

# Risultati del monitoraggio dei suoli per la direttiva nitrati

**PIANO DI MONITORAGGIO ORDINARIO DEI SUOLI E INDAGINI IN  
AMBITI FRAGILI DEL TERRITORIO (art. 42, comma 5, del DM 25.02.2016)**



Anno 2020

### **Progetto e realizzazione**

Unità operativa qualità del suolo (Dipartimento/Osservatorio)

*Lorena Franz* (Responsabile della struttura)

*Francesca Ragazzi, Andrea Reverberi, Stefano Fogarin* (Autori)

### **Monitoraggio**

*Leonardo Basso, Antea De Monte, Silvia Obber, Francesca Pocaterra, Francesca Ragazzi, Andrea Reverberi, Paola Zamarchi*

(U.O. Qualità del Suolo)

### **Analisi chimiche**

Dipartimento Regionale Laboratori

U.O. Suolo e Rifiuti

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.

**agosto 2022**

# PIANO DI MONITORAGGIO ORDINARIO DEI SUOLI E INDAGINI IN AMBITI FRAGILI DEL TERRITORIO (art. 42, comma 5, del DM 25.02.2016)

## 1 Indice

1	Indice.....	1
2	Introduzione .....	2
3	Scelta dei punti di campionamento .....	2
4	Campionamento .....	3
5	Parametri analizzati.....	6
6	Risultati .....	7
6.1	Rappresentazione generale dei dati .....	7
6.1.1	Dati parametri secondo zona Ordinaria e Vulnerabile e tipologia di concimazione .....	8
6.1	Carbonio Organico .....	12
6.1.1	Distribuzione del Carbonio organico in base a zona vulnerabile od ordinaria ed in base alla tipologia di concimazione .....	14
6.1.2	Carbonio organico in base a tipologia di effluente .....	15
6.1.3	Carbonio organico in funzione dell'unità tipologica di suolo.....	17
6.2	Azoto totale .....	19
6.2.1	Distribuzione Ntot in base a zona vulnerabile od ordinaria ed in base alla tipologia di concimazione .....	21
6.2.2	Azoto totale in base a tipologia di effluente .....	22
6.3	Rapporto C/N .....	22
6.1	Fosforo assimilabile e potassio scambiabile .....	25
6.2	Salinità.....	34
6.1	Metalli .....	36
7	Conclusioni .....	44
8	Bibliografia .....	46

## 2 Introduzione

Nel corso del 2020 ARPAV ha intrapreso un'attività di monitoraggio dei suoli come previsto dall'allegato B della DGR 1729 del 29/11/2019 "Indagine valutativa sui suoli agricoli del Veneto per la Direttiva nitrati" per la parte 1 relativa al piano di monitoraggio ordinario.

Questi gli obiettivi prefissati:

- In attuazione di quanto previsto dalla normativa in materia di utilizzo agronomico degli effluenti di allevamento, creare una rete di monitoraggio per la verifica del contenuto di nutrienti, principalmente azoto, ma anche fosforo e potassio, in appezzamenti ad ordinamento agronomico ordinario, concimati con fertilizzanti organici (in particolare effluenti di allevamento o digestati tal quali o trattati),
- 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.

## 3 Scelta dei punti di campionamento

In fase di predisposizione del progetto erano stati scelti 100 punti sulla base della carta dei suoli in scala 1:250.000. In ogni unità cartografica (L4) di pianura con estensione > 50 km<sup>2</sup> erano stati posizionati dei punti in numero proporzionale alla superficie, cercando di privilegiare le zone con i più alti carichi zootecnici all'interno di ciascuna unità. Al di fuori dell'area di pianura erano stati aggiunti 7 punti in provincia di Belluno, in corrispondenza di comuni con elevato carico zootecnico. 55 dei punti così selezionati ricadono in zona vulnerabile ai nitrati e 45 in zona ordinaria.

Il monitoraggio viene realizzato in un arco temporale di 5 anni attraverso il campionamento di 20 punti all'anno, allo scopo di poter ritornare a campionare lo stesso punto ogni 5 anni per poter valutare il trend dei diversi parametri.

Secondo quanto era previsto per il primo anno di monitoraggio (vedi Tabella 1), sono state individuate 10 aziende zootecniche in provincia di Padova e 10 in provincia di Vicenza, scelte in parte tra quelle già visitate in precedenza, nell'ambito dei controlli programmati negli allevamenti per la verifica del rispetto della normativa nazionale e regionale di applicazione della Direttiva Nitrati e del precedente monitoraggio 2014-2016, e in parte individuate ex-novo direttamente dai tecnici ARPAV, avvalendosi quando possibile dell'aiuto dei tecnici delle associazioni di produttori.

	Provincia 1	N aziende	Provincia 2	N aziende	Provincia 3	N aziende
<b>Anno 1: 2020</b>	Padova	10 + 10	Vicenza	10 + 10		
<b>Anno 2: 2021</b>	Padova	10+10	Rovigo	11 + 11		
<b>Anno 3: 2022</b>	Rovigo	3 + 3	Venezia	16+16		
<b>Anno 4: 2023</b>	Treviso	10 + 10	Verona	10 + 10		
<b>Anno 5: 2024</b>	Treviso	8 + 8	Verona	5 + 5	Belluno	7 + 7

Tabella 1: Schema di ripartizione dei campionamenti nei 5 anni di monitoraggio:

I punti fissati a tavolino sono stati riposizionati ma sempre all'interno della medesima unità cartografica di suolo.

Nelle vicinanze di ciascun appezzamento individuato, all'interno della stessa azienda o in altre aziende vicine, è stato identificato un secondo appezzamento concimato da più anni solo con concimi chimici. In alcune zone, in cui l'allevamento zootecnico è molto diffuso, l'individuazione è stata

molto difficile e pertanto si sono dovuti campionare appezzamenti marginali, come boschetti o arboreti, con un uso agricolo molto diverso da quello degli appezzamenti concimati con effluenti zootecnici. Di questo si è tenuto conto in fase di elaborazione dei dati.

I terreni concimati con effluenti zootecnici organici sono spesso concimati anche con minerale (esclusi alcuni limitati casi come le aziende agricole biologiche); la tipologia di concimazione con la dicitura ORG e chiamata di seguito ORGANICA nella relazione, deriva nella maggior parte dei casi da concimazioni miste, sia organiche che minerali.

## 4 Campionamento

Tra luglio e dicembre 2020 sono state contattate le aziende ed è stato eseguito il campionamento, posizionando i punti di prelievo in modo sistematico, secondo le modalità previste dal Decreto Ministeriale del 13/09/1999 "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo" e successive modifiche, prelevando nell'orizzonte superficiale interessato dalle lavorazioni (0-40 cm) con una trivella manuale di tipo olandese. Ciascuna area di campionamento 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 viene 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 tutti gli anni.

In ciascun appezzamento omogeneo è stata eseguita una trivellata pedologica fino alla profondità di 120 cm e sono state descritte le caratteristiche di ciascun orizzonte individuato. La trivellata consente di poter ricollegare il suolo campionato ad una tipologia di suolo (UTS) presente nel catalogo regionale: la scelta della zona da campionare è realizzata in base alla scelta dell'unità cartografica di suolo ma nella stessa unità cartografica possono esserci più tipologie di suolo, per questo motivo è importante descrivere e ricollegare a posteriori il suolo effettivamente presente. E' stata inoltre compilata una scheda con i dati relativi all'ordinamento colturale e all'azienda.

Tutti i dati raccolti, relativi all'appezzamento campionato, all'azienda e alla trivellata, sono stati informatizzati e georeferenziati.

Dei 20 punti di campionamento 8 ricadono in zona vulnerabile ai nitrati e 12 in zona ordinaria (Tabella 2 e Figura 1). Il rapporto verrà bilanciato con i campionamenti degli anni prossimi. Per quanto riguarda il tipo di effluente distribuito, non è stato possibile rispettare una distribuzione omogenea tra le diverse tipologie ma si è scelto quanto era maggiormente diffuso nella zona. Pertanto vi sono più campioni trattati con letame e digestato (6 per entrambi), che per gli altri effluenti (4 per pollina, 3 per liquame suino e soltanto 1 per il liquame bovino).

PROVINCIA	Numero campionamenti							
	Totale	Zona ordinaria	Zona vulnerabile	letame	liquame bovino	liquame suino	pollina	digestato
Padova	10	6	4	3	0	3	1	3
Vicenza	10	6	4	3	1	0	3	3
TOTALE	20	12	8	6	1	3	4	6

Tabella 2: Distribuzione degli appezzamenti campionati nel 2020 nelle province di Padova e Vicenza.

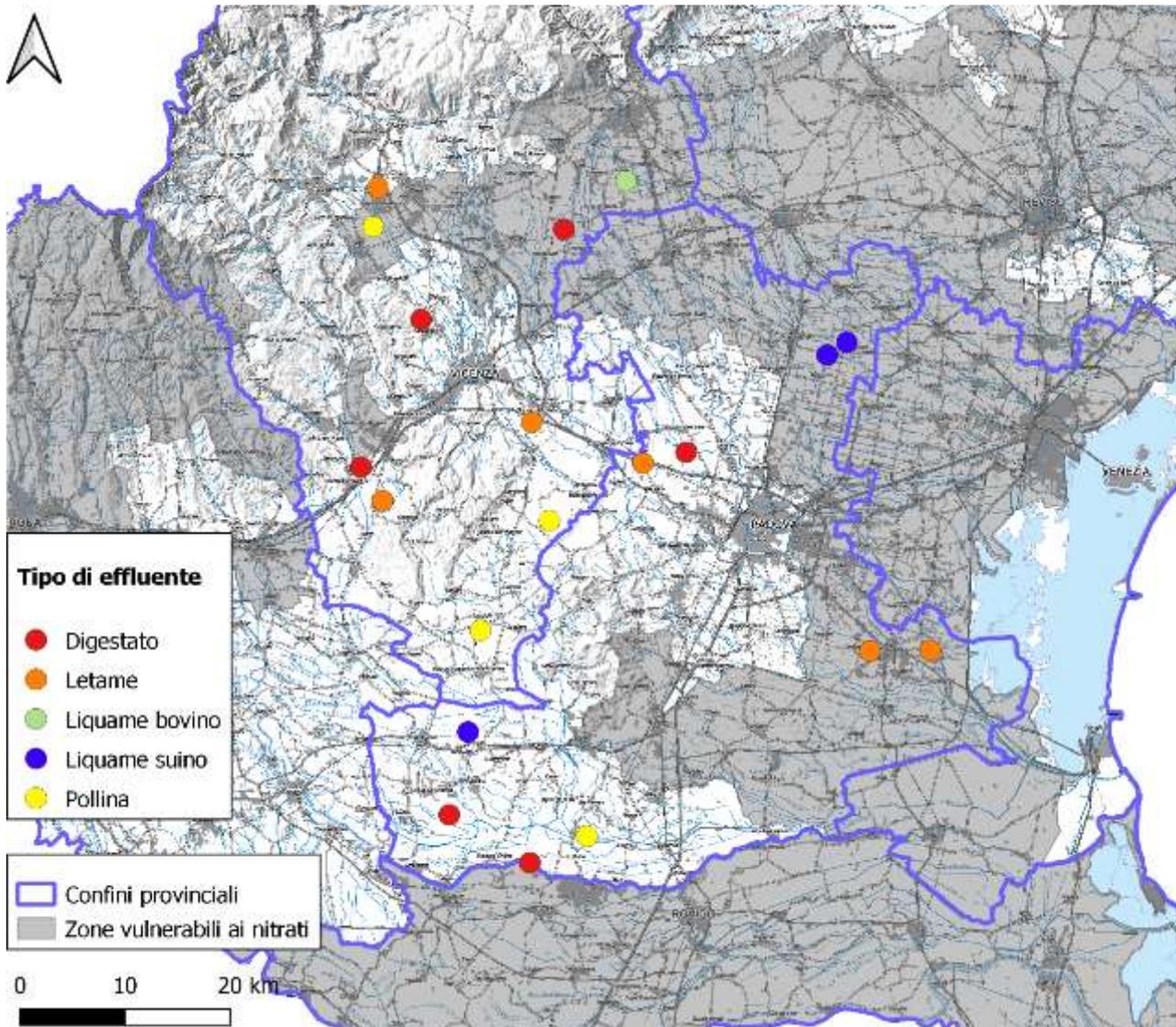


Figura 1: Localizzazione dei punti di campionamento del 2020 nelle province di Padova e Vicenza, suddivisi per tipo di effluente. Le aree in rosa rappresentano la zona vulnerabile ai nitrati.

Nella Tabella 3 vengono riportate alcune informazioni relative agli appezzamenti campionati.

Identificativo osservazione	Comune	Data prelievo	Zona	Stazione di campionamento	Gruppo di concimazione	Tipo di concimazione	Coltura
MAZ2A0201	Sarego	07-lug-20	ZO	78_ORG	Organica	letame	frumento
MAZ2A0202	Sarego	07-lug-20	ZO	78_MIN	Minerale	minerale	erbaio
MAZ2A0203	Schiavon	15-lug-20	ZVN	76_ORG	Organica	digestato	mais
MAZ2A0204	Schiavon	15-lug-20	ZVN	76_MIN	Minerale	minerale	frumento
MAZ2A0205	Massanzago	24-set-20	ZVN	19_ORG	Organica	liquame suino	mais
MAZ2A0206	Borgoricco	24-set-20	ZVN	12_ORG	Organica	liquame suino	soia
MAZ2A0207	Massanzago	24-set-20	ZVN	19_MIN	Minerale	minerale	soia
MAZ2A0208	Massanzago	24-set-20	ZVN	12_MIN	Minerale	minerale	soia
MAZ2A0209	Casale di Scodosia	06-ott-20	ZO	36_ORG	Organica	digestato	mais
MAZ2A0210	Casale di Scodosia	06-ott-20	ZO	36_MIN	Minerale	minerale	mais
MAZ2A0211	Brugine	21-ott-20	ZVN	11_ORG	Organica	letame	soia
MAZ2A0212	Brugine	21-ott-20	ZVN	11_MIN	Minerale	minerale	soia
MAZ2A0213	Codevigo	21-ott-20	ZVN	22_ORG	Organica	letame	mais
MAZ2A0214	Codevigo	21-ott-20	ZVN	22_MIN	Minerale	minerale	mais
MAZ2A0215	Campiglia dei Berici	28-ott-20	ZO	79_ORG	Organica	pollina	mais
MAZ2A0216	Campiglia dei Berici	28-ott-20	ZO	79_MIN	Minerale	minerale	melograno
MAZ2A0217	Ponso	28-ott-20	ZO	15_ORG	Organica	liquame suino	barbabietola
MAZ2A0218	Ponso	28-ott-20	ZO	15_MIN	Minerale	minerale	soia
MAZ2A0219	Mestrino	04-nov-20	ZO	13_ORG	Organica	letame	sorgo
MAZ2A0220	Mestrino	04-nov-20	ZO	13_MIN	Minerale	minerale	soia
MAZ2A0221	Villafranca Padovana	04-nov-20	ZO	14_ORG	Organica	digestato	mais
MAZ2A0222	Villafranca Padovana	04-nov-20	ZO	14_MIN	Minerale	minerale	mais
MAZ2A0223	Rosà	05-nov-20	ZVN	80_ORG	Organica	liquame bovino	prato permanente irriguo
MAZ2A0224	Rosà	05-nov-20	ZVN	80_MIN	Minerale	assente	arboricoltura da legno
MAZ2A0225	Marano Vicentino	05-nov-20	ZVN	75_ORG	Organica	letame	mais
MAZ2A0226		05-nov-20	ZVN	75_MIN	Minerale	minerale	soia
MAZ2A0227	S. Urbano	06-nov-20	ZO	25_ORG	Organica	pollina	mais
MAZ2A0228	S. Urbano	06-nov-20	ZO	25_MIN	Minerale	minerale	mais
MAZ2A0229	S. Urbano	06-nov-20	ZO	16_ORG	Organica	digestato	frumento
MAZ2A0230	S. Urbano	06-nov-20	ZO	16_MIN	Minerale	assente	arboricoltura da legno
MAZ2A0231	Malo	17-nov-20	ZVN	82_ORG	Organica	pollina	mais
MAZ2A0232	Malo	17-nov-20	ZVN	82_MIN	Minerale	minerale	mais
MAZ2A0233	Isola Vicentina	17-nov-20	ZO	83_ORG	Organica	digestato	orzo
MAZ2A0234	Costabissara	17-nov-20	ZO	83_MIN	Minerale	minerale	frumento
MAZ2A0235	Montebello Vicentino	19-nov-20	ZO	74_MIN	Minerale	minerale	frumento
MAZ2A0236	Montebello Vic.	19-nov-20	ZO	74_ORG	Organica	digestato	frumento
MAZ2A0237	Torri di Quartesolo	19-nov-20	ZO	81_ORG	Organica	letame	mais
MAZ2A0238	Longare	19-nov-20	ZO	81_MIN	Minerale	minerale	soia
MAZ2A0239	Nanto	14-dic-20	ZO	77_ORG	Organica	pollina	mais
MAZ2A0240	Nanto	14-dic-20	ZO	77_MIN	Minerale	minerale	frumento

**Tabella 3: Elenco dei campionamenti eseguiti nel 2020 in appezzamenti a concimazione organica e minerale.**

Tutti i campioni sono stati consegnati al laboratorio ARPAV di Treviso per le determinazioni analitiche.

## 5 Parametri analizzati

I parametri determinati dal laboratorio ARPAV di Treviso sono i seguenti:

<b>DETERMINAZIONE</b>	<b>METODO</b>	<b>RIFERIMENTO</b>
pH in acqua	metodo potenziometrico con rapporto suolo-acqua 1:2,5	DM 13.9.99 Met. III.1
Carbonio organico	analizzatore elementare dopo combustione a 400 e 600°C	DIN 19539:2016-12
Azoto totale	analizzatore elementare dopo combustione a secco	ISO 13878: 1998
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
Conducibilità 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
Calcare totale	metodo gasvolumetrico	DM 13.9.99 Met. V.1
Granulometria	per sedimentazione previa dispersione in sodio esametafosfato; frazionamento in sabbia (da 2 a 0,05 mm), limo (da 0,05 a 0,002 mm) e argilla (<0,002 mm). Sui campioni con sabbia > 20% e < 50% è stato eseguito un ulteriore frazionamento delle sabbie (per setacciatura) per la determinazione della sabbia molto fine (0,05-0,1 mm).	DM 13.9.99 Met. II.5

**Tabella 4: Parametri analitici determinati, metodo analitico e relativo riferimento.**

## 6 Risultati

### 6.1 Rappresentazione generale dei dati

Le statistiche descrittive dell'intero dataset 2020 sono riportate nella Tabella 5.

Oltre a media, deviazione standard, minimo e massimo, vi sono anche mediana, quartili e percentili, parametri statistici più adeguati per l'analisi dei dati in casi di elevata disomogeneità della popolazione.

Per i valori inferiori al limite di misura (LOQ), per i quali non è possibile definire il valore vero, è stato usato il valore pari alla metà del LOQ.

	N dati	media	dev. standard	minimo	massimo	mediana	5° perc.le	25° perc.le	75° perc.le	95° perc.le
pH H2O	40	7.68	0.55	6.25	8.23	7.91	6.40	7.36	8.07	8.22
P ass [mg/kg]	40	49.58	56.11	1.25	228.00	25.90	1.25	12.47	63.27	156.75
K sc [mg/kg]	40	223.88	180.92	50.00	863.00	163.00	80.70	111.00	230.50	579.40
Ca scamb. [meq/100g]	40	15.91	7.88	4.23	35.33	13.35	6.45	10.47	19.60	30.38
Mg scamb. [meq/100g]	40	3.93	2.69	1.26	13.08	2.79	1.36	2.20	4.88	9.06
Na scamb. [meq/100g]	40	0.15	0.14	0.09	0.64	0.09	0.09	0.09	0.11	0.50
N tot [g/kg]	40	1.56	0.80	0.69	3.70	1.30	0.88	1.00	1.60	3.51
Corg [%]	40	1.41	0.77	0.63	3.79	1.15	0.74	0.90	1.56	3.25
C/N	40	8.96	0.90	7.26	10.97	8.93	7.53	8.38	9.69	10.65
Calcare tot [%]	40	10.84	10.56	0.50	32.00	10.00	0.50	0.50	13.00	30.20
Calcare attivo [%]	40	1.69	1.22	0.50	5.38	1.63	0.50	0.50	2.25	3.70
argilla [%]	40	20.69	8.67	8.50	51.00	18.25	11.13	15.42	23.33	37.42
sabbia tot [%]	40	30.74	15.97	4.80	73.30	29.05	9.65	18.77	42.07	55.18
EC 1:2 [dS/m]	40	0.32	0.18	0.11	0.94	0.27	0.17	0.22	0.34	0.67
Cu tot [mg/kg]	40	40.23	18.82	12.00	130.00	36.00	23.00	31.00	42.00	67.50
Zn tot [mg/kg]	40	101.78	29.23	40.00	220.00	98.00	67.80	85.75	110.00	140.50

Tabella 5: Indici statistici principali del set di dati, con media, deviazione standard, minimo, massimo, mediana e vari percentili.

### 6.1.1 Dati parametri secondo zona Ordinaria e Vulnerabile e tipologia di concimazione

Gli appezzamenti campionati ricadono sia in zona ordinaria (ZO, 24 campioni) che in zona vulnerabile (ZVN, 16); una prima analisi statistica è stata fatta per verificare l'eventuale effetto dei maggiori carichi consentiti in zona ordinaria.

I dati dei parametri analizzati per tutti i suoli campionati nel 2020, divisi secondo zona Ordinaria e Vulnerabile e per tipologia di concimazione (Organica vs Minerale) sono illustrati in Tabella 6.

In Tabella 7 sono invece riportati i valori in funzione della tipologia di effluente organico distribuito sul terreno.

Per verificare se vi fosse una differenza tra i vari sottogruppi dei campioni, è stato eseguito il test non parametrico di Kruskal-Wallis (KW); i risultati in termini di p-value del test KW sono indicati in Tabella 8. Per la significatività è stato considerato un valore di p-Value = 0.05 (questi casi sono evidenziati in grassetto in tabella).

I test KW mostrano che nessuna variabile genera una differenza significativa tra gli appezzamenti delle zone ordinarie e quelli delle zone vulnerabili.

La concimazione organica si differenzia significativamente da quella minerale solo per i parametri fosforo assimilabile ( $P_{ass}$ ) e potassio scambiabile ( $K_{sc}$ ), in concentrazioni decisamente più elevate negli appezzamenti concimati con effluenti zootecnici; solo per questi parametri anche la tipologia di effluente ha un effetto significativo.

Anche la salinità (espressa dalla conducibilità elettrica EC1:2) mostra differenze significative negli appezzamenti su cui è stato sparso concime organico (e in cui è leggermente maggiore) rispetto a quelli ove è stato usato solo minerale.

Si fa presente che, essendo il primo anno di monitoraggio, la numerosità del campione è ancora limitata; risultati più chiari si potranno avere con il proseguire delle attività nei prossimi anni.

Ulteriori considerazioni di dettaglio sono fatte di volta in volta nei capitoli dedicati ai singoli parametri.

Concimazione ORGANICA			N dati	media	st.dev.	minimo	massimo	mediana	5pc	25pc	75pc	95pc
	Zona ordinaria	P ass [mg/kg]	12	69.42	68.71	1.25	228.00	33.55	11.34	24.58	107.00	188.40
		K sc [mg/kg]	12	279.83	185.76	103.00	739.00	224.00	110.15	154.25	377.75	576.20
		N tot [g/kg]	12	1.42	0.45	0.91	2.20	1.25	0.94	1.15	1.70	2.14
		Corg [%]	12	1.31	0.46	0.78	2.18	1.15	0.82	1.03	1.63	2.06
		EC 1:2 [ds/m]	12	0.41	0.25	0.18	0.94	0.31	0.18	0.22	0.56	0.79
		Cu tot [mg/kg]	12	46.67	27.65	28.00	130.00	37.50	28.55	33.75	47.00	90.95
		Zn tot [mg/kg]	12	100.58	21.44	64.00	140.00	95.50	73.90	90.25	112.50	134.50
	Zona Vulnerabile	P ass [mg/kg]	8	90.04	57.70	19.90	171.00	88.95	26.16	42.23	130.50	161.55
		K sc [mg/kg]	8	356.25	274.36	103.00	863.00	272.50	104.75	124.50	540.25	760.80
		N tot [g/kg]	8	2.11	1.04	0.88	3.70	1.90	0.92	1.38	2.90	3.52
		Corg [%]	8	1.84	0.98	0.77	3.35	1.59	0.82	1.10	2.42	3.26
EC 1:2 [ds/m]		8	0.38	0.20	0.22	0.81	0.30	0.24	0.27	0.41	0.71	
Cu tot [mg/kg]		8	43.75	15.58	31.00	77.00	38.00	31.35	32.75	49.25	68.60	
Zn tot [mg/kg]		8	120.62	46.21	68.00	220.00	115.00	71.15	101.75	130.00	188.50	

Concimazione MINERALE			N dati	media	st.dev.	minimo	massimo	mediana	5pc	25pc	75pc	95pc
	Zona ordinaria	P ass [mg/kg]	12	15.84	17.58	1.25	63.00	9.80	1.25	5.55	18.65	47.43
		K sc [mg/kg]	12	141.33	43.30	75.00	210.00	138.00	87.65	109.50	173.50	204.50
		N tot [g/kg]	12	1.19	0.29	0.69	1.60	1.25	0.75	0.98	1.33	1.60
		Corg [%]	12	1.09	0.29	0.63	1.55	1.09	0.68	0.92	1.33	1.46
		EC 1:2 [ds/m]	12	0.25	0.06	0.16	0.38	0.27	0.17	0.22	0.27	0.33
		Cu tot [mg/kg]	12	37.17	13.56	12.00	67.00	35.00	21.35	30.75	41.25	59.85
		Zn tot [mg/kg]	12	90.92	19.28	40.00	110.00	98.00	57.05	86.75	100.00	110.00
	Zona Vulnerabile	P ass [mg/kg]	8	29.96	37.06	1.25	113.00	17.30	1.25	10.14	32.22	91.05
		K sc [mg/kg]	8	131.38	55.44	50.00	220.00	125.50	60.85	99.00	170.50	204.25
		N tot [g/kg]	8	1.77	1.16	0.91	3.70	1.25	0.92	0.96	2.08	3.63
		Corg [%]	8	1.60	1.20	0.75	3.79	1.01	0.78	0.86	1.77	3.60
EC 1:2 [ds/m]		8	0.23	0.07	0.11	0.33	0.21	0.14	0.20	0.25	0.33	
Cu tot [mg/kg]		8	31.62	7.33	23.00	42.00	32.00	23.00	25.25	37.25	40.60	
Zn tot [mg/kg]		8	101.00	26.61	77.00	150.00	88.50	77.70	83.50	115.00	143.00	

Tabella 6: Caratteristiche chimiche suoli concimati con effluenti zootecnici e non suddivisi in base ad appartenenza a zona ordinaria o vulnerabile e tipologia di concimazione (ORG vs MIN)

Parametro	tipologia effluente	n	media	sd	mediana	25pc	75pc	min	max
Carbonio Org	DLX	6	1.52	0.45	1.68	1.20	1.83	0.86	1.96
Carbonio Org	LEB	6	1.61	0.87	1.26	0.99	1.97	0.90	3.10
Carbonio Org	LIB	1	3.35	NA	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35
Carbonio Org	LIS	3	1.00	0.21	1.07	0.92	1.12	0.77	1.16
Carbonio Org	POL	4	1.32	0.61	1.15	1.04	1.43	0.78	2.19
Carbonio Org	MIN	20	1.29	0.80	1.09	0.86	1.33	0.63	3.79
Azoto Totale	DLX	6	1.64	0.55	1.80	1.15	2.08	0.96	2.20
Azoto Totale	LEB	6	1.75	0.82	1.45	1.25	2.03	1.00	3.20
Azoto Totale	LIB	1	3.70	NA	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70
Azoto Totale	LIS	3	1.23	0.36	1.20	1.04	1.40	0.88	1.60
Azoto Totale	POL	4	1.55	0.85	1.25	1.13	1.68	0.91	2.80
Azoto Totale	MIN	20	1.42	0.79	1.25	0.96	1.45	0.69	3.70
P_ass	DLX	6	90.96	87.95	73.45	26.18	137.75	1.25	228.00
P_ass	LEB	6	53.15	39.77	44.65	24.27	61.05	19.60	126.00
P_ass	LIB	1	37.80	NA	37.80	37.80	37.80	37.80	37.80
P_ass	LIS	3	81.47	77.85	43.70	36.70	107.35	29.70	171.00
P_ass	POL	4	101.62	57.66	114.50	82.62	133.50	21.50	156.00
P_ass	MIN	20	21.49	27.12	13.10	5.55	22.68	1.25	113.00
K_sc	DLX	6	328.33	162.05	338.00	185.75	442.25	152.00	530.00
K_sc	LEB	6	323.67	273.63	213.00	106.25	505.75	103.00	739.00
K_sc	LIB	1	108.00	NA	108.00	108.00	108.00	108.00	108.00
K_sc	LIS	3	382.67	416.17	155.00	142.50	509.00	130.00	863.00
K_sc	POL	4	260.00	65.00	232.00	226.50	265.50	219.00	357.00
K_sc	MIN	20	137.35	47.36	130.00	105.00	172.75	50.00	220.00
EC1:2	DLX	6	0.50	0.28	0.49	0.30	0.63	0.20	0.94
EC1:2	LEB	6	0.29	0.13	0.25	0.22	0.30	0.18	0.53
EC1:2	LIB	1	0.37	NA	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
EC1:2	LIS	3	0.58	0.28	0.66	0.46	0.74	0.27	0.81
EC1:2	POL	4	0.27	0.07	0.27	0.25	0.30	0.19	0.36
EC1:2	MIN	20	0.24	0.07	0.24	0.20	0.27	0.11	0.38
Cu_tot	DLX	6	35.33	4.63	36.00	33.75	36.75	28.00	42.00
Cu_tot	LEB	6	56.33	37.71	44.00	34.00	56.25	29.00	130.00
Cu_tot	LIB	1	31.00	NA	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00
Cu_tot	LIS	3	48.00	25.12	34.00	33.50	55.50	33.00	77.00
Cu_tot	POL	4	46.25	6.18	47.00	44.75	48.50	38.00	53.00
Cu_tot	MIN	20	34.95	11.57	35.00	29.00	38.75	12.00	67.00
Zn_tot	DLX	6	106.17	17.44	105.00	96.25	117.50	82.00	130.00
Zn_tot	LEB	6	110.50	22.73	110.00	99.50	125.00	77.00	140.00
Zn_tot	LIB	1	120.00	NA	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
Zn_tot	LIS	3	97.00	31.19	93.00	80.50	111.50	68.00	130.00
Zn_tot	POL	4	115.25	70.98	88.50	77.50	126.25	64.00	220.00
Zn_tot	MIN	20	94.95	22.40	94.50	85.75	102.50	40.00	150.00

Tabella 7: Parametri analizzati in base a tipologia di effluente (DLX=digestato, LEB=letame, LIB=liquame bovino, LIS=liquame suino, POL=pollina, MIN= Concimazione solo Minerale, EC1:2 = conduttività elettrica 1:2).

Sottogruppo campioni	Tutti	Tutti	tutti
Variabile di test	ZV vs ZO	ORG vs MIN	Tipologia effluente
P ass [mg/kg]	0.189	<b>0.000</b>	<b>0.013</b>
K sc [mg/kg]	0.847	<b>0.004</b>	<b>0.029</b>
N tot [g/kg]	0.146	0.166	0.340
Corg [%]	0.334	0.152	0.287
EC 1:2 [ds/m]	0.956	<b>0.015</b>	0.072
Cu tot [mg/kg]	0.525	0.078	0.195
Zn tot [mg/kg]	0.361	0.207	0.512

Sottogruppo campioni	Solo ZO	Solo ZO	Solo ZV	Solo ZV
Variabile di test	ORG vs MIN	Tipologia effluente	ORG vs MIN	Tipologia effluente
P ass [mg/kg]	<b>0.005</b>	0.074	<b>0.015</b>	0.181
K sc [mg/kg]	<b>0.024</b>	0.094	0.074	0.386
N tot [g/kg]	0.337	0.515	0.462	0.522
Corg [%]	0.326	0.628	0.345	0.495
EC 1:2 [ds/m]	0.236	0.368	0.036	0.260
Cu tot [mg/kg]	0.386	0.428	0.093	0.386
Zn tot [mg/kg]	0.602	0.176	0.492	0.660

Sottogruppo campioni	Solo Org	Solo Org	Solo Min
Variabile di test	ZV vs ZO	Tipologia effluente	ZV vs ZO
P ass [mg/kg]	0.217	0.843	0.352
K sc [mg/kg]	0.728	0.665	0.643
N tot [g/kg]	0.152	0.385	0.509
Corg [%]	0.247	0.299	0.817
EC 1:2 [ds/m]	0.671	0.317	0.417
Cu tot [mg/kg]	0.938	0.297	0.353
Zn tot [mg/kg]	0.296	0.760	0.969

Tabella 8: p\_Value del test di Kruskal Wallis (KW) applicato a diversi parametri, in funzione dell' appartenenza a zona ordinaria o vulnerabile, concimazione ORG o MIN e tipologia d'effluente.

## 6.1 Carbonio Organico

I suoli campionati nel 2020 sono stati classificati in base al contenuto di carbonio organico (Corg), espresso in percentuale. I valori e la distribuzione sono visibili in Tabella 9.

La maggior parte dei suoli hanno una dotazione di carbonio organico moderatamente bassa (57.5%) o moderata (30%); rispetto alla media dei suoli della pianura veneta hanno valori leggermente inferiori. La ripartizione del carbonio organico tra suoli concimati con concime organico e minerale risulta omogenea tra le due categorie, senza differenze rilevanti.

Giudizio	Contenuto %	N dati	Percentuale sul totale	% suoli veneto	N dati (solo ORG)	Percentuale sul totale (solo ORG)	N dati (solo MIN)	Percentuale sul totale (solo MIN)
Molto Basso	<0.5	0	0	2	0	0	0	0
Basso	0.5-0.7	1	3	3	0	0	1	5
Moderatamente Basso	0.7-1.2	23	58	29	11	55	12	60
Moderato	1.2-2.4	12	30	51	7	35	5	25
Moderatamente Alto	2.4-5	4	10	12	2	10	2	10
Alto	5-12	0	0	2	0	0	0	0
Molto Alto	>12	0	0	0.2	0	0	0	0

**Tabella 9: Classificazione in base al contenuto percentuale di Carbonio organico.**

La distribuzione delle diverse classi del carbonio organico sul territorio veneto campionato nel 2020 sono illustrate in Figura 1.

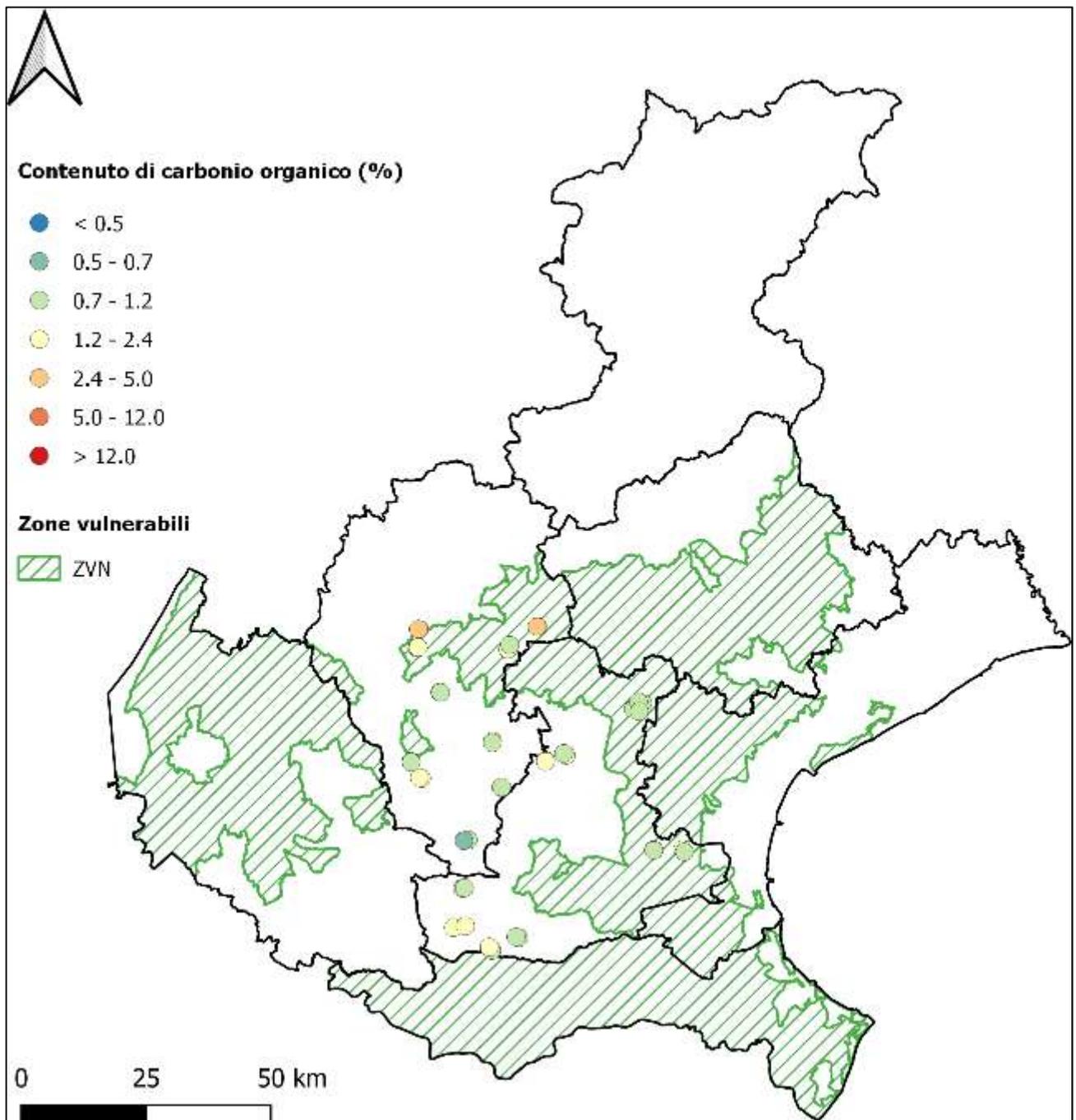
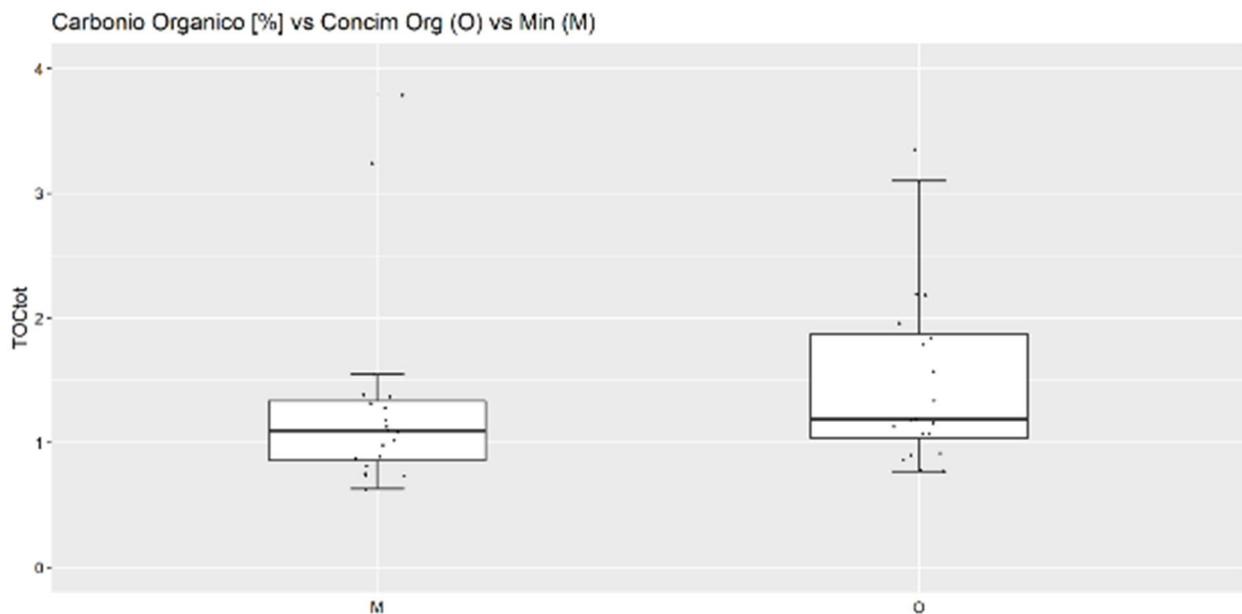


Figura 1: Distribuzione del contenuto di Carbonio Organico (%) nei punti campionati nel 2020. Le aree in verde rappresentano la zona vulnerabile ai nitrati.

### 6.1.1 Distribuzione del Carbonio organico in base a zona vulnerabile od ordinaria ed in base alla tipologia di concimazione

I valori statistici riassuntivi inerenti il carbonio organico in funzione della zona (Vulnerabile vs ordinaria) e della tipologia di concimazione (organica vs minerale) sono indicati in Tabella 6; si evidenzia come all'interno delle zone vulnerabili, il valore mediano di Corg degli appezzamenti concimati con organici (1.59 %) è circa il 50% superiore a quelli concimati con minerale (1.01 %). I valori di carbonio organico in funzione della tipologia di concimazione sono illustrati in modalità grafica anche tramite boxplot in Figura 2.

Come già visto in precedenza (paragrafo 6.1.1), non sono state osservate differenze statisticamente significative tra i due gruppi messi a confronto, probabilmente per l'elevata variabilità all'interno del gruppo concimazione organica.



**Figura 2: Boxplot per carbonio organico in funzione della tipologia di concimazione (organica vs minerale). I boxplot sono caratterizzati da mediana, 25° e 75° percentile, valori minimi e massimi all'interno dell'intervallo interquartile IQR.**

## 6.1.2 Carbonio organico in base a tipologia di effluente

La suddivisione in base alla tipologia di effluente (Figura 3) non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra i vari gruppi con il test di Tukey (Figura 5 e Tabella 10) se non tra i terreni concimati con liquame bovino e tutti gli altri gruppi, mentre le differenze fra gli altri gruppi sono molto più limitate.

Il risultato è però poco attendibile in quanto vi è un solo dato relativo al liquame bovino il cui valore di carbonio organico sembra dipendere dalle caratteristiche del suolo (nel vicino punto a concimazione minerale il carbonio è molto simile) e di uso del suolo (prato permanente) più che dalla tipologia di effluente.

Con l'avanzare del monitoraggio e l'acquisizione di un numero maggiore di dati relativi ai terreni concimati con liquame bovino, sarà possibile verificare se le differenze siano effettive.

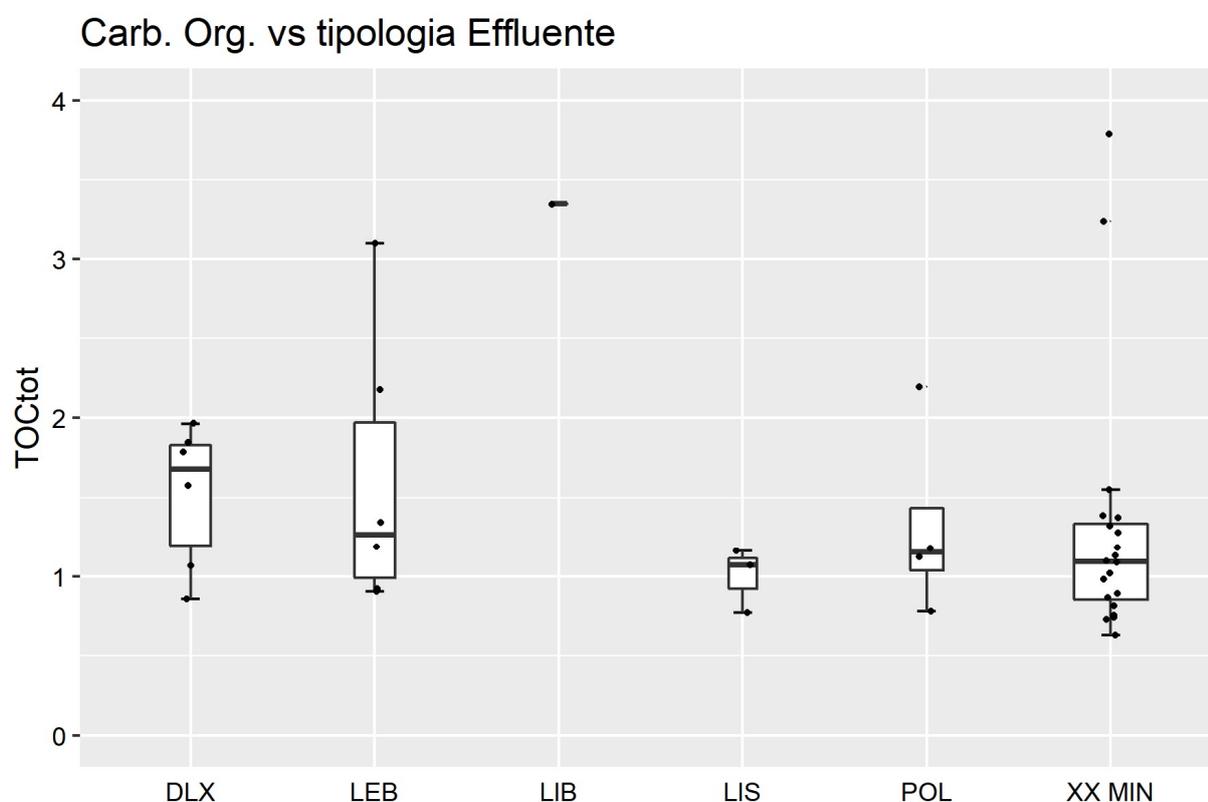
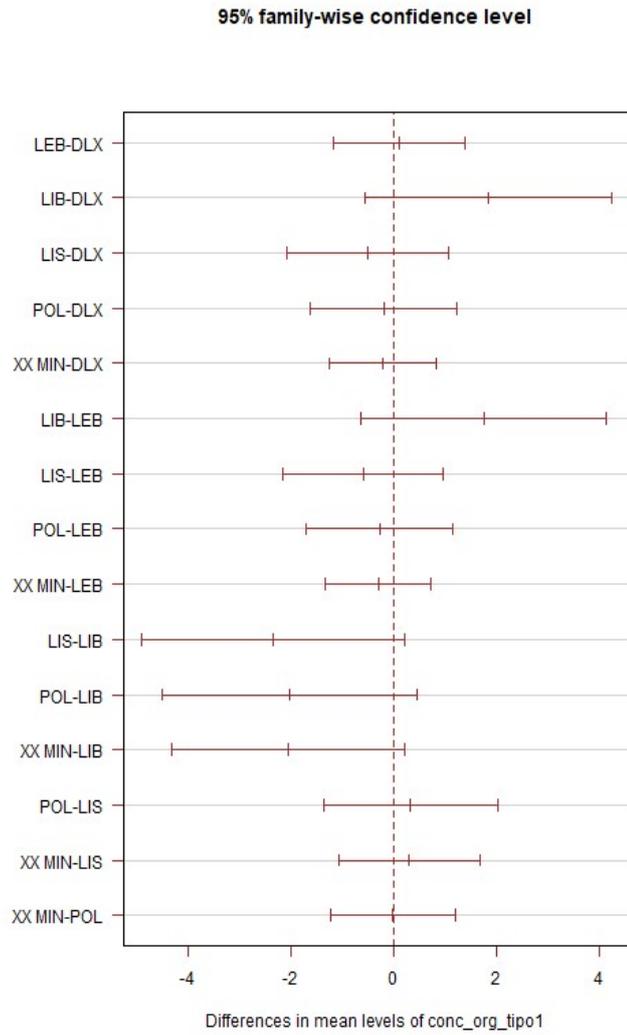


Figura 3: Boxplot valori di carbonio organico in funzione della tipologia di effluente.

Gruppi di confronto	p adj
LEB-DLX	1.000
LIB-DLX	<b>0.217</b>
LIS-DLX	0.918
POL-DLX	0.998
MIN-DLX	0.986
LIB-LEB	<b>0.264</b>
LIS-LEB	0.850
POL-LEB	0.990
MIN-LEB	0.940
LIS-LIB	<b>0.087</b>
POL-LIB	<b>0.161</b>
MIN-LIB	<b>0.094</b>
POL-LIS	0.992
MIN-LIS	0.987
MIN-POL	1.000



**Tabella 10: p-Value test di Tukey applicati al carbonio organico, per gruppo di concimazione.**

**Figura 4: Diagramma di Tukey applicato al carbonio organico, per gruppo di concimazione.**

### 6.1.3 Carbonio organico in funzione dell'unità tipologica di suolo

I contenuti di carbonio organico dipendono prima di tutto dalle caratteristiche intrinseche del suolo: ad esempio un suolo in aree morfologicamente depresse a tessitura argillosa, a causa dei lenti processi di accumulo e di trasformazione della sostanza organica, avrà un tenore di carbonio organico più alto rispetto ad un suolo sabbioso di dosso. Anche l'uso del suolo è determinante: un terreno coltivato a prato per molti anni avrà maggior sostanza organica rispetto ad un seminativo in cui le continue lavorazioni favoriscono i processi di ossidazione della sostanza organica.

Per poter valutare l'effetto delle concimazioni indipendentemente da questi fattori, i tenori di carbonio organico sono stati analizzati in funzione della tipologia di suolo, mettendoli a confronto con il contenuto di carbonio organico tipico di quella unità e nello stesso tempo tenendo in considerazione l'uso del suolo, la percentuale di argilla e il tipo di concimazione.

I risultati sono esposti in Figura 5 dove, per ogni unità tipologica di suolo (UTS, contraddistinta da 3 lettere e un numero, es. BBV1), si riporta il contenuto di carbonio organico (TOC<sub>tot</sub>, %) in funzione della % di argilla; la linea blu rappresenta il valore modale del carbonio organico della UTS, quelle rosse i valori minimo e massimo. La tipologia di concimazione è stata indicata con un simbolo geometrico, il colore del simbolo si riferisce a delle categorie di uso del suolo (seminativo, prato e arboricoltura da legno). E' evidente che in molti casi, anche se si sono campionati appezzamenti vicini e all'interno della stessa unità cartografica, i suoli con concimazione organica e minerale appartengono a unità tipologiche diverse.

In più casi la coppia di punti campionata ha anche lo stesso uso del suolo: questo è vero in particolare per le UTS (Unità tipologiche di suolo) MSO1, RSA1, VED1, LAF1, VDC1, ZAN1, ZEM1, coltivate a seminativo. Nei primi due casi il tenore di carbonio organico è significativamente inferiore nei terreni concimati con minerale, mentre negli altri la differenza è minima. Per il suolo MSO1 al contenuto più alto contribuisce anche una percentuale di argilla maggiore.

Nel caso del suolo RVG1 il carbonio dell'appezzamento a concimazione minerale è più elevato del corrispettivo a concimazione organica, ma è coltivato da circa 20 anni ad arboreto da legno.

E' evidente la variabilità di tenore di carbonio organico costitutiva del tipo di suolo, ad es. i suoli ZAN1, e CGN1 hanno valori decisamente maggiori degli altri punti. I primi rientrano nella variabilità dell'unità tipologica, i secondi sono più ricchi in carbonio rispetto all'unità per l'uso del suolo a prato permanente e ad arboricoltura da legno.

Carbonio Organico [%] vs argilla [%], tipo Concim Org (O) o Min (M) diviso per UTS e uso del suolo Semplificato

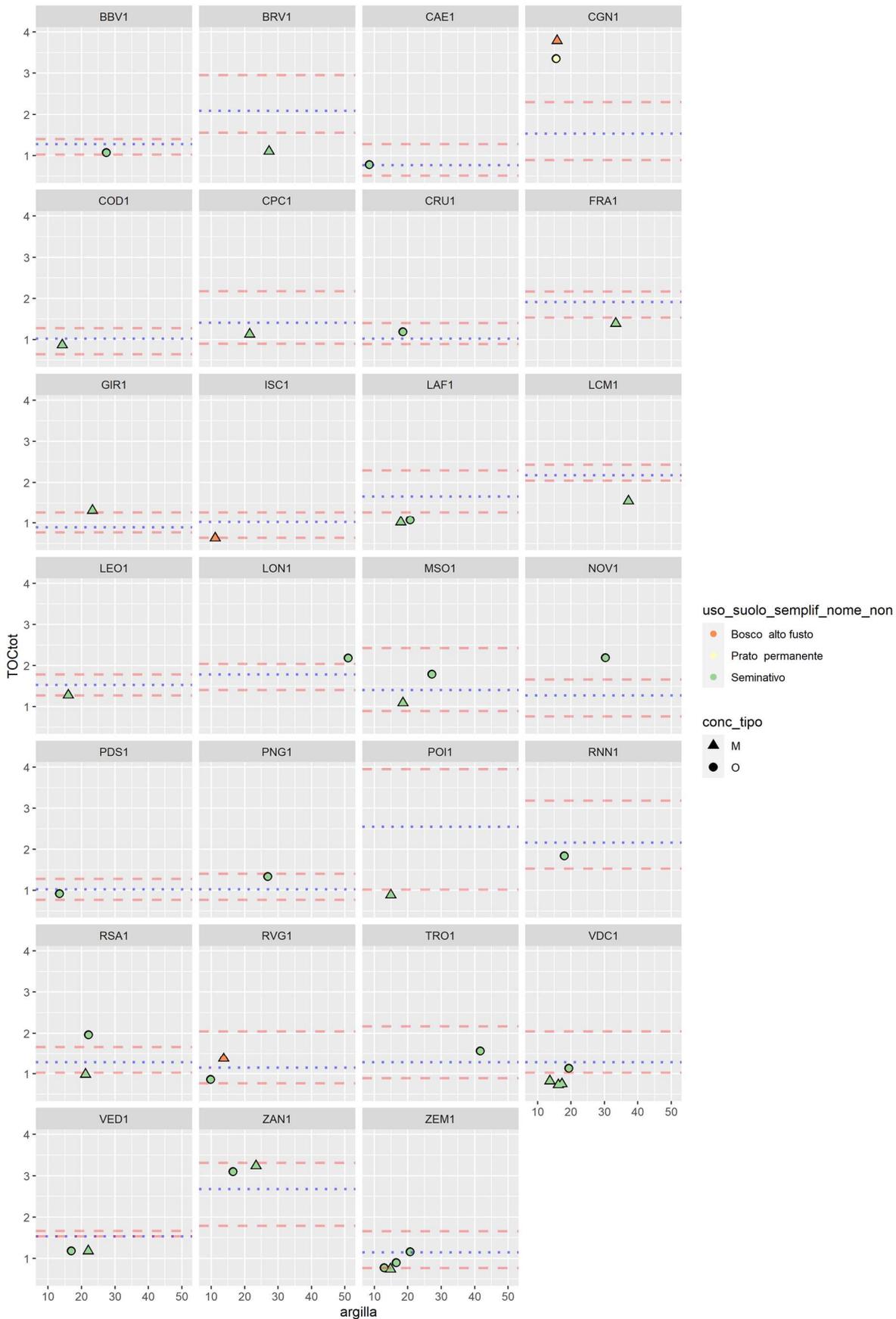


Figura 5: Carbonio organico (y) vs argilla (x) dei campioni suddivisi per uso del suolo e tipologia di concimazione ORG/MIN, raggruppati per Unità tipologica di suolo (UTS) di appartenenza; linea blu= valore modale del carbonio organico della UTS; linea rossa= valori minimo e massimo del carbonio organico della UTS.

## 6.2 Azoto totale

I suoli campionati nel 2020 sono stati classificati in base al contenuto di azoto totale, espresso in g/(kg terreno secco); i valori e la distribuzione sono visibili in Tabella 11.

La maggior parte dei suoli hanno una dotazione di azoto totale ricca (55% del totale dei campioni) o media (42.5%); confrontati alla media dei suoli della pianura veneta hanno valori nelle classi centrali. I terreni concimati con minerale hanno dei valori leggermente inferiori rispetto ai terreni concimati con organico.

Giudizio	Contenuto g-kg	N dati	Percentuale sul totale	% suoli veneto	N dati (solo ORG)	Percentuale sul totale (solo ORG)	N dati (solo MIN)	Percentuale sul totale (solo MIN)
Scarso	<0.7	1	2.5	4	0	0	1	5
Medio	0.7-1.2	17	42.5	31	8	40	9	45
Ricco	1.2-5	22	55	65	12	60	10	50
Molto Ricco	>5	0	0	1	0	0	0	0

**Tabella 11: Distribuzione contenuto di azoto totale in classi e confrontati con la distribuzione media dei valori nella pianura veneta.**

La distribuzione delle diverse classi dell'azoto totale sul territorio campionato sono illustrate in Figura 7.

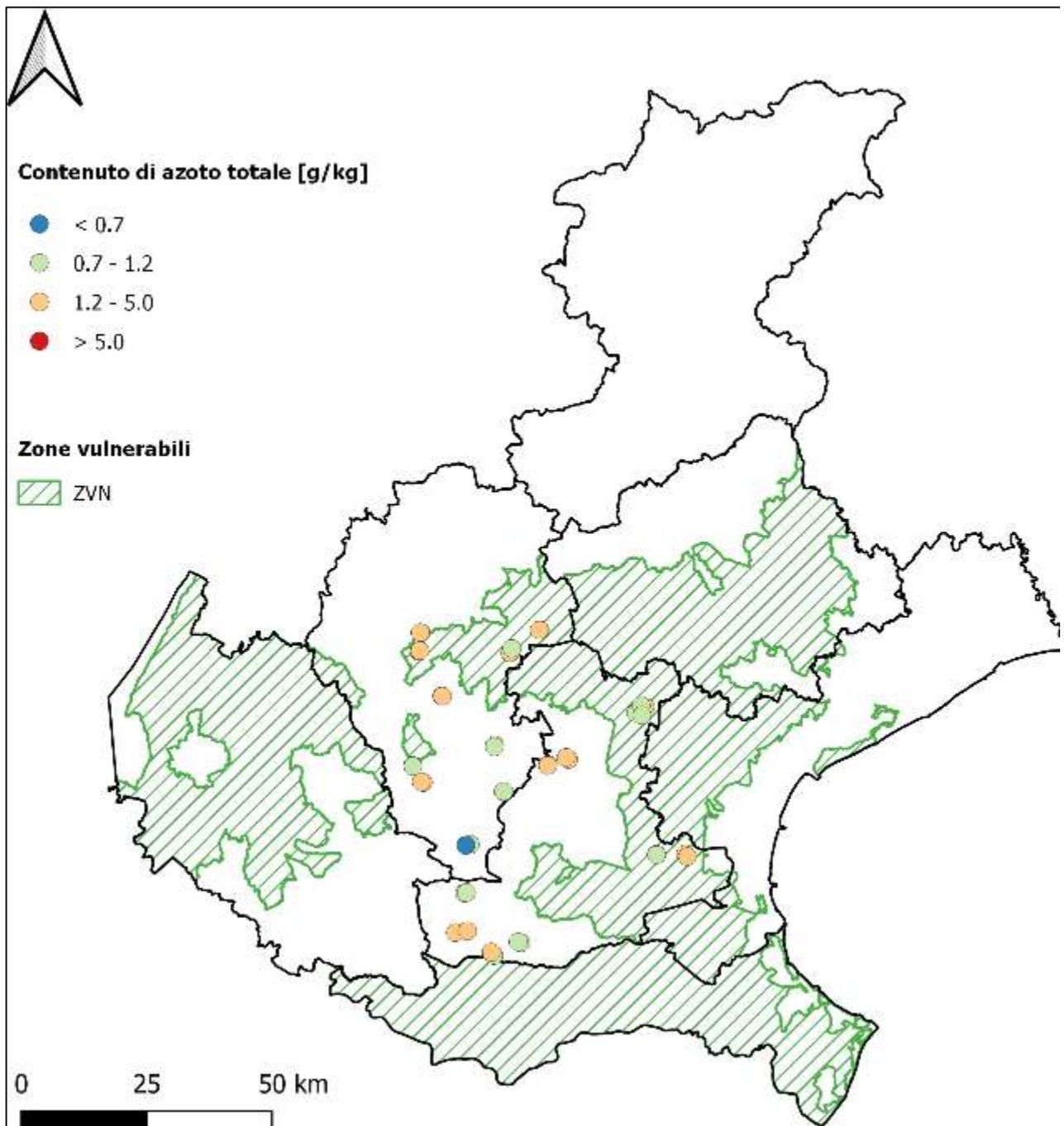


Figura 7: Distribuzione del contenuto di azoto totale in percentuale [g/kg] nei punti campionati nel 2020. Le aree in verde rappresentano la zona vulnerabile ai nitrati.

### 6.2.1 Distribuzione Ntot in base a zona vulnerabile od ordinaria ed in base alla tipologia di concimazione

I valori statistici riassuntivi inerenti l'azoto totale in funzione della zona e della tipologia di concimazione (organica vs minerale) sono riassunti in Tabella 6; i valori tabellati sono illustrati in modalità grafica anche tramite boxplot in Figura 8.

I terreni concimati con organico presentano valori lievemente superiori di Ntot rispetto a quelli concimati con minerale, sebbene questa differenza non risulti significativa a livello di test statistico.

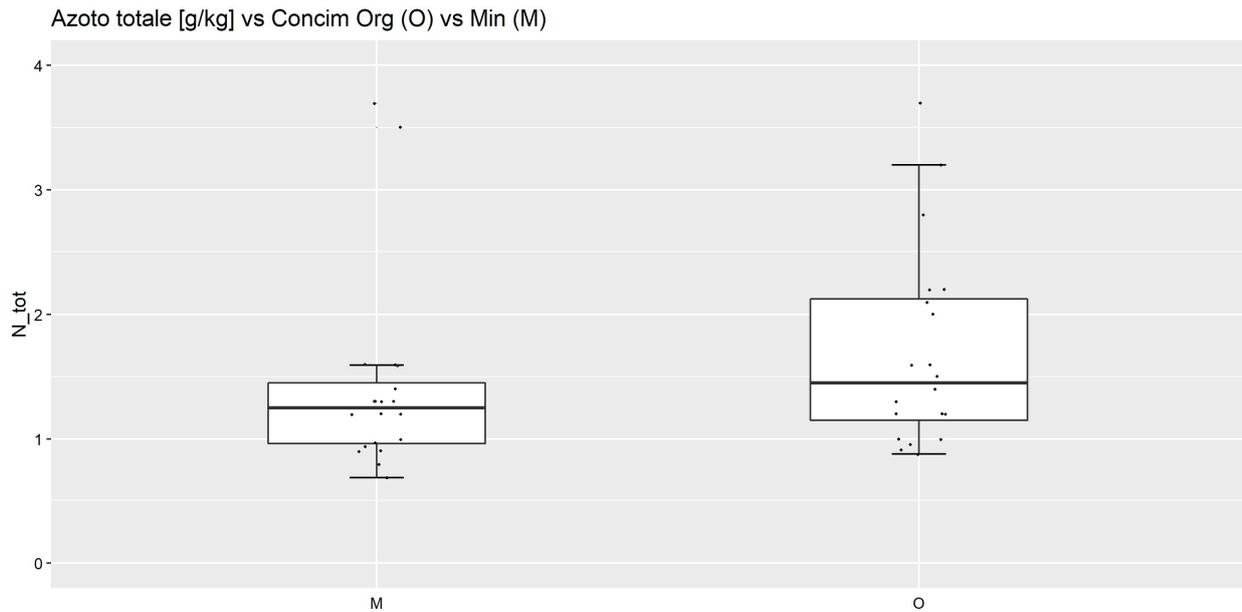


Figura 8: Boxplot per azoto totale in funzione della tipologia di concimazione (organica vs minerale).

## 6.2.2 Azoto totale in base a tipologia di effluente

La distribuzione dell'azoto totale nel terreno, diviso per tipologia di effluente (Figura 9), è analoga a quella del carbonio: i terreni concimati con digestato e letame bovino hanno valori mediани maggiori degli altri effluenti; i terreni concimati con minerale presentano valori particolarmente bassi.

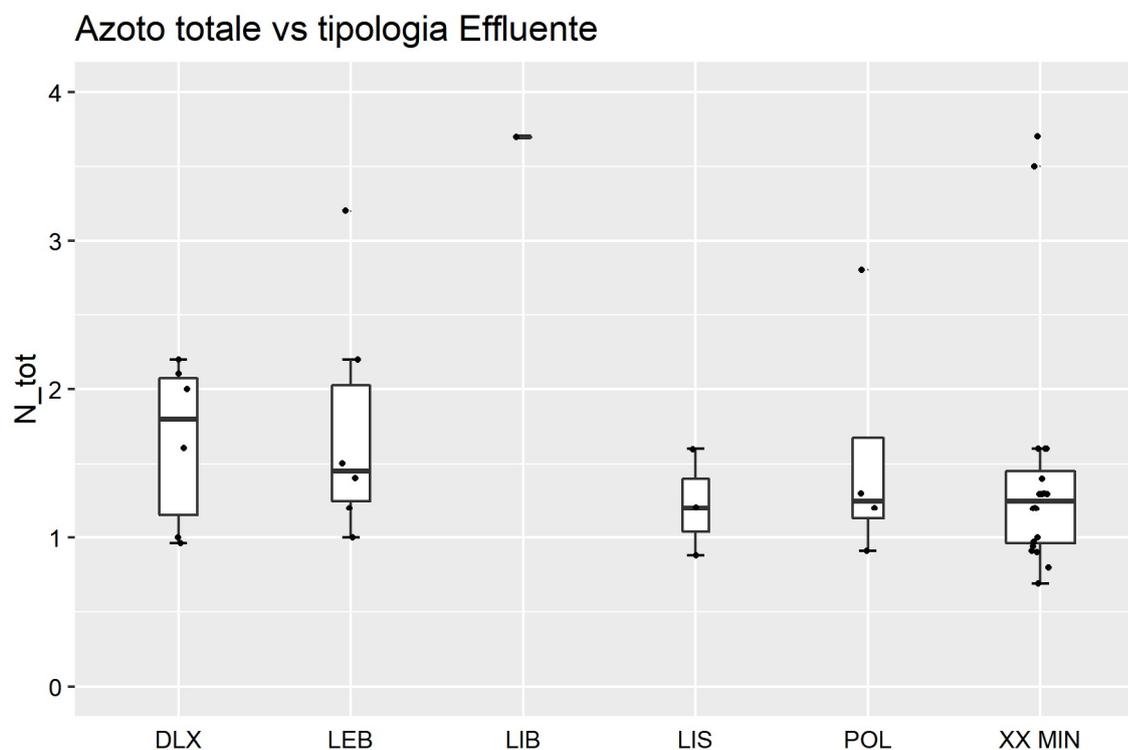


Figura 9: Boxplot valori di azoto totale in funzione della tipologia di effluente.

## 6.3 Rapporto C/N

Il parametro, ottenuto dividendo i contenuti percentuali di carbonio organico e azoto totale, è utilizzato come indice del ricambio della materia organica e del livello di umificazione del materiale organico [Ballabio et al. 2019, Giandon e Bortolami 2007].

Il rapporto è elevato nei residui vegetali e si abbassa al progredire del processo di stabilizzazione; è ritenuto equilibrato un rapporto C/N pari a circa 10. Nei terreni con C/N <9 prevalgono le reazioni di ossidazione che portano ad una diminuzione di sostanza organica e a un rilascio di azoto assimilabile. I campioni del 2020 presentano dei valori relativamente bassi, con il 75% dei casi con tenori tra 8 e 10 (Tabella 12).

Diversamente da altri parametri non si riscontrano differenze significative tra i terreni concimati con organico e minerale (Figura 10). Una lieve differenza è riscontrabile fra zone ordinarie e vulnerabili. In merito alle diverse tipologie di effluente, i terreni concimati con minerale hanno un range di variabilità che copre l'intero intervallo; i terreni concimati con organico invece presentano valori diversi in funzione della specifica tipologia di effluente: i terreni concimati con liquame suino e pollina mostrano rapporti C/N tendenzialmente bassi (inferiori a 9) mentre quelli concimati con digestato e letame bovino hanno valori mediани superiori a 9 (Figura 11).

L'uso del suolo sembra avere un effetto molto limitato sul rapporto C/N.  
 I test KW applicati ai diversi determinanti risultano in tutti i casi non significativi (Tabella13).

Range C/N	N dati C/N	% C/N Dati 2020	N dati C/N ORG 2020	% C/N ORG 2020	N dati C/N MIN 2020	% C/N MIN 2020
<6	0	0	0	0	0	0
6-7	0	0	0	0	0	0
7-8	6	15	3	15	3	15
8-9	17	42	9	45	8	40
9-10	13	32	7	35	6	30
10-11	4	10	1	5	3	15
11-12	0	0	0	0	0	0
>12	0	0	0	0	0	0

Tabella 12: Distribuzione valori di rapporto C/N in classi.

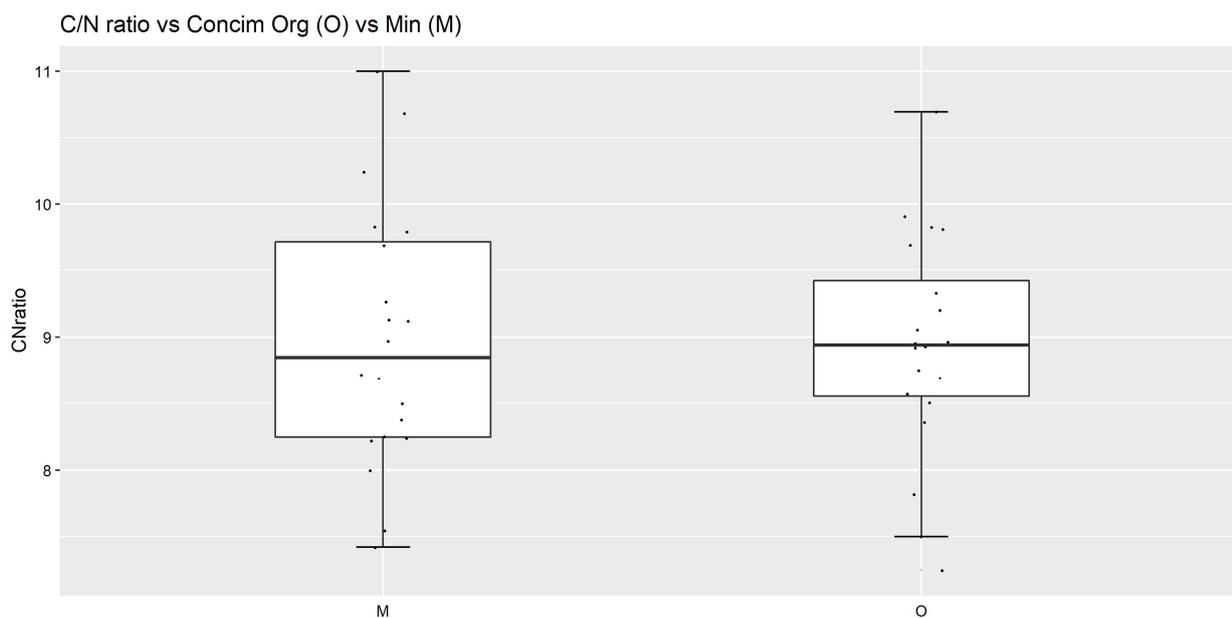
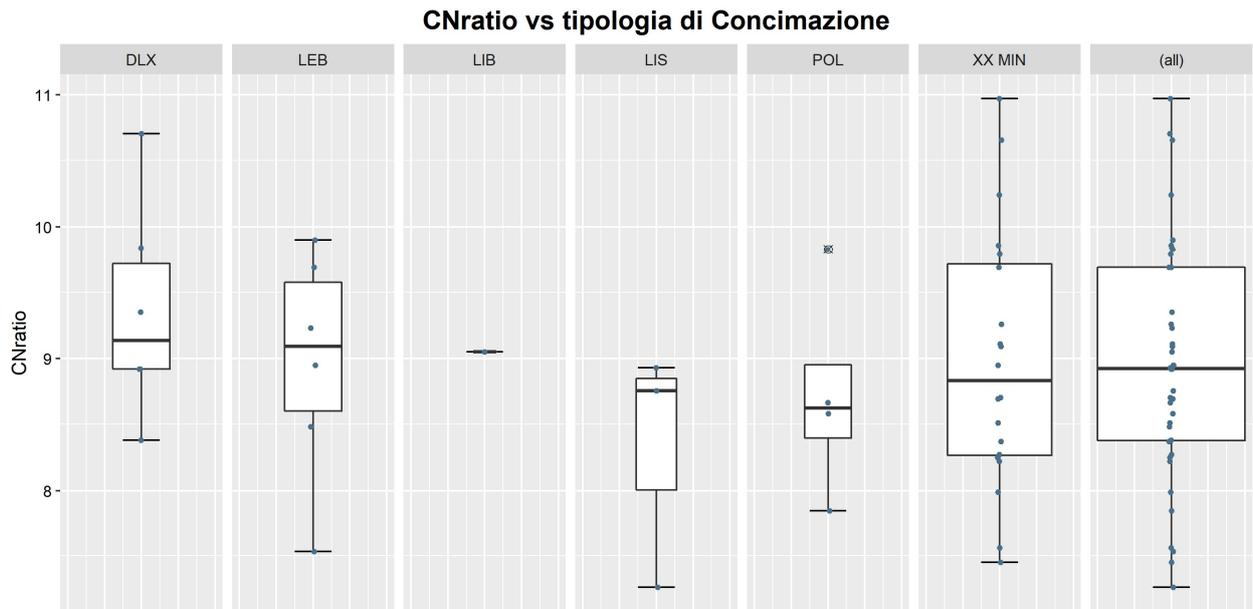


Figura 10: Boxplot per rapporto C/N in funzione della tipologia di concimazione (organica vs minerale).



**Figura 11: Boxplot per rapporto C/N in funzione della tipologia di effluente.**

rapporto C/N	
Gruppi	p.Value
Kruskal-Wallis per Concimazione (ORG-MIN)	0.914
Kruskal-Wallis per Tipologia Effluente : LEB, LIS, ecc...	0.74
Kruskal-Wallis per ZV	0.155

**Tabella 13: risultati test statistici condotti sul rapporto C/N in funzione di 3 variabili**

## 6.1 Fosforo assimilabile e potassio scambiabile

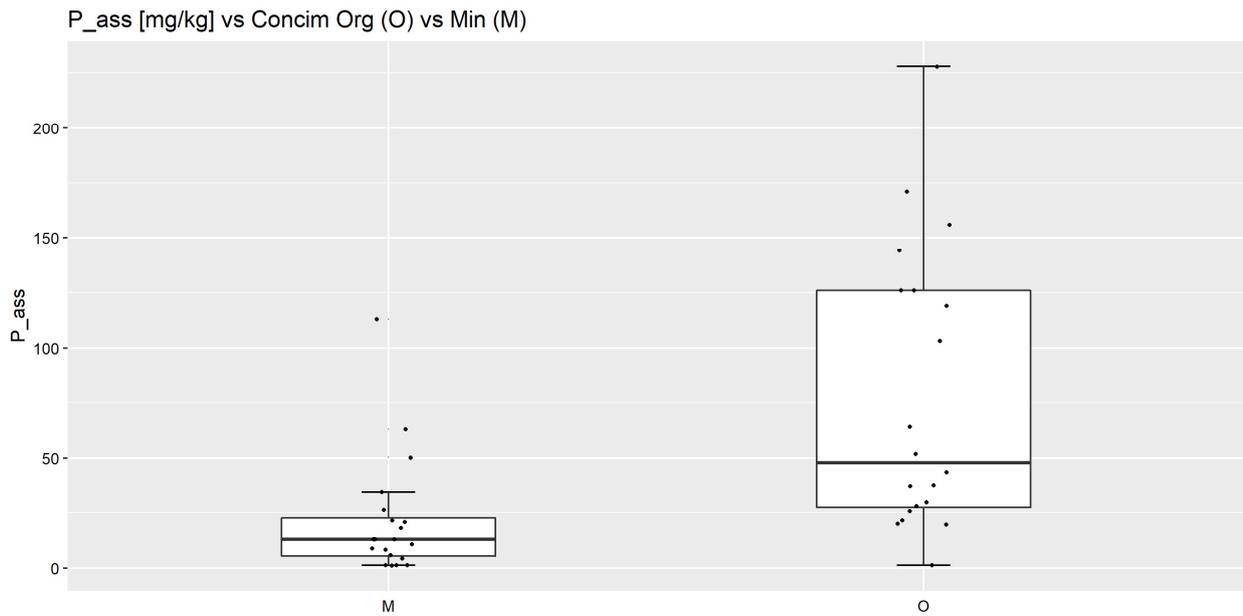
Le dotazioni in **fosforo assimilabile** risultano mediamente più ricche rispetto alla media regionale dei suoli di pianura (Tabella 14).

Le concentrazioni risultano maggiori sugli appezzamenti concimati con organico rispetto a quelli con minerale (Figura 12); inoltre anche gli appezzamenti in zona vulnerabile risultano maggiormente dotati rispetto a quelli in zona ordinaria.

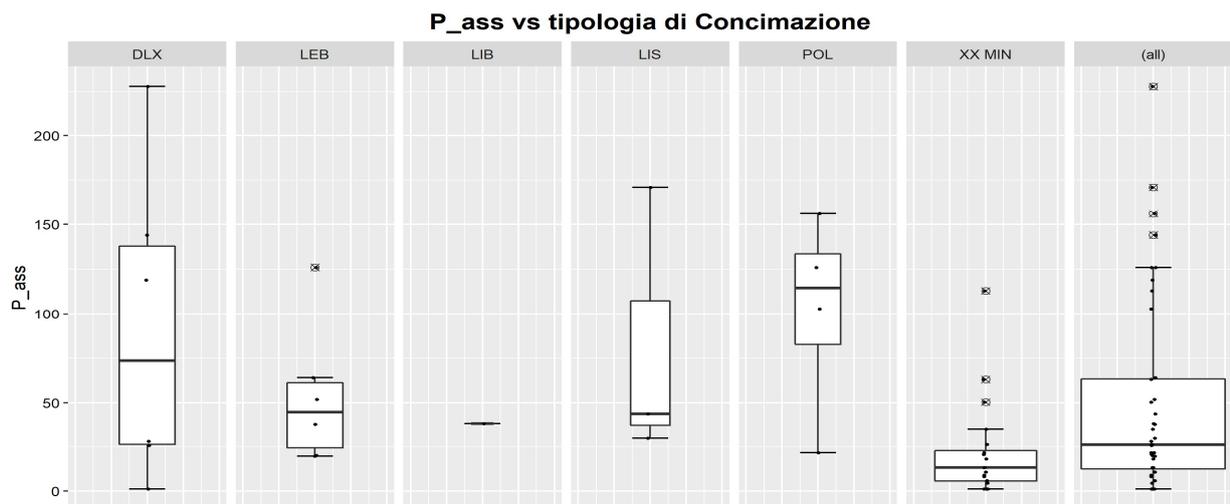
In funzione della tipologia di effluente organico sparso, i valori maggiori di fosforo assimilabile riscontrati sono sui terreni trattati con digestato, liquame suino e pollina; i valori nei campi concimati con minerale sono significativamente più bassi. L'influenza del tipo di effluente è riportata nei boxplot di Figura 13.

P ass								
Giudizio	Contenuto P ass [mg/kg]	N dati P ass	% P ass dati 2020	% pianura veneto P ass	N dati P ass ORG 2020	% P ass ORG 2020	N dati P ass MIN 2020	% P ass MIN 2020
Scarso	<14	13	32.5	40	1	5	12	60
Medio	14-20	3	7.5	14	2	10	1	5
Ricco	20-45	11	27.5	29	7	35	4	20
Molto Ricco	>45	13	32.5	18	10	50	3	15

Tabella 14: distribuzione contenuto di fosforo assimilabile in classi (blu), confrontati con le distribuzioni medie dei valori nella pianura veneta (bianco) e divisi per concimazione organica (verde) e minerale (rosso).



**Figura 12: Boxplot per fosforo assimilabile in funzione di tipologia di concimazione (organica vs minerale).**



**Figura 13: Boxplot per fosforo assimilabile in funzione della tipologia di effluente.**

Dal confronto degli appezzamenti a concimazione minerale e organica riferiti allo stesso punto di campionamento (Figura 14) si osserva che in oltre la metà dei casi l'apporto organico porta a degli accumuli di fosforo nel terreno, in talune circostanze con incrementi notevoli (es. punti 14, 19, 76, 79 e 83).



**Figura 14: Contenuto di fosforo assimilabile (y) per stazione di monitoraggio suddivise per tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale) in funzione del contenuto di argilla (x).**

Le dotazioni in **potassio scambiabile** sono abbastanza allineate con la distribuzione regionale ( Tabella 15). Si nota però che i contenuti più alti (> 240 mg/kg) sono solo nei terreni a concimazione organica.

K sc								
Giudizio	Contenuto K sc [mg/kg]	N dati K sc	% K sc dati 2020	% pianura veneto K sc	N dati K sc ORG 2020	% K sc ORG 2020	N dati K sc MIN 2020	% K sc MIN 2020
Scarso	<80	2	5	14	0	0	2	10
Medio	80-120	12	30	21	4	20	8	40
Ricco	120-240	18	45	41	8	40	10	50
Molto Ricco	>240	8	20	24	8	40	0	0

Tabella 15: Distribuzione contenuto di potassio scambiabile in classi (blu), confrontati con le distribuzioni medie dei valori nella pianura veneta (bianco) e divisi per concimazione organica (verde) e minerale (rosso).

Le concentrazioni risultano mediamente maggiori sugli appezzamenti concimati con organico rispetto a quelli con minerale (Figura 15).

Gli effluenti organici che comportano i valori più elevati di potassio scambiabile sono liquame suino, letame bovino e digestato; i valori nei campi concimati con minerale sono invece significativamente più bassi (Figura 16).

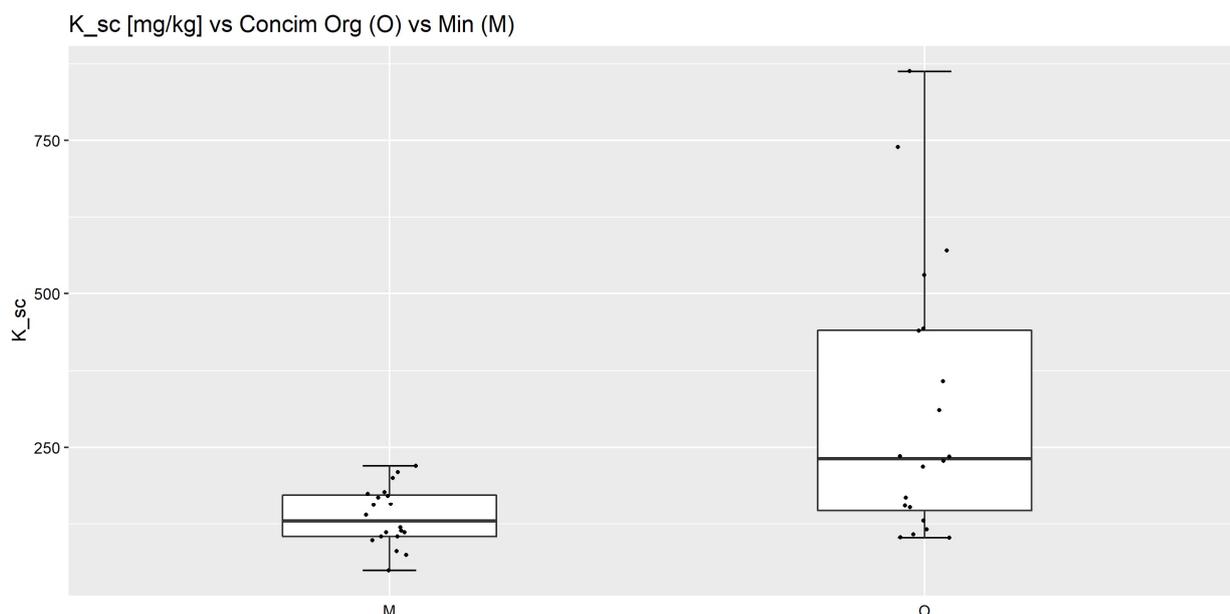
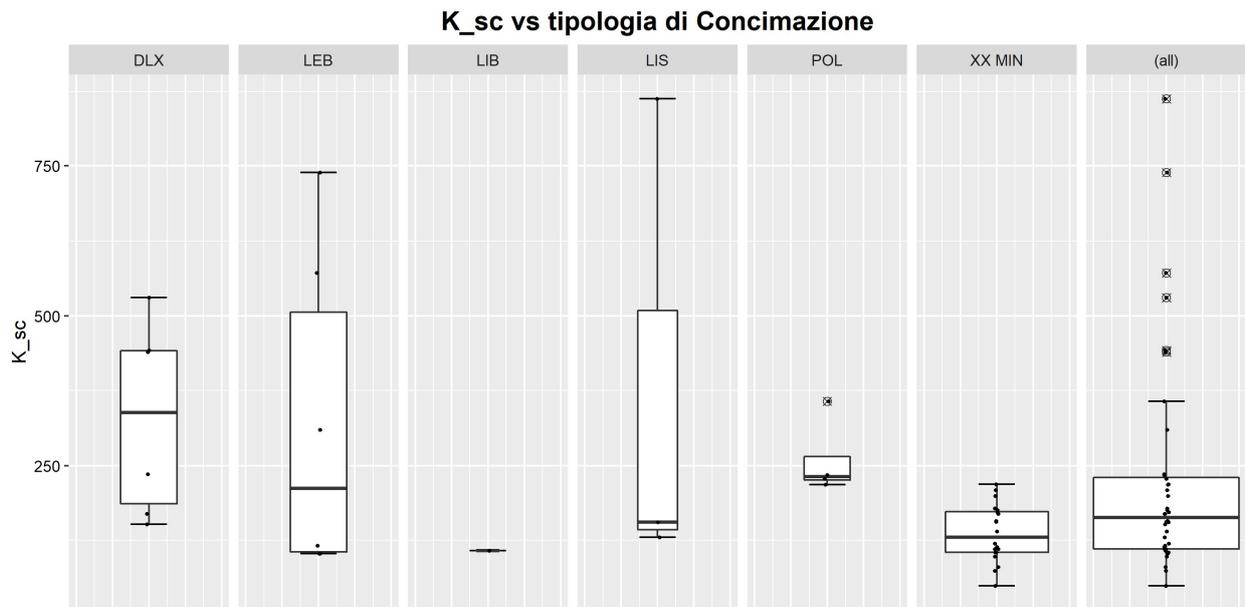
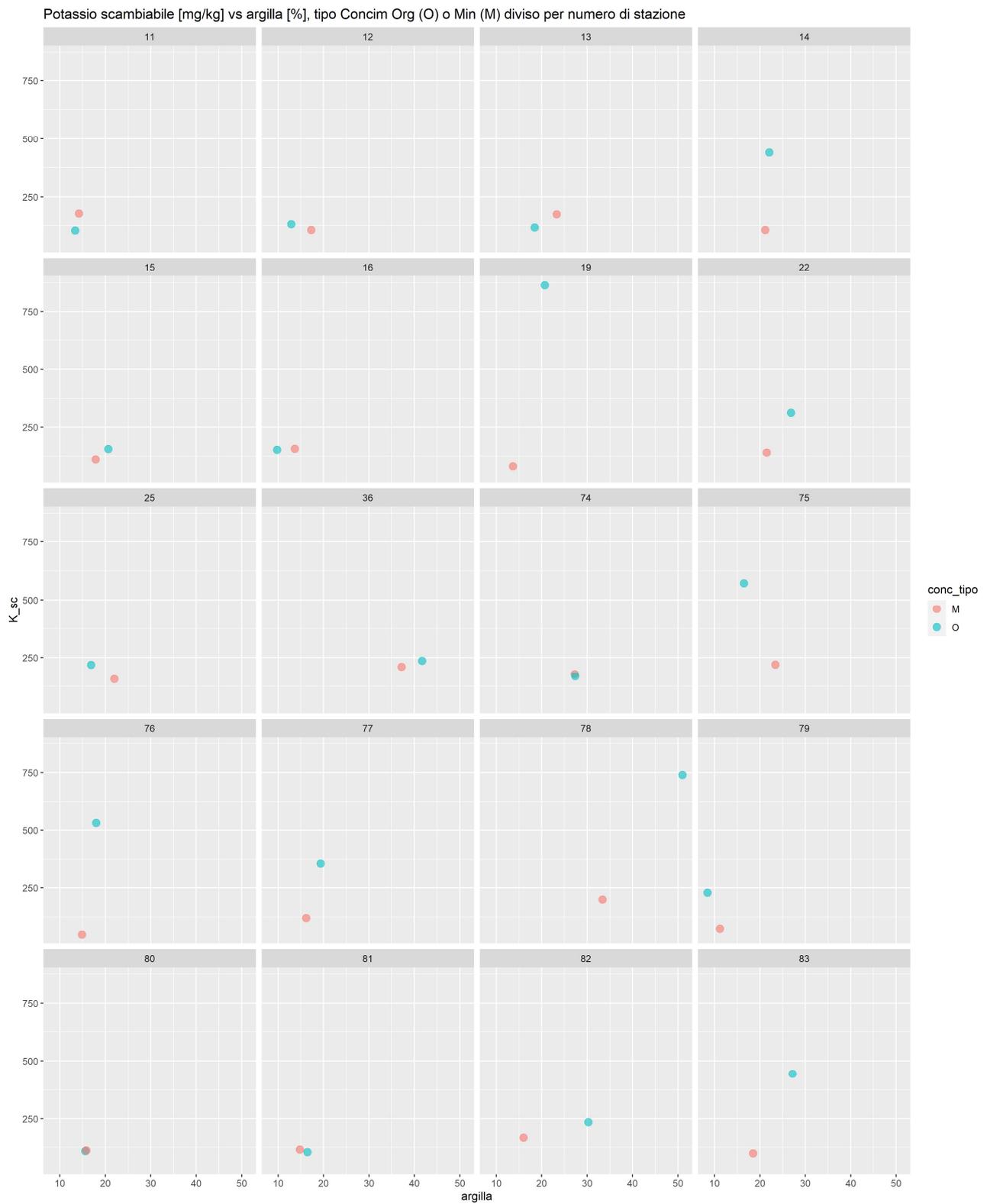


Figura 15: Boxplot per potassio scambiabile in funzione di zona e tipologia di concimazione (organica vs minerale).



**Figura 16: Boxplot per potassio scambiabile in funzione della tipologia di concimazione (organica vs minerale) e per tipo di effluente.**

Anche per il potassio sono stati messi a confronto gli appezzamenti a concimazione minerale e organica riferiti allo stesso punto di campionamento (Figura 17). In quasi il 50% dei casi la concimazione organica ha prodotto degli incrementi, in alcuni casi molto notevoli (es. punti 19, 76 e 78) nella dotazione dell'elemento nutritivo.



**Figura 17: Contenuto di potassio scambiabile (y) per stazione di monitoraggio suddivise per tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale) in funzione del contenuto di argilla (x).**

Per verificare se vi sia una differenza statistica sono stati condotti i test non parametrici di Kruskal-Wallis (di seguito KW) in funzione di 3 variabili:

- tipologia di concimazione (Organica vs Minerale)
- Tipologia effluente zootecnico o minerale (DLX, LEB, LIB, LIS, POL e Minerale)
- Zona (Vulnerabile vs Ordinaria)

Il test conferma una differenza statistica per entrambi gli elementi, sia tra concimazione organica che minerale, sia all'interno delle varie tipologie di concimazione.

La concimazione organica appare dunque migliorare il tenore di fosforo e potassio scambiabile .

Non si può invece affermare che vi sia differenza tra zone ordinarie e vulnerabili. I valori di p-Value del test KW sono riassunti in Tabella 16 e Tabella 17.

P ass	
Gruppi	p.Value
Kruskal-Wallis per Concimazione (ORG-MIN)	<b>0.0002183</b>
Kruskal-Wallis per Tipologia Effluente: LEB, LIS, ecc...	<b>0.013</b>
Kruskal-Wallis per ZV vs ZO	0.189

**Tabella 16: risultati test statistici condotti sul fosforo assimilabile in funzione di 3 variabili**

K sc	
Gruppi	p.Value
Kruskal-Wallis per Concimazione (ORG-MIN)	<b>0.004</b>
Kruskal-Wallis per Tipologia Effluente: LEB, LIS, ecc...	<b>0.029</b>
Kruskal-Wallis per ZV vs ZO	0.847

**Tabella 17: risultati test statistici condotti sul potassio scambiabile in funzione di 3 variabili**

La distribuzione delle diverse classi del fosforo e potassio scambiabile sul territorio campionato sono illustrate nelle Figure 18 e 19.

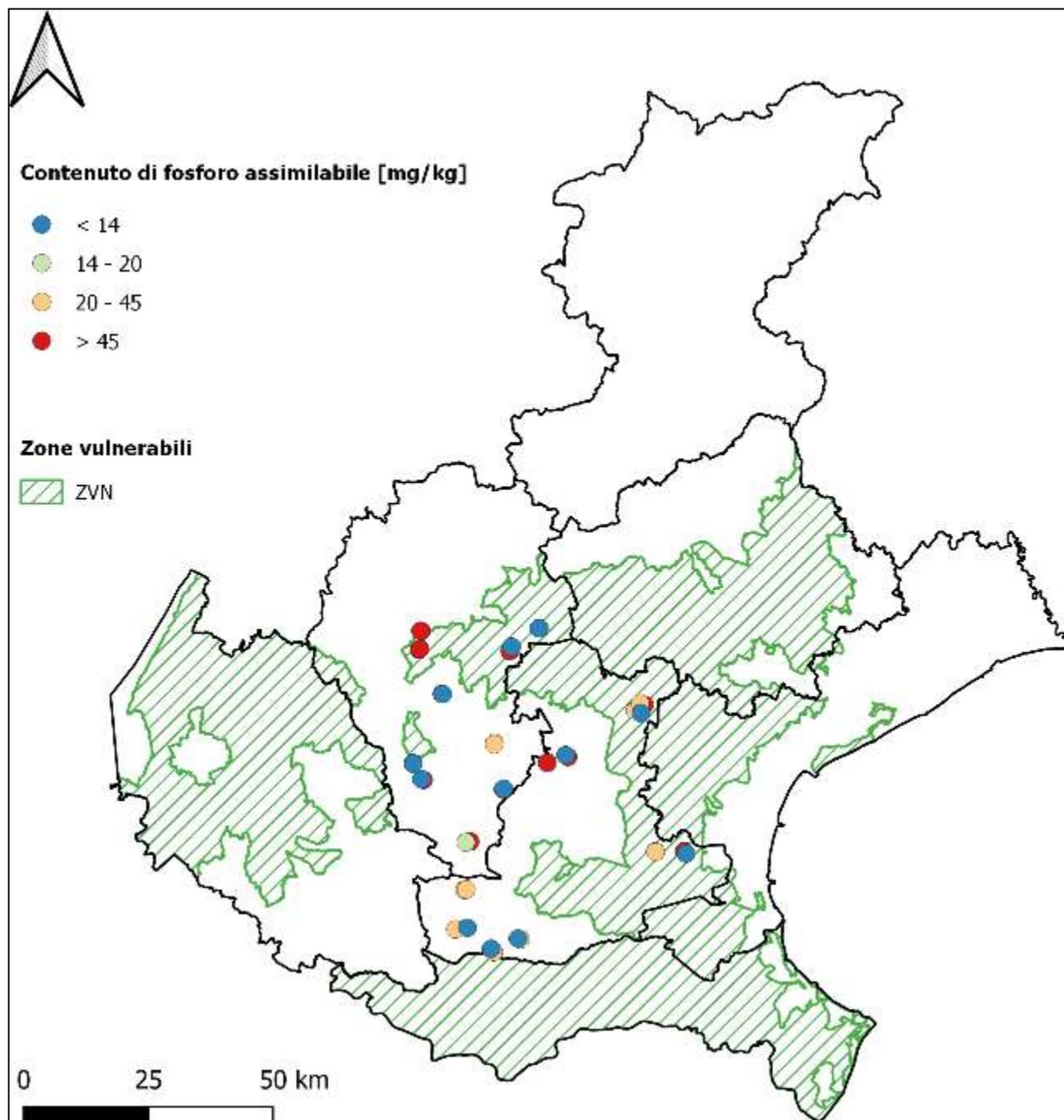


Figura 18: Distribuzione del contenuto di fosforo assimilabile [mg/kg] nei punti campionati nel 2020. Le aree in verde rappresentano la zona vulnerabile ai nitrati.

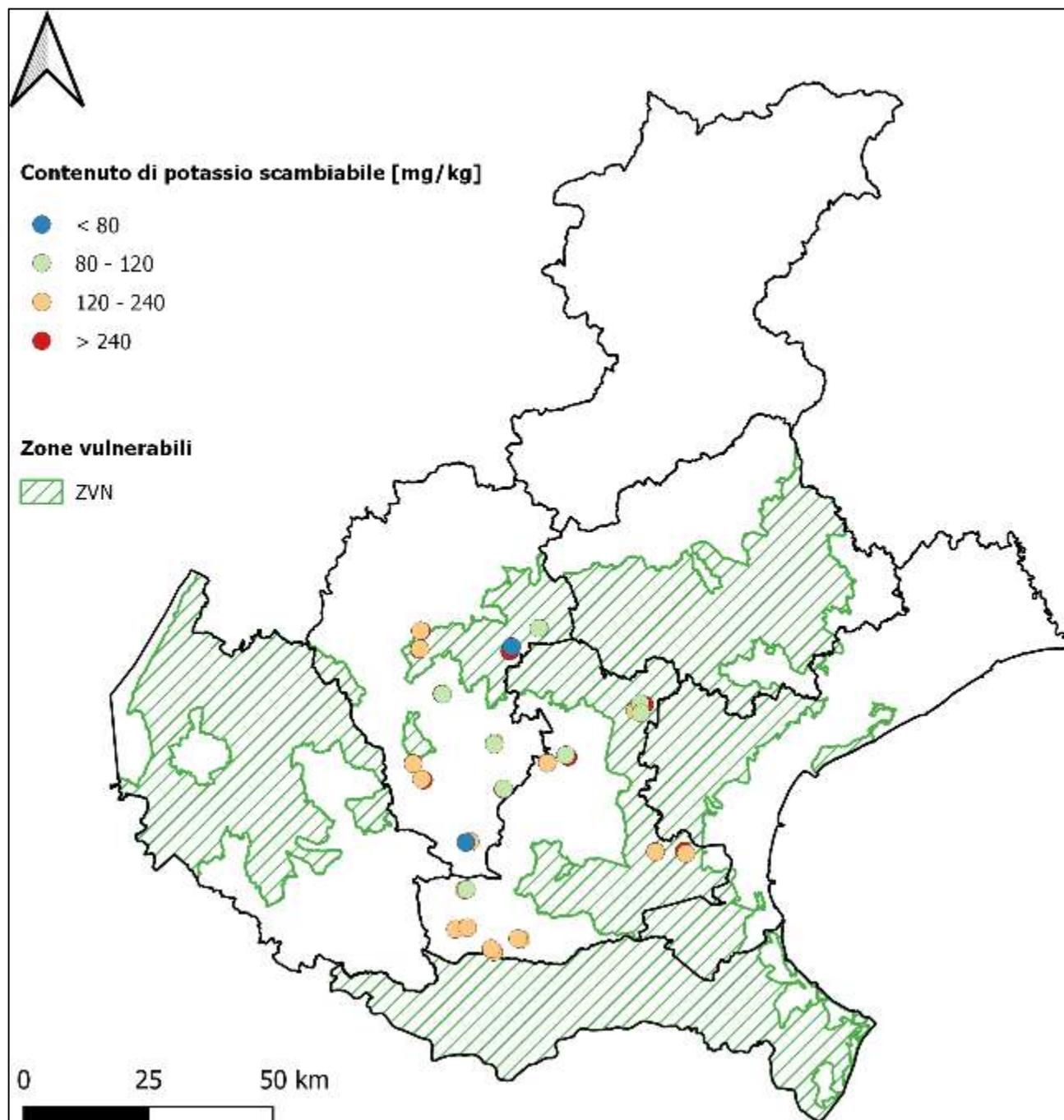


Figura 19: Distribuzione del contenuto di potassio scambiabile [mg/kg] nei punti campionati nel 2020. Le aree in verde rappresentano la zona vulnerabile ai nitrati.

## 6.2 Salinità

La salinità del terreno è stata valutata attraverso la determinazione della conducibilità elettrica (è stata considerata la diluizione 1:2): i terreni analizzati risultano globalmente non salini (82%) e leggermente salini solo nel 18% dei casi.

La totalità dei terreni leggermente salini rientra tra quelli concimati con organico, mentre i terreni concimati con solo minerale sono tutti non salini (Tabella 18).

La concimazione organica sembra quindi influenzare la concentrazione di sali minerali, mantenendo in ogni caso le condizioni all'interno dei limiti per una buona crescita delle coltivazioni (Figura 20). Tale differenza è confermata anche tramite test statistico KW applicato alla conducibilità elettrica (Tabella 19).

Le tipologie di effluente che maggiormente contribuiscono all'aumento del tenore salino sono il digestato ed il liquame suino (Figura 21).

Giudizio	Classe Conducibilità 1:2 [dS/m]	N dati Conducib 1:2	% Conducibilità 1:2 Dati 2020	N dati EC1:2 ORG 2020	% EC1:2 ORG 2020	N dati EC1:2 MIN 2020	% EC1:2 MIN 2020
Non salino	<0.4	33	82	13	65	20	100
Leggermente salino	0.4-1	7	18	7	35	0	0
Moderatamente salino	1-2	0	0	0	0	0	0
Molto salino	2-5	0	0	0	0	0	0
Estremamente salino	>5	0	0	0	0	0	0

Tabella 18: Distribuzione valori di conducibilità elettrica in classi.

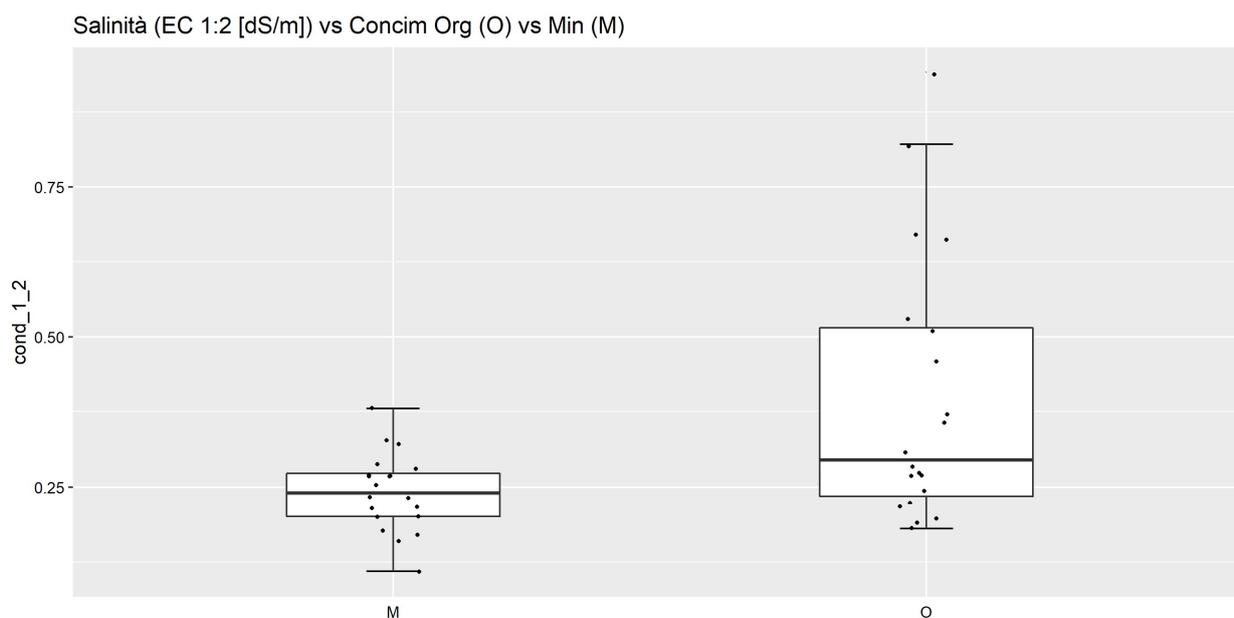
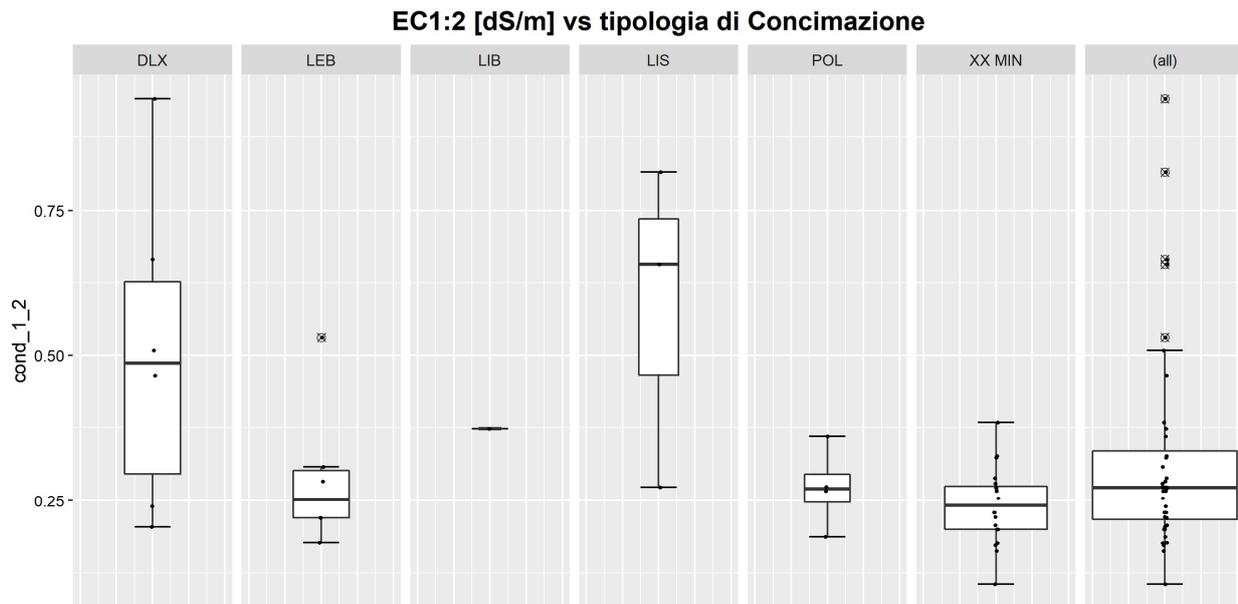


Figura 20: Boxplot per conducibilità elettrica in funzione della tipologia di concimazione (organica vs minerale).



**Figura 21: Boxplot per conducibilità elettrica in funzione della tipologia di effluente.**

EC 1:2	
Gruppi	p.Value
Kruskal-Wallis per Concimazione (ORG-MIN)	<b>0.015</b>
Kruskal-Wallis per Tipologia Effluente : LEB, LIS, ecc...	0.072
Kruskal-Wallis per ZV	0.956

**Tabella 19: Risultati test statistici condotti sulla conducibilità elettrica in funzione di 3 variabili.**

## 6.1 Metalli

Le concentrazioni rilevate di rame e zinco sono state confrontate con i valori di fondo delle unità fisiografiche e deposizionali del Veneto in cui ricadevano (Figura 22 e Figura 23).

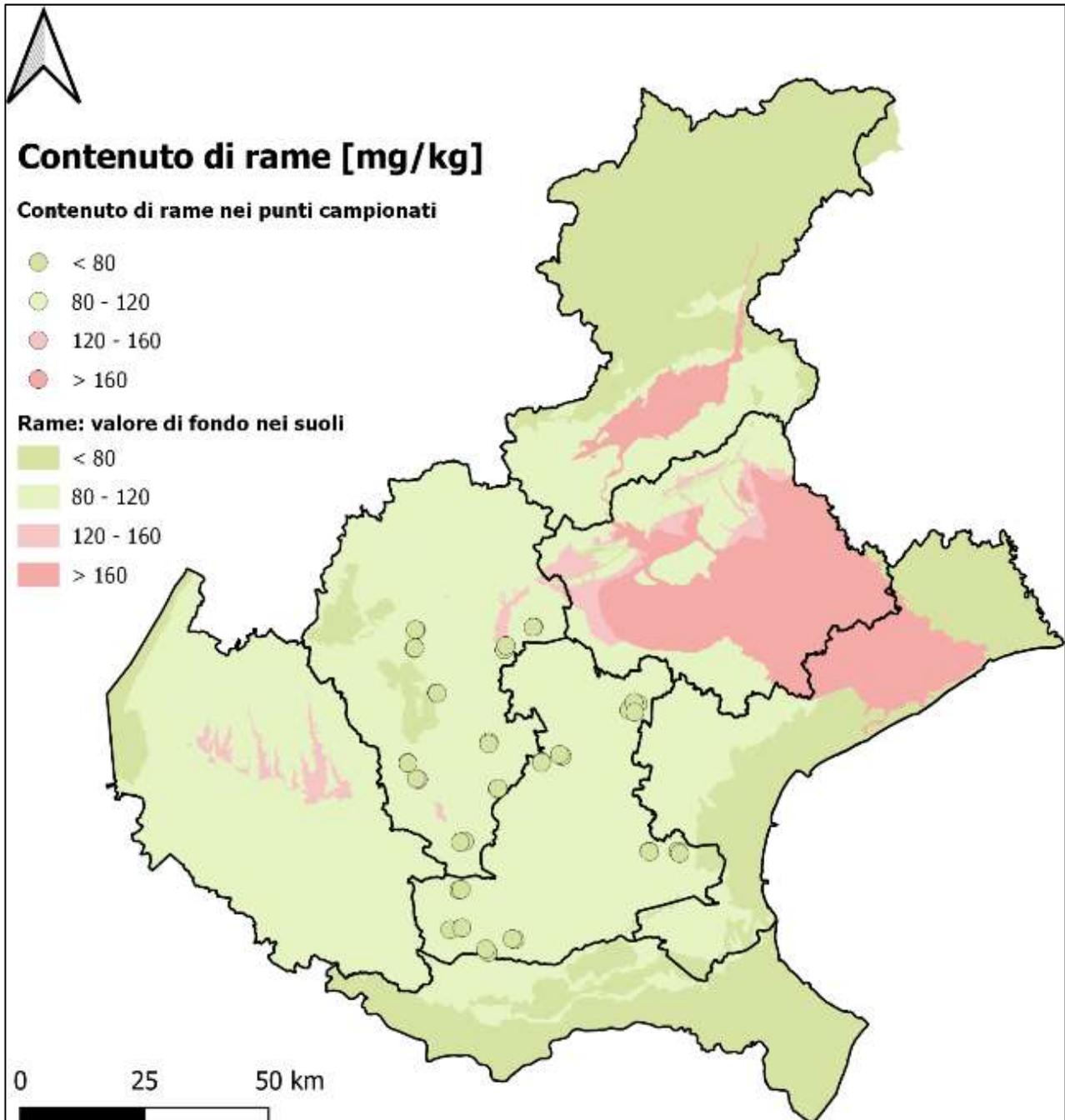
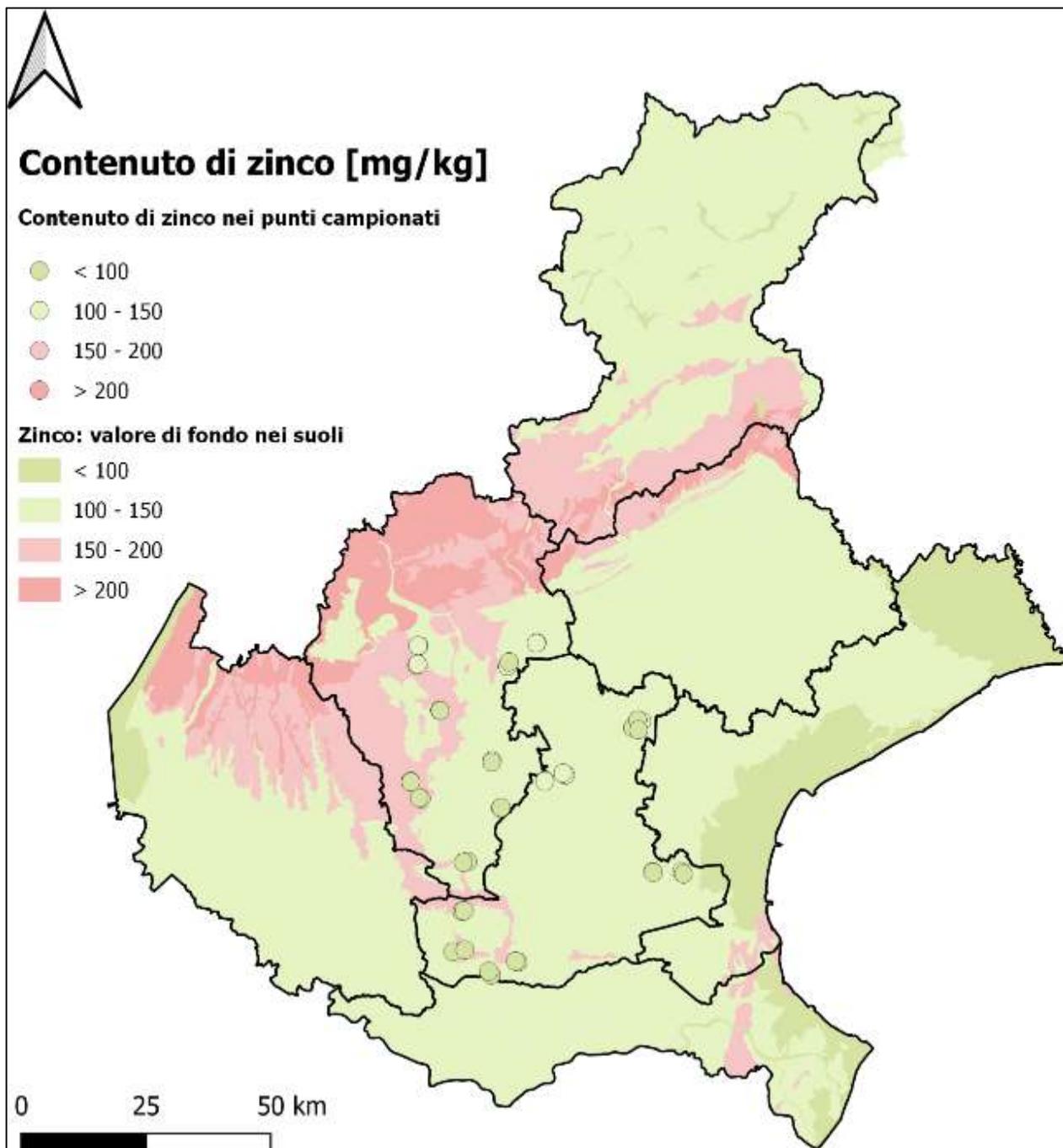


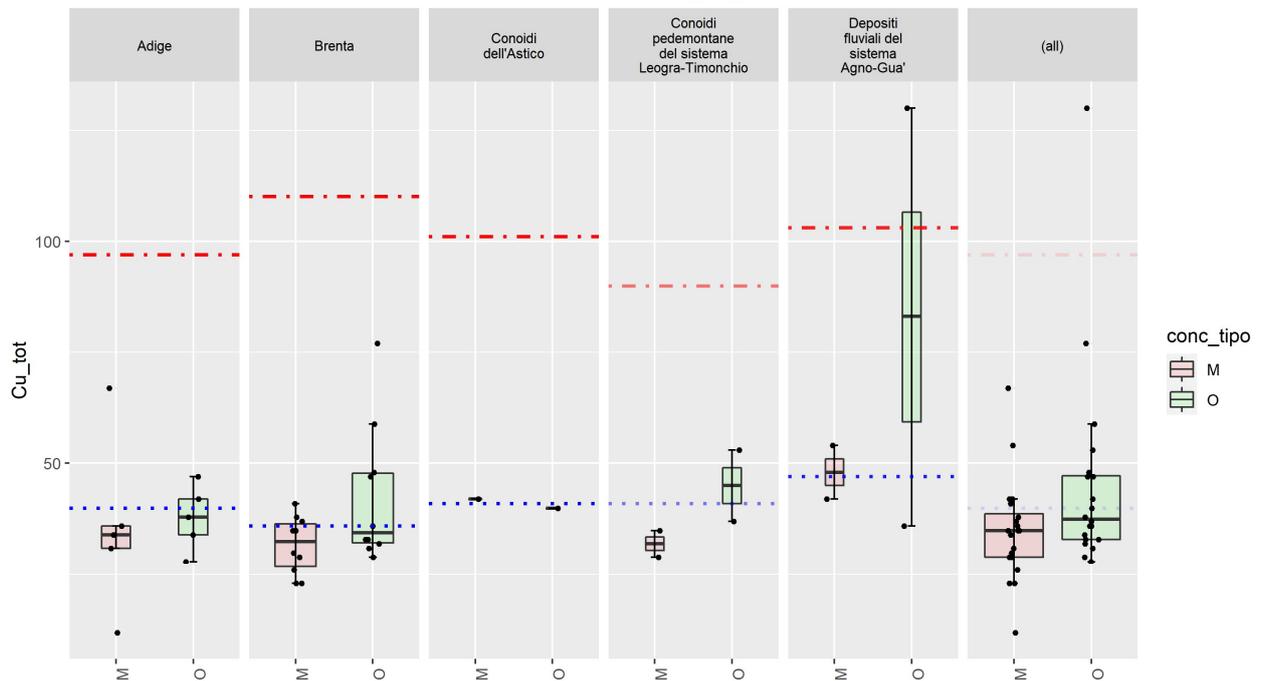
Figura 22: Contenuto di rame totale diviso in classi e confrontato con i valori di fondo.



**Figura 23: Contenuto di zinco totale diviso in classi e confrontato con i valori di fondo.**

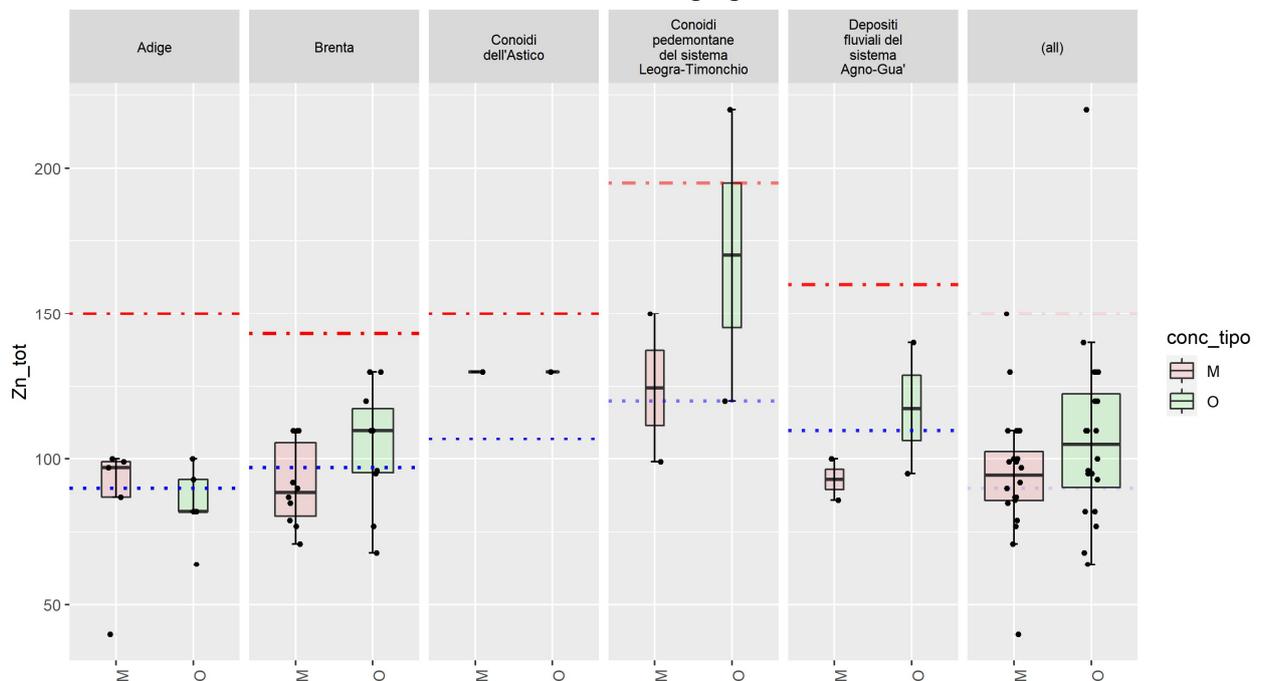
I dati di rame e zinco sono stati rappresentati anche tramite boxplot (Figura 24 e Figura 25) in funzione della tipologia di concimazione (ORG vs MIN) e messi in relazione ai valori di fondo (95° percentile della concentrazione) e ai valori medi dell'unità.

**Cu\_tot versus Unità Deposiz e Concimazione  
CSC Col A 120 mg/kg**



**Figura 24: Boxplot livelli di Rame in funzione delle unità fisiografiche e deposizionali e della tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale); linea rossa = valore di fondo (95° percentile), linea blu = mediana del valore di fondo.**

**Zn\_tot versus Unità Deposiz e Concimazione  
CSC Col A 150 mg/kg**



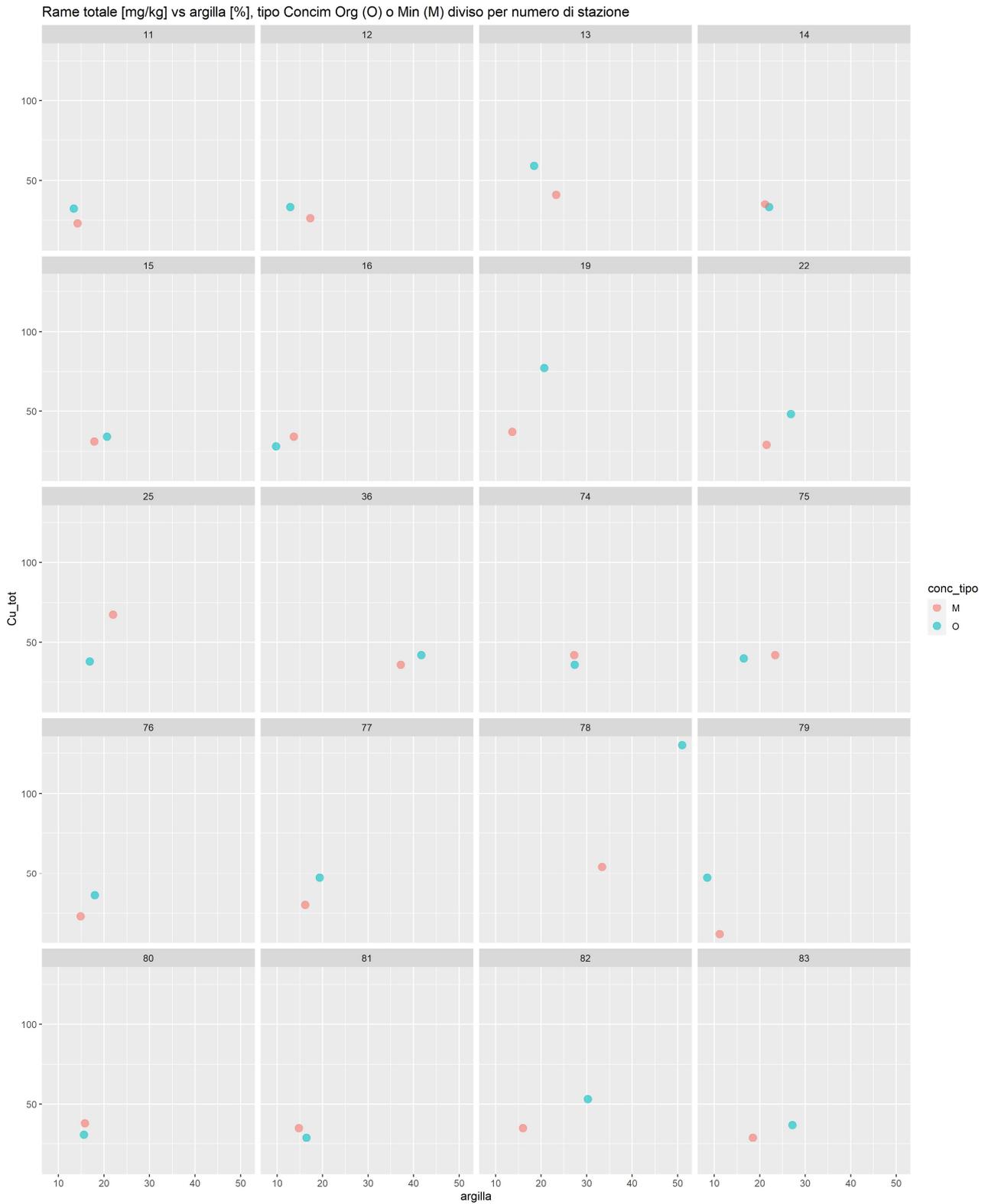
**Figura 25: Boxplot livelli di Zinco in funzione delle unità fisiografiche e deposizionali e della tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale); linea rossa = valore di fondo (95° percentile), linea blu = mediana del valore di fondo.**

Soltanto in un caso per il rame e in uno per lo zinco sono stati osservati superamenti del valore di fondo. Nel primo caso (concentrazione rilevata di rame 130 mg/kg) si tratta di un appezzamento nell'unità dei depositi fluviali del sistema Agno-Guà (valore di fondo 103 mg/kg, 99° percentile 121 mg/kg) che fino a 5-6 anni prima era stato coltivato a vigneto; come rilevato da ARPAV (ARPAV 2019) i vigneti sono trattati, o lo sono stati soprattutto in passato, con prodotti a base di rame, tanto da giustificare la determinazione di uno specifico valore di fondo per questo uso del suolo, pari a 284 mg/kg.

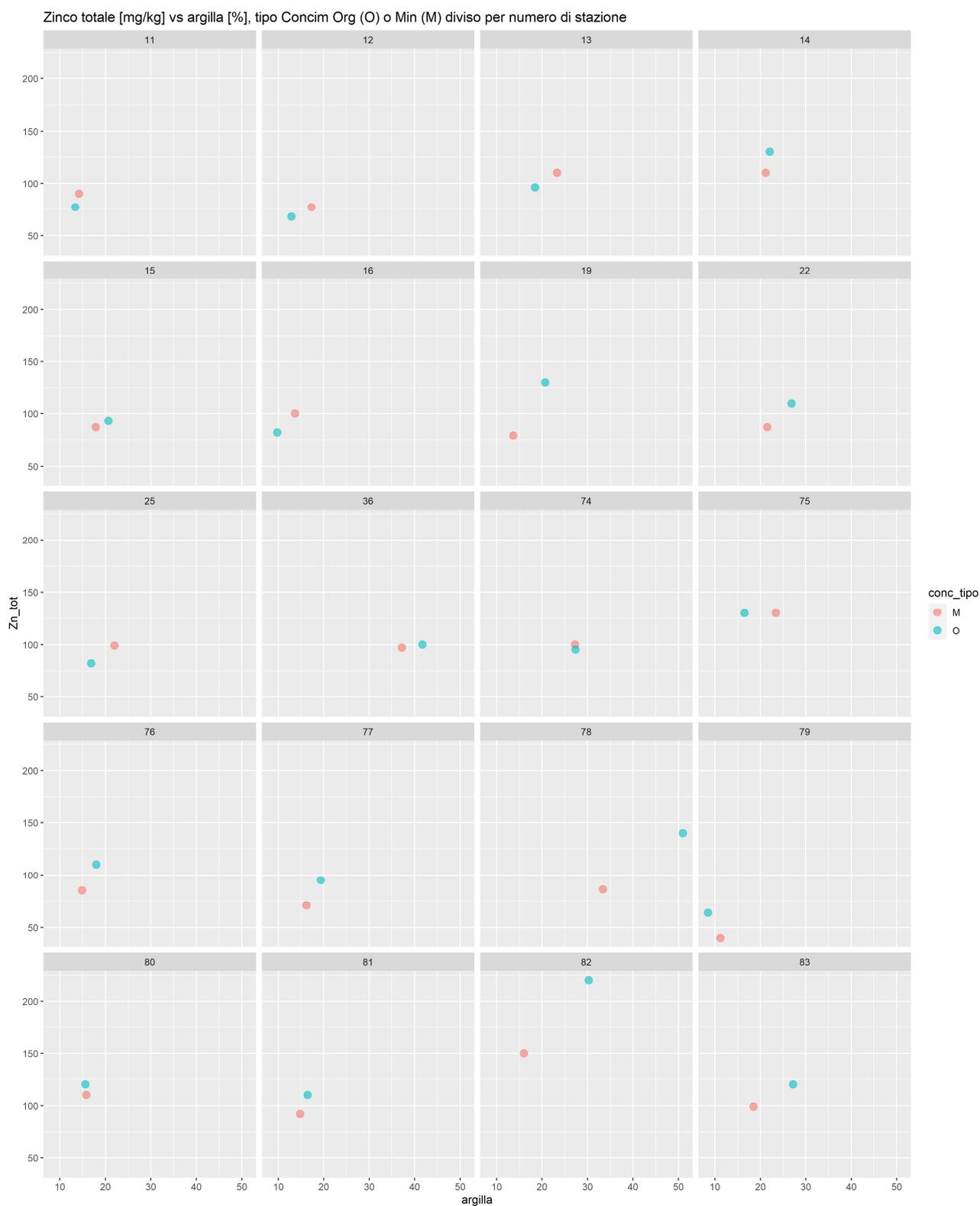
Il secondo superamento si è verificato per lo zinco (220 mg/kg) in un appezzamento dell'unità deposizionale del sistema Leogra-Timonchio (valore di fondo 195 mg/kg, 99° percentile 200 mg/kg) a tessitura franco limoso argillosa (30% argilla) e ricco in sostanza organica (2.2 % di carbonio organico), entrambe condizioni che possono contribuire a spiegare la concentrazione più alta (ARPAV 2016). In ogni caso il tenore di zinco resta all'interno dei limiti previsti dal DM 46/2019 per aree agricole (300 mg/kg).

Sia per il rame che per lo zinco si evidenziano dei valori leggermente superiori per la concimazione organica rispetto a quella minerale.

Per qualche stazione (Figure 26 e 27) si verifica che l'appezzamento concimato con minerale ha contenuti superiori di metalli rispetto al vicino appezzamento con concimazione organica (es. punto 25), ma a fronte di un maggior contenuto di argilla o sostanza organica.

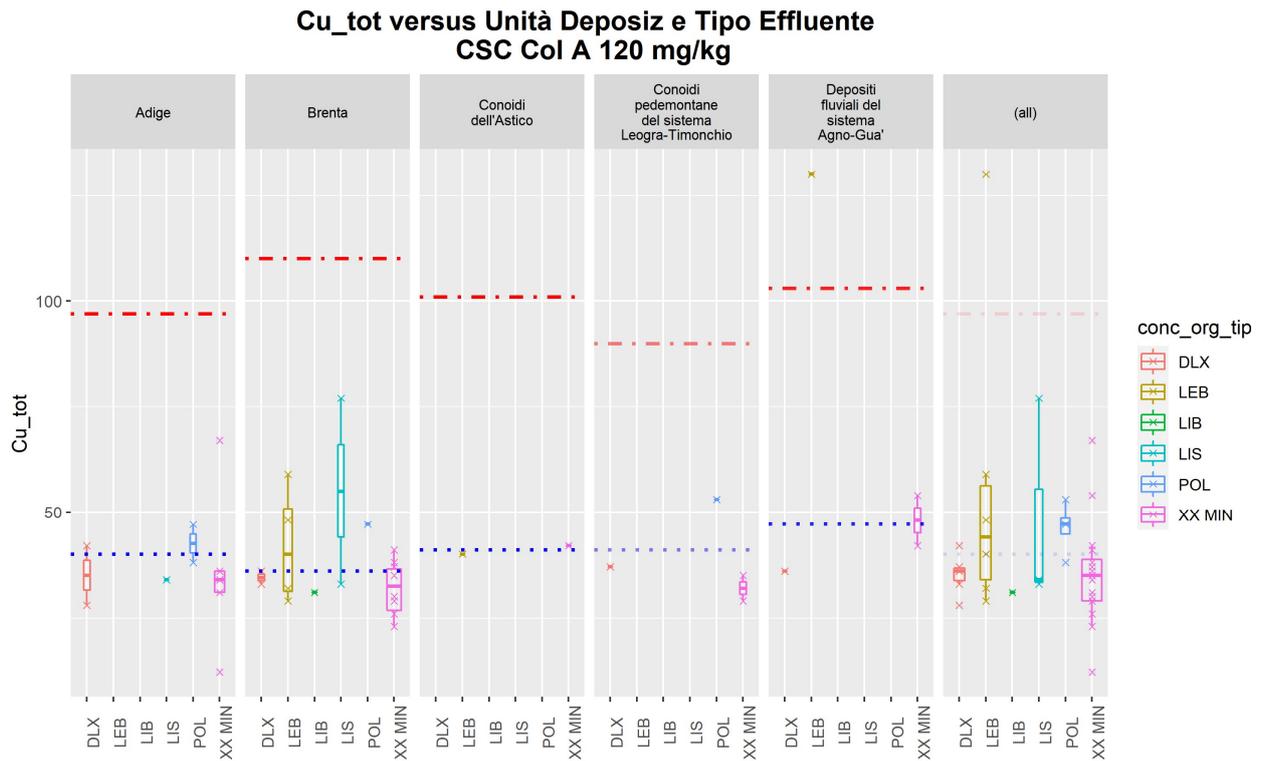


**Figura 26: Contenuto di Rame (x) per stazione di monitoraggio suddivise per tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale) in funzione del contenuto di argilla (y).**

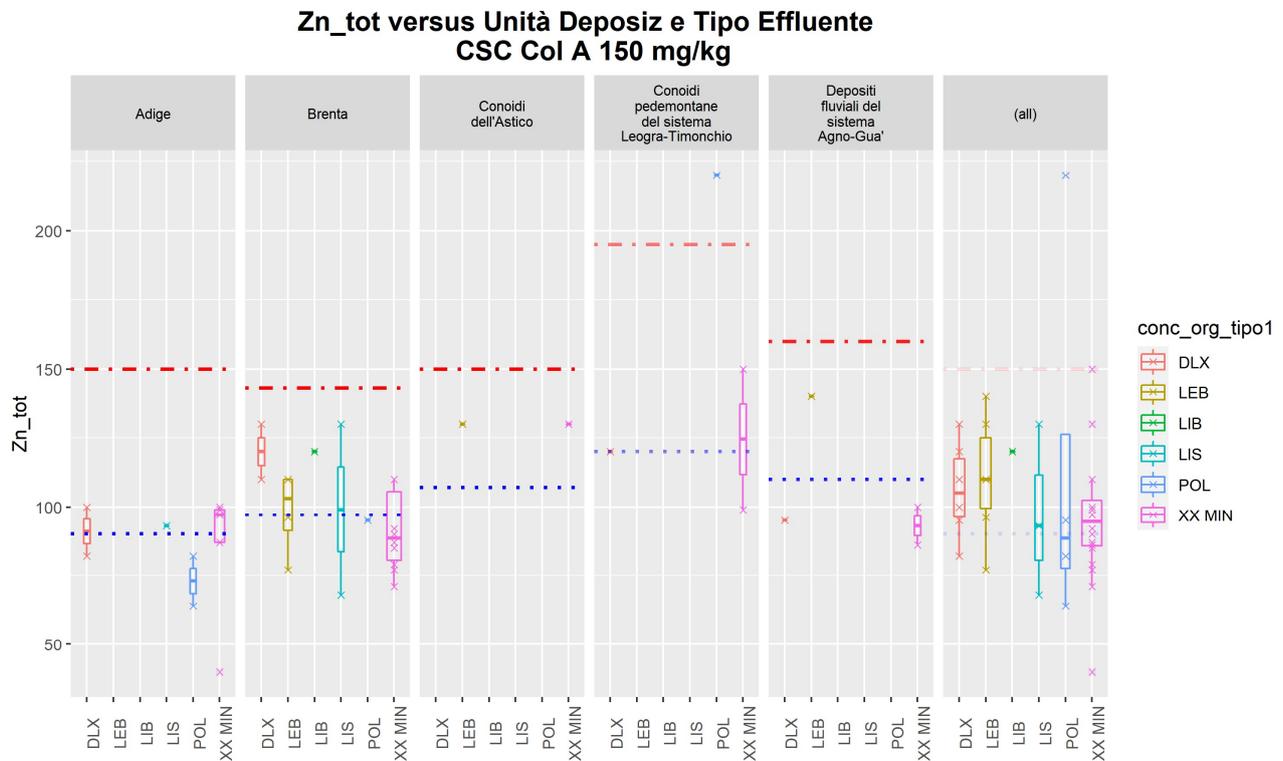


**Figura 27: Contenuto di Zinco (y) per stazione di monitoraggio suddivise per tipologia di concimazione (O=Organica, M= Minerale) in funzione del contenuto di argilla (x).**

In Figura 28 e Figura 29 si riportano i boxplots dei contenuti di rame e zinco per diverse tipologie di effluenti sempre divisi per unità deposizionali, confrontate rispetto ai valori di fondo (mediana e 95° percentile).



**Figura 28:** Boxplot livelli di Rame in funzione delle unità fisiografiche e deposizionali e della tipologia di effluente; linea rossa = valore di fondo (95° percentile), linea blu = mediana del valore di fondo.



**Figura 29:** Boxplot livelli di Zinco in funzione delle unità fisiografiche e deposizionali e della tipologia di effluente; linea rossa = valore di fondo (95° percentile), linea blu = mediana del valore di fondo.

Per il rame si notano degli arricchimenti rispetto al valore mediano per letame bovino e liquame suino; tutte le concentrazioni riscontrate sono comunque all'interno del range normale di contenuto di rame per ogni unità deposizionale e fisiografica.

Per lo zinco la variabilità dei valori riscontrati per ogni tipologia di effluente è piuttosto alta ed è difficile poter individuare il singolo effluente che maggiormente induce un accumulo.

In generale l'esiguo numero di campioni per ciascun gruppo non è sufficiente per considerazioni ragionevoli e supportate da significatività statistica.

Sono stati condotti i test KW in funzione delle 3 variabili principali: in nessun caso il test è risultato significativo. Nonostante si ottenga un valore abbastanza basso del p-value del test KW per tipologia di concimazione, non si raggiunge la soglia di 0,05 (Tabella 20) per poter affermare statisticamente che questa variabile influenzi il tenore di Rame.

<b>Gruppi</b>	<b>p.Value per Rame</b>	<b>p.Value per Zinco</b>
Kruskal-Wallis per Concimazione (ORG-MIN)	0.078	0.207
Kruskal-Wallis per Tipologia Effluente: LEB, LIS, ecc...	0.195	0.512
Kruskal-Wallis per ZV	0.525	0.361

**Tabella 20: p-value risultanti dal test KW applicato ai metalli Cu e Zn in funzione di 3 fattori**

## 7 Conclusioni

In questa relazione sono stati esposti ed analizzati i dati dei 40 campionamenti di suolo svolti durante l'anno 2020, prima annata del monitoraggio ordinario dei suoli agricoli per la direttiva nitrati nelle province di Padova e Vicenza. Sono stati campionati 20 appezzamenti concimati abitualmente con effluenti di origine zootecnica e altrettanti nelle vicinanze concimati da più anni con solo concimi chimici.

I dati sono stati analizzati per i principali parametri fisico-chimici previsti dal progetto: elementi nutritivi (fosforo assimilabile, potassio scambiabile e azoto totale), carbonio organico, salinità, contenuto di rame e zinco.

Le elaborazioni statistiche si sono concentrate sul mettere in evidenza e verificare eventuali differenze sui parametri citati in funzione dei principali fattori geografici (zona vulnerabile vs ordinaria), pedologici (tipo di suolo e relativa classe tessiturale) e di gestione agronomica (concimazione organica vs minerale; effluente utilizzato per la concimazione, es. pollina, letame bovino, liquame, suino, ecc...; coltura presente o "uso del suolo").

I risultati principali sono qui di seguito riepilogati:

- il tenore di carbonio organico è allineato con i valori medi regionali e sembra debolmente influenzato dalla tipologia di concimazione (minerale od organica), anche se risulta leggermente più elevato negli appezzamenti soggetti all'utilizzo di effluenti; in diversi casi è influenzato fortemente dalla dotazione organica intrinseca del tipo di suolo e dal tipo di coltura, così da rendere difficile il confronto. Tra i vari tipi di effluente, letame e digestato appaiono avere un maggior contenuto di sostanza organica;
- il tenore di azoto totale è allineato con i valori medi regionali; valori lievemente maggiori sono evidenziati sui terreni concimati con organici, in particolare con digestato e letame;
- in molti appezzamenti sono stati riscontrati valori del rapporto C/N piuttosto bassi rispetto ai valori ritenuti equilibrati (tra 9 e 10): prevalgono i processi ossidativi che portano ad una riduzione di sostanza organica. La tipologia di effluente organico sembra influenzare il rapporto C/N: liquame suino e pollina hanno i valori più bassi (<9);
- il tenore di fosforo assimilabile è significativamente maggiore nei punti campionati rispetto alla media regionale; in particolare il tenore è maggiore nei punti concimati con effluenti organici. Gli appezzamenti concimati con digestato, liquame suino e pollina hanno evidenziato i valori maggiori di fosforo assimilabile;
- anche per il potassio scambiabile la concimazione organica appare avere un effetto positivo, benché i dati globali (considerando anche i terreni concimati con minerale) risultino allineati con i valori medi regionali. Gli appezzamenti concimati con digestato, letame bovino e liquame suino hanno evidenziato i valori maggiori di potassio scambiabile;
- la concimazione organica sembra favorire una salinità del terreno leggermente superiore rispetto alla concimazione minerale, ma i terreni risultano solo leggermente salini e sempre idonei alla coltivazione di colture classiche del territorio veneto. Gli appezzamenti concimati con digestato e liquame suino hanno evidenziato i valori maggiori di salinità;
- la concimazione organica sembra favorire un maggior tenore di rame del terreno benché non lo si possa affermare statisticamente. Valori elevati sono stati riscontrati in un'area precedentemente destinata a vigneto: l'accumulo significativo si ritiene sia dovuto ai precedenti trattamenti fitosanitari;
- lo zinco si presenta sempre all'intero dei valori medi delle varie unità e non presenta differenze significative né in funzione della tipologia di concimazione né di effluente.

I risultati confermano in gran parte quanto evidenziato nei precedenti rapporti, cioè che le dotazioni in elementi nutritivi (azoto, fosforo e potassio) degli appezzamenti in cui vengono distribuiti effluenti sono spesso superiori a quelle dei terreni concimati con solo fertilizzanti minerali e alla media dei terreni della pianura veneta. Risulta pertanto necessario limitare l'apporto di concimi minerali quando vengono già distribuiti fertilizzanti organici, dal momento che questi ultimi già soddisfano in parte i fabbisogni della coltura, cercando di limitare i sovradosaggi, anche nell'ottica di ridurre il rilascio nell'ambiente.

Alcuni fattori hanno costituito delle limitazioni e a volte rappresentano dei confondenti nell'elaborazione dei dati; in particolare:

- Non è sempre facile ottenere informazioni precise e dettagliate sulla conduzione agrozootecnica dei vari appezzamenti, poiché spesso diversi conduttori si sono succeduti nella coltivazione dello stesso terreno e poiché gli spandimenti difficilmente possono essere realizzati con elevata precisione; in molte zone in cui l'allevamento zootecnico è molto diffuso è stato difficile trovare appezzamenti concimati esclusivamente con fertilizzanti minerali e spesso si trattava di superfici marginali e poco rappresentative;
- I risultati ottenuti vanno interpretati anche in funzione del numero limitato dei campioni, che riduce la significatività statistica;
- I risultati sono influenzati dalla non uniformità della numerosità campionaria per alcuni fattori di analisi, come la tipologia di effluente.

Il procedere del monitoraggio nei prossimi anni permetterà di avere un maggior numero di dati a disposizione, per poter bilanciare le numerosità campionaria e permettere una migliore comprensione dell'influenza dei singoli parametri.

Si ringraziano tutti gli agricoltori per la disponibilità ad aver permesso ad ARPAV di entrare sui loro terreni e realizzare i campionamenti, anche durante le fasi di crescita colturale ed aver sempre consentito di svolgere le attività nel modo migliore possibile.

## 8 Bibliografia

ARPAV (2019) Metalli e metalloidi nei suoli del Veneto. Treviso, 188p

ARPAV (2019) Risultati del monitoraggio dei suoli per la direttiva nitrati. Anno 2019

ARPAV (2018) Risultati del monitoraggio dei suoli per la direttiva nitrati. Anno 2018

ARPAV (2017) Risultati del monitoraggio dei suoli per la direttiva nitrati. Anno 2017

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

C. Ballabio, E. Lugato, O. Fernández-Ugalde, A. Orgiazzi, A. Jones, P. Borrelli, L. Montanarella, P. Panagos (2019) Mapping LUCAS topsoil chemical properties at European scale using Gaussian process regression, *Geoderma*, Volume 355, 113912, ISSN 0016-7061, (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706119304768>)

DIPARTIMENTO REGIONALE QUALITÀ DELL'AMBIENTE  
Unità Organizzativa Qualità del Suolo  
Via Santa Barbara, 5a  
31100 Treviso, (TV)  
Italy  
Tel. +39 0422 558 620  
Fax +39 0422 558 516  
E-mail: [ssu@arpa.veneto.it](mailto:ssu@arpa.veneto.it)  
<https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo>



## **ARPAV**

Agenzia Regionale per la Prevenzione e  
Protezione Ambientale del Veneto  
Direzione Generale  
Via Ospedale Civile, 24  
35121 Padova  
Italy  
Tel. +39 049 8239 301  
Fax +39 049 660966  
e-mail: [urp@arpa.veneto.it](mailto:urp@arpa.veneto.it)  
e-mail certificata: [protocollo@pec.arpav.it](mailto:protocollo@pec.arpav.it)  
[www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)