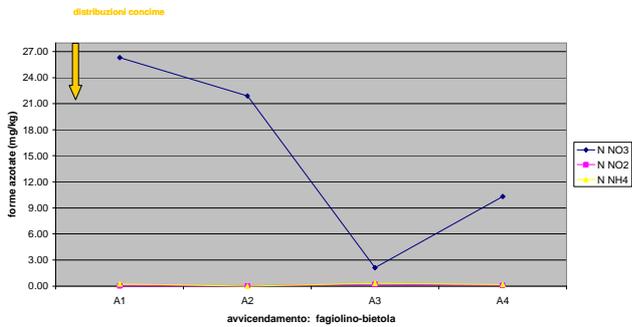
PZ 1059 Ceregnano (RO)
concimazione organica: liquame
NT20 ORIZZONTE SUPERFICIALE



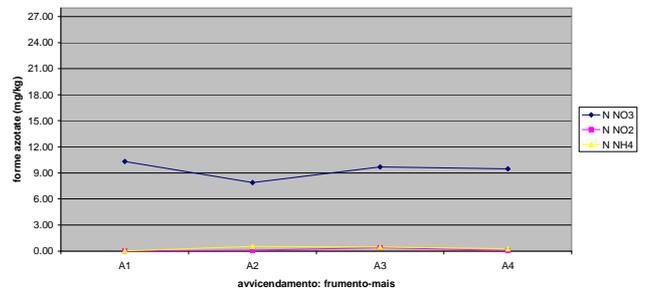
PZ 1059 Ceregnano (RO)
concimazione minerale
NT02 ORIZZONTE SUPERFICIALE



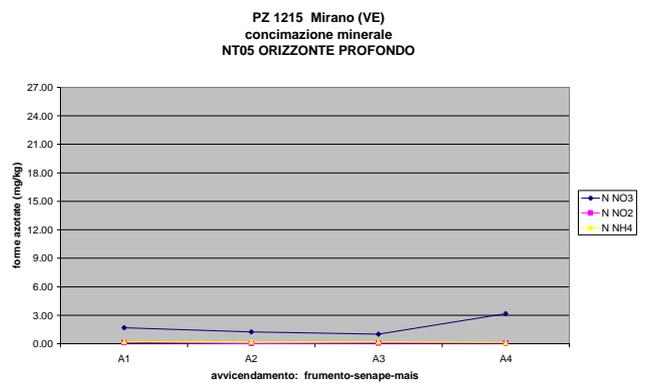
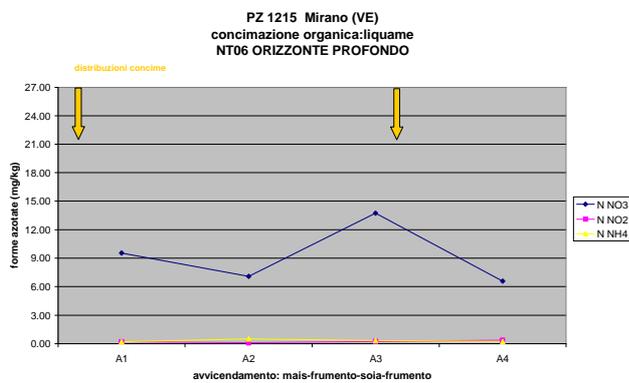
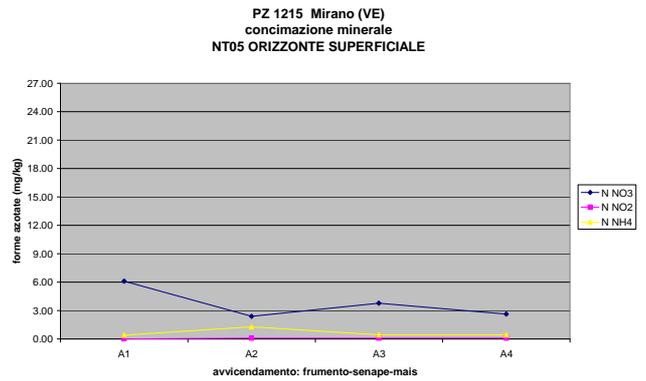
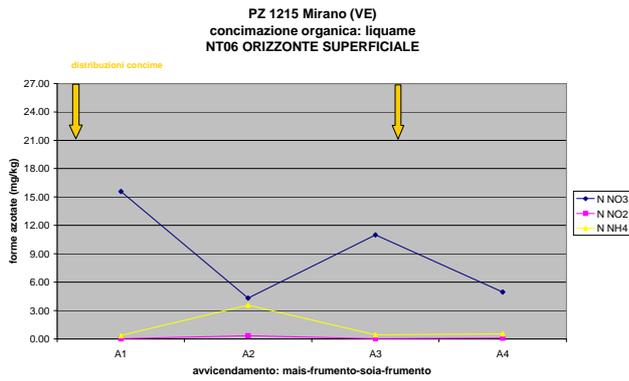
PZ 1059 Ceregnano (RO)
concimazione organica: liquame
NT20 ORIZZONTE PROFONDO



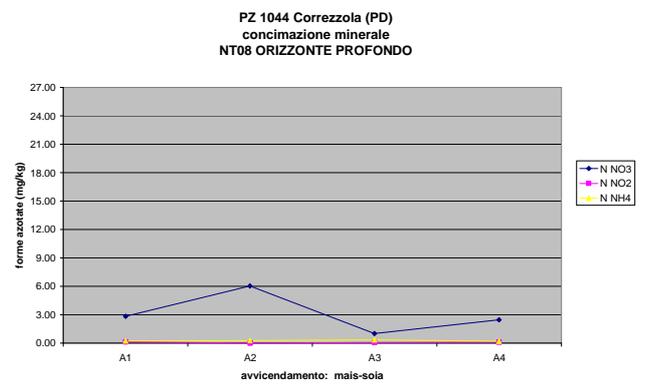
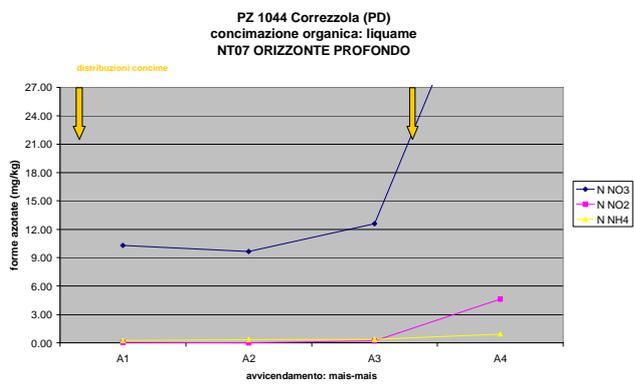
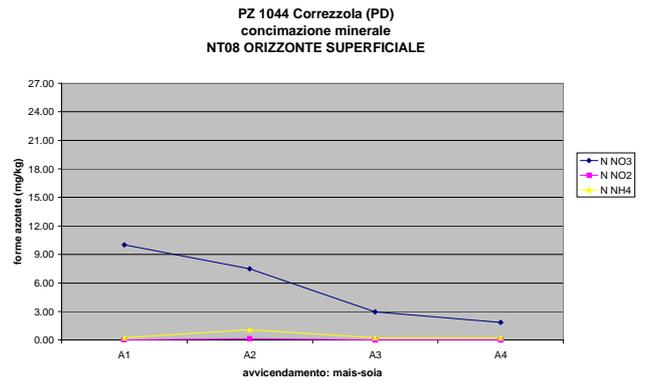
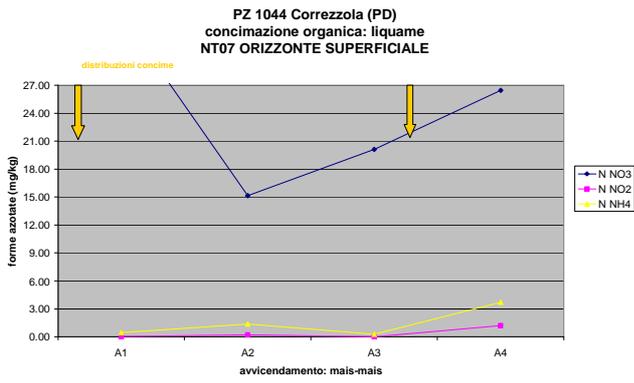
PZ 1059 Ceregnano (RO)
concimazione minerale
NT02 ORIZZONTE PROFONDO



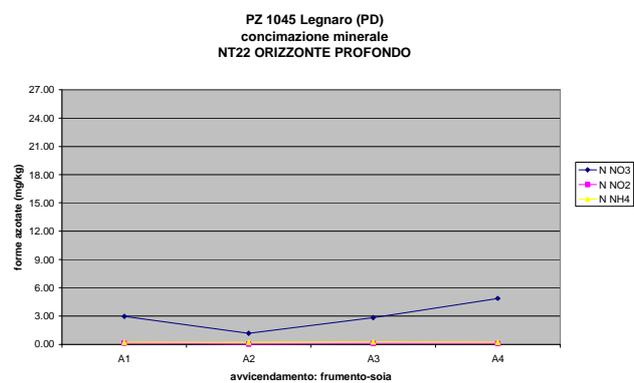
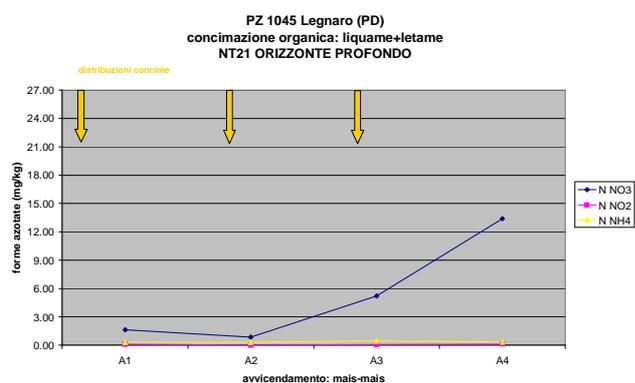
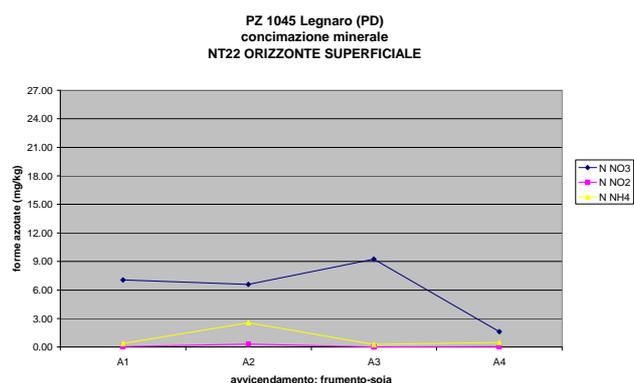
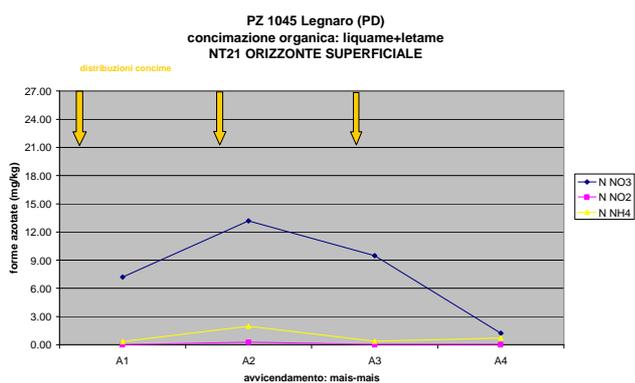
	NT20 concimazione organica	NT02 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	0.6	0.5
Azoto totale (g/kg)	<0.5	<0.5
Fosforo assimilabile (mg/kg)	<2.5	4.0
Potassio scambiabile (mg/kg)	90.0	101.0
Zinco totale (mg/kg)	96.0	85.0
Rame totale (mg/kg)	35.0	29.0



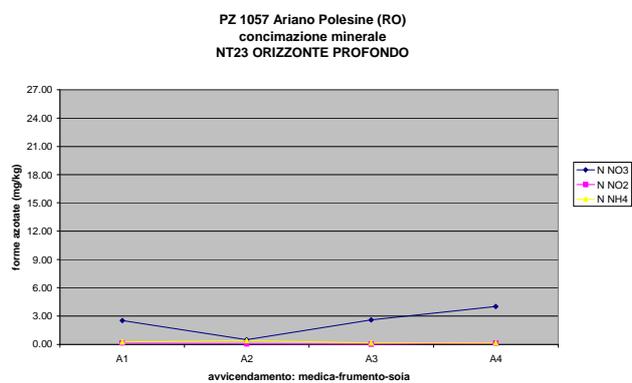
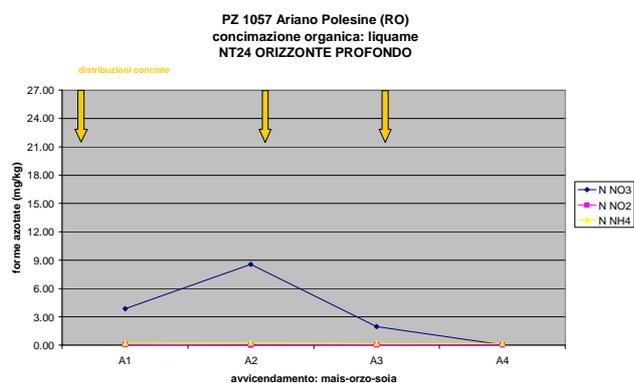
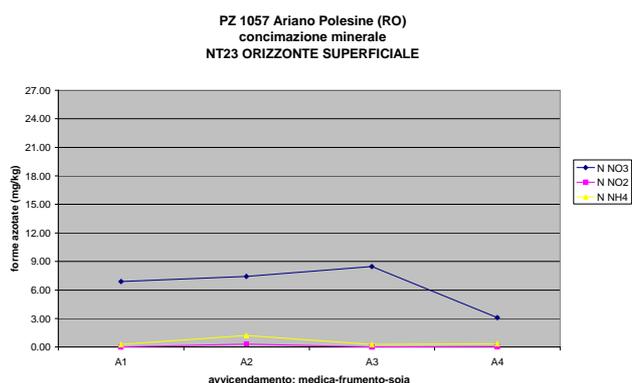
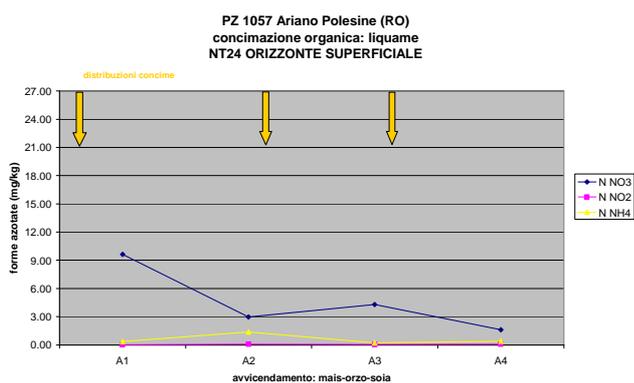
	NT06 concimazione organica	NT05 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.4	0.8
Azoto totale (g/kg)	1.3	0.9
Fosforo assimilabile (mg/kg)	109.6	5.4
Potassio scambiabile (mg/kg)	508.0	93.0
Zinco totale (mg/kg)	78.0	87.0
Rame totale (mg/kg)	29.0	29.0



	NT07 concimazione organica	NT08 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.4	1.3
Azoto totale (g/kg)	2.0	1.3
Fosforo assimilabile (mg/kg)	166.9	17.8
Potassio scambiabile (mg/kg)	531.0	309.0
Zinco totale (mg/kg)	113.0	120.0
Rame totale (mg/kg)	46.0	63.0



	NT21 concimazione organica	NT22 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	1.0	0.8
Azoto totale (g/kg)	1.1	0.9
Fosforo assimilabile (mg/kg)	32.1	15.2
Potassio scambiabile (mg/kg)	151.0	92.0
Zinco totale (mg/kg)	89.0	75.0
Rame totale (mg/kg)	28.0	22.0



	NT24 concimazione organica	NT23 concimazione minerale
Carbonio organico (%)	0.6	0.9
Azoto totale (g/kg)	0.7	1.8
Fosforo assimilabile (mg/kg)	32.1	6.7
Potassio scambiabile (mg/kg)	87.0	181.0
Zinco totale (mg/kg)	66.0	77.0
Rame totale (mg/kg)	13.7	24.0

NT24 molto sabbioso