

Servizio Centro Veneto Suolo e Bonifiche

Risultati del monitoraggio dei suoli per la direttiva nitrati



maggio 2019

ARPAV
Commissario straordinario
Riccardo Guolo

Direzione Tecnica
Carlo Terrabujo

Progetto e realizzazione
Servizio Centro Veneto Suolo e Bonifiche
Paolo Giandon (Responsabile della struttura)
Francesca Ragazzi, Adriano Garlato (Autori)

Monitoraggio
Adriano Garlato, Antonio Pegoraro, Francesca Pocaterra, Paola Zamarchi
(Servizio Centro Veneto Suolo e Bonifiche)

Analisi chimiche
Dipartimento Regionale Laboratori
Sede di Treviso

aprile 2019

Sommario

Sommario	1
Introduzione	2
1. Risultati delle attività 2018	3
1.1 Campionamento.....	3
1.2 Parametri analizzati.....	5
1.3 Risultati	5
2 Elaborazione dati anni 2016-2018	13
Conclusioni	19
Bibliografia	21
Allegato 1: risultati analitici	22

Introduzione

Dal 2017 il Servizio Centro Veneto Suolo e Bonifiche effettua un'attività di sopralluogo congiunto con i tecnici dei Servizi Controlli Ambientali dei Dipartimenti ARPAV Provinciali nell'ambito dei controlli programmati negli allevamenti per la verifica del rispetto della normativa nazionale e regionale di applicazione della Direttiva Nitrati. Nel corso del sopralluogo viene eseguito il campionamento del suolo in uno o più appezzamenti oggetto di utilizzo degli effluenti per una verifica dello stato del terreno così come previsto dall'art. 42 del DM 25/02/2016.

I dati raccolti permettono di acquisire informazioni sul contenuto di nutrienti, azoto, fosforo e potassio, in appezzamenti ad ordinamento agronomico ordinario, concimati con fertilizzanti organici (in particolare effluenti di allevamento tal quali o trattati) e di verificare se i valori rilevati per 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, il contenuto in metalli pesanti (rame e zinco in particolare) e in alcuni elementi nutritivi (in particolare fosforo e potassio) possono essere influenzati dall'apporto di effluenti.

Nel 2018 sono stati raccolti dati in 25 aziende, che si aggiungono ai 37 raccolti nel 2017 e a quelli prelevati tra il 2014 e il 2016 nell'ambito di un progetto finanziato dalla Regione per il monitoraggio dei nitrati nel suolo e nelle acque di falda.

1. Risultati delle attività 2018

1.1 Campionamento

Tra maggio e dicembre 2018 sono stati campionati 25 appezzamenti, gestiti da 18 aziende, interessati dalla distribuzione di effluenti zootecnici, 13 ricadenti in zona vulnerabile ai nitrati, 12 in zona ordinaria. In 7 appezzamenti tra quelli campionati era stato distribuito del digestato ottenuto da effluenti di allevamento, in 10 liquame suino, in 6 pollina, in 1 letame e in 1 liquame bovino. Nella tabella 1 e nella figura 1 è riportata la distribuzione degli appezzamenti e dei relativi trattamenti suddivisi per provincia e per appartenenza alla zona vulnerabile ai nitrati o alla zona ordinaria.

Tabella 1: Distribuzione degli appezzamenti campionati nel 2018 nelle province del Veneto.

PROVINCIA	Numero campionamenti							
	Totale	Zona ordinaria	Zona vulnerabile	letame	liquame bovino	liquame suino	pollina	digestato
Belluno	5	5	0	0	0	1	0	4
Treviso	4	1	3	0	0	4	0	0
Verona	4	3	1	1	0	1	2	0
Vicenza	2	0	2	0	0	0	1	1
Padova	8	3	5	0	0	4	2	2
Venezia	0	0	0	0	0	0	0	0
Rovigo	2	0	2	0	1	0	1	0
TOTALE	25	12	13	1	1	10	6	7

Il campionamento dei suoli è stato eseguito secondo le modalità previste dal Decreto Ministeriale del 13/09/1999 "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" e successive modifiche, mediante un posizionamento dei punti di prelievo di tipo sistematico, nell'orizzonte superficiale interessato dalle lavorazioni (0-40 cm), utilizzando una trivella manuale di tipo olandese. Ciascuna area di campionamento, con superficie variabile tra 1.000 e 40.000 mq, è stata suddivisa in almeno 16 subaree in ognuna delle quali è stato raccolto un campione elementare; i campioni elementari sono stati riposti 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.

Nella scelta degli appezzamenti da campionare è stata data priorità a quelli più vicini al centro aziendale, che presentano una maggior probabilità ad essere oggetto di distribuzione di effluenti.

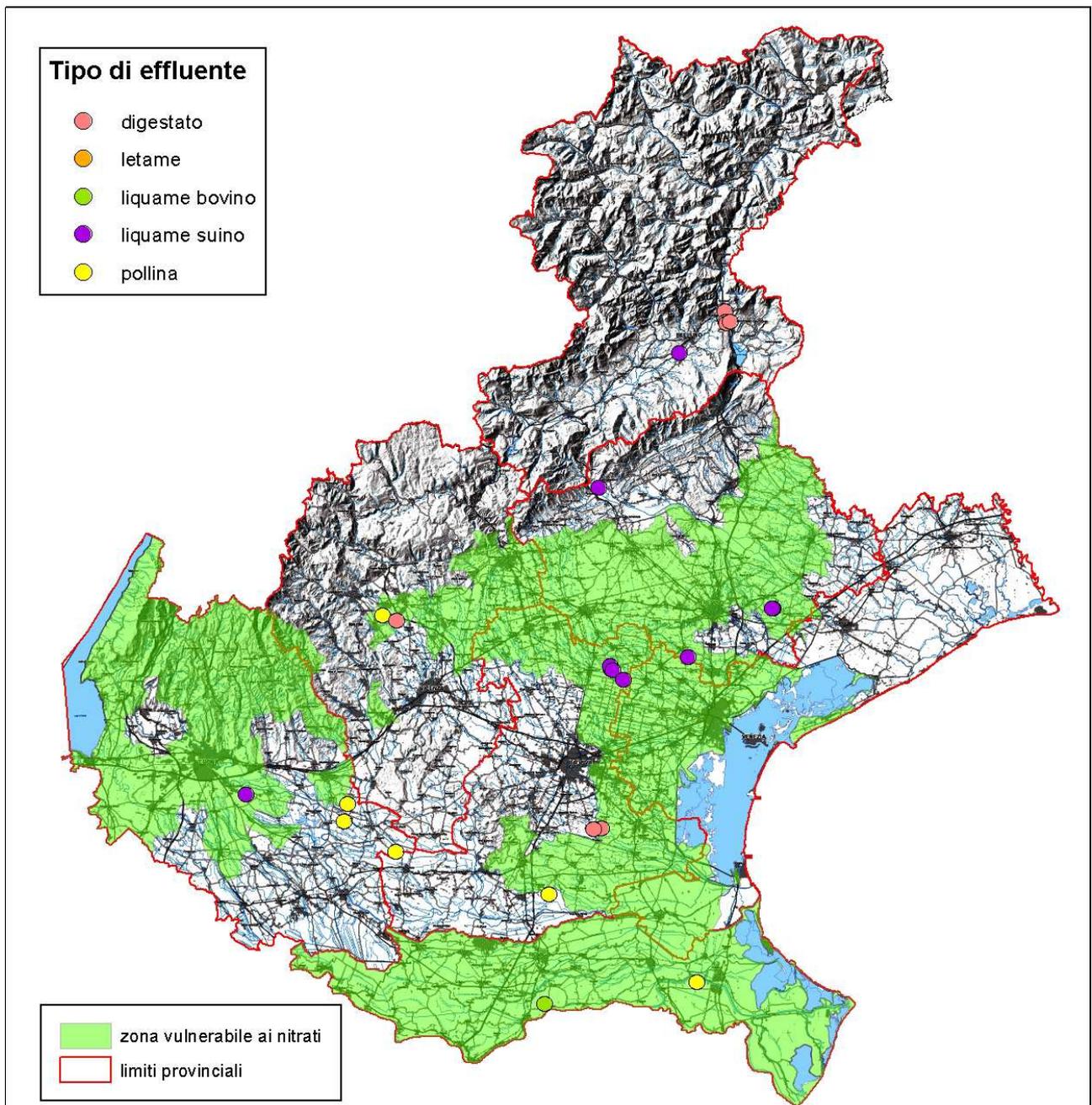


Figura 1: Localizzazione degli appezzamenti campionati nel 2018, suddivisi per tipologia di effluente distribuito. In verde i limiti della zona vulnerabile ai nitrati, in rosso i confini provinciali.

1.2 Parametri analizzati

I campioni sono stati analizzati dal laboratorio ARPAV di Treviso per la determinazione dei parametri indicati in tabella 2.

Tabella 2: Determinazioni analitiche, metodi utilizzati e relativo riferimento.

DETERMINAZIONE	METODO	RIFERIMENTO
pH in acqua	metodo potenziometrico con rapporto suolo-acqua 1:2,5	DM 13.9.99 Met. III.1
Carbonio organico	ossidazione con potassio dicromato e determinazione con spettrofotometro UV/VIS	UNICHIM M.U. 775/88
Fosforo assimilabile	estrazione con bicarbonato sodico e determinazione tramite spettrofotometro UV/VIS	ISO 11263
Basi scambiabili (Na, K, Mg e Ca)	estrazione con bario cloruro e determinazione mediante spettrofotometro ad assorbimento atomico	DM 13.9.99 Met. XIII.5
Conduttività elettrica	determinazione in estratto acquoso con rapporto suolo-acqua 1:2,5 o 1:2.	DM 13.9.99 Met. IV.1
Rame, Zinco	mineralizzazione con aqua regia; lettura all'ICP con camera di Scott	DM 13.09.99 Met. XI.1 integrato dal DM 25.03.2002

1.3 Risultati

Nella tabella 3 sono riportate le statistiche descrittive dell'intero dataset 2018 (allegato 1). Oltre a media, deviazione standard, minimo e massimo, sono riportati anche mediana, quartili e percentili, parametri statistici più adeguati per l'analisi dei dati in casi di elevata disomogeneità della popolazione.

Tabella 3: Statistiche generali dei parametri chimici dei suoli negli appezzamenti campionati.

Parametro		N dati	Media	Dev. Std.	Minimo	Massimo	Mediana	Quartile Inferiore	Quartile Superiore	5° Perc.le	95° Perc.le
pH H2O		25	7,7	0,7	5,3	8,4	7,6	7,6	8,3	7,0	8,4
Carbonio organico	%	24	2,3	1,3	0,6	6,6	1,5	1,2	2,6	1,0	6,0
Azoto totale	g/kg	24	2,1	1,5	0,7	6,1	1,3	1,1	2,8	0,9	5,2
Fosforo assimilabile	mg/kg	24	75	63	1	230	57	25	120	6	199
Potassio scambiabile	mg/kg	24	252	120	65	513	217	162	308	113	456
Calcio scambiabile	mg/kg	24	3213	1707	480	7340	3075	2063	3900	1245	6828
Magnesio scambiabile	mg/kg	24	377	228	110	987	297	200	465	146	780
Sodio scambiabile	mg/kg	21	<40		<40	65,0	<40				
Conduttività elettrica 1:2	dS/m	21	0,339	0,074	0,260	0,500	0,320	0,280	0,360	0,260	0,500
Rame totale	mg/kg	25	37,7	15,4	12,0	69,7	37,0	31,7	45,4	14,1	64,0
Zinco totale	mg/kg	25	108,5	51,3	52,0	254,3	86,4	77,0	130,0	56,7	211,6
Cadmio totale	mg/kg	25	0,41	0,21	0,25	0,84	0,25	0,25	0,59	0,25	0,80
Cobalto totale	mg/kg	25	11,9	5,0	4,4	23,0	10,0	7,9	15,8	5,5	19,3
Cromo totale	mg/kg	25	46,3	31,3	18,8	138,5	35,9	26,8	53,8	19,1	121,2
Nichel totale	mg/kg	25	32,7	29,0	0,0	108,8	22,5	14,9	33,4	11,3	98,6
Piombo totale	mg/kg	25	28,7	23,9	5,2	107,5	20,7	15,8	29,5	8,6	81,6
Berillio totale	mg/kg	25	0,8	0,4	0,3	2,0	0,7	0,6	1,1	0,3	1,6
Vanadio totale	mg/kg	25	47,7	19,2	26,8	86,0	40,9	31,8	65,6	27,2	75,6

Gli appezzamenti campionati ricadono in parte in zona vulnerabile (ZVN) e in parte in zona ordinaria (ZO); una prima analisi statistica è stata fatta per verificare l'effetto dei maggiori carichi consentiti in zona ordinaria. Come si può vedere dalla tabella 4, i valori mediani di carbonio organico, azoto e potassio sono superiori in questo gruppo rispetto alla ZVN ma soltanto il carbonio (figura 2) risulta statisticamente diverso dopo elaborazioni con test statistici non parametrici (Kruskal Wallis). Va precisato che nel gruppo in ZO vi sono alcuni campioni prelevati in provincia di Belluno di suoli con una dotazione di partenza in carbonio elevata, pertanto le differenze non sono riconducibili esclusivamente ai maggiori carichi zootecnici.

Tabella 4: Caratteristiche chimiche dei suoli negli appezzamenti concimati con effluenti zootecnici suddivisi in base all'appartenenza alla zona ordinaria (ZO) o vulnerabile (ZVN).

Zona	Parametro		N dati	Media	Dev. Std.	Mediana	Quartile Inf.	Quartile Sup.	5° Percentile	95° Percentile
ZONA ORDINARIA	Carbonio organico	%	11	3,1	2,1	1,9	1,5	4,5	1,2	6,4
	Azoto totale	g/kg	11	2,7	1,8	1,6	1,3	3,7	1,0	5,8
	Fosforo assimilabile	mg/kg	12	80	78	47	24	116	3	221
	Potassio scambiabile	mg/kg	11	260	123	271	171	351	98	425
	Conduttività elettrica 1:2	dS/m	8	0,34	0,08	0,33	0,28	0,38	0,27	0,46
	Rame totale	mg/kg	12	35	18	34	26	38	13	67
	Zinco totale	mg/kg	12	98	32	86	77	123	59	142
ZONA VULNERABILI LE NITRATI	Carbonio organico	%	13	1,6	0,7	1,4	1,2	2,2	0,9	2,6
	Azoto totale	g/kg	13	1,5	0,8	1,2	1,1	1,8	0,8	2,9
	Fosforo assimilabile	mg/kg	13	71	49	67	29	120	8	139
	Potassio scambiabile	mg/kg	13	245	122	213	163	270	122	481
	Conduttività elettrica 1:2	dS/m	13	0,34	0,07	0,32	0,30	0,34	0,26	0,49
	Rame totale	mg/kg	13	40	13	38	33	46	21	59
	Zinco totale	mg/kg	13	118	64	86	79	140	61	231

Carbonio organico

I suoli campionati sono stati classificati in base al contenuto di carbonio organico (tabella 5 e figura 3): la maggior parte ha un contenuto moderato (42%) o moderatamente alto (25%) con una distribuzione abbastanza vicina a quello dei suoli di pianura presenti nella banca dati dei suoli del Veneto, riportati nell'ultima colonna a destra. In quasi un terzo degli appezzamenti campionati si è riscontrato un contenuto superiore (moderatamente alto o alto), che rispecchia quello normalmente presente nell'ambiente in cui sono stati prelevati; si tratta infatti dei suoli in provincia di Belluno in cui l'accumulo di sostanza organica è dovuto in generale alla gestione del suolo, a prato o pascolo, e al clima rigido che rallenta i processi di trasformazione della sostanza organica.

Tabella 5: Classificazione dei suoli in base ai contenuti di **carbonio organico**; nell'ultima colonna a destra è riportata la distribuzione percentuale nei suoli di pianura del Veneto.

Giudizio	Carbonio organico			% nei suoli di pianura del Veneto
	Contenuto (%)	Numero appezz.	%	
Molto basso	<0,5	0	0	2
Basso	0,5-0,7	1	4	3
Moderatamente basso	0,7-1,2	5	21	29
Moderato	1,2-2,4	10	42	51
Moderatamente alto	2,4-5	6	25	12
Alto	05-dic	2	8	2
Molto alto	>12	0	0	0,2

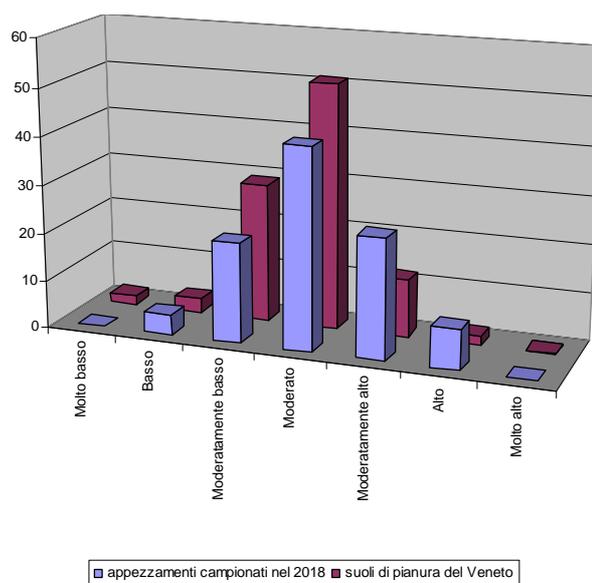
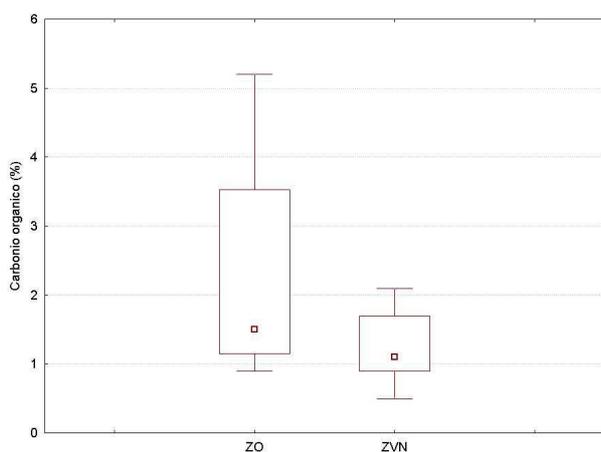


Figura 2: Contenuto di **carbonio organico** negli appezzamenti suddivisi per appartenenza alla zona ordinaria (ZO) o vulnerabile (ZVN). Box plot con mediana e percentili (5°, 25°, 75° e 95°).

Figura 3: Classificazione dei suoli in base ai contenuti di **carbonio organico**: confronto tra la distribuzione percentuale negli appezzamenti campionati nel 2018 per la direttiva nitrati e nei suoli di pianura del Veneto.

Azoto, fosforo e potassio

Riguardo alle dotazioni in elementi nutritivi, azoto, fosforo e potassio (tabella 6), la maggior parte degli appezzamenti sono risultati mediamente dotati o ricchi in azoto e ricchi o molto ricchi in fosforo e potassio.

Tabella 6: Classificazione dei suoli in base ai contenuti di **azoto** totale, **fosforo** assimilabile e **potassio** scambiabile e distribuzione dei campioni nelle diverse classi. Per ciascun elemento si riporta nell'ultima colonna di destra la distribuzione percentuale nei suoli di pianura del Veneto.

Giudizio	Azoto totale				Fosforo assimilabile				Potassio scambiabile			
	Contenuto (g/kg)	Numero appezz.	%	% suoli pianura	Contenuto (mg/kg)	Numero appezz.	%	% suoli pianura	Contenuto (mg/kg)	Numero appezz.	%	% suoli pianura
Scarso	<0,7	0	0	4	<14	4	16	40	<80	1	4	14
Medio	0,7-1,2	8	33	31	14-20	0	0	14	80-120	1	4	21
Ricco	1,2-5	14	58	65	20-45	7	28	29	120-240	11	46	41
Molto ricco	>5	2	8	1	>45	14	56	18	>240	11	46	24

Mettendo a confronto la distribuzione nelle diverse classi con quella dei dati raccolti in tutta la pianura veneta si nota che gli appezzamenti trattati con effluenti sono mediamente più ricchi in fosforo e potassio, in modo meno evidente in azoto.

Salinità

Considerando il parametro salinità la maggior parte dei campioni sono risultati non salini e solo in tre casi leggermente salini con un valore massimo di 0,5 dS/m (tabella 7).

Tabella 7: Classificazione dei suoli in base alla **salinità** e distribuzione dei campioni nelle diverse classi.

Giudizio	Conduttività elettrica		
	Valore (dS/m)	Numero appezz.	%
Non salino	<0,4	18	86
Leggermente salino	0,4-1	3	14
Moderatamente salino	1-2	0	0
Molto salino	2-5	0	0
Estremamente salino	≥5	0	0

Metalli

Sono stati analizzati i contenuti di **rame** e **zinco** per verificare eventuali apporti dovuti all'utilizzo degli effluenti. I valori sono stati messi innanzitutto in relazione con i valori di fondo di questi metalli nel Veneto (ARPAV 2019) anche attraverso la determinazione di un *indice di arricchimento*, dato dal rapporto tra il contenuto riscontrato e il valore mediano dell'unità in superficie (tabella 8). Nell'elaborazione e commento dei dati relativi a rame e zinco non si è tenuto conto delle soglie di contaminazione previste per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (colonna A) dal D.Lgs 152/2006 perché la normativa non chiarisce quali sono i limiti applicabili ai suoli agricoli per definire lo stato di contaminazione. Infatti, se da un lato i riferimenti per la definizione dei valori per stabilire l'idoneità dei suoli all'utilizzo agronomico di ammendanti organici sono il D.Lgs 99/92 e la DGRV 2241/05 (limite per il rame 100 mg/kg e per lo zinco 300 mg/kg), dall'altro l'Istituto Superiore per la Sanità, con nota prot. 51899/2003 (e quindi prima dell'approvazione del D.Lgs 152/06), ha suggerito di applicare ai suoli agricoli i limiti definiti per le aree residenziali (limite per rame 120 mg/kg, per lo zinco 150 mg/kg).

Per il **rame** (figura 4 e tabella 8) la maggior parte dei campioni è risultata in linea o comunque con valori inferiori al valore di fondo dell'unità fisiografica o deposizionale in cui ricadeva.

Se però confrontati con il valore mediano dell'unità (tabella 8), 10 dei 25 appezzamenti (40%) hanno un valore superiore e, tra questi, 2 sono quasi il doppio della mediana. In generale si riscontra un contenuto più elevato negli appezzamenti concimati con liquame suino probabilmente dovuto all'uso di integratori alimentari che contengono questo elemento.

Per lo **zinco** (figura 5 e tabella 8) 5 campioni superano i valori di fondo dell'unità in cui ricadono. Confrontati con il valore mediano dell'unità, rappresentativo della concentrazione più diffusa, si osserva un arricchimento in 9 appezzamenti su 25 (36%) e in 4 di questi la concentrazione è più del doppio del valore mediano. Anche in questo caso le concentrazioni più alte si trovano più spesso negli appezzamenti concimati con liquame suino.

Tabella 8: Contenuto di rame e zinco nei 25 appezzamenti, valore di fondo nell'unità fisiografica/deposizionale di appartenenza, valore mediano dell'unità e indice di arricchimento del metallo rispetto al valore mediano.

Provincia	Concentrazione elementi (mg/kg)		ZONA	Effluente	Unità fisiografica/deposizionale	Valore di fondo (mg/kg)		Arricchimento rispetto al valore di fondo		Mediana dell'unità		Arricchimento rispetto alla mediana	
	Rame totale	Zinco totale				Rame	Zinco	Rame	Zinco	Rame	Zinco	Rame	Zinco
BL	12	52	ZO	digestato	Prealpi su calcari marnosi (SD)	88	197	0,1	0,3	37	129	0,3	0,4
BL	37	120	ZO	digestato	Prealpi su calcari marnosi (SD)	88	197	0,4	0,6	37	129	1,0	0,9
BL	40	130	ZO	digestato	Prealpi su calcari marnosi (SD)	88	197	0,5	0,7	37	129	1,1	1,0
VI	55	254	ZVN	pollina	Sistema Leogra-Timonchio (CL)	90	195	0,6	1,3	41	120	1,3	2,1
VI	38	140	ZVN	digestato	Sistema Leogra-Timonchio (CL)	90	195	0,4	0,7	41	120	0,9	1,2
TV	64	158	ZO	liquame suino	Piave (P)	192	120	0,3	1,3	49	73	1,3	2,2
TV	57	82	ZVN	liquame suino	Piave (P)	192	120	0,3	0,7	49	73	1,2	1,1
TV	15	54	ZVN	liquame suino	Piave (P)	192	120	0,1	0,5	49	73	0,3	0,7
BL	37	120	ZO	liquame suino	Piave (P)	192	120	0,2	1,0	49	73	0,8	1,6
BL	17	130	ZO	digestato	Piave (P)	192	120	0,1	1,1	49	73	0,3	1,8
PD	33	77	ZO	pollina	Sistema Agno-Gua' (CG)	103	160	0,3	0,5	47	110	0,7	0,7
PD	39	76	ZVN	liquame suino	Brenta (B)	110	143	0,4	0,5	36	97	1,1	0,8
PD	46	86	ZVN	liquame suino	Brenta (B)	110	143	0,4	0,6	36	97	1,3	0,9
TV	45	198	ZVN	liquame suino	Brenta (B)	110	143	0,4	1,4	36	97	1,3	2,0
PD	33	110	ZVN	liquame suino	Brenta (B)	110	143	0,3	0,8	36	97	0,9	1,1
PD	25	91	ZVN	liquame suino	Brenta (B)	110	143	0,2	0,6	36	97	0,7	0,9
PD	33	82	ZO	digestato	Brenta (B)	110	143	0,3	0,6	36	97	0,9	0,8
PD	37	65	ZVN	digestato	Brenta (B)	110	143	0,3	0,5	36	97	1,0	0,7
VR	70	76	ZO	letame bovino	Adige (A)	97	150	0,7	0,5	40	90	1,7	0,8
VR	63	215	ZVN	liquame suino	Adige (A)	97	150	0,7	1,4	40	90	1,6	2,4
PD	35	89	ZO	pollina	Adige (A)	97	150	0,4	0,6	40	90	0,9	1,0
VR	30	77	ZO	pollina	Adige (A)	97	150	0,3	0,5	40	90	0,7	0,9
VR	14	66	ZO	pollina	Adige (A)	97	150	0,1	0,4	40	90	0,3	0,7
RO	32	79	ZVN	liquame bovino	Po (O)	66	111	0,5	0,7	37	87	0,9	0,9
RO	38	84	ZVN	pollina	Po (O)	66	111	0,6	0,8	37	87	1,0	1,0

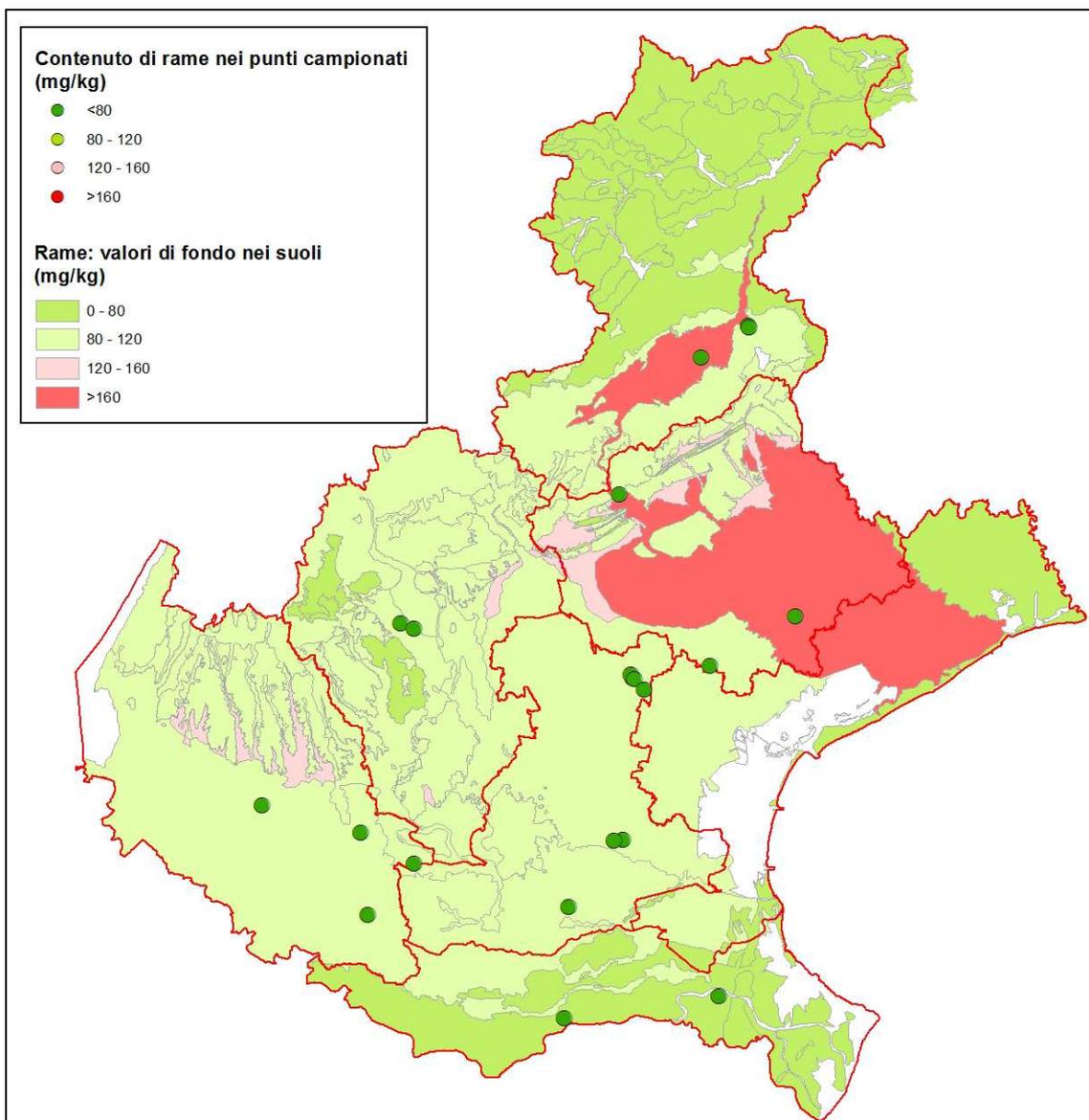


Figura 4: Confronto tra i valori di fondo del **rame** nel Veneto e i valori riscontrati nel campionamento per la direttiva nitrati.

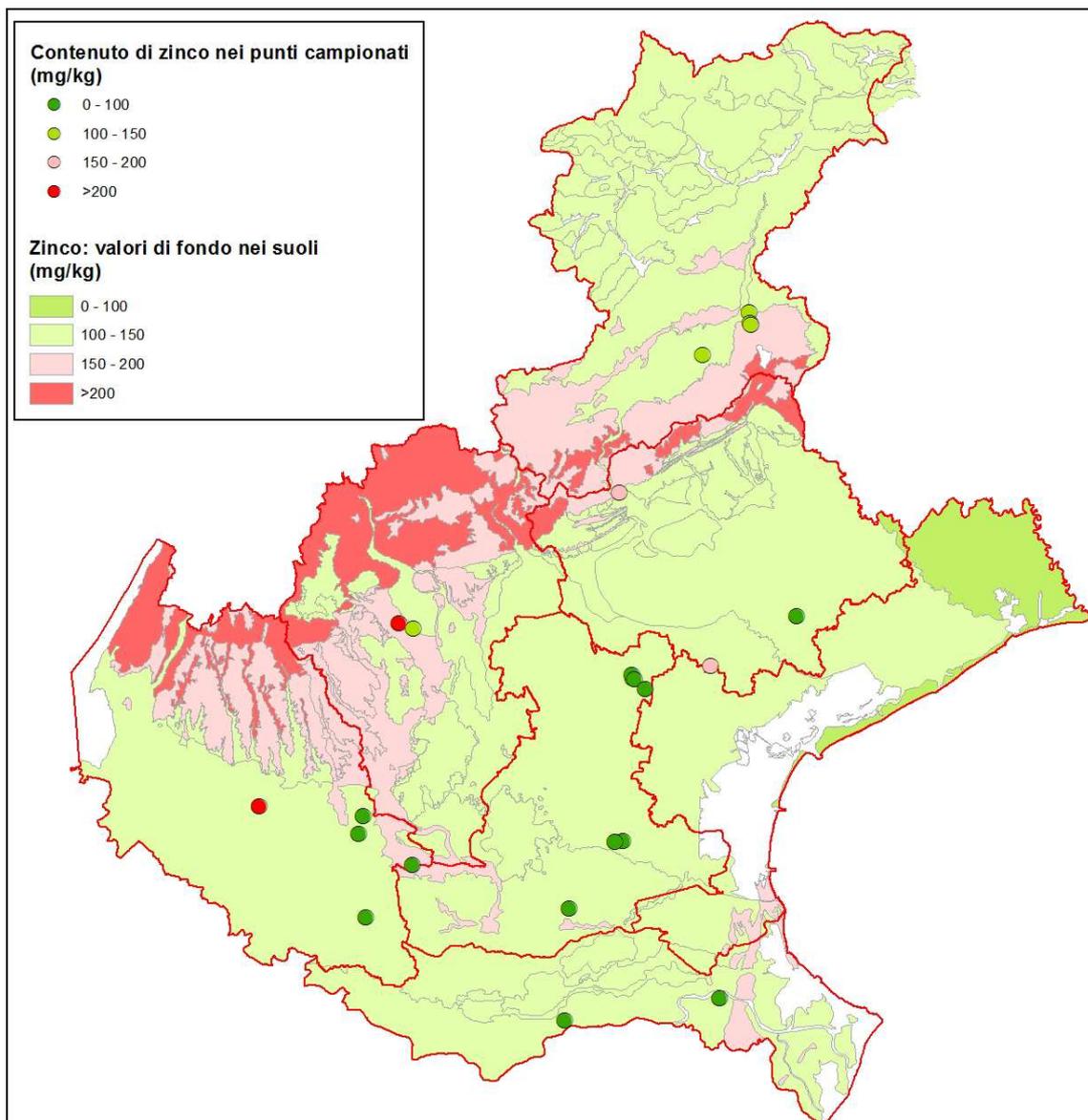


Figura 5: Confronto tra i valori di fondo dello **zinco** nel Veneto e i valori riscontrati nel campionamento per la direttiva nitrati.

I dati sono stati elaborati anche dopo raggruppamento per **tipo di fertilizzante organico** (tabella 7) per verificare l'influenza del tipo di ammendante utilizzato sulle caratteristiche del suolo in esame.

Sui dati così raggruppati sono stati applicati test statistici non parametrici (Kruskal Wallis) che però non hanno dato risultati significativi, sia a causa della disomogeneità numerica dei gruppi (soltanto un dato per letame e liquame bovino), che per differenze nelle dotazioni di partenza in suoli di ambienti molto diversi. Per esempio il contenuto in carbonio organico è maggiore negli appezzamenti trattati con digestato (mediana 2,7%) ma più della metà ricade in suoli con un contenuto in partenza elevato (prati o pascoli in provincia di Belluno). I terreni concimati con pollina sono risultati più ricchi in fosforo e potassio (figure 6 e 7), in linea con il contenuto di questi elementi nell'effluente.

Tabella 7: Caratteristiche chimiche dei suoli negli appezzamenti concimati con effluenti zootecnici di diversa origine.

Parametro	Concimazione	N dati	Media	Dev.Std.	Mediana	Quartile Inferiore	Quartile Superiore	5° Percentile	95° Percentile
Carbonio organico (%)	letame	1	1,2	1,2	1,2		1,2	1,2	1,2
	liquame bovino	1	1,4	1,4	1,4		1,4	1,4	1,4
	liquame suino	9	1,8	0,6	4,3	1,2	1,3	1,2	2,6
	pollina	6	1,7	1,2	2,4	0,5	1,5	1,4	1,9
	digestato	7	3,7	1,2	6,6	2,2	3,5	1,9	5,5
Azoto totale (g/kg)	letame	1	1,0						
	liquame bovino	1	1,3						
	liquame suino	9	1,7	1,0	1,1	1,0	2,7	0,8	3,2
	pollina	6	1,6	0,7	1,3	1,2	1,5	1,0	2,7
	digestato	7	3,2	2,0	2,8	1,7	4,7	1,2	5,9
Fosforo assimilabile (mg/kg)	letame	1	37						
	liquame bovino	1	57						
	liquame suino	10	94	65	86	47	128	17	192
	pollina	6	99	77	96	42	140	15	195
	digestato	7	37	39	22	14	50	2	98
Potassio scambiabile (mg/kg)	letame	1	130						
	liquame bovino	1	270						
	liquame suino	9	248	128	205	163	320	118	448
	pollina	6	302	88	281	233	370	215	414
	digestato	7	228	145	191	155	258	91	450
Conduttività elettrica 1:2 (dS/m)	letame	1	0,280						
	liquame bovino	1	0,300						
	liquame suino	10	0,360	0,078	0,340	0,320	0,380	0,269	0,491
	pollina	6	0,353	0,078	0,340	0,310	0,355	0,285	0,465
	digestato	3	0,273	0,023	0,260	0,260	0,280	0,260	0,296
Rame totale (mg/kg)	letame	1	70						
	liquame bovino	1	32						
	liquame suino	10	42	16	42	34	54	19	64
	pollina	6	34	13	34	31	37	18	50
	digestato	7	31	11	37	25	37	14	39
Zinco totale (mg/kg)	letame	1	76						
	liquame bovino	1	79						
	liquame suino	10	119	54	100	83	148	64	207
	pollina	6	108	72	81	77	88	68	213
	digestato	7	103	36	120	74	130	56	137

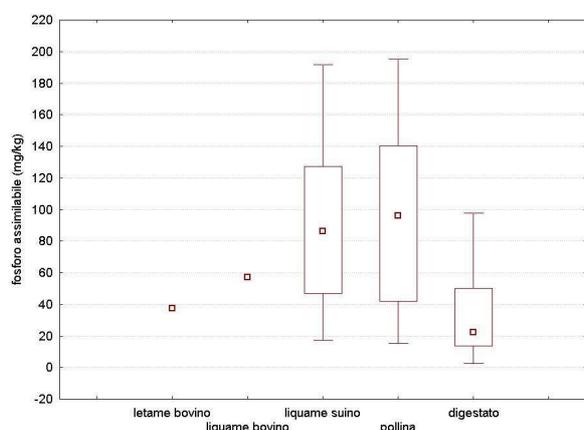


Figura 6: Contenuto di **fosforo assimilabile** negli appezzamenti suddivisi per tipologia di concimazione. Box plot con mediana e percentili (5°, 25°, 75° e 95°).

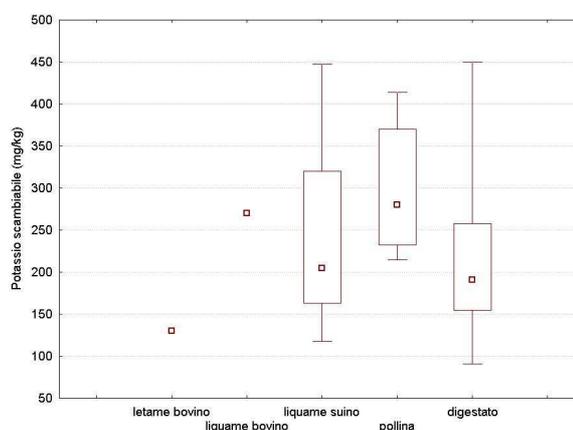


Figura 7: Contenuto di **potassio scambiabile** negli appezzamenti suddivisi per tipologia di concimazione. Box plot con mediana e percentili (5°, 25°, 75° e 95°).

2 Elaborazione dati anni 2016-2018

I dati raccolti nel corso del 2018 sono confluiti in un unico database insieme a quelli dei controlli per la direttiva nitrati del 2017 e a quelli del progetto, realizzato tra il 2014 e il 2016, per il monitoraggio degli effetti dell'applicazione della direttiva nitrati nel territorio del bacino scolante nell'ambito di un accordo di collaborazione tra Regione Veneto, Contagraf e ARPAV (DGR n. 2216/2008). Tale accordo prevedeva tra le azioni la costituzione di una rete di monitoraggio dei suoli nelle aree di bassa pianura in corrispondenza di piezometri installati nelle aree agricole per il monitoraggio dello stato delle acque di falda per la ricerca di nutrienti, in particolare nitrati. Nell'ambito del progetto era stato eseguito il campionamento del suolo in 50 appezzamenti, concimati usualmente con effluenti di allevamento, in due tempi (fine 2014 e inizio 2016) con le stesse modalità utilizzate nel presente lavoro.

I 25 campioni analizzati nel 2018 sono stati aggregati ai preesistenti (2016 e 2017) costituendo così un dataset più consistente (112 campioni) per una analisi statistica d'insieme (tabella 10); in questa elaborazione non sono stati considerati i dati del 2014 perché dal punto di vista statistico sono dei campioni dipendenti.

Tabella 10: Statistiche generali dei parametri chimici dei suoli nel dataset di 112 campioni raccolti tra il 2016 e il 2018.

Parametro		N dati	Media	Dev.Std.	Minimo	Massimo	Mediana	Quartile Inferiore	Quartile Superiore	5° Percentile	95° Percentile
pH H2O		112	7,9	0,7	4,6	8,6	8,1	7,6	8,3	6,6	8,4
Carbonio organico	%	111	2,6	4,0	0,6	26,8	1,7	1,3	2,4	1,0	5,5
Azoto totale	g/kg	111	2,1	2,3	0,7	16,7	1,5	1,2	2,0	0,9	4,6
Fosforo assimilabile	mg/kg	108	77	71	1	420	58	28	106	8	215
Potassio scambiabile	mg/kg	111	315	221	65	1520	270	170	381	107	625
Conducibilità elettrica 1:2	dS/m	92	0,361	0,190	0,130	1,540	0,305	0,260	0,400	0,206	0,701
Rame totale	mg/kg	112	42,2	20,4	7,7	150,2	37,3	29,9	53,0	16,0	78,8
Zinco totale	mg/kg	112	110,7	49,0	31,0	313,6	98,0	81,9	118,9	65,0	226,1

Come per i soli dati del 2018, sono stati messi a confronto i dati degli appezzamenti in zona ordinaria con quelli in zona vulnerabile ai nitrati (tabella 11); in ZVN ricade circa il doppio dei campioni analizzati. Dal *dataset* sono stati eliminati i dati di carbonio organico, azoto totale e salinità di tre campioni del 2017 in provincia di Venezia (trattati con digestato) in quanto i dati erano fortemente influenzati dalle caratteristiche intrinseche del suolo per poter essere utilizzati nel confronto tra gruppi. Per ciascun gruppo sono state eseguite alcune elaborazioni di statistica descrittiva (tabella 11) e sono stati applicati dei test statistici di confronto tra gruppi di tipo non parametrico. La maggior numerosità campionaria ha permesso di rilevare delle differenze statisticamente significative con l'applicazione dei principali test non parametrici; in particolare per carbonio e azoto i valori sono superiori negli appezzamenti in zona ordinaria rispetto a quelli in area vulnerabile (figure 8 e 9).

Tabella 11: Caratteristiche chimiche dei suoli nei 112 appezzamenti concimati con effluenti zootecnici (dati 2016, 2017 E 2018) suddivisi in base all'appartenenza alla zona ordinaria (ZO) o vulnerabile (ZVN).

Zona	Parametro		N dati	Media	Dev.Std.	Mediana	Inferiore Quartile	Superiore Quartile	5° Percent.	95° Percent.
ZONA ORDINARIA	Carbonio organico	%	36	2,3	1,4	1,9	1,5	2,4	1,2	5,1
	Azoto totale	g/kg	36	2,0	1,2	1,7	1,3	2,3	1,0	4,2
	Fosforo assimilabile	mg/kg	36	81	70	61	24	116	9	217
	Potassio scambiabile	mg/kg	36	304	209	255	194	367	86	621
	Conduttività elettrica 1:2	dS/m	29	0,330	0,097	0,300	0,260	0,380	0,220	0,492
	Rame totale	mg/kg	37	48	26	48	33	54	16	89
	Zinco totale	mg/kg	37	114	40	106	82	130	74	186
ZONA VULNERABILE NITRATI	Carbonio organico	%	72	1,7	0,9	1,5	1,2	2,1	0,8	2,9
	Azoto totale	g/kg	72	1,6	0,8	1,4	1,2	1,8	0,8	2,9
	Fosforo assimilabile	mg/kg	72	76	73	58	33	94	9	197
	Potassio scambiabile	mg/kg	75	319	228	270	164	420	108	623
	Conduttività elettrica 1:2	dS/m	63	0,376	0,219	0,320	0,260	0,410	0,200	0,818
	Rame totale	mg/kg	75	40	17	37	29	50	17	66
	Zinco totale	mg/kg	75	109	53	96	81	112	61	241

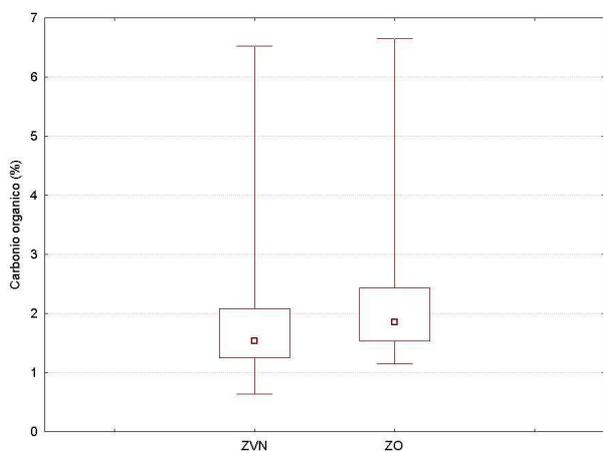


Figura 8: Contenuto di **carbonio organico** negli appezzamenti in zona ordinaria (ZO) e zona vulnerabile (ZVN). Box plot con mediana e percentili (5°, 25°, 75° e 95°).

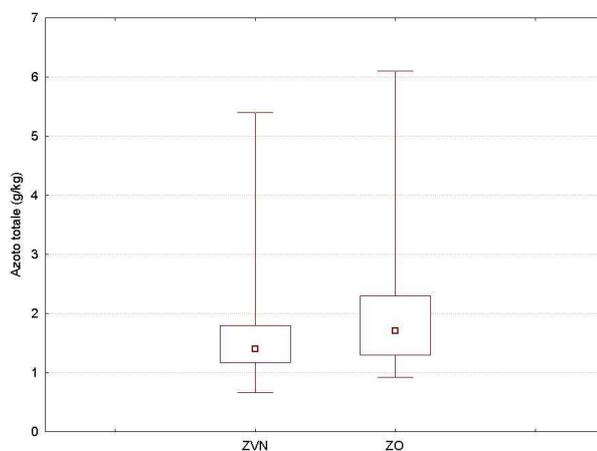


Figura 9: Contenuto di **azoto totale** negli appezzamenti in zona ordinaria (ZO) e zona vulnerabile (ZVN). Box plot con mediana e percentili (5°, 25°, 75° e 95°).

I dati (depurati dei 3 campioni anomali per *parent material*) sono stati raggruppati, come i precedenti del solo 2018, a seconda della tipologia di concime organico utilizzato. I gruppi così ottenuti sono piuttosto consistenti, soprattutto quelli di letame e liquame bovino che nella campagna 2017 e 2018 erano poco rappresentati. Per ciascun gruppo sono state eseguite alcune elaborazioni di statistica descrittiva (tabella 12) e sono stati applicati dei test statistici di confronto tra gruppi di tipo non parametrico.

I parametri per cui sono state rilevate delle differenze statisticamente significative tra gruppi sono il fosforo assimilabile e il potassio scambiabile. Nel caso del **fosforo** (figura 10) il gruppo della concimazione con

letame, con valori medi nettamente più bassi, è risultato diverso da quelli concimati con liquame suino e pollina. Per il **potassio** (figura 11) il gruppo concimato con letame è risultato ancora diverso, sempre con valori più bassi, ma solo da pollina.

Tabella 12: Caratteristiche chimiche dei suoli negli appezzamenti concimati con effluenti zootecnici determinate in 122 campioni tra il 2016 e il 2018.

Parametro	Concimazione	N dati	Media	Dev.Std.	Mediana	Quartile Inferiore	Quartile Superiore	5° Percentile	95° Percentile
Carbonio organico (%)	letame	25	2,0	0,8	1,8	1,3	2,0	1,0	3,7
	liquame bovino	13	1,5	0,5	1,4	1,0	1,8	0,8	2,3
	liquame suino	31	1,8	1,1	1,5	1,2	2,1	1,0	3,5
	pollina	15	1,6	0,4	1,4	1,3	1,9	1,2	2,4
	digestato	24	2,4	1,6	2,1	1,5	2,8	0,8	6,0
Azoto totale (g/kg)	letame	25	1,7	0,6	1,6	1,4	1,9	1,0	3,0
	liquame bovino	13	1,5	0,5	1,3	1,2	1,7	0,8	2,2
	liquame suino	31	1,7	1,0	1,3	1,1	2,0	0,9	3,2
	pollina	15	1,6	0,5	1,4	1,3	1,8	1,1	2,6
	digestato	24	2,2	1,4	1,8	1,3	2,6	0,7	5,2
Fosforo assimilabile (mg/kg)	letame	25	39	41	27	16	46	10	88
	liquame bovino	13	72	58	55	43	71	18	188
	liquame suino	32	109	93	81	48	135	14	299
	pollina	14	104	72	95	59	140	9	227
	digestato	24	62	46	51	24	93	6	133
Potassio scambiabile (mg/kg)	letame	25	216	109	195	130	296	100	394
	liquame bovino	13	355	253	270	194	437	163	782
	liquame suino	31	304	173	267	185	411	108	600
	pollina	15	395	267	331	217	455	170	795
	digestato	27	355	279	333	178	401	98	627
Conduttività elettrica 1:2 (dS/m)	letame	19	0,267	0,046	0,260	0,230	0,300	0,209	0,351
	liquame bovino	8	0,289	0,151	0,240	0,195	0,335	0,148	0,531
	liquame suino	32	0,349	0,109	0,330	0,260	0,405	0,210	0,529
	pollina	13	0,330	0,081	0,340	0,280	0,350	0,220	0,476
	digestato	17	0,426	0,183	0,380	0,300	0,520	0,252	0,820
Rame totale (mg/kg)	letame	25	49	28	42	31	56	21	92
	liquame bovino	13	33	14	32	23	38	16	57
	liquame suino	32	47	18	44	35	60	22	84
	pollina	15	41	15	37	32	52	24	61
	digestato	27	35	17	36	26	44	9	58
Zinco totale (mg/kg)	letame	25	96	31	97	77	106	75	111
	liquame bovino	13	104	34	94	81	115	72	172
	liquame suino	32	134	69	110	84	162	65	269
	pollina	15	116	49	103	81	135	74	201
	digestato	27	97	26	101	82	115	49	130

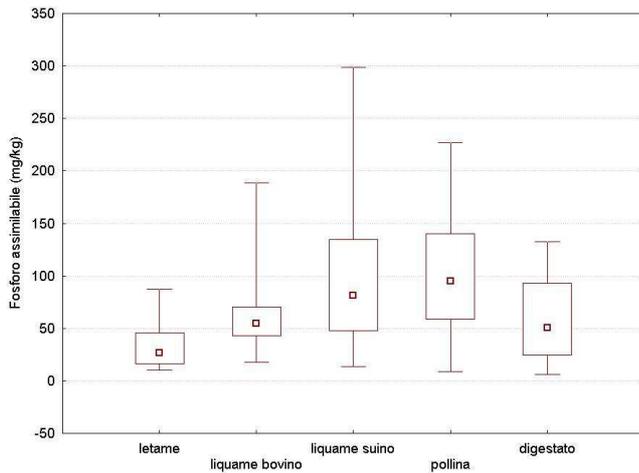


Figura 10: Contenuto di **fosforo assimilabile** nei 122 appezzamenti suddivisi per tipologia di concimazione. Box plot con mediana e percentili (5°, 25°, 75° e 95°).

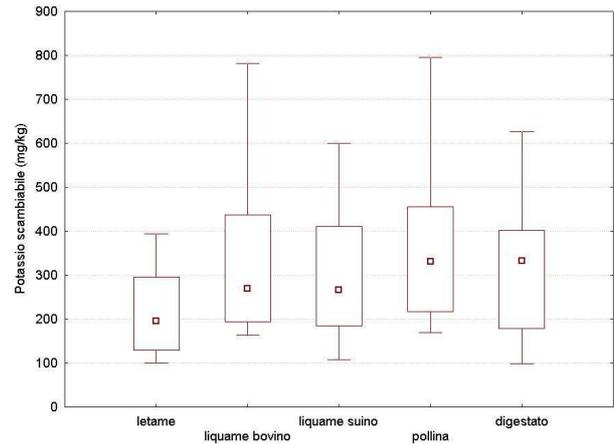


Figura 11: Contenuto di **potassio scambiabile** nei 122 appezzamenti suddivisi per tipologia di concimazione. Box plot con mediana e percentili (5°, 25°, 75° e 95°).

I test statistici non hanno dato differenze significative tra i gruppi per il **carbonio organico**, probabilmente per l'elevata variabilità dei dati, si nota comunque come le mediane dei contenuti negli appezzamenti concimati con letame e digestato siano più alte rispetto agli altri (figura 12).

Si sono osservate differenze statisticamente significative anche per la **conduttività elettrica**, più elevata nel digestato, più bassa nel letame (figura 13).

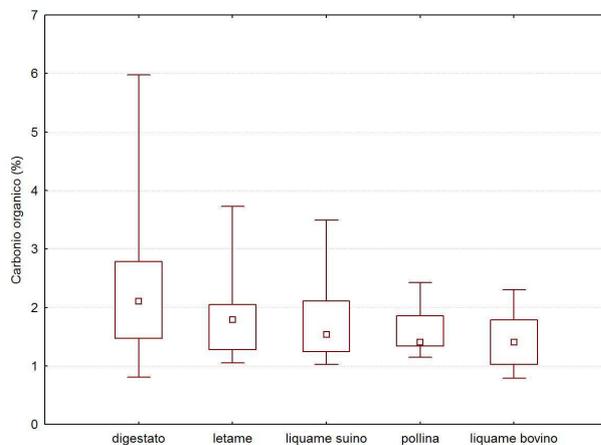


Figura 12: Contenuto di **carbonio organico** nei 122 appezzamenti suddivisi per tipologia di concimazione. Box plot con mediana e percentili (5°, 25°, 75° e 95°).

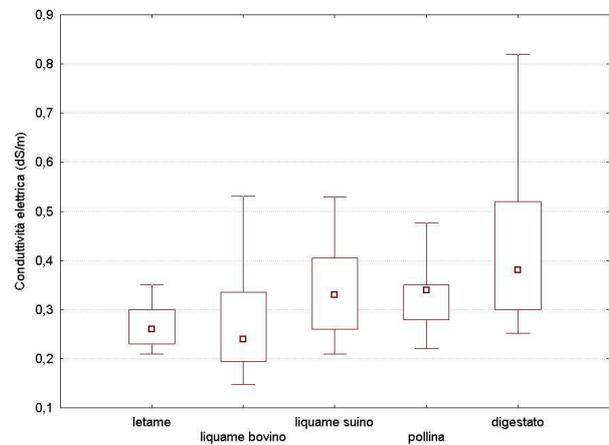


Figura 13: **Salinità (EC1:2)** nei 122 appezzamenti suddivisi per tipologia di concimazione. Box plot con mediana e percentili (5°, 25°, 75° e 95°).

Per quanto riguarda **rame** e **zinco** i dati sono stati elaborati considerando l'unità deposizionale (o fisiografica) in cui ricadevano; nelle unità in cui vi erano dati sufficientemente numerosi per l'elaborazione statistica, i contenuti sono stati messi in relazione con il contenuto mediano nell'orizzonte superficiale di ciascuna unità, attraverso la determinazione dell'indice di arricchimento, dato dal rapporto tra le mediane dei dati accorpate per tipo di effluente distribuito e quello dell'unità deposizionale (tabella 13 e figura 14).

I valori più critici riguardano lo zinco che in molti casi supera il valore mediano dell'unità, in particolare negli appezzamenti concimati con liquami.

Tabella 13: Contenuto mediano di rame e zinco negli appezzamenti concimati con effluenti zootecnici determinate tra il 2016 e il 2018 nelle principali unità deposizionali; nell'ultima colonna a destra l'indice di arricchimento rispetto al valore mediano dell'unità.

Bacino	Parametro	Valore di fondo (mg/kg)	Mediana dell'unità (mg/kg)	effluente	N Dati	Mediana (mg/kg)	arricchimento rispetto alla mediana
Piave	Rame totale (mg/kg)	192	49	digestato	1	17,0	0,3
				letame	1	17,8	0,4
				liquame bovino	2	43,0	0,9
				liquame suino	9	42,6	0,9
	Zinco totale (mg/kg)	120	73	digestato	1	130,0	1,8
				letame	1	31,0	0,4
				liquame bovino	2	107,5	1,5
				liquame suino	9	82,2	1,1
Brenta	Rame totale (mg/kg)	110	36	digestato	12	34,6	1,0
				letame	13	35,0	1,0
				liquame bovino	4	29,5	0,8
				liquame suino	18	38,9	1,1
				pollina	4	49,3	1,4
	Zinco totale (mg/kg)	110	97	digestato	12	107,6	1,1
				letame	13	98,0	1,0
				liquame bovino	4	82,5	0,9
				liquame suino	18	110,3	1,1
				pollina	4	116,4	1,2
Adige	Rame totale (mg/kg)	97	40	digestato	8	38,3	1,0
				letame	6	54,5	1,4
				liquame bovino	2	33,0	0,8
				liquame suino	3	47,7	1,2
				pollina	5	30,6	0,8
	Zinco totale (mg/kg)	150	90	digestato	8	92,1	1,0
				letame	6	82,0	0,9
				liquame bovino	2	104,5	1,2
				liquame suino	3	214,9	2,4
				pollina	5	89,5	1,0
Po	Rame totale (mg/kg)	66	37	digestato	2	40,5	1,1
				letame	1	33,0	0,9
				liquame bovino	2	32,8	0,9
				pollina	3	36,5	1,0
	Zinco totale (mg/kg)	111	87	digestato	2	78,2	0,9
				letame	1	101,0	1,2
				liquame bovino	2	88,1	1,0
				pollina	3	84,0	1,0

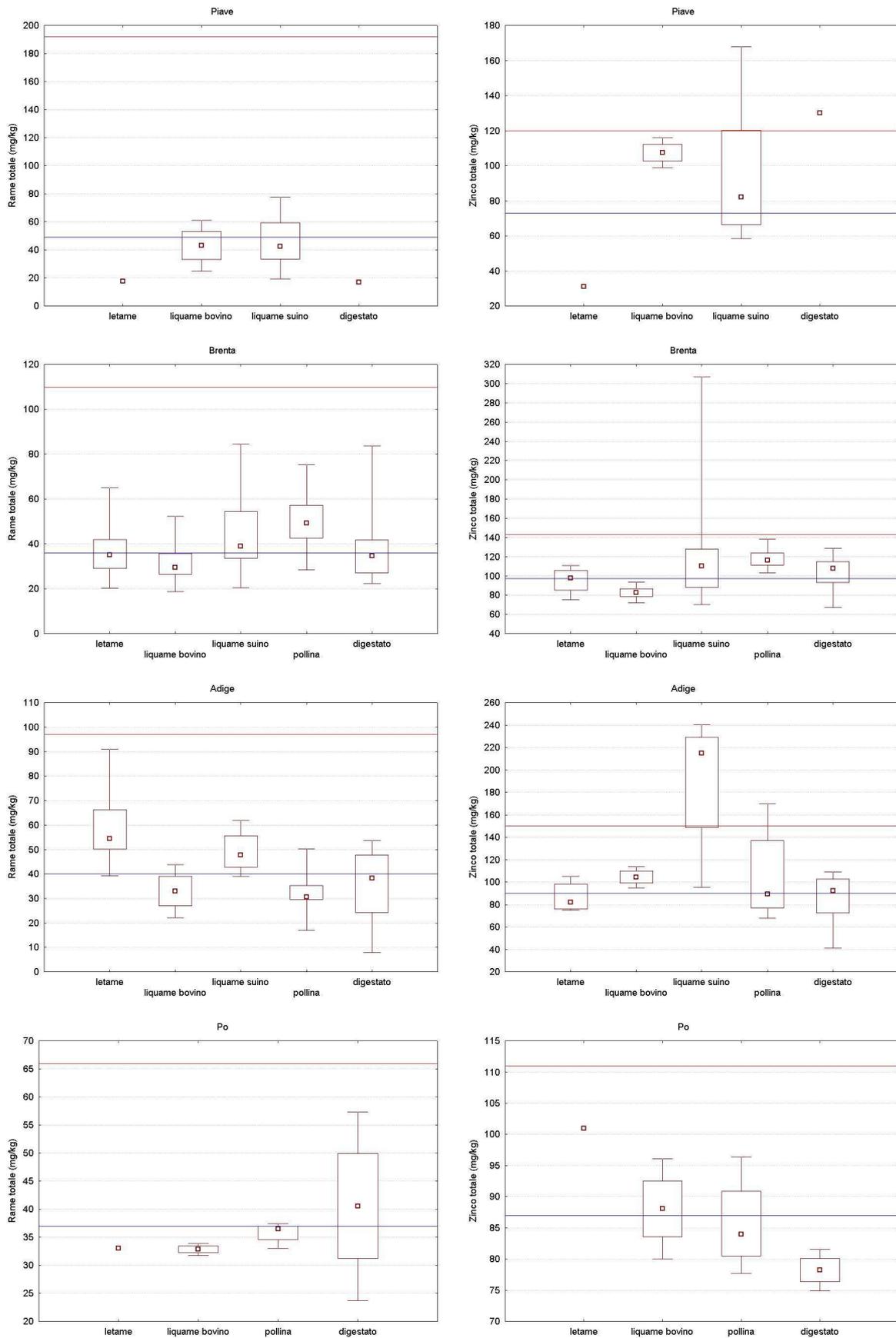


Figura 14: Contenuto di **rame** e **zinco** negli appezzamenti suddivisi per tipologia di concimazione e per unità deposizionale di appartenenza. Box plot con mediana e percentili (5°, 25°, 75° e 95°). La linea blu rappresenta la mediana dell'unità, la linea rossa il valore di fondo.

Conclusioni

Nel 2018 ARPAV ha proseguito l'attività, iniziata nel 2017, di analisi delle caratteristiche dei terreni concimati con fertilizzanti organici, campionati nel corso dei controlli programmati negli allevamenti per la verifica del rispetto della normativa nazionale e regionale di applicazione della Direttiva Nitrati. Questo ha permesso di raccogliere ulteriori dati per la verifica dello stato dei terreni in conseguenza di tali pratiche agronomiche.

In generale i risultati hanno confermato quanto era stato verificato nel 2017. Riguardo alle dotazioni in elementi nutritivi, azoto, fosforo e potassio, la gran parte degli appezzamenti sono risultati ricchi o molto ricchi di questi elementi, in misura spesso superiore alla gran parte dei terreni della pianura veneta. Si conferma nuovamente la necessità di ridurre l'integrazione di nutrienti con i fertilizzanti minerali nei terreni in cui sono distribuiti gli effluenti di allevamento dal momento che questi riescono a soddisfare quasi completamente i fabbisogni colturali. Gli appezzamenti in zona ordinaria presentano qualche maggior arricchimento rispetto a quelli in zona vulnerabile, a causa dei maggiori carichi consentiti.

I contenuti di rame e zinco sono stati messi in relazione con i valori di fondo di questi metalli nel Veneto (ARPAV 2019). Per il rame la maggior parte dei campioni risulta in linea o comunque inferiore al valore di fondo dell'unità fisiografica o deposizionale in cui ricade; se però confrontati con il valore mediano dell'unità il 40% degli appezzamenti ha un valore superiore. Anche per lo zinco si sono osservati alcuni superamenti del valore di fondo e il superamento del valore mediano dell'unità nel 36% dei casi. I valori più elevati di questi metalli si riscontrano nei suoli concimati con liquame suino. Rame e zinco sono contenuti negli integratori utilizzati per l'alimentazione negli allevamenti suini a riprova che una maggiore attenzione alla composizione degli alimenti in entrata all'allevamento potrebbe consentire di ridurre l'accumulo di questi elementi nel suolo.

I dati raccolti nel 2018 sono confluiti in un unico database insieme a quelli dei controlli per la direttiva nitrati del 2017 e a quelli raccolti tra il 2014 e il 2016 nell'ambito delle attività di controllo e di monitoraggio degli effetti dell'applicazione della direttiva nitrati nel territorio del bacino scolante permettendo di ampliare la consistenza del dataset. Come per i soli dati del 2018, sono stati messi a confronto i dati degli appezzamenti in zona ordinaria con quelli in zona vulnerabile ai nitrati. Carbonio e azoto sono risultati superiori negli appezzamenti in zona ordinaria rispetto a quelli in area vulnerabile, in conseguenza dei maggiori carichi consentiti. Il confronto statistico tra le diverse tipologie di concime organico utilizzato ha evidenziato che gli appezzamenti trattati con liquame suino e pollina hanno contenuti di fosforo più elevati; gli appezzamenti concimati con letame, pur essendo ben dotati di fosforo e potassio, hanno contenuti di molto inferiori a quelli riscontrati nei suoli concimati con liquami e pollina, a conferma del maggior equilibrio nella composizione. Il letame e il digestato sono tra i fertilizzanti organici quelli che apportano più

sostanza organica. Riguardo a rame e zinco, i dati sono stati elaborati considerando l'unità deposizionale in cui ricadevano e determinando un indice di arricchimento rispetto al valore mediano dell'unità: le maggiori criticità sono per lo zinco che in molti casi supera il valore mediano dell'unità, in particolare negli appezzamenti concimati con liquami.

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 (2019). *Metalli e metalloidi nei suoli del Veneto*. Treviso, 190 pp.

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.

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.

Allegato 1: risultati analitici

Comune	Provincia	Zona	effluente	data prelievo	pH H2O	Carbonio organico	Azoto totale	Fosforo assimilabile	Potassio scambiabile	Calcio scambiabile	Magnesio scambiabile	Sodio scambiabile	Scheletro	Conduttività elettrica 1:2	Rame totale	Zinco totale
						%	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	% s.s.	µS/cm	mg/kg s.s	mg/kg s.s
Ponte nelle Alpi	BL	ZO	digestato	24/05/2018	7,6	6,6	6,1	22,3	304	7340	734	nd	4,2	nd	40	130
Ponte nelle Alpi	BL	ZO	digestato	24/05/2018	7,0	4,7	5,5	5,3	191	7140	397	nd	1,6	nd	37	120
Ponte nelle Alpi	BL	ZO	digestato	24/05/2018	7,6	3,5	3,8	107	211	3770	244	nd	5,5	nd	17	130
Ponte nelle Alpi	BL	ZO	digestato	24/05/2018	8	6,2	2,8	<2,5	65	3050	252	nd	24,3	nd	12	52
Limana	BL	ZO	liquame suino	26/06/2018	7,6	4,3	3,5	230	430	3900	290	<40	23,2	0,38	37	120
Zero Branco	TV	ZVN	liquame suino	25/06/2018	7,2	2,6	2,8	120	205	5060	987	65	0	0,26	45	198
Malo	VI	ZVN	pollina	12/07/2018	7,6	2,4	3	135	213	3310	788	<40	0	0,34	55	254
Malo	VI	ZVN	digestato	26/09/2018	7,6	2,2	1,8	76	513	2260	584	60	8,7	0,26	38	140
Zimella	VR	ZO	pollina	21/08/2018	5,3	1,4	0,92	142	420	480	110	<40	0	0,5	14	66
Albaredo d'Adige	VR	ZO	pollina	04/09/2018	7,1	1,7	1,3	213	397	1650	197	<40	0	0,28	30	77
Roncade	TV	ZVN	liquame suino	10/10/2018	8,4	0,6	0,7	40,4	163	2460	419	<40	0	0,48	15	54
Roncade	TV	ZVN	liquame suino	10/10/2018	8,3	1,3	1,3	7,9	245	4630	510	54	0	0,5	57	82
Pozzonovo	PD	ZO	pollina	16/10/2018	8,2	1,9	1,6	57	271	3770	304	<40	0	0,3	35	89
Bovolenta	PD	ZVN	digestato	23/10/2018	8,4	1,2	1,1	21,7	160	2200	180	<40	0	0,3	37	65
Bovolenta	PD	ZO	digestato	23/10/2018	8,4	1,5	1,5	24,7	150	3400	290	<40	0	0,26	33	82
Zevio	VR	ZVN	liquame suino	23/10/2018	7,6	2,7	2,7	145	320	2900	450	<40	0	0,32	63	215
Vigo di Legnago	VR	ZO	letame bovino	30/10/2018	8,3	1,2	1	37,4	130	1600	140	<40	0	0,28	70	76
Camposampiero	PD	ZVN	liquame suino	15/11/2018	8	1,4	1,1	29	110	2300	310	<40	0	0,28	25	91
Camposampiero	PD	ZVN	liquame suino	15/11/2018	7,6	1,3	1,1	130	460	1600	260	<40	0	0,34	33	110
Guardia Veneta	RO	ZVN	liquame bovino	29/11/2018	8,2	1,4	1,3	57	270	3100	200	<40	0	0,3	32	79
Massanzago	PD	ZVN	liquame suino	28/11/2018	7,2	1,0	1,0	67	170	1200	200	<40	0	0,32	46	86
Massanzago	PD	ZVN	liquame suino	28/11/2018	7,6	1,2	0,94	90	130	1500	190	<40	0	0,34	39	76
Montagnana	PD	ZO	pollina	29/11/2018	8,3	1,2	1,3	37	290	4600	680	<40	0	0,36	33	77
Ariano nel Polesine	RO	ZVN	pollina	12/12/2018	8,3	1,4	1,2	8,1	220	3900	320	<40	0	0,34	38	84
Valdobbiadene	TV	ZO	liquame suino	09/11/2018	7,8	0,0	nd	82,7	nd	nd	nd	<40	0	0,38	64	158