



**Settore Tutela Ambientale e Biodiversità,
Promozione del Territorio e Sostenibilità
U.O. Rifiuti**

**Progetto per una campagna di controllo straordinaria sull'attività di
recupero agronomico di rifiuti (R10) a seguito di convenzione con le
Ditte operatrici del settore**

***VALUTAZIONE
RISULTATI ANALITICI RELATIVI A FANGHI E TERRENI
in attuazione del
DECRETO PRESIDENZIALE N° 45 del 16/02/2018***

a cura della Commissione Provinciale di indirizzo e controllo

Giugno 2022

Sommario

Sommario	2
Il progetto condiviso tra i Produttori R10 e l'Amministrazione Provinciale	4
Attività svolte	8
Richiamo del quadro normativo	9
Scopi del Progetto e programma di lavoro	10
Risultati conseguiti nelle determinazioni relative ai Fanghi R10	11
<i>Determinazione del valore di pH</i>	14
<i>Determinazione del residuo secco a 105°C e a 600°C</i>	14
<i>Determinazione del rapporto Sostanza solida volatile/ Sostanza solida totale</i>	15
<i>Determinazione dei nutrienti (Azoto e Fosforo)</i>	16
<i>Determinazione del Carbonio (TOC e TEC)</i>	17
<i>Carbonio Organico Totale (TOC)</i>	17
<i>Determinazione del grado di umificazione, Acidi Umici e Acidi Fulvici</i>	18
<i>Determinazione dei metalli</i>	20
<i>Determinazione di Berillio (Be) e Cromo esavalente (Cr VI)</i>	20
<i>Determinazione di Cromo (Cr) e Nichel (Ni) totali</i>	21
<i>Determinazione di Cadmio (Cd) e Arsenico (As)</i>	22
<i>Determinazione di Selenio (Se) e Mercurio (Hg)</i>	23
<i>Determinazione di Rame (Cu) e Zinco (Zn)</i>	24
<i>Determinazione di Piombo (Pb)</i>	25
LA DETERMINAZIONE DEI COMPOSTI ORGANICI NEI FANGHI	29
<i>Determinazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)</i>	29
<i>Determinazione di Policloro Bifenili (PCB)</i>	30
<i>Determinazione di Diossine, Furani, PCB dioxin like</i>	31
<i>Determinazione di solventi aromatici, Toluene</i>	32
<i>Determinazione di Composti Organici Alogenati (AOX)</i>	33
<i>Determinazione di Ftalati</i>	34
<i>Determinazione di Nonilfenoli</i>	34
<i>Determinazione di Idrocarburi C10-C40</i>	36
<i>Determinazione microbiologiche Salmonelle e Coliformi fecali</i>	39
<i>Fitotossicità</i>	40
FANGHI: CONSIDERAZIONI RELATIVE AI RISULTATI ANALITICI DEI DUE LABORATORI	42
Risultati conseguiti nelle determinazioni condotte sui terreni	44
<i>Determinazione del valore di pH in acqua</i>	45
<i>Determinazione della Capacità di Scambio Cationico (CSC)</i>	45

Determinazione dei metalli pesanti	47
<i>Determinazione del Cadmio (Cd)</i>	47
<i>Determinazione della Capacità di ossidazione del Cromo</i>	47
<i>Determinazione del Mercurio (Hg)</i>	48
<i>Determinazione del Nichel (Ni)</i>	48
<i>Determinazione del Piombo (Pb)</i>	49
<i>Determinazione del Rame (Cu)</i>	49
<i>Determinazione dello Zinco (Zn)</i>	49
DETERMINAZIONI ADDIZIONALI	50
<i>Determinazione dell'Arsenico (As)</i>	50
<i>Determinazione del Cromo esavalente (Cr VI)</i>	51
<i>Determinazione del Selenio (Se)</i>	51
<i>Determinazione del Tallio (Tl)</i>	52
Considerazioni relative alle determinazioni condotte sui terreni	53
Proposte e considerazioni finali	54
Grande opportunità offerta dalla collaborazione pubblico-privato	54
Conferma della qualità dell'autocertificazione	54
Profonda conoscenza dei fanghi R10 e dei rifiuti da cui originano	54
Ipotesi di ulteriore miglioramento della qualità del dato analitico	55
Valore economico ed ambientale del recupero di materia e problematiche in essere	55
Utilizzo dei Fanghi R10 e problematiche in essere	56
Accumulo nel suolo di composti persistenti	56
Problematiche legate alle molestie olfattive	58
Aspetti igienico-sanitari	59
Effetti tossici associati ai fanghi	59
Ipotesi di sviluppo della qualità dei fanghi R10	59
La collaborazione tra controllore e controllato: risultati e possibili prospettive future	60

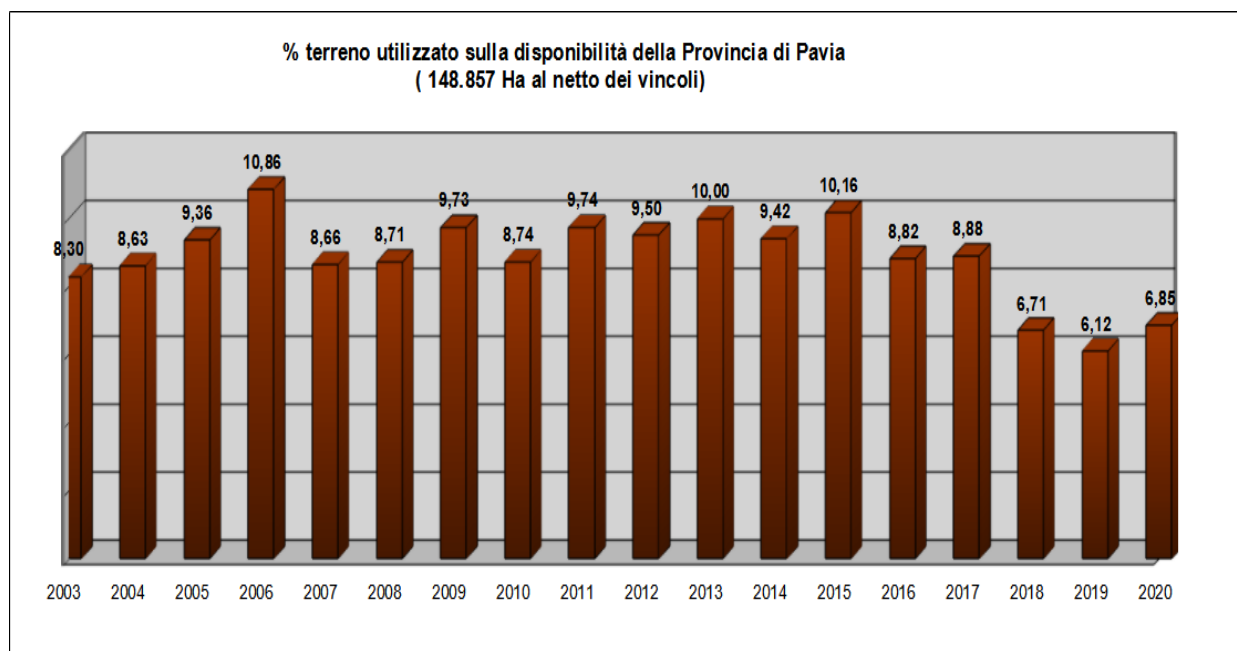
Il progetto condiviso tra i Produttori R10 e l'Amministrazione Provinciale

L'intera attività riportata nel presente lavoro è stata svolta in attuazione del **DECRETO PRESIDENZIALE N° 45 del 16/02/2018**, il quale ha per oggetto "Approvazione convenzione con le ditte che recuperano fanghi in agricoltura sul territorio provinciale ai fini di una campagna di controllo straordinaria a cura della provincia di Pavia".

Nel Decreto si prende atto in particolare che:

1. è in atto un continuo aumento della produzione di fanghi/rifiuti derivanti dai processi di depurazione delle acque reflue urbane ed industriali che ha portato alla necessità, a livello comunitario, nazionale e locale, di definire principi ed obiettivi per la protezione dell'ambiente ed in particolare del suolo, nell'utilizzo di tali rifiuti;
2. i fanghi derivanti dalla depurazione biologica possono essere infatti recuperati come materiale a beneficio dei terreni agricoli con funzione simile agli ammendanti e/o correttivi in sostituzione di prodotti chimici e/o fertilizzanti organici;
3. la Provincia di Pavia rappresenta, nel contesto lombardo, il territorio dove tale attività di recupero si svolge in maggior misura (nel 2017, anno cui si riferisce il Progetto, è stato utilizzato per il recupero agronomico un quantitativo di fango trattato TQ di circa 360.000 t, su una superficie di circa 13.000 ha, pari al 9% circa della superficie agricola del territorio utilizzabile per tale attività di fertilizzazione al netto dei vincoli legislativi di divieto);

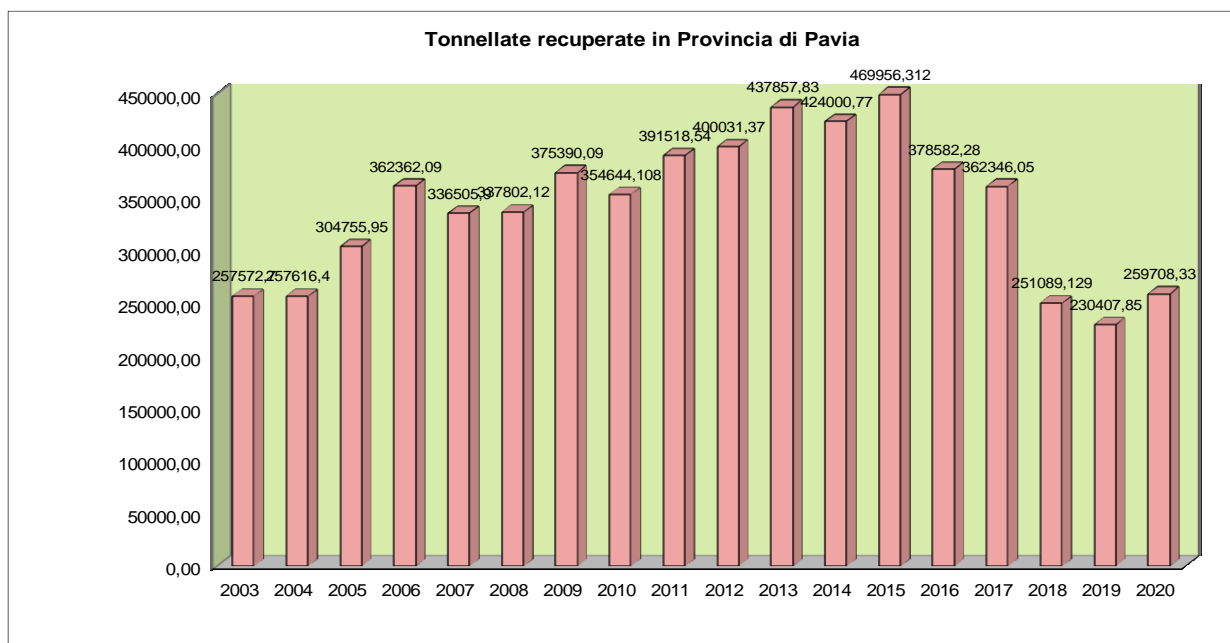
Si riportano i grafici della quantità TQ (in tonnellate) nonché della % di superficie utilizzata aggiornate al 2020:



4. il recupero agronomico dei fanghi ha comportato una graduale recrudescenza delle problematiche legate alla fase specifica dello spargimento sul suolo inerente soprattutto al diffondersi di emissioni odorogene moleste, con conseguente disagio della popolazione interessata, il che ha innescato una conseguente forte preoccupazione riguardante la sicurezza ambientale ed igienica di tale attività ed ha portato ad un intenso dibattito a livello mediatico locale nonché la costituzione di diversi comitati locali che si oppongono a tale tipo di recupero.

Sulla base dei precedenti presupposti, si è ritenuto che la situazione di crescente preoccupazione della cittadinanza a fronte di tale attività di recupero, nonché il superamento da parte della Provincia di Pavia di oggettive difficoltà di ordine organizzativo, amministrativo e burocratico, abbia reso opportuna l'attivazione della convenzione prevista dalla DCP n.42 del 11/6/2012, fra la Provincia e le Ditte Utilizzatrici dei fanghi in campo agronomico, al fine di potenziare l'attività di controllo sul territorio di tale attività di recupero.

L'attivazione della DCP 42 del 11/6/2012, avente ad oggetto *“Linee guida provinciali di regolamentazione dell'attività di spandimento fanghi in agricoltura al fine di minimizzare gli effetti molesti, soprattutto odorigeni, sul territorio”* ha offerto l'innovativa possibilità di finanziare la presente ricerca. Infatti in essa era previsto, fra l'altro, una *“compartecipazione alle azioni di controllo da parte delle Ditte che svolgono l'attività di spandimento fanghi”* consistente in un accordo in cui esse si impegnavano a versare alla Provincia di Pavia un contributo di € 0,15 per ogni tonnellata di prodotto distribuito nell'anno precedente, destinato ad un apposito fondo finalizzato ad un'attività di studio e ricerca attraverso una campagna straordinaria di controlli aggiuntiva rispetto alle attività istituzionalmente svolte dall'Amministrazione provinciale di Pavia e da altri Enti di controllo.



Il **Decreto Presidenziale** ha individuato le modalità di attuazione del presente Progetto, prevedendo che:

- fosse istituita una Commissione di indirizzo e controllo sullo svolgimento delle attività costituita dal Dirigente del Settore, da uno o più funzionari della U.O. Rifiuti e da uno o più rappresentanti scelti fra le Ditte aderenti alla Convenzione;
- fosse creato un apposito fondo presso la Provincia di Pavia tramite contributi versati dalle Ditte utilizzatrici di fanghi/rifiuti in agricoltura sul territorio provinciale nel quantitativo di 0,15 €/t di fango trattato nei relativi impianti e recuperata in agricoltura (R10) nell'anno 2017; tale fondo, ammontante ad € 54.351,91 sarebbe stato introitato nel bilancio dell'Ente
- con successivi atti, da definire nel corso di svolgimento del progetto, tale cifra dovesse essere utilizzata:
 1. per almeno i 3/4 ad indagini analitiche, previste dalla normativa vigente e svolte in campo sui fanghi e i terreni utilizzati, da svolgersi da enti pubblici analitici di controllo, in primo luogo ARPA o, in alternativa, da laboratori di analisi universitari, scelti ed incaricati, secondo le previste modalità normative ed amministrative, esclusivamente dalla Provincia di Pavia.
 2. Il resto della somma da destinarsi preferibilmente a:
 - a) aggiornamento della cartografia informatizzata della "Mappatura dei terreni sul territorio provinciale ai fini dell'impiego dei rifiuti nella pratica agronomica" attualmente aggiornata ai dati del 2009;
 - b) analisi presso gli impianti di trattamento dei materiali prodotti, sempre a partire dai fanghi, come "non rifiuti-EoW" (gessi di defecazione, compost, ammendante compostato misto...) la verifica delle cui caratteristiche analitiche rientra ancora nella competenza della Provincia essendo le medesime inserite come prescrizioni negli atti autorizzativi A.I.A., o ex art. 208 del D.lgs. 152/06 e s.m.i.;
 - c) analisi, limitata ai metalli pesanti contenuti nella normativa, dei prodotti agricoli (granella) della coltivazione svolta anche tramite fertilizzazione con i fanghi.

Al Decreto Presidenziale sono seguite le Scritture Private con ciascuna ditta, richiamando le premesse e le considerazioni contenute nel Decreto, definendo per ciascuna ditta l'importo di partecipazione/contribuzione al progetto, in relazione al quantitativo di fango trattato (€ 0,15/t) e indicando il programma di lavoro ed i vincoli del Progetto, come di seguito riportato.

Tale fondo è stato utilizzato a cura della Provincia di Pavia e l'impiego di tali risorse è stato sottoposto alla supervisione di una Commissione di indirizzo e controllo appositamente costituita da soggetti che hanno svolto il proprio compito a titolo gratuito. La ricerca è dunque stata finalizzata ad azioni volte, anche attraverso il potenziamento del controllo sull'attività di gestione rifiuti, ad incrementare il numero delle analisi e a migliorare l'organizzazione delle verifiche in campo, rappresentando in tal modo, per le Ditte stesse, un potenziamento della loro attività di autocontrollo, e di verifica dello stesso. La ricerca ha avuto anche lo scopo di studiare ed indagare la composizione dei prodotti distribuiti sui terreni, nonché lo studio della matrice terreno, tutto ciò allo scopo di produrre una documentazione da inviarsi ai Comuni interessati e da presentare/pubblicizzare allo scopo di fornire informazione/documentazione all'opinione pubblica sensibile all'argomento.

Il progetto ha previsto le seguenti fasi da svolgersi in successione:

- 1) costituzione del fondo tramite versamento della propria quota da parte delle ditte e tramite apertura di un'apposita voce di bilancio in entrata per il Settore Tutela Ambientale, Promozione del Territorio e Sostenibilità;

NEL CORSO DEL 2018 SONO STATE FORMALIZZATE SINGOLE SCRITTURE PRIVATE FRA LA PROVINCIA DI PAVIA E LE SEGUENTI DITTE :

- [Acqua E Sole s.r.l.](#) con impianto autorizzato ad R10 sito in [Vellezzo Bellini](#)
- [Alan s.r.l.](#) con impianti autorizzati ad R10 siti in [Bascapè](#) e [Sommo](#)
- [A2A Ambiente s.r.l.](#) con impianto autorizzato R10 sito in [Corteolona](#)
- [Agrorisorse s.r.l.](#) (ex [Eco Trass s.r.l.](#)) con impianto autorizzato R10 sito in [Mortara](#)
- [Az. Agricola Allevi s.r.l.](#) con impianto autorizzato R10 sito in [Ferreira Erbognone](#)
- [Egidio Galbani S.P.A.](#) con impianti autorizzati R10 siti in [Giussago](#) e [Corteolona](#)
- [Eli Alpi Service s.r.l.](#) con impianto autorizzato R10 sito in [S. Giorgio Lomellina](#)
- [Evergreen Italia s.r.l.](#) con impianto autorizzato R10 sito in [Tromello](#)
- [VAR s.r.l.](#) con impianto autorizzato R10 sito in [Belgioioso](#)



9 Ditte – 11 impianti

- 2) costituzione della Commissione di indirizzo e controllo con indicazione dei suoi precisi compiti, nonché della periodicità di riunione;

COMMISSIONE DI INDIRIZZO E CONTROLLO PER LO SVOLGIMENTO DELLE ATTIVITÀ OGGETTO DELLE CONVENZIONI FRA LA PROVINCIA DI PAVIA E LE DITTE CHE RECUPERANO FANGHI/RIFIUTI IN AGRICOLTURA AI FINI DI UNA CAMPAGNA DI CONTROLLO STRAORDINARIA SULL'ATTIVITÀ

COMPONENTI

per la Provincia di Pavia

- [Anna Betto](#) – Dirigente del Settore Tutela Ambientale, Promozione del Territorio e Sostenibilità
- [Iaria Vecchio](#) – Responsabile della Unità Operativa Rifiuti
- [Paolo Formenton](#) – funzionario della U.O. Rifiuti

in rappresentanza delle Ditte convenzionate :

- [Angelo Berri](#) - esperto ambientale- libero professionista
- [Claudio Baffi](#) -Ricercatore [DiSTAS](#) (Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari per una filiera agroalimentare Sostenibile) – Facoltà di Scienze agrarie, alimentari ed ambientali- Università Cattolica del Sacro Cuore
- [Marco Negri](#) - dirigente responsabile impianto trattamento fanghi [A2A Ambiente S.p.A.](#)

FUNZIONI

- organizzare il lavoro del laboratorio e delle ditte prescelte (campionamento, analisi, raccolta dati e cartografia) in termini di contenuti, logistici e temporali
- valutare dal punto di vista della validità scientifica nonché della efficacia tecnica i risultati ottenuti

- 3) scelta e incarico da parte della Provincia di Pavia, secondo i criteri e le modalità normative, di un laboratorio di alto profilo destinato a svolgere i campionamenti e le analisi di fanghi e terreni utilizzati sul territorio;
- 4) scelta da parte della Commissione di indirizzo e controllo di avviare altre eventuali iniziative a cui destinare il restante importo rappresentato al massimo dall' ¼ dell'intera cifra del fondo;

PROCEDURA NEGOZIATA

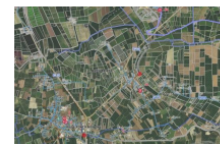
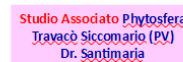
Affidamento delle attività di campionamento ed analisi al Dipartimento di Chimica dell'Università di Torino (Prof. Claudio Minero) .

L'Università ha fatto svolgere i campionamenti e le analisi al Laboratorio N.S.A. Nuovi Servizi Ambientali di Robassomero (To) (Dott. Pavan)

PROCEDURA NEGOZIATA

Affidamento delle attività di revisione della mappatura comprensivo di aggiornamento della cartografia dei vincoli territoriali per l'attività R10 allo Studio Associato Phytosfera (Dott. Giovanni Santamaría)

*SVOLGIMENTO DEL PROGETTO : 2019-2020
Conclusione formale degli incarichi : dicembre 2020*



- 5) elaborazione statistica ed eventualmente cartografica dei dati emersi attraverso le analisi chimiche;
- 6) diffusione ai soggetti interessati (Comuni, Associazioni e privati cittadini) dei risultati conseguiti dalla ricerca ed elaborazione di eventuali nuove proposte di indagine o indicazioni per proposte mirate all'aggiornamento della normativa statale e regionale.

Attività svolte

La Commissione tecnica ha incentrato la propria attività esclusivamente sui Fanghi R10 e sui terreni oggetto dello spandimento, questo allo scopo prioritario di produrre dati che potessero essere confrontati con l'autocontrollo effettuato dalle Ditte. A questo scopo sono stati richiesti al Laboratorio incaricato l'intera serie dei parametri richiesti dalla normativa, compresi i microinquinanti organici (IPA, PCB e Diossine), integrando la richiesta anche con parametri che presumibilmente potrebbero essere oggetto di interesse in una futura revisione normativa. Contemporaneamente allo svolgimento delle analisi l'U.O. Rifiuti dell'Amm.ne Provinciale ha reso disponibile la documentazione analitica prodotta dalle Ditte, regolarmente inviata trimestralmente all'Ente. Nello specifico sono state acquisite le analisi dei fanghi effettuate a cavallo del campionamento previsto dal progetto, trimestre precedente e trimestre successivo, e le analisi dei terreni in corso di validità (analisi biennali). Oltre a ciò, le risorse economiche residue (1/4 dell'importo complessivo) è stato destinato alla revisione della mappatura dei vincoli esistenti per l'uso agricolo dei fanghi R10 in quanto l'ultimo aggiornamento della medesima era fermo all'anno 2009.

Richiamo del quadro normativo

- **Direttiva 91/676/CEE** (direttiva nitrati)
- **DLgs 27 gennaio 1992 n. 99** di attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura
- **Decreto 19 aprile 1999** "Approvazione del **codice di buona pratica agricola**"
- **DLgs 3 aprile 2006, n. 152** (T.U. Norme in materia ambientale) e smi
- **DGR 1 luglio 2014, n. X/2031** recante "Disposizioni regionali per il trattamento e l'utilizzo, a beneficio dell'agricoltura, dei fanghi da depurazione delle acque reflue di impianti civili ed industriali in attuazione dell'art. 8, comma 8, della legge regionale 12 luglio 2007, n. 12. Conseguente integrazione del punto 7.4.2, comma 6, n. 2) della d.g.r. 18 aprile 2012, n. IX 3298, riguardante le linee guida regionali per l'autorizzazione degli impianti per la produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili"
- **Decreto RL 25 febbraio 2016** recante criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento e delle acque reflue, nonché per la produzione e l'utilizzazione agronomica del digestato
- **DGR 6 giugno 2016, n. X/5269** recante "Prescrizioni integrative tipo per le autorizzazioni all'utilizzo, a beneficio dell'agricoltura, dei fanghi di depurazione delle acque reflue di impianti civili ed industriali"
- **DGR 11 settembre 2017, n. X/7076** recante "Disposizioni integrative, in materia di parametri e valori limite da considerare per i *fanghi idonei* all'utilizzo in agricoltura, alla DGR 2031/2014 recante disposizioni regionali per il trattamento e l'utilizzo, a beneficio dell'agricoltura, dei fanghi di depurazione delle acque reflue di impianti civili ed industriali in attuazione dell'art. 8, comma 8, della legge regionale 12 luglio 2007, n. 12
- **LEGGE 16 novembre 2018, n. 130** Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 settembre 2018, n. 109 (DL Genova)
- **DECRETO 1° marzo 2019, n. 46** . Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d'emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ai sensi dell'articolo 241 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
- **Dduo n. 6665 del 14 maggio 2019** recante "Ricognizione dei limiti di concentrazione caratterizzanti i fanghi di depurazione idonei per l'utilizzo in agricoltura, a seguito delle nuove disposizioni normative nazionali di cui alla legge 16 novembre 2018, n. 130 "conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 settembre 2018, n. 109, recante disposizioni urgenti per la città di Genova, la sicurezza della rete nazionale delle infrastrutture e dei trasporti, gli eventi sismici del 2016 e 2017, il lavoro e le altre emergenze"
- **DGR 2 marzo 2020, n. XI/2893** "Programma d'azione regionale 2020-2023 per la protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole"
- **DGR 30 marzo 2020, n. XI/3001**, ha approvato le "Linee guida regionali per la protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole nelle zone non vulnerabili ai sensi della Direttiva nitrati 91/676/CEE"

- **D.G.R. Lombardia n. 1777 del 17 giugno 2019:** "Revisione della D.G.R. 1 luglio 2014, n. X/2031 relativamente ai fanghi ammissibili all'utilizzo in agricoltura- (di concerto con l'Assessore Rolfi)

Scopi del Progetto e programma di lavoro

Gli scopi del progetto sono riassumibili nei seguenti punti:

- Verificare la conformità normativa dell'attività di recupero fanghi R10 attraverso la determinazione dei parametri acquisiti,
- Confrontare le analisi svolte dai Laboratori delle Ditte (Lab.R10) con le analisi effettuate dal Laboratorio affidatario dell'incarico (UNITO) per una verifica relativa all'autocontrollo.
- Evidenziare i punti di forza ed eventualmente di debolezza nel presente sistema cogente e formulare eventuali proposte migliorative.
- Offrire un input tecnico-analitico per eventuali parametri "critici" che potrebbero emergere nel corso del progetto e formulare proposte utili per il miglioramento del dato analitico.
- Fornire dati aggiornati e documentati relativi al recupero agricolo dei fanghi biologici e dissipare l'indeterminatezza che spesso circonda l'argomento con conseguente sfiducia circa i controlli ed autocontrolli tra gli amministratori locali e tra l'opinione pubblica.
- Redigere una nuova mappa dei vincoli territoriali all'utilizzo dei fanghi in agricoltura, la quale possa essere di utilità sia per i controllori sia per gli utilizzatori dei fanghi R10.

Risultati conseguiti nelle determinazioni relative ai Fanghi R10

Gli **11 impianti** R10 partecipanti al Progetto provvedono regolarmente, attraverso i Laboratori da loro incaricati, ad effettuare le analisi previste dalla normativa sulle seguenti matrici:

- fanghi trattati e pronti a R10 in uscita dagli impianti (cadenza trimestrale);
- terreni autorizzati all'utilizzo tramite nullaosta (cadenza biennale);
- fanghi/rifiuti in ingresso da trattare (frequenza variabile in relazione alle quantità ritirate).

Le analisi relative a quest'ultimo autocontrollo non sono state considerate nel Progetto.

Il Dipartimento di Chimica dell'Università di Torino (di seguito detta **UNITO**), affidatario dell'incarico assegnato dalla Provincia attraverso la selezione effettuata dalla Commissione , mediante collaborazione (associazione temporanea di impresa) del laboratorio **N.S.A.-Nuovi Servizi Ambientali SRL** di Robassomero (TO), ha eseguito i campionamenti e le analisi chimiche sia sui fanghi sia sui terreni utilizzati, in periodi diversi rispetto a quelli in cui li hanno effettuati le ditte, ma, sempre uniformandosi alla Delibera N° X/2031, facendo in modo che i lotti di fango trattato e pronto ed i terreni fossero sicuramente i medesimi delle analisi agli atti provinciali ed utilizzando gli stessi metodi analitici. In alcuni casi UNITO ha adottato, segnalandoli e facendoli autorizzare, metodiche più aggiornate, riconosciute dalla letteratura scientifica più recente (in alcuni casi in uso anche da parte dei Lab. R10) ed i cui risultati si sono dimostrati affidabili.

La Provincia ha messo a disposizione n. 11 Rapporti di prova relativi ai fanghi presenti agli atti "completi di analisi chimica, microbiologica e test di fitotossicità". In alcuni casi i parametri sono stati verificati/confrontati anche con ulteriori Rapporti di prova del trimestre successivo al campionamento di UNITO, anch'essi derivati dalla documentazione consegnata alla Provincia in occasione della Notifica antecedente alle attività R10.

UNITO si è fatto carico di campionare, in collaborazione con funzionari provinciali di riferimento, i campioni di fango destinato all'utilizzo agricolo presso i rispettivi 11 impianti aderenti al progetto. Il campionamento è consistito in un prelievo di 3 aliquote di fango, di cui uno lasciato all'impianto, uno sottoposto ad analisi ed il terzo tenuto come controcampione per eventuali ulteriori verifiche. UNITO ha effettuato le analisi per tutti i parametri.

Certificati di analisi prodotti e considerati nell'ambito del Progetto

Impianto	campione del	laboratorio	Rapporti di prova n
A	02/09/19	ENVIROLAB	1905042-001
	21/10/19	UNITO	NSA3617-003
B	02/09/19	ENVIROLAB	1905041-001+002
	28/10/19	UNITO	NSA3617-007
C	13/09/19	CPG	19LA21196
	28/10/19	UNITO	NSA3617-005
D	26/08/19	ENVIROLAB	1904882-001
	28/10/19	UNITO	NSA3617-006
E	20/01/20	ARCADIA	20LA00877
	28/01/20	UNITO	NSA3617-011
F	16/08/19	ARCADIA	19LA06247
	04/11/19	UNITO	NSA3617-008
G	01/08/19	ARCADIA	19LA06045
	04/11/19	UNITO	NSA3617-009
H	26/03/19	AESS	19LA01026
	04/11/19	UNITO	19EF3617-010
I	29/08/19	Labanalisisys	EV19-0166650-120593
	21/10/19	UNITO	19EF3617-001
L	30/08/19	Labanalisisys	EV19-016715-121118
	28/10/19	UNITO	19EF3617-004
M	01/08/19	ENVIROLAB	1904682-001
	21/10/19	UNITO	19EF3617-002

La tabella seguente riporta l'elenco dei parametri analizzati sui fanghi, le metodiche indicate, i valori limite per i *fanghi idonei* e per i fanghi definiti di *alta qualità*.

PARAMETRI FANGHI	u.d.m.	Metodi Lab UNITO	Metodi Lab R10	Metodi suggeriti Decr. N. 6665 del 14/05/2019 Reg. Lombardia	Limiti per fanghi idonei	Limiti per fanghi di alta qualità (HQ)
pH		CNR IRSA 1 Q64 Vol3 1985	UNI EN 15933; CNR IRSA 1 Q 64 Vol 3	EPA 9045D; UNI EN 15933	5,5 < pH < 11	
Sostanza secca (residuo secco a 105°C)	% t.q.	CNR IRSA 1 Q64 Vol2 1984	CNR IRSA 2 Q 64 vol 2 1984	DM 13 settembre 1999 - Met. II 2.; IRSA CNR Q 64 Vol 2 1984; UNI EN 15934 met A		
Residuo secco a 600°C	% t.q.	Regione Piemonte- metodi di analisi dei compost 1998 Met. C 4	CNR IRSA 2 Q 64 vol 2 1984	IRSA-CNR (Quaderno 64)		
SSV/SSST		MPI 095 rev 0 2018 - Calcolo	P- AM- 817 Rev.0- calcolo	calcolo	< 65	< 60
Metalli pesanti						
CADMIO	mg/kg ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3 1985	UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EPA 200.7 ; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885	EPA 3052 + EPA 200.7; UNI EN 16174 + UNI EN 16170/17294-2	≤ 20	≤ 5
CROMO TOTALE	mg/kg ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3 1985	UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EPA 200.7 ; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885	EPA 3052 + EPA 200.7; UNI EN 16174 + UNI EN 16170/17294-2	< 200	≤ 250
CROMO VI	mg/kg ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3 1985	UNI EN 16174+ UNI EN 16170; CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3; EPA 3060A + EPA 7196A	UNI 10780*; EPA 3060 + EPA 7196*; Notiziario IRSA 2005 - n.2 (ISSN:1125-2464)	< 2	
MERCURIO	mg/kg ss	EPA 7473	UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EPA 200.7 ; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885;	EPA 7473 ; UNI EN 16174 + UNI EN 16175-1; UNI EN 16174 + 17294-2; UNI EN 16174 + UNI EN 16170	≤ 10	≤ 5
NICHEL	mg/kg ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3 1985	UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EPA 200.7 ; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885	EPA 3052 + EPA 200.7; UNI EN 16174 + UNI EN 16170/17294-2	≤ 300	≤ 50
PIOMBO	mg/kg ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3 1985	UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EPA 200.7 ; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885	EPA 3052 + EPA 200.7; UNI EN 16174 + UNI EN 16170/17294-2	≤ 750	≤ 250
RAME	mg/kg ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3 1985	UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EPA 200.7 ; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885	EPA 3052 + EPA 200.7; UNI EN 16174 + UNI EN 16170/17294-2	≤ 1000	≤ 400
ZINCO	mg/kg ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3 1985	UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EPA 200.7 ; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885	EPA 3052 + EPA 200.7; UNI EN 16174 + UNI EN 16170/17294-2	≤ 2500	≤ 600
ARSENICO	mg/kg ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3 1985	UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EPA 200.7 ; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885	EPA 3052 + EPA 200.9; ISO 12914 + ISO 20280; UNI EN 16174-2; UNI EN 16174 + UNI EN 16170	< 20	≤ 10
SELENIO	mg/kg ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3 1985	UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EPA 200.7 ; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885	UNI EN 16174 + EPA 200.9; EPA 3052 + EPA 200.9; UNI EN 16174 + 17294-2; UNI EN 16174 + UNI EN 16170	≤ 10	
BERILLIO	mg/kg ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3 1985	UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EPA 200.7 ; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885	UNI EN 16174 + UNI EN 16170/17294; EPA 3052 + EPA 200.7	≤ 2	
Parametri agronomici						
CARBONIO ORGANICO	% ss	UNI EN 15936	D.M. 21/12/2000; Metodi Ufficiali di analisi per i fertilizzanti* DM 21/12/2001, G.U. n. 21 del 26/01/2001	UNI EN 15936; IRSA CNR Q 64 vol 3. Metodo 5/1988	> 20	
AZOTO TOTALE	% ss	UNI EN 13654-2	DIVAPRA IPLA ARPA C 7.3 Coll. Ambiente 6; UNI 10780 ;	UNI EN 13654-2; UNI 10780; UNI EN 16168	> 1,5	
FOSFORO TOTALE	% ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3	UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EPA 200.7; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885	EPA 3052 + EPA 200.7; UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EN 16174 + 17294-2	> 0,4	
POTASSIO TOTALE	% ss	CNR IRSA 10 Q64 Vol 3	CNR IRSA 10 Q 64 Vol 3 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 ; EPA 200.7; UNI EN 13657 + UNI EN ISO 11885	EPA 3052 + EPA 200.7; UNI EN 16174 + UNI EN 16170; EN 16174 + 17294-2		
GRADO DI UMIDIFICAZIONE	DH %	D.M. 21/12/2000 GU n. 21 26/01/2001 Suppl. 6 - Calcolo	DM 13/9/1999 SO n. 185 GU n. 248 21/10/1999 Met VIII.1; Metodi Uff. di analisi per i fertilizzanti Suppl I GU n° 29 del 04/02/1991;	Decreto del Ministero dell' agricoltura e delle foreste del 23 gennaio 1991; Manuale ANPA- Manuali e Linee Guida 3/2001		
Inquinanti organici						
IPA	mg/kg ss	EPA 3550C + EPA 8270E	UNI EN 15527; EPA 3550C+EPA 3630C + EPA 8270E; EPA 3550C + EPA 8270E	ISO 18287; ISO 13859; EPA 3550C + EPA 8270D; UNI EN 15527	Σ < 6	
PCB**	mg/kg ss	EPA 3550C + EPA 8270E	UNI EN 16167; EPA 1668C	EPA 1668 C; UNI EN 16167***	< 0,8	
PCDD/F + PCB Dioxine like	ng WHO-TEQ/kg ss	EPA 3550C + EPA 8270E	EPA 1668C ;	EPA 1613B + EPA 1668 C; UNI 11199 + UNI EN 16167***	≤ 25	
TOLUENE	mg/kg ss	EPA 3550C + EPA 8270E	EPA 5021A + EPA 8015C; EPA 3580A + EPA 8260D	EPA 5021 A + EPA 8015D; EPA 5021 A + EPA 8260D; UNI EN ISO 22155	≤ 100	
AOX	mg/kg ss	EPA 3550C + EPA 8270E	EPA 3550C + EPA 8270E; EPA 3580A + EPA 8260D	EPA 354A + EPA 8270D; EPA 3550C + EPA 8270D/E; UNI EN ISO 22155; EPA 5021A + EPA 8260D; EPA serie 3500 + EPA 8270D;	Σ < 500	
DEHP	mg/kg ss	EPA 3550C + EPA 8270E	EPA 3550C + EPA 8270E	EPA 3550C + EPA 8270D	< 100	
NONILFENOLI	mg/kg ss	EPA 3550C + EPA 8270E	UNI CEN/TS 16182;	EPA 3550C 2007 + EPA 8270D (nonilfenolo)/EPA 8321 (Nonilfenoli etossilati); NOTIZIARIO IRSA 2004_05 (ISSN: 1125-2464), ISO/TS 13907: 2012; ASTM D7485-2016	Σ < 50	
IDROCARBURI (C10 - C40)	mg/kg ss	EPA 3550C + EPA 8270E	UNI EN 14039;	UNI EN 14039; UNI EN ISO 16703	< 10000	
	mg/kg t.q.	EPA 3550C + EPA 8270E	UNI EN 14039;	UNI EN 14039; UNI EN ISO 16703	≤ 1000	
Parametri microbiologici						
Salmonelle	MPN/g ss	Rapporti ISTISAN 2014/18 Pag 69 Met ISS F 002B rev.00 - MPN	Rapporto ISTISAN 14/18 + APAT CNR IRSA 7080 Man 29 ; CNR IRSA Q 64 Vol 1; IRSA CNR Notiziario dei metodi analitici n. 1 (2009) metodo 2	IRSA-CNR (Quaderno 64)	< 100	
Coliformi fecali	MPN/g ss	Regione Piemonte - Metodi di analisi dei compost 1998 - Met. M11 - MPN	CNR IRSA 3 Q 64 Vol 1 ; ISSN 1123-3117 Rapporti ISTISAN 02/8	IRSA-CNR (Quaderno 64)	< 10000	
Parametri biologici						
Test di fitossicità		Allegato B- Bollettino Ufficiale Regione Lombardia - 1° Suppl. Straordinario al n. 20 - 13 Maggio 2003	Allegato B- D.g.r. 16 aprile 2003- n.7/12764; UNI 10780; UNI EN 14899 + UNI 10802	Testi di accrescimento o di germinazione. Per l'accrescimento si applica la metodologia di cui all' All B del d.g.r. 16/04/2003 n. 7/12764. Indice di germinazione (diluizione al 30%) deve essere > 60%	L'indice di germinazione (dii 30%) > 60%	

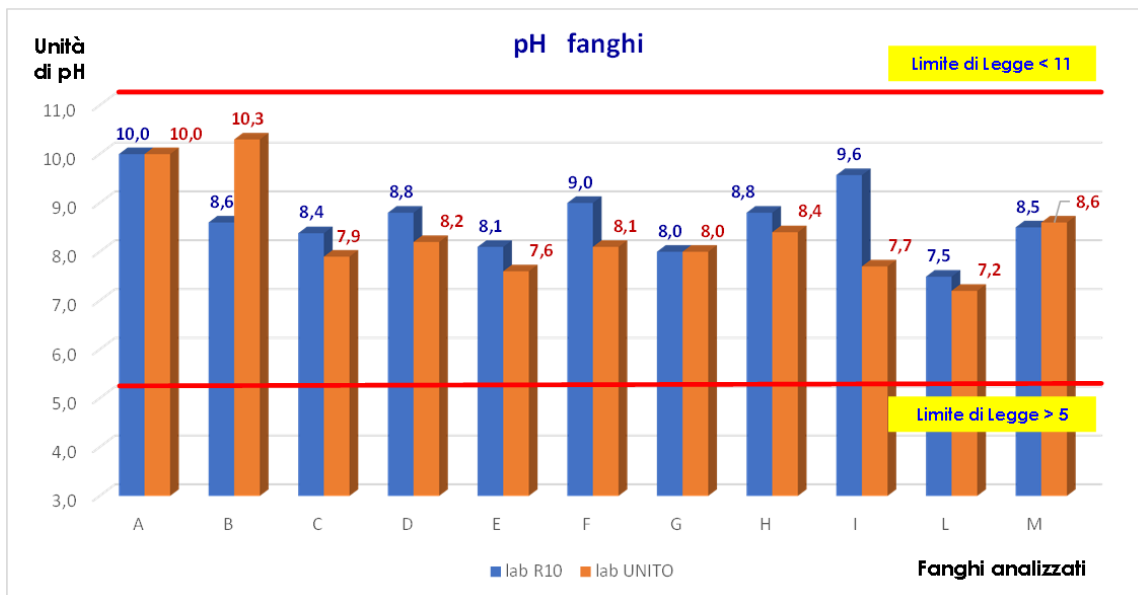
* E' suggerita concentrazione di difenilcarbazide pari al 2%, da verificare mediante prove di recupero in matrice

** Il parametro PCB totale è da ritenersi come sommatoria dei seguenti co generi: 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189; 28, 52, 95, 99, 101, 110, 120, 138, 146, 149, 151,153, 170, 177, 180, 183, 187 (in grassetto i PCB dioxin like).

*** consentito l'uso del solo triplo quadrupolo; da escludere l'uso di detector ECD

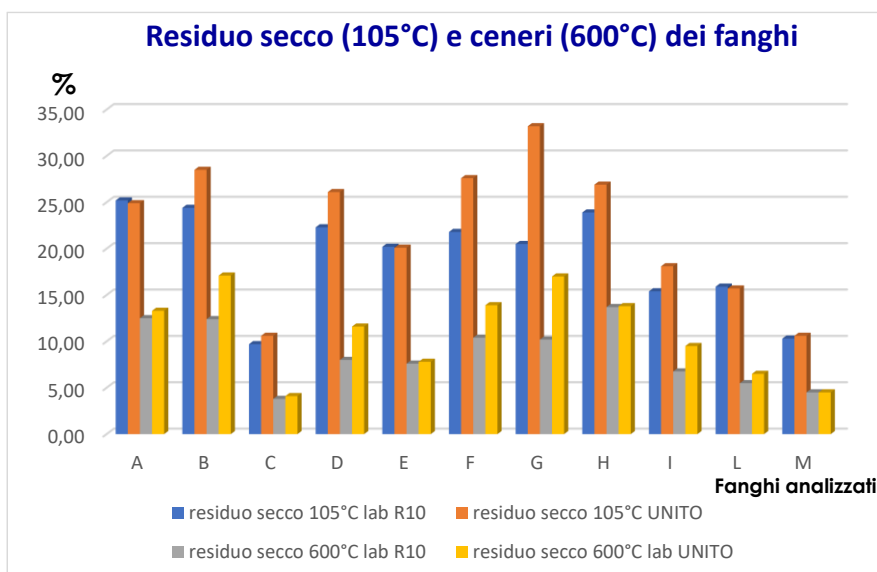
Determinazione del valore di pH

Tutti i valori delle misure del pH dei Lab.R10 e di UNITO sono inferiori a 11 e maggiori di 5 (come previsto dalla normativa). I valori riscontrati sono molto variabili tra i diversi campioni in relazione al trattamento cui il fango è stato sottoposto. I valori di UNITO sono mediamente più bassi rispetto a quelli delle ditte.



Determinazione del residuo secco a 105°C e a 600°C

I valori di residuo secco e ceneri sono in sostanziale accordo tra i Lab.R10 e UNITO, il residuo secco varia a seconda del trattamento a cui il fango è stato sottoposto e in relazione alle modalità previste per il suo spandimento. I valori variano da circa un 10% (fanghi C e M): fanghi fluidi, iniettabili nel terreno, fino ad un massimo del 25% (fango A): fanghi solidi distribuibili con spandiletame. Per entrambi questi parametri non sono previsti limiti normativi. Il residuo secco, seppur non normato, è rilevante per ricondurre tutti i valori degli inquinanti alla concentrazione presente nella sostanza secca. Lo scostamento medio % per il parametro è 11,1% in più per UNITO che rileva mediamente quantitativi di secco maggiori rispetto ai laboratori delle ditte. Per le ceneri il medesimo scostamento medio percentuale è risultato pari a + 16,8%.

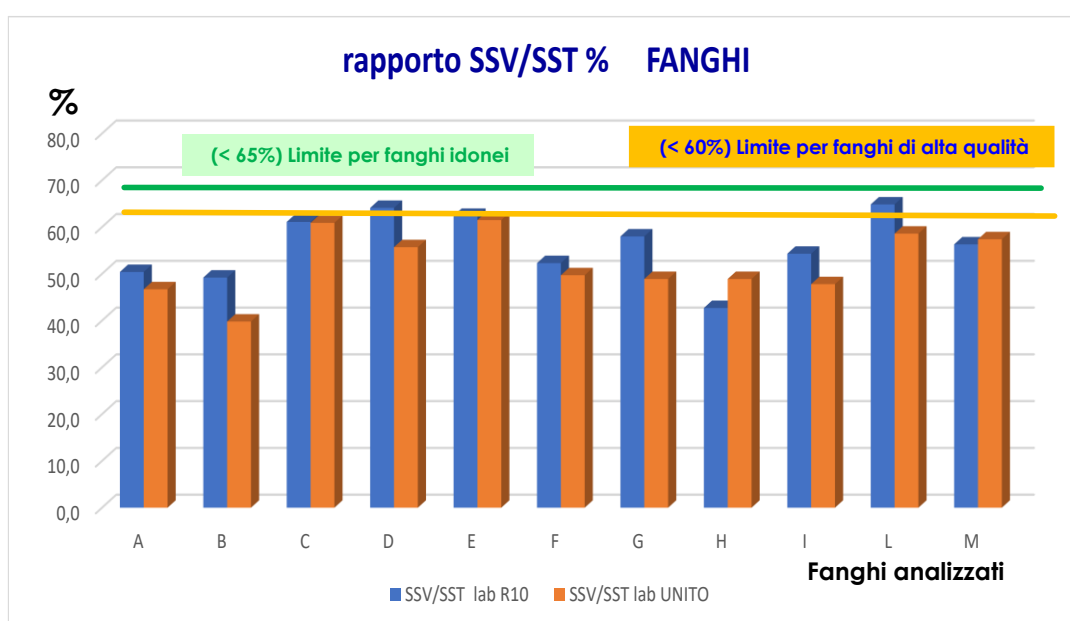


Determinazione del rapporto Sostanza solida volatile/ Sostanza solida totale

Questo indicatore di “stabilità”, normato allo scopo di contenere le possibili molestie “olfattive”, è stato introdotto dalla Regione Lombardia con la DGR N° X/2031. I limiti sono dati dal valore percentuale del rapporto SSV/SST %.

- < 65% per i *fanghi idonei*
- < 60% per i fanghi di *alta qualità*.

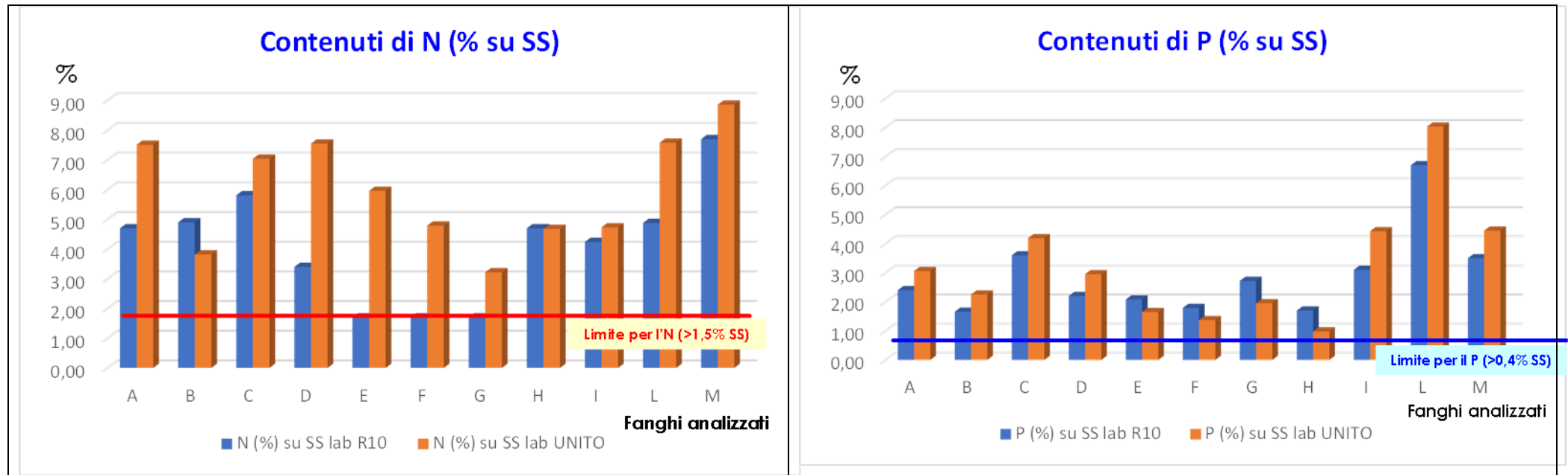
Tutti i fanghi risultano idonei per questo parametro per le misurazioni di tutti i Laboratori. Per UNITO tutti i valori determinati risultano inferiori al 60% rientrando in tal modo nella classificazione dei fanghi di *alta qualità*, per i Lab.R10 solo 8 fanghi rientrano in questa classificazione (72%) mentre 3 fanghi sono, seppur di poco, superiori al valore del 60%. Si osserva uno scostamento del -7,4 %, cioè i valori di UNITO sono mediamente più bassi rispetto alle ditte.



Determinazione dei nutrienti (Azoto e Fosforo)

Osservando le concentrazioni dei principali macronutrienti (**N**, **P**) si riscontra una sostanziale convergenza di valori tra UNITO e i Lab.R10. UNITO in media misura valori leggermente superiori a quanto rilevato complessivamente dai Lab.R10 per i due parametri in argomento.

I limiti di legge indicati per N e P sono ampiamente rispettati da tutti gli 11 impianti come confermato dai valori riscontrati sia in autocontrollo, sia da parte di UNITO. Questi valori di Azoto e Fosforo confermano il significativo contributo che i fanghi apportano al terreno agricolo. In particolare, per l'Azoto, principale elemento fertilizzante e sottoposto ai vincoli determinati dalla «Direttiva Nitrati»; la concentrazione nel fango andrebbe determinata con un alto grado di precisione analitica, allo scopo potrebbe essere utile un campione certificato o un test interlaboratoriale per questo parametro.



Sono stati misurati anche i tenori di potassio nei fanghi. I dati non vengono riportati in figura in quanto non è previsto per questo parametro un limite normativo. Del resto il Potassio è presente nei fanghi in concentrazioni molto basse, questo è dovuto alla grande solubilità dei suoi sali, per cui defluisce principalmente con le acque reflue e non si accumula nei fanghi.

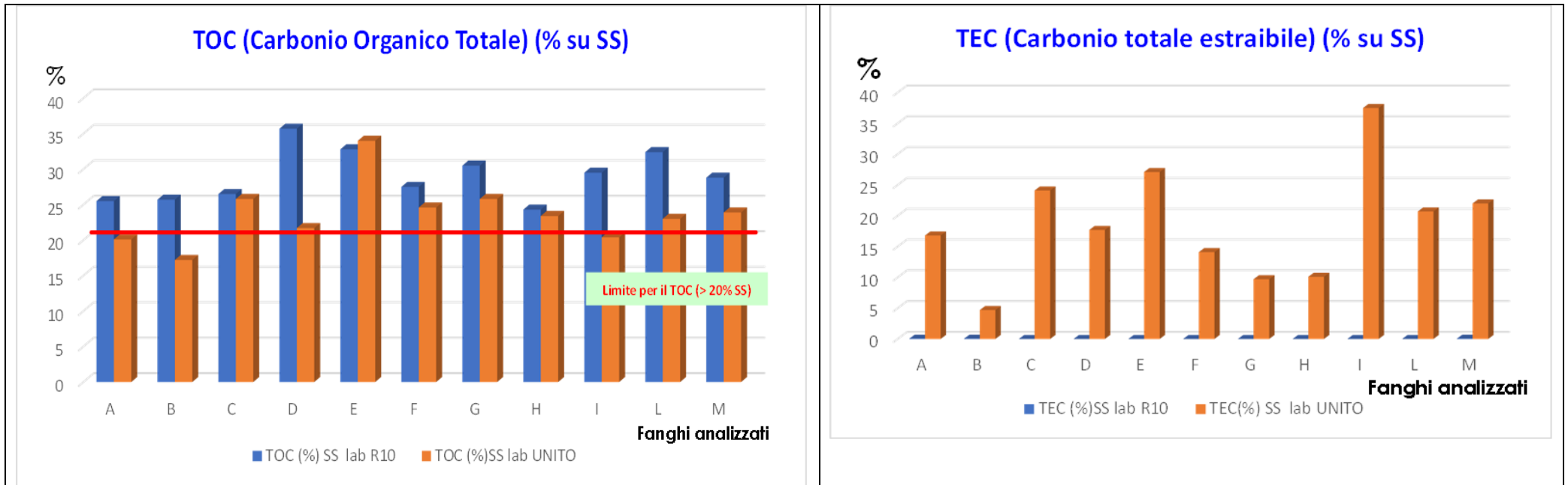
Determinazione del Carbonio (TOC e TEC)

Carbonio Organico Totale (TOC)

Per il TOC, tutti i valori prodotti in autocertificazione si mantengono superiori al limite del 20%, UNITO conferma complessivamente lo stesso andamento, pur riscontrando in un caso (impianto B), un valore di 17,2% di TOC sostanza secca, con una incertezza del metodo analitico del $\pm 6,5\%$. Anche per questo parametro appare utile suggerire un *ring test* con un campione certificato di fango finalizzato a standardizzare al meglio la metodica analitica ed a ridurre il valore di incertezza del dato tra i diversi laboratori coinvolti.

Carbonio Estraibile Totale (TEC)

La misura del TEC appare essere un parametro importante per valutare il grado di umificazione di un fango. I Lab.R10 non hanno fornito questo dato in quanto non è richiesto dalla normativa vigente, mentre, su richiesta della Commissione, UNITO ne ha eseguito la determinazione. L'analisi di questo parametro potrebbe risultare utile per caratterizzare meglio un fango, valutando sia la presenza di Carbonio Organico Totale, sia la forma più disponibile in cui tale analita può essere presente.



Determinazione del grado di umificazione, Acidi Umici e Acidi Fulvici

La presenza della componente organica più pregiata di un fango è verificabile con alcuni indici specifici quali il grado di umificazione ed il contenuto di acidi umici e fulvici. Questa suddivisione, di significato prevalentemente chimico, individua come acidi fulvici (FA) la frazione più reattiva e a più basso peso molecolare, mentre si definiscono acidi umici (HA) la frazione più stabile e a più alto peso molecolare.

Su richiesta della Commissione, UNITO ha effettuato la determinazione dei parametri Ac. Umici e Ac. Fulvici, in quanto sono indicativi della natura, della capacità «biologica» e della reattività del fango nel terreno.

I dati risultanti potrebbero essere di possibile interesse futuro, essendo il valore percentuale di Ac. Umici e Ac. Fulvici molto differente rispetto al grado di umificazione; pertanto l'acquisizione di entrambi i valori non si ridurrebbe alla disponibilità di due dati ridondanti, viceversa la loro simultanea evidenza potrebbe fornire una maggior conoscenza della sostanza organica presente nel fango.

La normativa non prevede la determinazione di FA e HA mentre la prevede per il grado di umificazione (DH) senza tuttavia fissarne un limite. Pertanto, non essendo disponibili serie storiche di dati né un valore di riferimento, i risultati non sono stati illustrati graficamente.

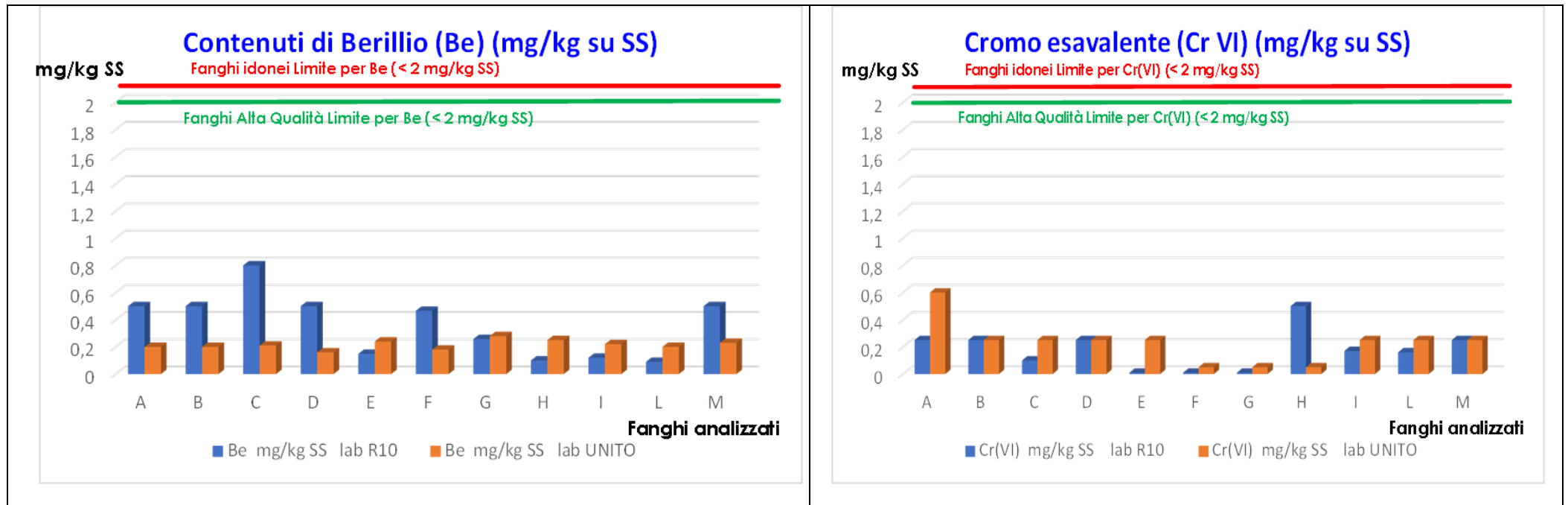
Riassunto dei valori determinati per i parametri di interesse agronomico

Impianto	Lab	pH	R.S. 105°C	R.S. 600°C	SSV/SST	TOC	T.E.C	P tot	N tot	K	Grado Umificazione	Ac. Umici e Fulvici
		pH	% tq	% tq	%	% ss	% ss	% ss	% ss	% ss	%	% ss
	Limite idoneo	5,5÷11	n.p.	n.p.	<65	>20	n.p.	>0,4	>1,5	n.p.	n.p.	n.p.
	Limite alta qualità	5,5÷11	n.p.	n.p.	<60	>20	n.p.	>0,4	>1,5	n.p.	n.p.	n.p.
A	LabR10	10	25,2	12,5	50,4	25,5	<0,1	2,4	4,7	0,35	34	<0,5
	UNITO	10	24,9	13,3	46,7	20,1	16,8	3,06	7,51	0,25	29,2	4,9
B	LabR10	8,6	24,4	12,4	49,2	25,7	<0,1	1,66	4,9	0,46	30	0,5
	UNITO	10,3	28,5	17,1	39,8	17,2	4,7	2,25	3,82	0,33	89,4	4,2
C	LabR10	8,38	9,7	3,8	61,1	26,5	n.d.	3,6	5,81	0,5	47	
	UNITO	7,9	10,6	4,1	60,9	25,8	24,1	4,19	7,04	0,26	24,9	6
D	LabR10	8,8	22,3	8	64,1	35,7	n.d.	2,2	3,4	0,5	29,2	
	UNITO	8,2	26,1	11,6	55,7	21,7	17,7	2,95	7,55	0,56	43,5	7,7
E	LabR10	8,1	20,2	7,6	62,4	32,8	n.d.	2,08	1,7	0,53	nd	
	UNITO	7,6	20,1	7,8	61,5	34	27,1	1,65	5,96	0,46	33,6	9,1
F	LabR10	9	21,8	10,4	52,3	27,5	n.d.	1,79	1,7	0,49	nd	
	UNITO	8,1	27,6	13,9	49,7	24,6	14,1	1,37	4,79	0,14	31,9	4,5
G	LabR10	8	20,5	10,2	58	30,5	n.d.	2,72	1,7	0,67	nd	
	UNITO	8	33,2	17	48,9	25,8	9,7	1,95	3,22	0,37	17,5	1,7
H	LabR10	8,8	23,9	13,7	42,7	24,3	n.d.	1,7	4,7	0,6	20,1	
	UNITO	8,4	26,9	13,8	48,9	23,4	10,1	0,98	4,68	0,24	13,9	1,4
I	LabR10	9,57	15,4	6,76	54,3	29,5	n.d.	3,1	4,24	<0,069	39	
	UNITO	7,7	18,1	9,5	47,8	20,4	37,5	4,43	4,73	0,11	26,5	9,9
L	LabR10	7,49	15,9	5,49	64,8	32,4	n.d.	6,7	4,88	0,73	41	
	UNITO	7,2	15,7	6,5	58,6	23	20,7	8,03	7,58	0,55	11,1	2,3
M	LabR10	8,5	10,3	4,5	56,3	28,8	<0,1	3,5	7,7	0,68	33,8	0,5
	UNITO	8,6	10,6	4,5	57,4	23,9	22	4,45	8,86	0,41	32,7	7,2

Determinazione dei metalli

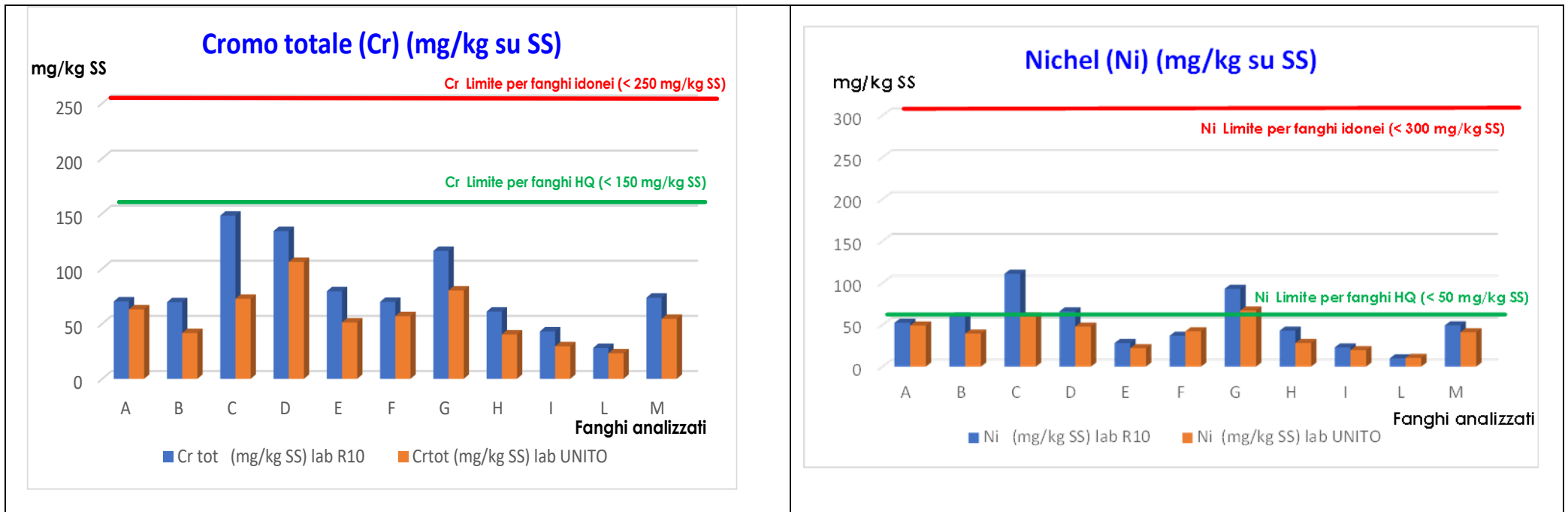
Determinazione di Berillio (Be) e Cromo esavalente (Cr VI).

Per Be e CrVI non si evidenziano particolari problematiche. La maggior parte dei Lab.R10, così come UNITO, hanno misure al di sotto del limite di rivelabilità strumentale e ben al di sotto dei limiti normativi per i *fanghi di Alta Qualità*. UNITO ha rilevato per entrambi gli analiti concentrazioni sempre inferiori ai limiti di rilevabilità del metodo, per entrambi prossimo a <0,5 mg/kg, con l'unica eccezione del fango A in cui il Cr VI è risultato 0,6 mg/kg. Per poter mettere in grafico i risultati delle analisi, qualora indicati nei certificati preceduti dal simbolo < (minore di), si è convenuto di utilizzare il valore pari alla metà di quello indicato dopo < (minore di). Il fango C evidenzia valore più elevato di Be, indicato in autocertificazione pari a 0,8 mg/kg ss, valore non confermato da UNITO.



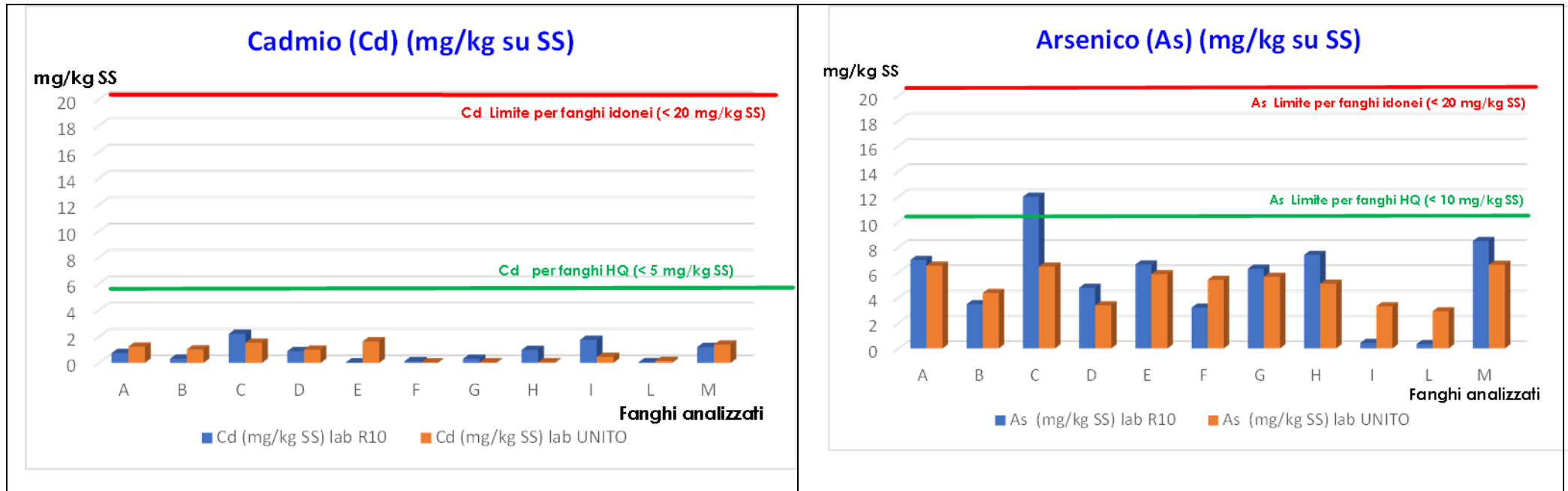
Determinazione di Cromo (Cr) e Nichel (Ni) totali

Anche i valori dei contenuti di Cr e Ni sono risultati per tutti i laboratori entro i limiti di legge per i *fanghi idonei*. Si osservano valori di concentrazione in genere più bassi da parte di UNITO rispetto a quelli di Lab.R10. Per quanto riguarda il Cromo, tutti i fanghi rientrano anche nei limiti definiti per l'*Alta Qualità*. Per il parametro Nichel, rispetto ai valori trovati dai Lab.R10, solo 4 fanghi rientrano nei limiti dell'*Alta Qualità*, mentre per UNITO sono 9 i fanghi che rientrano tra i requisiti più restrittivi.



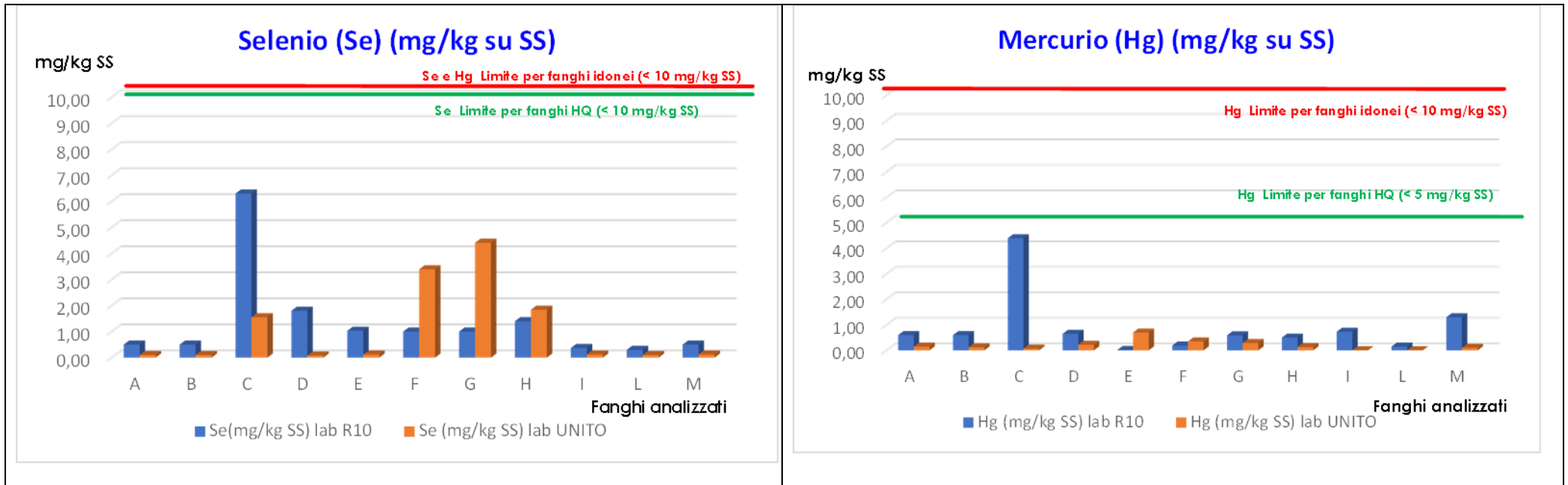
Determinazione di Cadmio (Cd) e Arsenico (As)

Tutti i laboratori misurano valori che fanno rientrare tutti i fanghi tra i “fanghi idonei” per entrambi i parametri. Per l’As, misurato da Lab.R10, solo 1 fango (C) non rientra in quelli di *Alta Qualità*. Per il Cd il limite per l’*Alta Qualità* è fissato a 5 mg/kg ss, ma tutti i valori misurati sono inferiori.



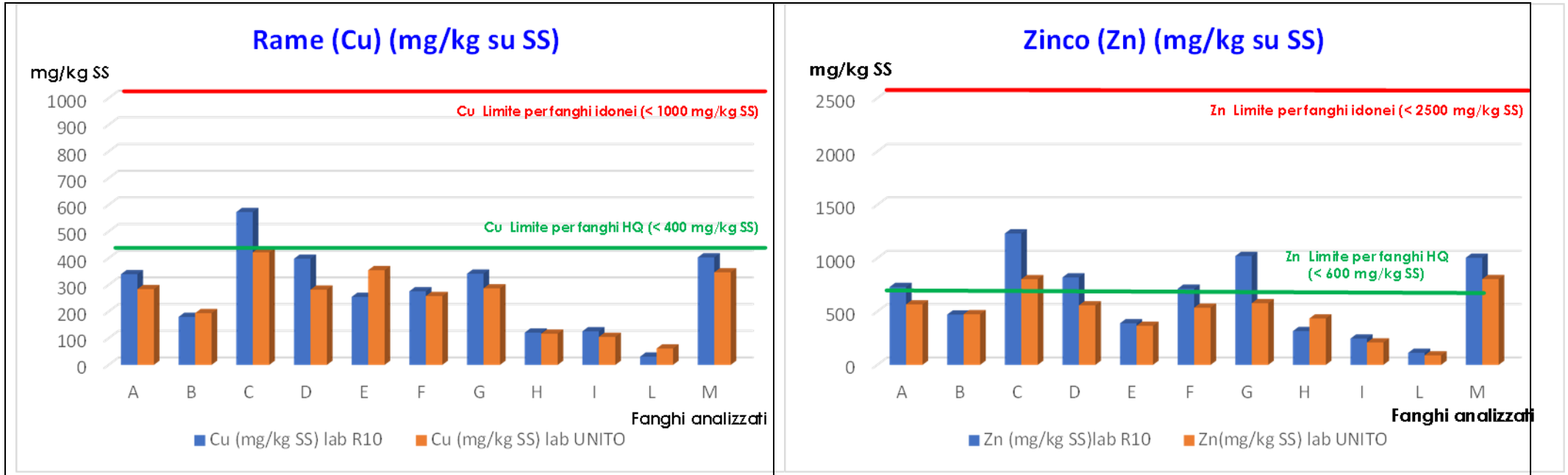
Determinazione di Selenio (Se) e Mercurio (Hg)

Si nota come per tutti i fanghi e nelle misurazioni di tutti i laboratori i due elementi Se e Hg rientrano nei limiti previsti per i *fanghi di alta qualità*. Dai dati si evince che le concentrazioni nei fanghi di entrambi gli elementi sono molto basse, spesso inferiori ai limiti di rivelabilità strumentale. Il valore maggiore di Se, misurato da Lab.R10 nel fango C, non viene confermato da UNITO. Viceversa, in altri due casi, il valore più elevato di Se è misurato da UNITO ma non confermato da Lab.R10. Concludendo, non ci sono concentrazioni significative su questi elementi nei fanghi.



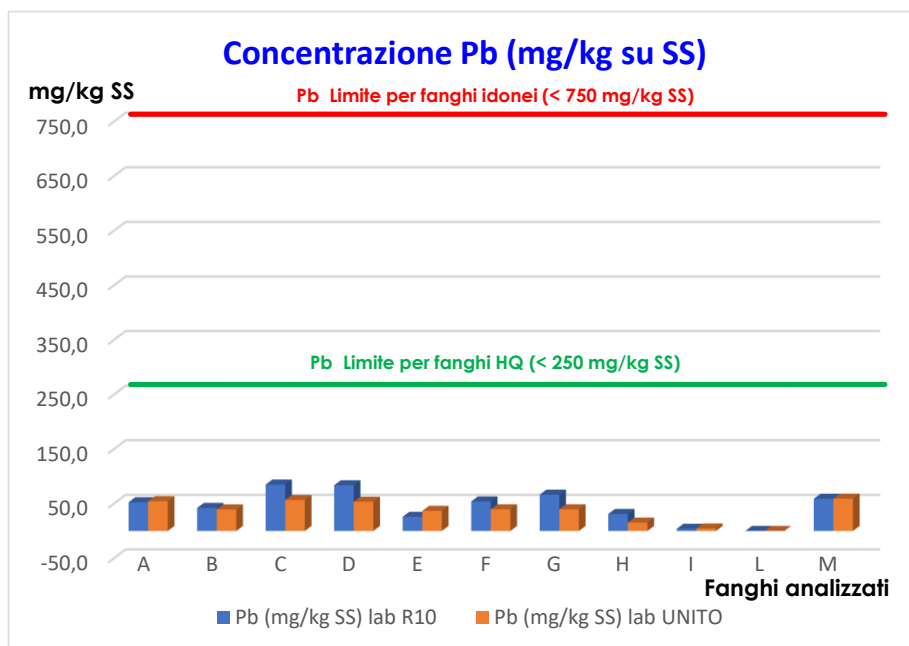
Determinazione di Rame (Cu) e Zinco (Zn)

I valori dei contenuti di Rame e Zinco evidenziano che tutti i fanghi rientrano nel range dei *fanghi idonei* per uso agricolo. In media i valori misurati da UNITO sono sempre inferiori a quelli rilevati da Lab.R10, soprattutto per lo Zn, dove la differenza è più marcata. Infatti, per quanto riguarda il rispetto dei limiti della categoria fanghi di *Alta Qualità*, UNITO ha trovato idonei 9 fanghi per il parametro Zn (Lab.R10 solo 5 fanghi), nel caso del Rame UNITO rileva tutti i fanghi come di “alta qualità” mentre per i Lab R10 un fango è escluso dalla classificazione più restrittiva.



Determinazione di Piombo (Pb)

Tutti i laboratori hanno misurato valori di Pb ben al di sotto dei limiti di legge, facendo rientrare, per questo parametro, tutti i fanghi nei limiti di *alta qualità*. I valori in media misurati da UNITO sono inferiori a quelli di Lab.R10, come già osservato per altri parametri analitici.

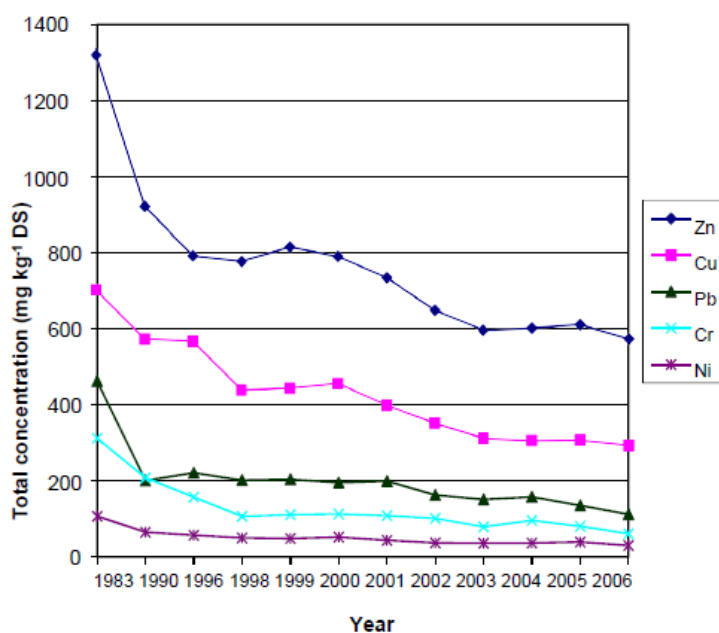


Considerazioni relative alla concentrazione dei metalli nei fanghi

La legislazione nazionale e comunitaria ha sempre avuto un'attenzione particolare per la componente 'inorganica' dei fanghi, rappresentata principalmente dai **metalli pesanti**, quale possibile fonte di inquinamento antropico, con potenziale loro accumulo nei suoli agricoli. Accumulo, disponibilità e mobilità dei metalli nel suolo non sono influenzati unicamente dalla concentrazione del metallo stesso, presente prima nei fanghi e poi nei suoli, ma la persistenza nel suolo di un metallo ed il suo eventuale bioaccumulo nei terreni è determinata anche da alcuni parametri del suolo medesimo, come ad esempio il valore di pH, la capacità di scambio cationico (CSC), la tessitura, il contenuto e la tipologia della sostanza organica già presenti o apportata al terreno con il fango stesso. Per tali motivi il giudizio di idoneità circa l'utilizzo di un fango non può limitarsi solo alla determinazione della concentrazione del metallo ma deve estendersi anche alla rispondenza dei numerosi parametri relativi al sistema complesso fango-terreno che si viene a stabilire, in precedenza sinteticamente richiamato.

Ciò premesso anche la concentrazione dei metalli nel fango è importante.

Prendendo in considerazione uno studio dell'Imperial College è stato possibile osservare che nel Regno Unito, nel periodo 1983-2006, quindi con un monitoraggio protratto per 23 anni, una progressiva significativa diminuzione della concentrazione totale di alcuni metalli nei fanghi ad uso agricolo.



Questa tendenza generale alla riduzione della concentrazione totale di tutti i metalli monitorati può essere dovuta a numerosi cambiamenti in atto (riduzione e miglioramento degli scarichi produttivi, miglioramento del processo depurativo con maggiore produzione di biomassa, introduzione di atti normativi come l'eliminazione del Pb dalla benzina) che potrebbero aver svolto un'azione di miglioramento della qualità generale dei fanghi. A questo proposito, solo a scopo indicativo, si è proceduto al confronto del dato medio inglese dell'anno 2006 con i valori medi da noi rilevati nel 2019. Dalla comparazione emerge che per alcuni metalli la riduzione potrebbe essere enorme (Pb), sicuramente correlabile all'introduzione della benzina "verde", per altri significativa (Zn, Cu e Cr), mentre per il Nichel in particolare la tendenza a decrescere, come si può osservare già dal grafico appare più difficoltosa.

	mg/Kg ss									
	Zn	rid. %	Cu	rid. %	Pb	rid. %	Cr	rid. %	Ni	rid. %
Valori medi Inghilterra anno 2006 Imperial College	564,7		292,7		115,0		70,0		40,0	
Valori medi Prov. di Pavia (Lombardia) anno 2019	493,0	12,7	246,0	16,0	40,0	65,2	56,0	20,0	38,8	3,0

Riassunto dei valori di concentrazione dei metalli presenti nei fanghi destinati all'utilizzo agricolo.

Impianto	Lab	Cd	Cr	Cr VI	Hg	Ni	Pb	Cu	Zn	Se	As	Be
		mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss
	Limite idoneo	20	200	2	10	300	750	1000	2500	10	20	2
	Limite alta qualità	5	150	2	5	50	250	400	600	10	10	2
A	LabR10	0,75	70,2	<0,5	<1,3	52,4	52,7	340	730	<1	7	<1
	UNITO	1,23	63	0,6	0,15	49,1	54,5	284	567	<0,20	6,55	<0,40
B	LabR10	<0,65	69,5	<0,5	<1,3	59,7	42,2	180	472	<1	3,5	<1
	UNITO	1,02	41,5	<0,5	0,12	39,5	39,5	194	475	<0,21	4,39	<0,41
C	LabR10	2,2	148	<0,2	4,4	111	85	573	1232	6,3	12	0,8
	UNITO	1,53	72,6	<0,5	0,07	59,7	56,8	422	803	1,55	6,48	<0,42
D	LabR10	0,89	134	<0,5	<1,3	66,1	83,7	398	820	1,8	4,8	<1
	UNITO	1	106	<0,5	0,22	47,8	53,6	282	558	<0,16	3,41	<0,32
E	LabR10	<0,078	79,4	<0,02	<0,038	28,2	25,9	255	390	1,03	6,64	0,149
	UNITO	1,63	51,1	<0,5	0,7	22,1	36,8	355	366	<0,24	5,87	<0,48
F	LabR10	<0,243	69,8	<0,02	<0,383	36,9	54,1	276	714	<1,97	3,23	0,466
	UNITO	<0,07	56,8	<0,1	0,35	42,2	39,6	258	536	3,39	5,43	<0,36
G	LabR10	0,308	116	<0,02	<1,18	93	66,5	342	1020	<1,97	6,31	0,258
	UNITO	<0,09	80,1	<0,1	0,29	67,1	39,7	287	578	4,41	5,67	<0,47
H	LabR10	0,98	61	<1	<1	43	31,1	121	317	1,4	7,4	<0,2
	UNITO	<0,10	40,2	<0,1	0,13	28,2	15,3	117	435	1,84	5,12	<0,49
I	LabR10	1,75	43	<0,34	0,731	23	4	126	247	<0,74	<0,87	<0,23
	UNITO	0,46	29,5	<0,5	<0,01	19,7	4,58	105	210	<0,23	3,34	<0,45
L	LabR10	<0,096	28	0,33	<0,3	9,96	<0,42	31	113	<0,59	<0,7	<0,18
	UNITO	0,15	23,1	<0,5	<0,01	10,5	<0,4	61,5	89	<0,20	2,94	<0,40
M	LabR10	1,2	73,6	<0,5	1,3	49,3	59	403	1004	<1	8,5	<1
	UNITO	1,39	54,4	<0,5	0,1	41	59,2	347	804	<0,23	6,62	<0,46

LA DETERMINAZIONE DEI COMPOSTI ORGANICI NEI FANGHI

È doveroso spendere due parole d'introduzione riguardo alla determinazione dei composti organici nei fanghi qui esaminati. In questo studio sono stati presi in considerazione tutti i parametri previsti dalla normativa per gli inquinanti organici, nello specifico: IPA, PCB, diossine e furani, PCDD + PCB, toluene, AOX, DHEP, Nonilfenoli e gli Idrocarburi C10-C40.

Prima di esaminare i dati in dettaglio e fare valutazioni di merito, è importante ricordare brevemente i meccanismi che regolano la pericolosità di questi composti nel suolo, espletando la loro azione a carico delle piante, degli animali ed infine dell'uomo.

Nel suolo i meccanismi d'azione delle molecole xenobiotiche possono essere riassunti come segue:

- **Adsorbimento:** ripartizione suolo/particella suolo/soluzione descritta dal coefficiente K_d che indica quanto l'adsorbimento ritardi la lisciviazione
- **Biodegradazione:** è il meccanismo più importante di rimozione di composti organici nel suolo. In base al periodo di degradazione si possono distinguere 3 classi di composti: classe A < 10 gg; classe B: 10-50 gg; classe C > 50 gg
- **Degradazione abiotica:** include la fotolisi, l'idrolisi e l'ossidazione
- **Potenziale di lisciviazione (Leaching):** è collegato alla persistenza nel suolo (coefficiente K_d)
- **Volatilizzazione:** legata al K_{ao} = coefficiente di ripartizione aria/S.O. del suolo ed alla volatilità dei singoli composti

Nelle **PIANTE** l'assorbimento (uptake) dei composti organici presenti nei fanghi è influenzato dalle proprietà chimico-fisiche del composto stesso, dalle condizioni ambientali, dal tipo di suolo e dalle caratteristiche della specifica pianta, come il tipo di apparato radicale, la forma delle foglie e il contenuto in lipidi.

Vale la pena di ricordare le quattro principali vie di ingresso nella pianta di un composto organico: assorbimento radicale con o senza traslocazione sistemica alla pianta, assorbimento fogliare, assorbimento per contaminazione esterna dei fusti, per traslocazione e accumulo nelle cellule di riserva e negli olii vegetali.

Negli **ANIMALI (uomo compreso)** il potenziale trasferimento di questi composti organici è funzione di diversi fattori, quali: la specie animale, se è praticato o meno il pascolo, la stagione, la dieta, etc.

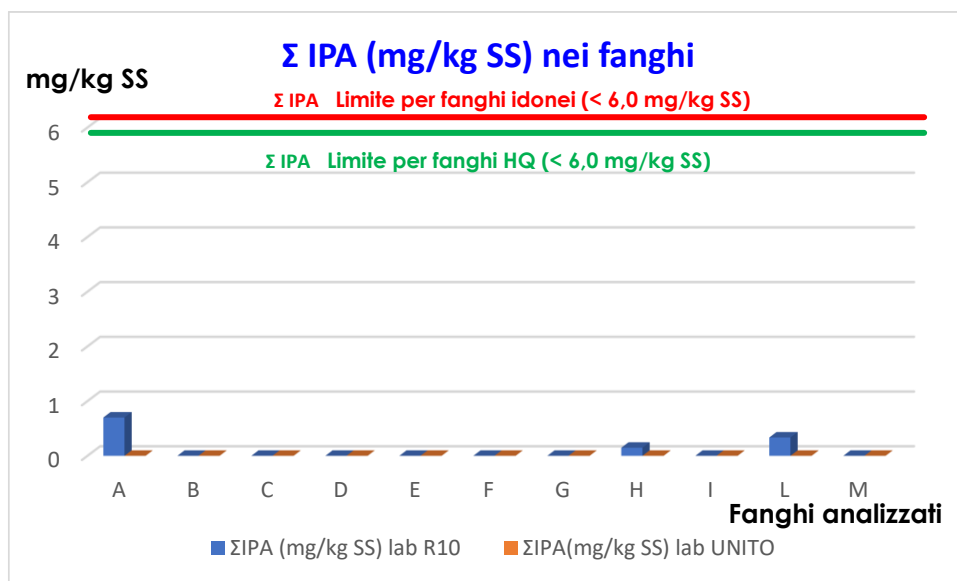
Le vie di possibile assunzione dei composti organici sono sinteticamente 3: contaminazione dei vegetali e di tutta la catena trofica che da essi deriva, il suolo aderente alla vegetazione, l'ingestione diretta del terreno o l'assorbimento cutaneo attraverso le parti a contatto con il suolo.

Determinazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Gli idrocarburi aromatici policiclici (IPA o PAH) sono composti organici con più anelli benzenici: Naftalene, Benzopirene, Fenantrene, Fluorantrene e Antracene. Essi provengono dalla incompleta pirolisi di materiali organici come carbone, petrolio, carburante, legno, etc. Tra le possibili fonti vi sono soprattutto gli scarichi veicolari, i processi di combustione e termodistruzione, alcune emissioni industriali (in particolare i processi a caldo, acciaierie), le emissioni domestiche, il *run-off*

urbano ecc.. Nell'ambiente sono presenti nelle matrici lipofile e adese al particolato in quanto non presentano una affinità per le matrici acquose. I fanghi, in quanto derivanti dal ciclo di trattamento delle acque reflue potrebbero sequestrare ed inglobare il materiale cui gli IPA sono adesi evidenziando quindi la presenza di tali composti.

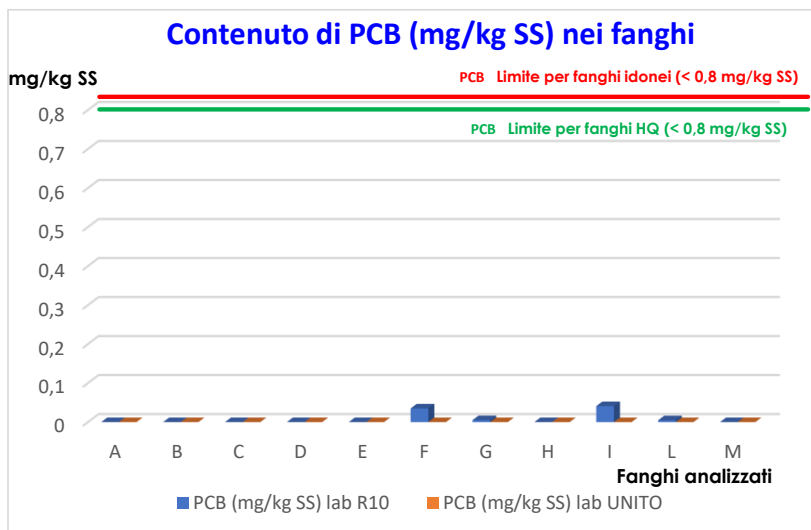
La preoccupazione relativa alla possibile presenza di IPA nei fanghi è stata ridimensionata attraverso la prescrizione normativa della loro determinazione che è in vigore da tempo e ha prodotto una serie storica di dati sino ad ora non preoccupanti. Questi risultati sono confermati anche nella presente ricerca. I valori di concentrazione relativi alla sommatoria degli **IPA** (parametro di sintesi) nei fanghi esaminati sono risultati molto bassi, spesso minori del limite di rilevabilità strumentale sia per UNITO sia per Lab.R10.



Determinazione di Policloro Bifenili (PCB)

Le miscele di PCB sono state usate in un'ampia gamma di applicazioni. Il loro uso commerciale nasceva principalmente dalla elevata stabilità chimica, da cui la sostanziale non infiammabilità, e da utili proprietà fisiche quali l'essere un ottimo isolante elettrico e un buon conduttore termico. Nel 1972 ne è stata bandita la produzione, ma la stabilità di questi composti è tale che i livelli ambientali non diminuiranno per molti decenni. Il contenuto in PCB dei suoli varia da 1 a 10 ppb (dovuto in parte alle deposizioni atmosferiche) e può aumentare nelle regioni a carattere industriale o in vicinanza di siti di smaltimento di rifiuti. Nei fanghi i valori dei PCB si attestano intorno ai 0,1-10 ppm (da acque reflue contenenti 1-30 ppb). La caratteristica negativa di questi composti è la grande resistenza alla degradazione. La loro stabilità è responsabile della loro persistenza nell'ambiente. I dati relativi al contenuto di **PCB** non mostrano, per i controlli effettuati dai laboratori, alcun valore degno di nota in tutti i fanghi esaminati. Le analisi presentano valori sotto il limite previsto per i fanghi *di alta qualità*.

L'eventuale dubbio analitico per gli scostamenti ritrovati tra i laboratori potrebbe essere dissipato, anche in questo caso mediante *ring test* con un campione di fango di depurazione certificato per i composti organici.

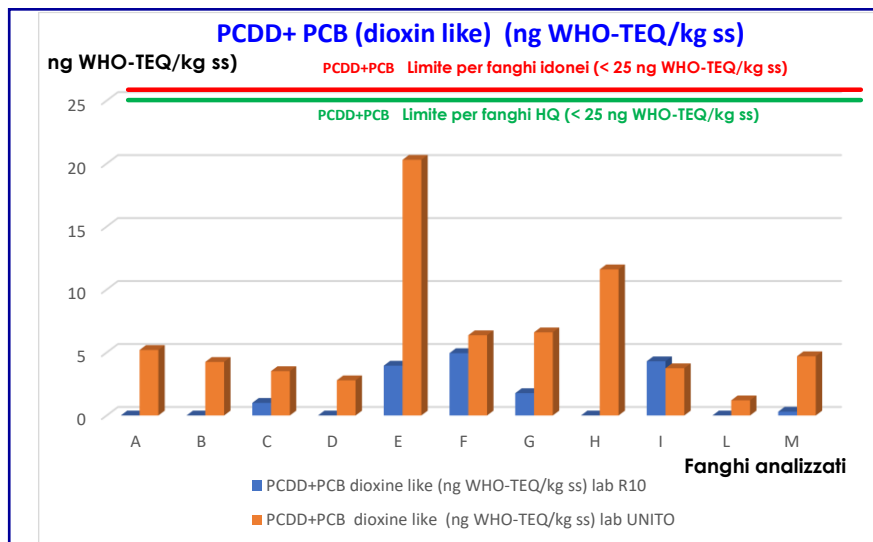


Determinazione di Diossine, Furani, PCB dioxin like

Le diossine appartengono a quel gruppo di sostanze inquinanti, ormai ubiquitarie. Possono avere le seguenti origini: industrie chimiche, siderurgiche, metallurgiche, industrie del vetro e della ceramica; fumo di sigaretta; prodotti di combustione di legno e carbone (potature e barbecue, camini e stufe); prodotti della combustione (accidentale o meno) di rifiuti solidi urbani avviati in discarica o domestici; prodotti di combustione di rifiuti speciali obbligatoriamente inceneribili (esempio rifiuti a rischio biologico, ospedalieri) in impianti inadatti, fumi delle cremazioni; fumi delle centrali termoelettriche e degli inceneritori.

Sebbene non siano mai state prodotte intenzionalmente, esse originano come sottoprodotti della combustione e, attraverso le emissioni di fumi, raggiungono l'ambiente. Si tratta di molecole poco degradabili, lipofile ed insolubili in acqua. Questi composti possono mostrare una ritenzione a livello radicale (TCDD), ma scarso assorbimento e traslocazione. In ogni caso risulta più pericoloso l'assorbimento da parte degli animali attraverso l'ingestione del suolo e attraverso la contaminazione aerea del foraggio, rispetto alla traslocazione che, come detto, è piuttosto bassa. Per il parametro **PCDD+PCB** (dioxin like, tossicità equivalente a TCDD) i dati presentati risultano tutti inferiori ai limiti di Legge, rientrando nel range dei fanghi di *alta qualità*.

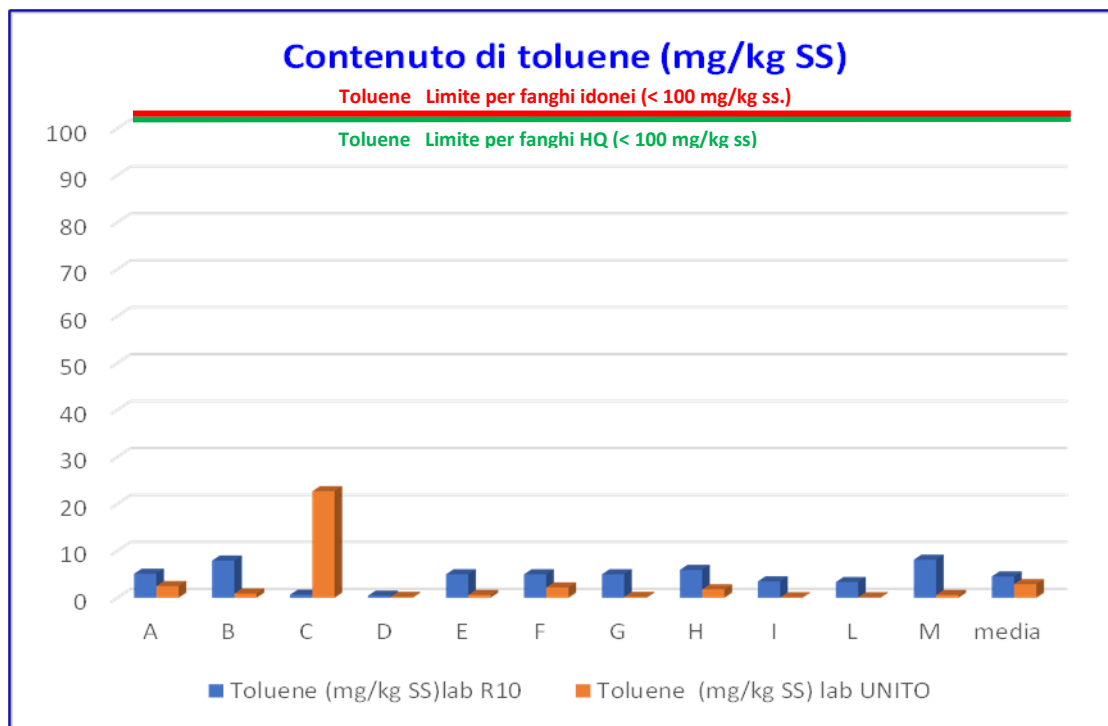
I dati di UNITO sono più omogenei dei dati di Lab.R10, in media più bassi di UNITO. Anche in questo caso si ribadisce l'importanza, data l'estrema complessità della determinazione, di un controllo interlaboratorio su un campione di fango certificato per tale parametro.



Determinazione di solventi aromatici, Toluene

Il **toluene**, assieme a benzene, xilene, etilbenzene fa parte dei cosiddetti BTEX (idrocarburi aromatici). Queste sostanze fanno parte dei composti organici volatili (COV) che si trovano nei prodotti derivati dal petrolio quali la benzina, ma anche come solventi nell'utilizzo industriale. Il legislatore ha assunto il toluene (in genere è il più abbondante dei quattro) come indicatore della presenza di solventi organici volatili.

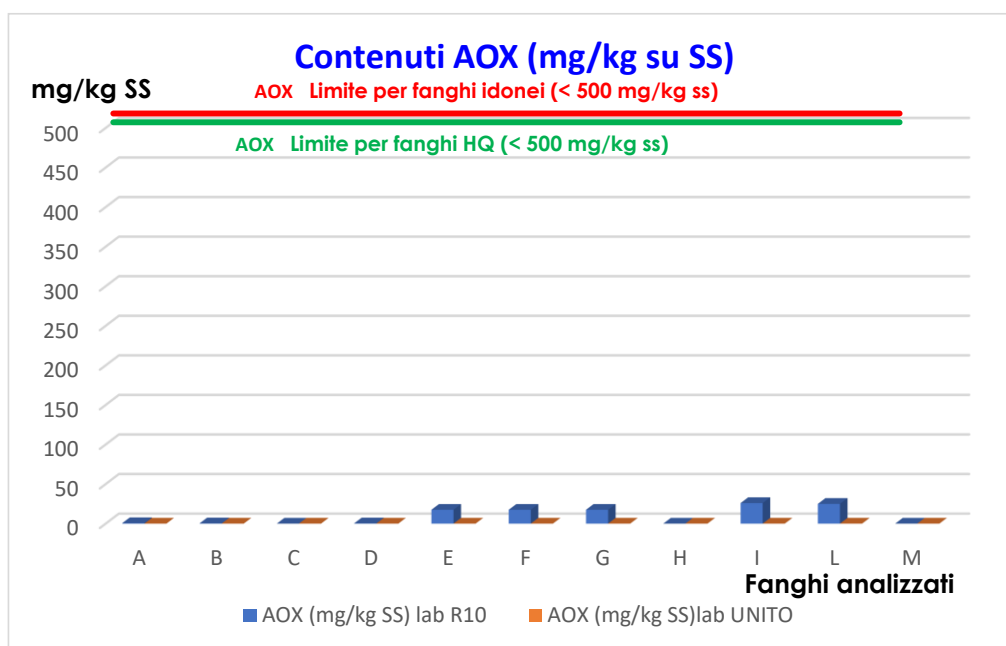
Per il parametro toluene i valori nei fanghi testati non raggiungono mai i limiti di legge stabiliti in forma unica a 100 mg/kg su ss. I dati di UNITO evidenziano una maggiore omogeneità, rispetto a Lab.R10, che, in media, ha misurato valori più elevati rispetto a UNITO, con l'eccezione del fango C dove UNITO trova 22 mg/kg ss.



Determinazione di Composti Organici Alogenati (AOX)

L'abbreviazione AOX sta per 'Adsorbable Organic Halides' / 'Alogeni Organici Assorbibili'. Il parametro **AOX** misura la quantità di composti organici alogenati (tra cui solventi clorurati, bromurati e iodurati). Elevati livelli di AOX sono spesso legati all'inquinamento.

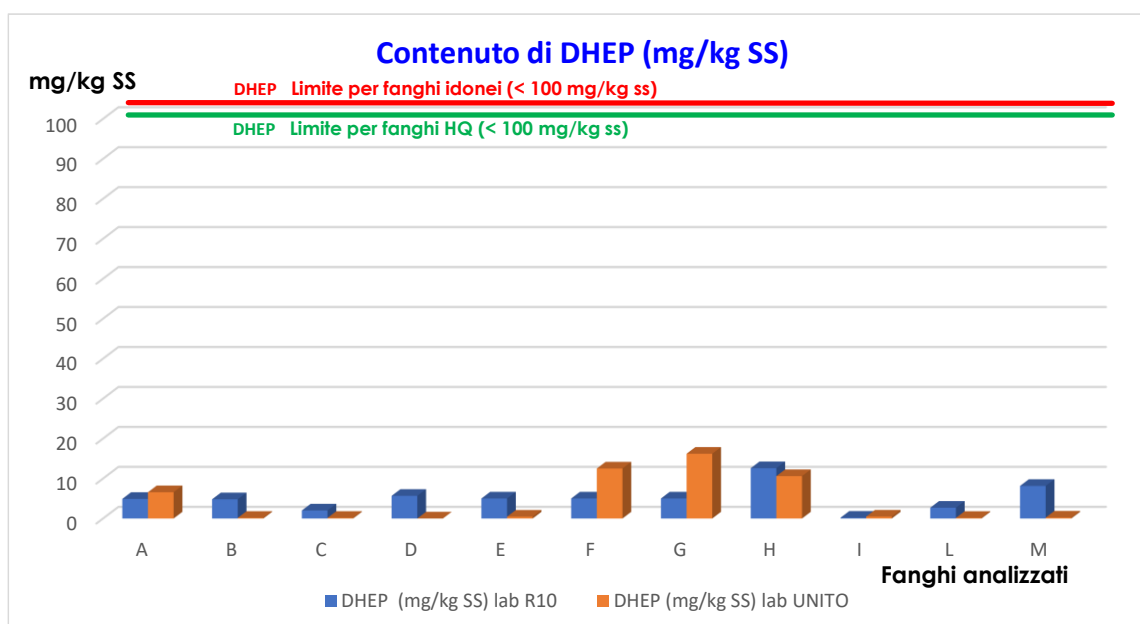
I dati ottenuti per questo parametro, come sommatoria di numerosi composti determinati singolarmente dai laboratori, mostrano valori molto bassi e sensibilmente inferiori ai limiti di legge, stabiliti per *fanghi idonei* e fanghi di *alta qualità*, a 500 mg/kg su ss. Si nota la maggior omogeneità dei dati prodotti da UNITO che rilevano concentrazioni tutte sotto il limite di rivelabilità strumentale; per Lab.R10 c'è difformità nelle misure con limiti di rivelabilità diversi a seconda del laboratorio.



Determinazione di Ftalati

Il di-2-etilesilftalato (DEHP, DOP), o diottilftalato, o diisooctilftalato, è l'estere dell'acido ftalico e del 2 etilesanolo. A temperatura ambiente è un liquido incolore, inodore, viscoso e poco volatile. Trova principalmente impiego, come altri ftalati, come plastificante per le materie plastiche e per rendere idrorepellenti i contenitori di carta per alimenti.

Gli esteri ftalici sono dei composti chimici utilizzati comunemente anche nei processi produttivi di insetticidi, cosmetici, inchiostri, munizioni ed olii industriali e lubrificanti in genere. Come plastificanti non sono inclusi per polimerizzazione nella matrice plastica e possono, col tempo, migrare nell'ambiente esterno; altre fonti di contaminazione sono rappresentate dagli scarichi industriali e dai *run-off* urbani. Gli esteri ftalici sono presenti nei fanghi mediamente da 30 fino a 100 ppm. La forte lipofilia e l'assenza di volatilità permettono a questi composti di legarsi alla sostanza organica del terreno, in genere però, non mostrano problemi di degradazione, per cui l'eccessiva mobilità nel suolo ed il *leaching* conseguente sono da escludersi. Data la bassa persistenza dei residui, anche l'*uptake* da parte delle piante coltivate è di importanza trascurabile. Per il parametro **DEHP** i dati di concentrazione rilevati nei fanghi sono bassi, sempre inferiori ai limiti di Legge.



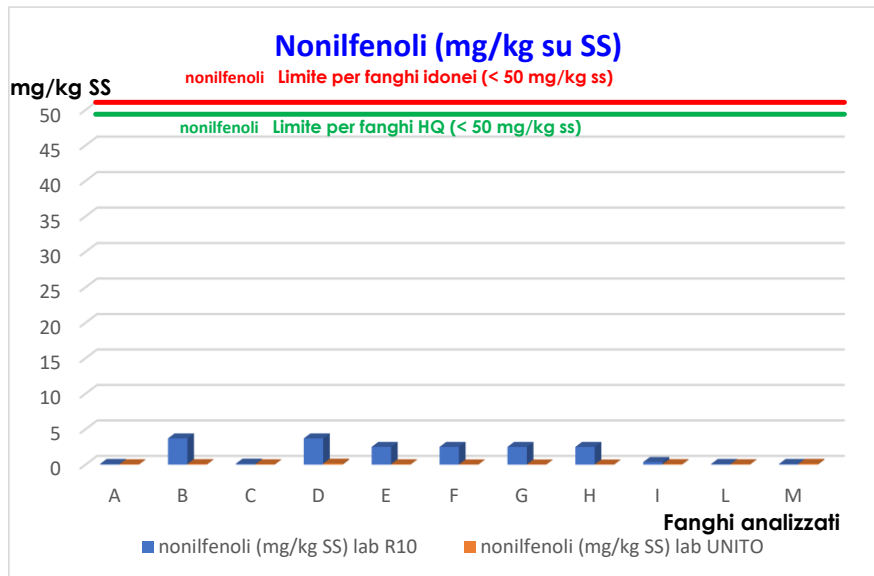
Determinazione di Nonilfenoli

Il **Nonilfenolo** è un composto organico di sintesi (non esiste in natura) appartenente alla famiglia degli alchilfenoli. Il nonilfenolo ed i nonilfenoli etossilati sono sostanze che trovano impiego nella lavorazione industriale tessile in quanto tensioattivi non ionici aventi ottime prestazioni come detergenti, emulsionanti e disperdenti. Sono utilizzati anche negli oleanti per filatura e nelle formulazioni di molti ausiliari per la tintura ed il finissaggio.

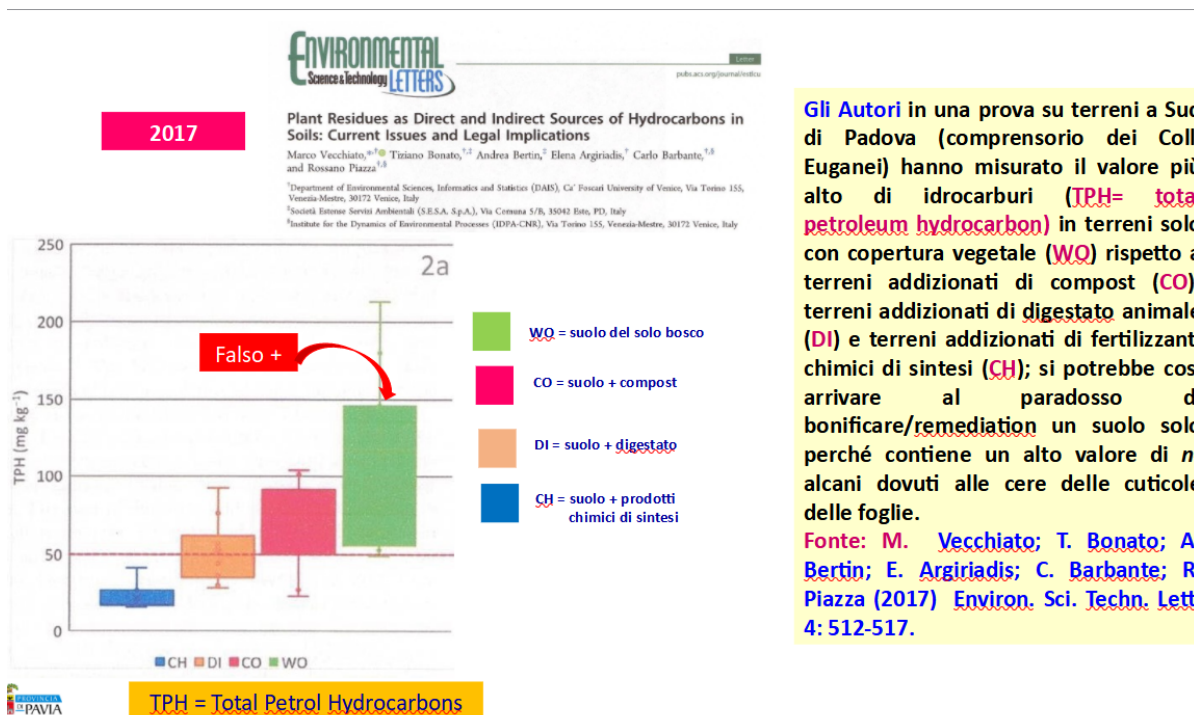
Il nonilfenolo è considerato un interferente endocrino a causa della debole capacità di mimare gli effetti degli estrogeni e, a sua volta, rompere l'equilibrio naturale degli ormoni negli organismi colpiti. L'effetto è debole perché il nonilfenolo e composti isomeri, imitano parzialmente la struttura molecolare dell'estradiolo, ma i livelli di nonilfenolo possono essere sufficientemente alti da compensare questa minore attività biologica della molecola rispetto all'estradiolo.

I dati delle determinazioni nei fanghi sono sempre sotto i limiti di Legge di 50 mg/kg ss. La serie prodotta da UNITO è più omogenea di quella prodotta dai Lab.R10, dove spiccano alcuni valori elevati che solo il confronto con un campione certificato potrebbe dirimere meglio scientificamente.

Questo parametro non preoccupa da un punto di vista ambientale visti i valori molto bassi; inoltre, l'elevata degradazione di questi composti diminuisce il rischio di tossicità ad essi legata, escludendo la necessità di particolari restrizioni per questo parametro all'utilizzo dei fanghi in agricoltura.



La proposta di introduzione normativa della ricerca di questo parametro nasce dalla volontà di indagare sulla possibile contaminazione dei fanghi da parte di prodotti petroliferi, non si tratta quindi di un limite dettato da una specifica cautela ma di un indicatore di contaminazione che, se significativo, prelude ad un approfondimento specifico. Questo parametro è stato al centro di un contenzioso sia in relazione al metodo di analisi indicato, il quale è complesso e suscettibile di errori nella fase di purificazione del campione, sia interpretativo, in quanto la presenza di idrocarburi C10-C40 non è solo indice di contaminazione da prodotti petroliferi, idrocarburi di origine fossile, ma può derivare anche da idrocarburi biogenici e da frazioni purificate di idrocarburi utilizzate come disperdente di polielettroliti utilizzati per la disidratazione dei fanghi. La problematica su questi analiti è messa anche in luce dal fatto che la Deliberazione N°. X/7076 Reg Lomb del 11/09/2017 fissa un limite sul secco di < 10.000 mg/kg ss mentre la Legge n. 130/2018 fissa un limite di idrocarburi (C10-C40) < 1.000 mg/kg sul tal quale e contemporaneamente un limite < 6 mg/kg ss sulla Σ sommatoria degli IPA elencati in Tab 1 dell'All 5 al Titolo V della Parte 4° del D.Lgvo 3 aprile 2006 n. 152. A ciò si aggiunga anche il fatto che non essendo disponibile un metodo ufficiale per separare le origini degli IPA, si rischia di quantificare come idrocarburi minerali anche quelli di origine vegetale, come messo ben in evidenza da



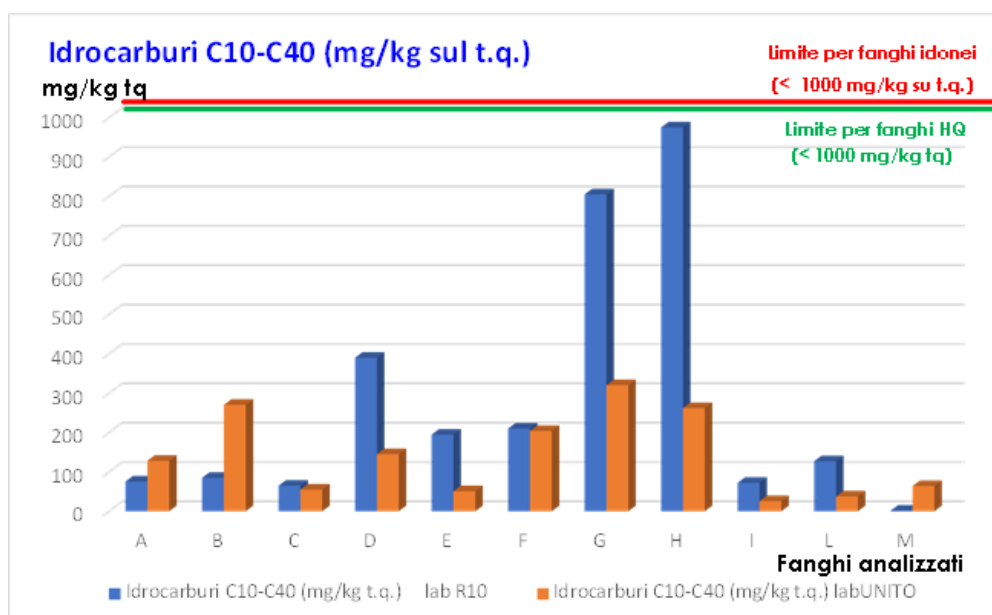
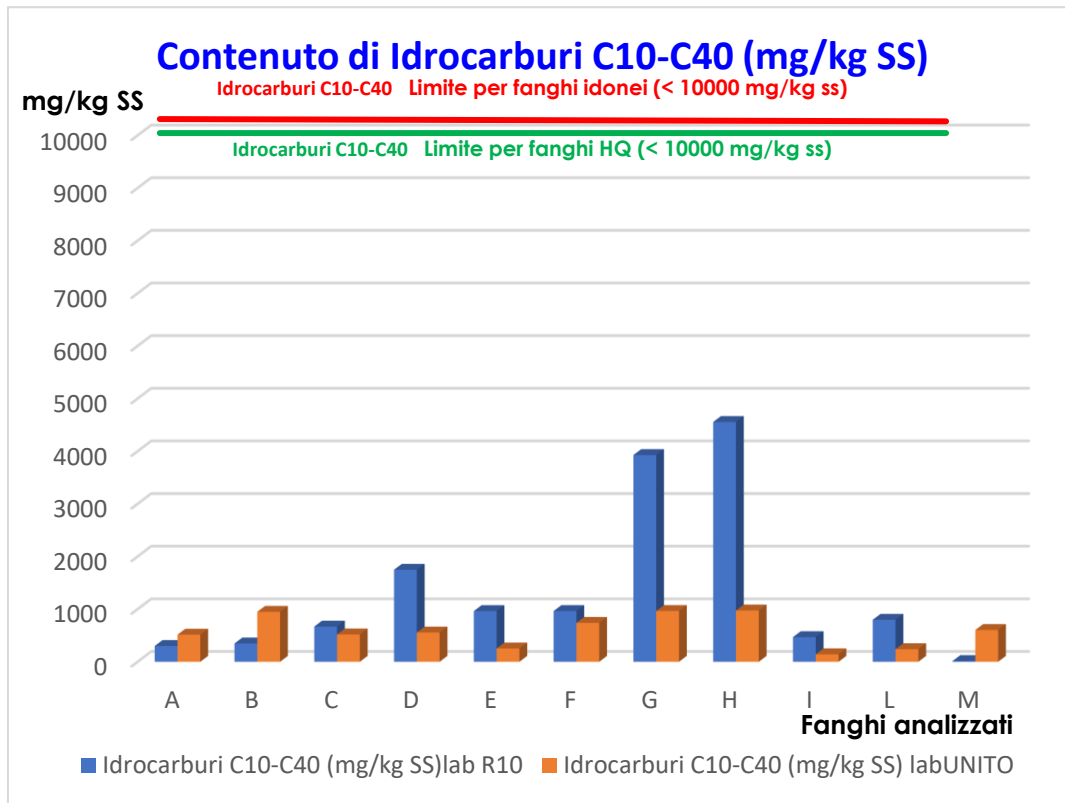
Gli Autori in una prova su terreni a Sud di Padova (comprensorio dei Colli Euganei) hanno misurato il valore più alto di idrocarburi (TPH= total petroleum hydrocarbon) in terreni solo con copertura vegetale (WO) rispetto a terreni addizionati di compost (CO), terreni addizionati di digestato animale (DI) e terreni addizionati di fertilizzanti chimici di sintesi (CH); si potrebbe così arrivare al paradosso di bonificare/remediare un suolo solo perché contiene un alto valore di n-alcani dovuti alle cere delle cuticole delle foglie.
Fonte: M. Vecchiato; T. Bonato; A. Bertin; E. Argiriadis; C. Barbante; R. Piazza (2017) Environ. Sci. Techn. Lett. 4: 512-517.

importante articolo di **Vecchiato M. et al (2017)**.

È in fase di preparazione da parte di ISPRA una nuova metodica che dovrebbe superare i problemi legati alle interferenze analitiche evidenziate nella preparativa del campione, ma che, in ogni caso, non risolverà l'aspetto interpretativo del dato. Non potendosi basare sulle analisi con sicurezza si è trovata una soluzione di tipo normativo: di fatto anche quando la concentrazione di idrocarburi eccede il valore limite il fango viene considerato idoneo se rientra nei limiti per gli idrocarburi policiclici aromatici (marker di cancerogenicità) individuando questo come il parametro dirimente per la tutela dei suoli. I dati ottenuti sugli idrocarburi C10-C40 evidenziano una maggiore

omogeneità per lab UNITO, che quantificano sempre il dato sul secco, mentre alcuni lab di lab R10 lo quantificano ancora sul totale.

Proprio per la variabilità connessa al metodo ufficiale i risultati sono abbastanza diversi ma hanno una caratteristica in comune: sono, per tutti i fanghi e per tutti i laboratori, inferiori sia al limite per i fanghi idonei sia per quelli di alta qualità, che coincidono col valore di 10000 mg/kg ss. Quindi per tutti gli 11 impianti i fanghi in uscita sono, per questo parametro, da considerarsi tutti di HQ (alta qualità).

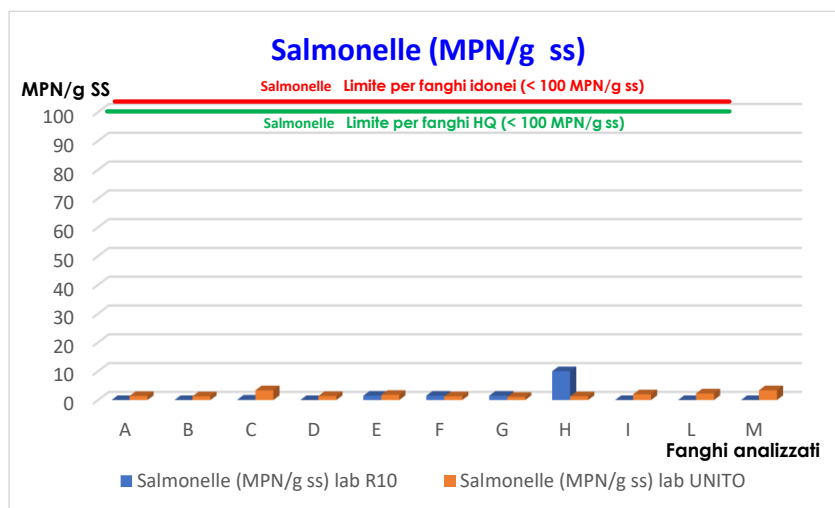


Riassunto dei valori di concentrazione dei contaminanti organici presenti nei fanghi R10

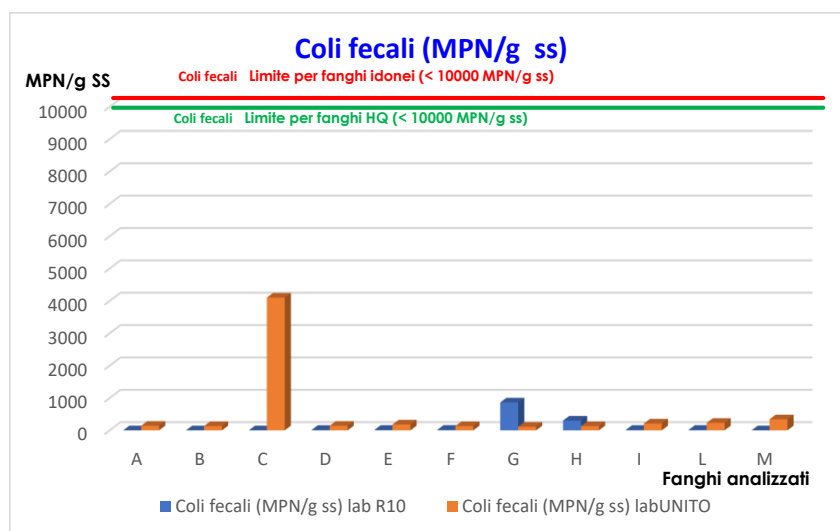
Impianto	Lab	Toluene	AOX	DHEP	Nonilfenoli	Idrocarburi C10-C40	Sommatoria IPA	PCB	Diossine e Furani	PCDD/F + PCB DL
		mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg ss	mg/kg tq	mg/kg ss	mg/kg ss	ng/kg ss	ng WHO-TEQ/kg ss
	Limite idoneo	100	500	100	50	1000	6	0,8	-	25
	Limite alta qualità	100	500	100	50	1000	6	0,8	-	25
A	LabR10	5,12	0,6	4,9	nd	300	0,7	nd		
	UNITO	2,5	<0,1	6,57	<0,118	515	<0,1		0,00282	5,20
B	LabR10	7,92	<0,6	4,8	<7,5	348	nd	nd		
	UNITO	0,9	<0,1	<0,306	<0,151	949	<0,1		0,00275	4,25
C	LabR10	0,65	0,014	2	0,14	669	<0,05	<0,005	<2	<2
	UNITO	22,7	<0,1	<0,301	<0,115	519	<0,1		0,00201	3,52
D	LabR10	0,45	<0,6	5,66	<7,5	390	<0,5	<0,1	5,78000	
	UNITO	0,2	<0,1	<0,001	<0,281	556	<0,1		0,00154	2,79
E	LabR10	<10	<35	<10	<5	963	<0,01	<0,01	3,95300	3,95
	UNITO	0,6	<0,1	<0,895	<0,110	253	<0,4		0,01230	20,30
F	LabR10	<10	<35	<10	<0,5	964	<0,01	0,035	2,77000	4,95
	UNITO	2,2	<0,1	12,5	<0,067	739	<0,1		0,00370	6,37
G	LabR10	<10	<35	<10	<5	3927	<0,01	0,005	1,49000	1,77
	UNITO	0,2	<0,1	16,2	<0,056	965	<0,1		0,00310	6,60
H	LabR10	5,95	<1	6,5	<5	1630	0,148	<0,1	nd	nd
	UNITO	1,8	<0,1	10,6	<0,055	974	<0,1		0,00400	11,60
I	LabR10	<6,9	<52	<0,37	<0,73	72,2	<0,010	0,041		4,30
	UNITO	0,1	<0,1	<0,95	<0,153	142	<0,1	<0,1	0,00126	3,75
L	LabR10	<6,7	<50	2,69	nd	127	0,335	0,005	nd	nd
	UNITO	0,1	<0,1	<0,294	<0,123	240	<0,1		0,00106	1,20
M	LabR10	2,44	n.d	8,14	0	<28	nd	<0,1	2,44000	<0,6
	UNITO	0,6	<0,1	<0,448	<0,229	604	<0,1		0,00255	4,70

Determinazione microbiologiche Salmonelle e Coliformi fecali

I parametri **microbiologici**, previsti dalle normative per la prevenzione del rischio igienico-sanitario, quindi a dimostrazione dell'avvenuta igienizzazione (i fanghi civili sono batteri ambientali che si nutrono della sostanza organica presente nelle acque reflue costituita in buona parte da materiale di origine fecale), sono stati individuati tramite due indicatori: un batterio resistente e potenzialmente patogeno (genere *Salmonella*) e un raggruppamento di batteri che vive esclusivamente nell'intestino degli animali a sangue caldo, tra cui l'uomo, definiti: Coliformi fecali, la cui presenza fornisce un indice appunto della residua contaminazione fecale .



I dati osservati per le Salmonelle da tutti i laboratori, mantengono tutti i fanghi in uscita nel range di *Alta Qualità*. I dati di UNITO sembrano più omogenei e rivelano un andamento più uniforme. I risultati dei Lab.R10 seguono lo stesso andamento evidenziato da UNITO con un solo valore in evidenza in quanto il Laboratorio ha fornito il dato come < 20 MPN/g ss. nel caso del fango H.



Per i **Coliformi fecali** si può dire che i dati dei laboratori confermano tutti che si è inferiori a valore di limite fissato dalla normativa vigente pari a 10.000 MPN/g ss. In questo panorama, il solo dato rilevato sul fango C ha una significativa differenza rispetto a quanto determinato da parte di UNITO. Vale la pena di ricordare che tutte le determinazioni sono state svolte su partite differenti dai due laboratori, ciò spiega la differenza in particolare dei valori microbiologici.

Fitotossicità

Il DLgs 99/92, all'art. 3, ammette l'utilizzazione in agricoltura dei fanghi se ricorre la condizione:

c) non contengono sostanze tossiche e nocive e/o persistenti, e/o bioaccumulabili in concentrazioni dannose per il terreno, per le colture, per gli animali, per l'uomo o l'ambiente in generale.

Tali caratteristiche, in particolare le concentrazioni di elementi/composti inorganici ed organici e microrganismi, sono verificabili attraverso prove chimiche o microbiologiche, di cui sopra.

Al contrario i test di fitotossicità nascono con lo scopo di saggiare gli effetti di matrici complesse (quali i fanghi) solide o liquide sui vegetali, per verificare che non esistano effetti dovuti alla combinazione di più composti presenti contemporaneamente e non sempre determinabili, che possono comportarsi come possibili inquinanti.

La Regione Lombardia ha previsto 2 tipologie alternative di test, in funzione delle differenti caratteristiche che possono avere le matrici da sottoporre:

- **germinazione:** di norma l'organismo indicatore è il *Lepidium Sativum* (crescione) i cui semi vengono posti in piastra a contatto con la matrice acquosa estratta dal fango in esame (diluizione al 30%). Viene successivamente conteggiato il numero di piantine germinate ed il fango viene valutato idoneo quando l'indice di germinazione è > del 60% dei semi utilizzati.
- **accrescimento:** in genere il vegetale testato è la *Lactuca Sativa* (lattuga) per la sua particolare sensibilità ai composti inquinanti. Il test viene condotto in vaso, con terreno standardizzato, dosi di fango crescenti, testimoni concimati. Il fango viene valutato idoneo all'utilizzo agricolo con un giudizio espresso.

Per una descrizione dettagliata sull'allestimento dei test, sulla sua conduzione e sull'elaborazione statistica dei dati derivanti dalle rilevazioni dei pesi (freschi e secchi) delle piante coltivate si rimanda all'All. B della DGR 16 aprile 2003 n. 12764.

Oltre ai test condotti dalle Ditte sui propri fanghi trattati, UNITO ha utilizzato il **test di crescita** sugli 11 campioni di fango esaminati. Nonostante richieda più tempo e risorse rispetto al test di germinazione (3-4 settimane), si è preferito il test di crescita in quanto:

- sicuramente idoneo a tutte le matrici da provare, in quanto fanghi non tal quali, ma "trattati";
- in grado di verificare che ci sia una correlazione positiva della crescita delle piante alla *presenza di elementi nutritivi* nel substrato (dosaggio) o, viceversa, negativa per la presenza di elementi in eccesso e/o di sostanze tossiche.

Il test viene realizzato allevando la specie vegetale indicatrice su un substrato, blandamente fertilizzato, cui viene aggiunta, a concentrazioni crescenti (in genere corrispondenti a t ss/ha da 0 a 15-20), la matrice da saggiare. La crescita delle piante (biomassa fresca e secca prodotta) viene confrontata con quella ottenuta sulle piante allevate sul solo substrato (controllo). Per ciascun dosaggio vengono allestite almeno 4 repliche.

Al termine della prova, le piante vengono raccolte e quantificati i pesi freschi e secchi. I dati sono elaborati, si esegue un test di confronto statistico ANOVA, e rappresentati graficamente in un diagramma di andamento dose-effetto.

UNITO per tutti i campioni di fango esaminati ha espresso il giudizio di idoneità **P2**, che indica che le produzioni medie secche ottenute sul substrato trattato con il fango in esame sono tutte *significativamente uguali a quelle del testimone, il prodotto non induce effetti avversi sulla crescita delle piante. Il prodotto si ritiene idoneo all'utilizzo agricolo.*

Riassunto dei valori di alcuni parametri microbiologici (concentrazioni di Salmonelle e Coli fecali) e di parametri biologici (esiti dei test di fitotossicità: germinazione ed accrescimento condotti sui fanghi

Impianto	Lab	Salmonelle	Coli fecali	Fitotossicità	
		MPN/g SS	MPN/g SS	germinazione	accrescimento
	Limite idoneo	100	10000	60%	P1 ÷ P4
	Limite alta qualità	100	10000	60%	P1 ÷ P4
A	LabR10	0	P3		
	UNITO	1,4	140	-	P2
B	LabR10		P3		
	UNITO	1,3	130	-	P2
C	LabR10	< 0,3	0		P4
	UNITO	3,4	4100	-	P2
D	LabR10	0	13		P2
	UNITO	1,4	140	-	P2
E	LabR10	< 3	< 30	64,5	
	UNITO	1,8	180	-	P2
F	LabR10	< 3	17	63,2	
	UNITO	1,3	130	-	P2
G	LabR10	< 3	860	76,7	
	UNITO	1,1	110	-	P2
H	LabR10	< 20	300		
	UNITO	1,3	130	-	P2
I	LabR10	0	< 30	65,92	
	UNITO	2	210	-	P2
L	LabR10	0	< 30		P2
	UNITO	2,3	230	-	P2
M	LabR10		P4		
	UNITO	3,4	340	-	P2

FANGHI: CONSIDERAZIONI RELATIVE AI RISULTATI ANALITICI DEI LABORATORI.

I risultati analitici relativi a tutti i parametri, sia per i Lab.R10 sia UNITO, hanno evidenziato concentrazioni sempre conformi ai valori limite di Legge previsti dalla Deliberazione n° X/2013 della Regione Lombardia.

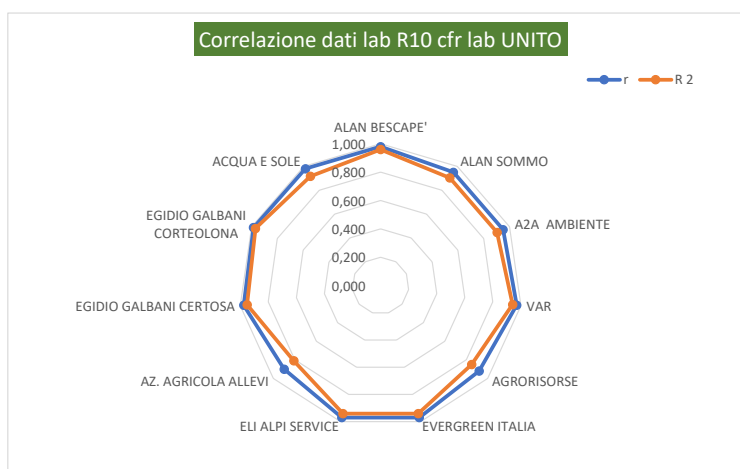
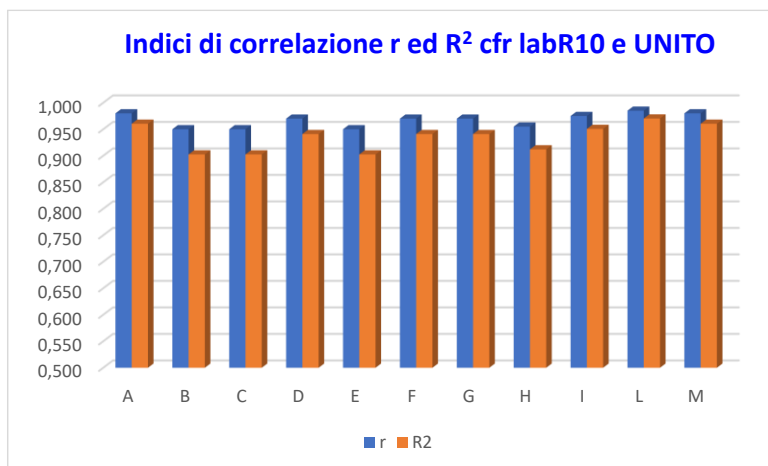
Sul totale degli 11 fanghi esaminati, 3 risultavano idonei, i restanti 8 erano classificabili come di "alta qualità".

Occorre sottolineare che non tutti i Lab.R10 hanno determinato tutti i parametri, in quanto alcuni di essi non erano prescritti nel controllo trimestrale preso in considerazione, viceversa in attuazione del capitolato d'incarico tecnico, il laboratorio UNITO ha effettuato l'intero set analitico previsto nel monitoraggio annuale.

Il trattamento statistico dei dati ha previsto la verifica o meno della normalità della distribuzione, la valutazione di eventuali outliers, che sono stati eliminati (pochi in entrambe le serie), l'applicazione di metodi di centratura e normalizzazione. Fatto questo pretrattamento, il dato analitico è stato trattato statisticamente, ad esempio per verificare la bontà della correlazione tra i due gruppi di misure: Lab.R10 - UNITO.

Dall'analisi di regressione condotta su tutti gli analiti si evince che la correlazione tra i valori è buona, sia dal parametro r , sia da R^2 , vicino all'unità 1 (valore considerato ideale). La correlazione è mostrata in figura.

	r	R^2
A	0,980	0,96
B	0,950	0,90
C	0,950	0,90
D	0,970	0,94
E	0,950	0,90
F	0,970	0,94
G	0,970	0,94
H	0,955	0,91
I	0,975	0,95
L	0,985	0,97
M	0,980	0,96



Correlazione dei dati sui parametri indagati; confronto Lab.R10 con UNITO.

Le correlazioni tra Lab.R10 e UNITO sono buone, per tutti i parametri indagati, tenendo anche e soprattutto conto dell'esigua numerosità dei campioni (tot = 11).

Dalle due serie di dati si evince che UNITO ha prodotto generalmente valori dei parametri inferiori a quelli prodotti dalle ditte di un 10-30%, in particolare dovuta ad un valore di concentrazione spesso minore riferito ai metalli.

In genere per risolvere la questione su chi sotto o sovrastima un dato sperimentale, è buona pratica ricorrere ad un *ring test* tra i laboratori con un campione certificato di fango di depurazione fornito da NIST o altra agenzia internazionale accreditata, tale soluzione, da verificare, potrebbe essere realizzata anche con costi contenuti.

In alternativa, si può entrare anche un circuito virtuoso con altri laboratori italiani ed europei il che consente in genere di migliorare la qualità del dato prodotto dal proprio laboratorio analitico.

Risultati conseguiti nelle determinazioni condotte sui terreni

Per i 47 terreni i cui dati sono stati messi a confronto, le analisi delle Ditte sono state fornite dalla Provincia e sono quelle, in autocertificazione, presentate in occasione delle comunicazioni periodiche agli Enti di controllo, che hanno validità biennale. I rapporti di prova emessi da UNITO, sempre n. 47, si riferiscono alle medesime parcelle di terreno, tutte georeferenziate, ma i campioni di terreno sono stati prelevati in epoche o periodi differenti. Esse si riferiscono all'attività (notifiche a 10 giorni) degli 11 impianti R10 che hanno anche fornito i campioni per le analisi dei fanghi più 1 che non ha operato attività R10 sul terreno notificato.

I parametri dei terreni indagati (illustrati nella tabella seguente) sono quelli indicati nella DGR n° X/2031 del 01/07/2014. Inoltre, per UNITO, con il disciplinare d'incarico sono stati richiesti alcuni parametri supplementari (scheletro, conduttività elettrica; Cr^{VI}, As, Se, Be, Tl, idrocarburi C10-C40) ritenuti utili in considerazione di possibili future modifiche normative, ma non ancora normati. I metodi adottati, se diversi da quelli raccomandati dalla Regione Lombardia, sono stati validati in base a quanto stabilito dalla norma UNI ISO CEI/CEN 17025:2005.

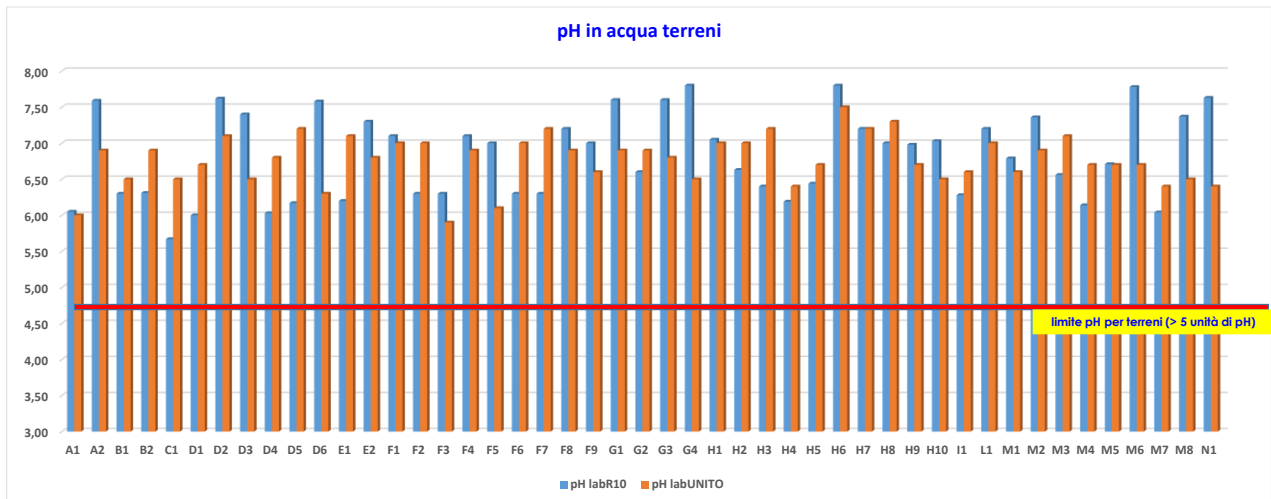
Terreni: parametri analizzati, metodi usati e limiti legislativi

PARAMETRI TERRENI	u.d.m.	Metodi Lab UNITO	Metodi Lab R10	Metodi suggeriti Delib. N° X/2031 del 01/07/2014 Regione Lombardia	Limiti per i terreni
pH	Unità di pH	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. III.1	DM 13/09/1999 SO n. 185 GU n. 248 21/10/1999 Met. III.1; IRSA- CNR 1 Q 64 Vol 3	Metodo III.1 - D.M. 13/09/99	≥ 5
C.S.C. (Capacità di scambio cationico)	meq/100 g	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XIII.2	DM 13/09/1999 SO n. 185 GU n. 248 21/10/1999 Met. XIII.2	Metodo XIII.2 - D.M. 13/09/99	≥ 8
Metalli pesanti					
CADMIO (Cd)	mg/kg SS	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1	DM 13/09/1999 SO n. 185 GU n. 248 21/10/1999 Met. XI.1; EPA 200.7 1994; EPA 3051 A 2007 + EPA 6010D 2018; DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1+ EPA 6010D 2014; DM 13/09/99 GU N° 248 21/10/99 + DIN 38414 Met. XI.1	Metodo XI.1 - D.M. 13/09/99	≤ 1,5
MERCURIO (Hg)	mg/kg SS	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1	DM 13/09/1999 SO n. 185 GU n. 248 21/10/1999 Met. XI.1; EPA 200.7 1994; EPA 3051 A 2007 + EPA 6010D 2018; DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1+ EPA 6010D 2014; DM 13/09/99 GU N° 248 21/10/99 + DIN 38414 Met. XI.1	Metodo XI.1 - D.M. 13/09/99	≤ 1,0
NICHEL (Ni)	mg/kg SS	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1	DM 13/09/1999 SO n. 185 GU n. 248 21/10/1999 Met. XI.1; EPA 200.7 1994; EPA 3051 A 2007 + EPA 6010D 2018; DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1+ EPA 6010D 2014; DM 13/09/99 GU N° 248 21/10/99 + DIN 38414 Met. XI.1	Metodo XI.1 - D.M. 13/09/99	≤ 75
PIOMBO (Pb)	mg/kg SS	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1	DM 13/09/1999 SO n. 185 GU n. 248 21/10/1999 Met. XI.1; EPA 200.7 1994; EPA 3051 A 2007 + EPA 6010D 2018; DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1+ EPA 6010D 2014; DM 13/09/99 GU N° 248 21/10/99 + DIN 38414 Met. XI.1	Metodo XI.1 - D.M. 13/09/99	≤ 100
RAME (Cu)	mg/kg SS	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1	DM 13/09/1999 SO n. 185 GU n. 248 21/10/1999 Met. XI.1; EPA 200.7 1994; EPA 3051 A 2007 + EPA 6010D 2018; DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1+ EPA 6010D 2014; DM 13/09/99 GU N° 248 21/10/99 + DIN 38414 Met. XI.1	Metodo XI.1 - D.M. 13/09/99	≤ 100
ZINCO (Zn)	mg/kg SS	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1	DM 13/09/1999 SO n. 185 GU n. 248 21/10/1999 Met. XI.1; EPA 200.7 1994; EPA 3051 A 2007 + EPA 6010D 2018; DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XI.1+ EPA 6010D 2014; DM 13/09/99 GU N° 248 21/10/99 + DIN 38414 Met. XI.1	Metodo XI.1 - D.M. 13/09/99	≤ 300
Capacità di ossidazione del Cromo	μmoli di Cr(VI)	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XII.6	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. XII.6	Test rapido di Bartlett & James	< 1

Determinazione del valore di pH in acqua

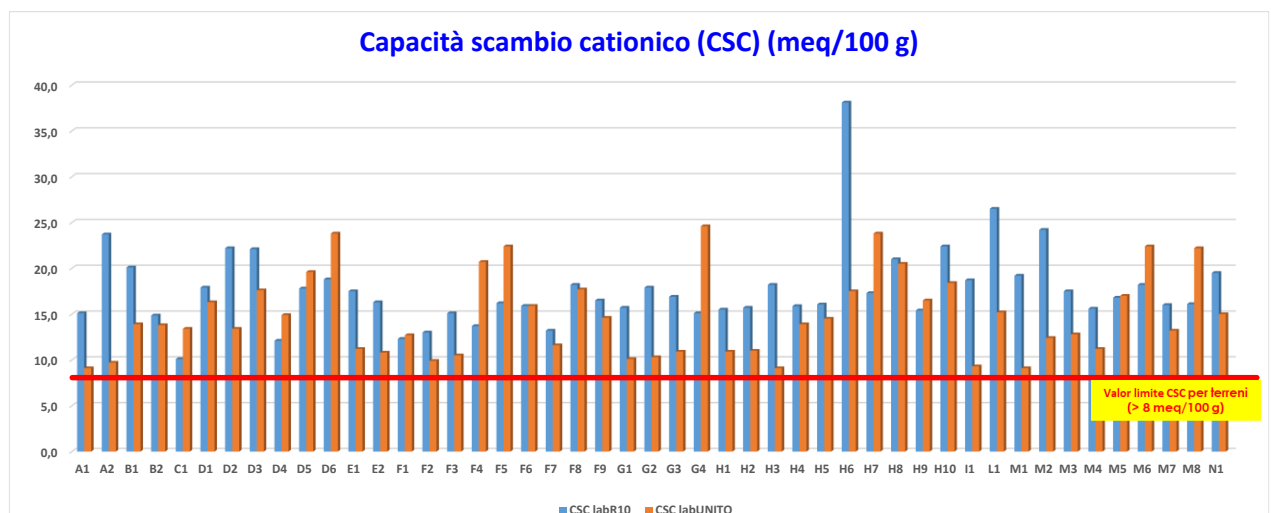
I laboratori hanno misurato valori sempre accettabili di pH, tutti > 5, soglia minima per lo spandimento in agricoltura. La media di UNITO è leggermente più bassa della media di Lab.R10, i dati dei Lab.R10 mostrano una maggiore variabilità (maggior dispersione del dato analitico), ciò è anche giustificato dal fatto che si tratta di laboratori differenti.

Alcuni laboratori hanno anche misurato il pH in KCl, misura non richiesta dalla legge, che talvolta viene utilizzata per valutare l'acidità scambiabile, utile quando si deve correggere il pH del suolo con aggiunte di calce o carbonati, se il suolo è troppo acido, oppure con aggiunte di solfati o di zolfo, se il suolo è troppo alcalino a causa soprattutto del sodio.



Determinazione della Capacità di Scambio Cationico (CSC)

I valori osservati dai laboratori sono abbastanza diversi: in media i valori misurati da Lab.R10 sono maggiori di quelli misurati da UNITO. La CSC si presenta come il parametro chimico-fisico più critico. Il metodo nel suo svolgimento implica, sia per la preparativa, sia per la titolazione, la soggettività dell'operatore e ciò può incidere significativamente sulle differenze riscontrate tra i due dati riferiti allo stesso terreno.



I rapporti di prova di UNITO non riportano l'incertezza di misura. In alcuni rapporti di prova dei Lab.R10, quando riportata, l'incertezza di misura arriva anche oltre il 40% del valore determinato. La CSC, dal cui valore dipende la quantità di fanghi utilizzabile (t ss/ha/anno), non sembra un parametro "sicuro", in quanto scarsamente riproducibile. Tale incertezza potrebbe creare difficoltà nel definire il quantitativo di fango spandibile e potrebbe non esserci la certezza del dato in caso di un controllo da parte dell'Ente preposto a verificare il rispetto della norma.

In questo caso più che per altri analiti già citati, sarebbe utile l'adozione di un campione di suolo certificato (NIST, BCR o SILPA), con caratteristiche simili alla tipologia dei suoli indagati, in particolare sulla base della loro tessitura. A titolo informativo, un recente studio fatto dalla Facoltà di Agraria dell'Università Cattolica di Piacenza su 514 campioni di suolo della Lomellina, ne ha stabilito l'appartenenza alla classe franco-sabbiosa al 90% (FS), e bassi contenuti di argilla e di sostanza organica (circa il 2%), due componenti che hanno peso significativo nel determinare il valore di CSC.

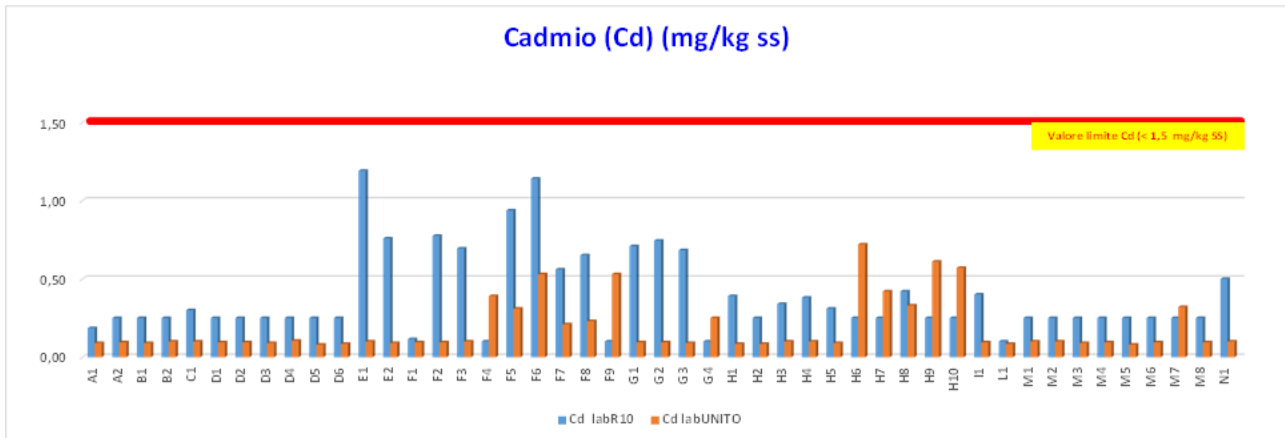
In alternativa, per ovviare a questa difficoltà, si potrebbe procedere alla preparazione di un suolo certificato predisposto ad hoc, contattando SILPA (Società Italiana Laboratori Pedologici e Agrochimici), prelevando 50 kg di terreno rappresentativo delle aree principalmente utilizzate per l'impiego di fanghi.

Determinazione dei metalli pesanti

Vengono di seguito presentati i valori delle concentrazioni dei metalli (Cd, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn, capacità di ossidazione del Cromo) come previsti dalla normativa della Regione Lombardia (DGR n° X/2031 del 01/07/2014).

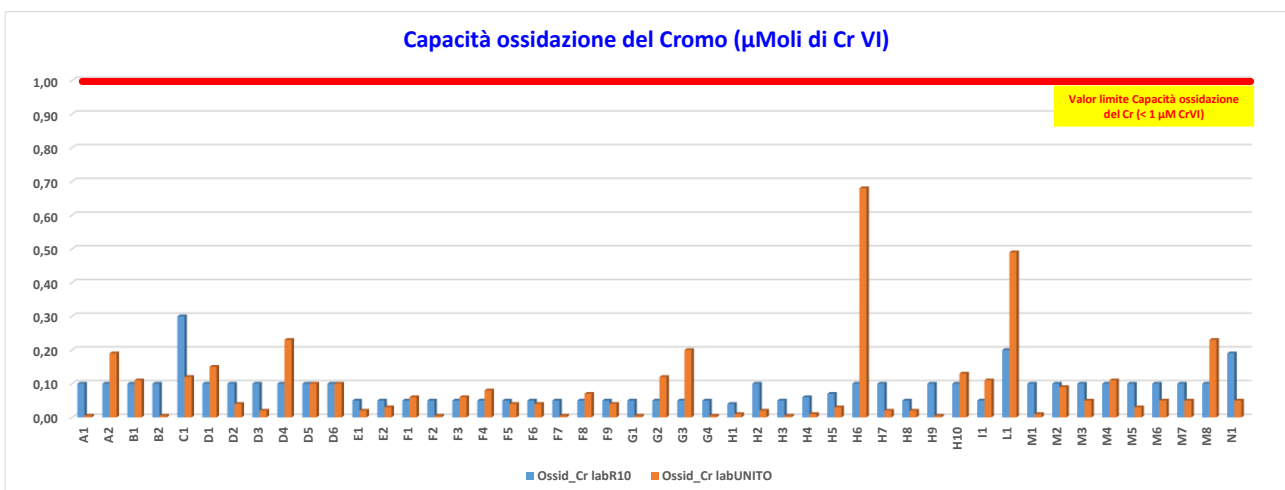
Determinazione del Cadmio (Cd)

Per il parametro Cadmio, le misure di UNITO offrono un limite di rilevabilità più basso rispetto ai Lab.R10. Si è comunque sempre entro il valore previsto dalla normativa (1,5 mg/kg di ss) per tutti i campioni esaminati.



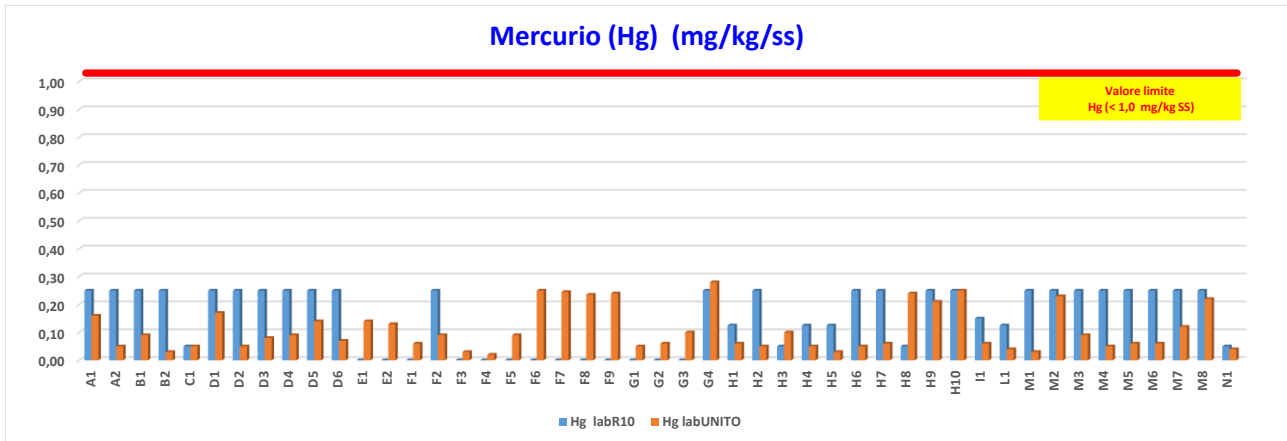
Determinazione della Capacità di ossidazione del Cromo

Per la capacità di ossidazione del Cr a Cr(VI), determinata con il test di Bartlett & James, tutti i laboratori hanno fornito dati inferiori al previsto limite di 1 μM Cr VI. I Lab.R10 hanno fornito tutti dati inferiori al limite di rilevabilità del Cr(VI) 0,1 μM , mentre UNITO ha comunque quantificato quasi tutti i valori con un limite di rilevabilità molto inferiore.



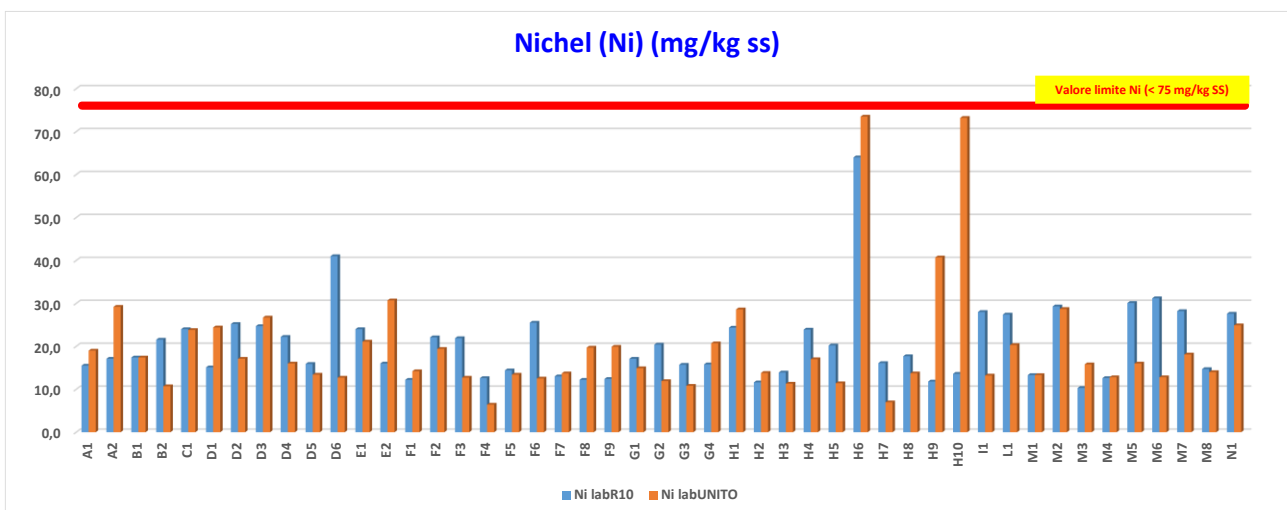
Determinazione del Mercurio (Hg)

Tutti i valori misurati dai due laboratori per il Mercurio sono sotto il limite di legge, fissato a 1,0 mg/kg di ss. I Lab.R10 quantificano spesso il dato come minore del limite di rilevabilità strumentale, 'attestandosi' a < 0,25 mg/kg, mentre UNITO quantifica anche valori di 0,03 mg/kg ss e fornisce più del 90% di valori determinabili, con solo l'8,5% minori del LOD



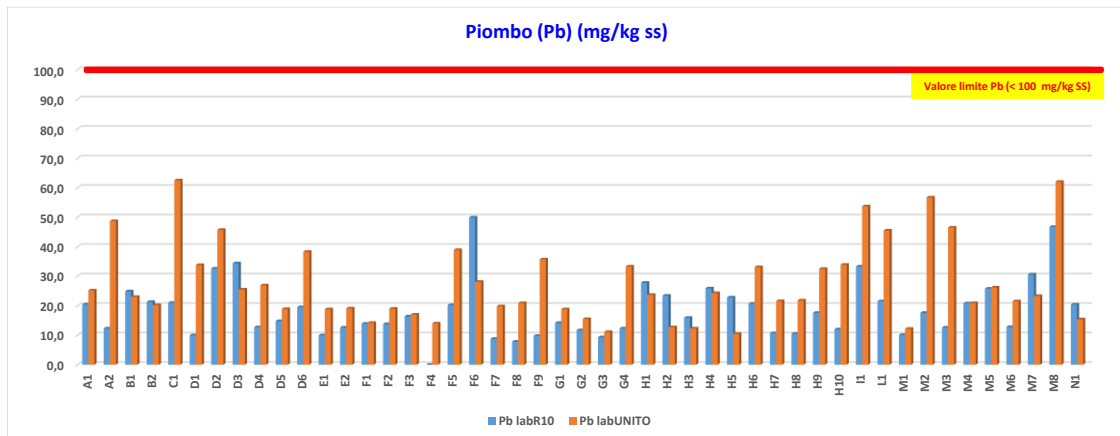
Determinazione del Nichel (Ni)

I valori di questo elemento sono ben correlati (99%) tra i laboratori, che esprimono anche valori medi vicini e buona accuratezza del dato. Nessun campione eccede il limite di Legge, fissato a 75 mg/kg ss. Per i due terreni che si avvicinano al limite; occorre valutare però l'ubicazione, perché questo dato elevato potrebbe essere giustificato dalla posizione geografica (se è vicino a fiumi o corsi d'acqua che possano veicolare materiali di alterazione di rocce ofiolitiche a monte).



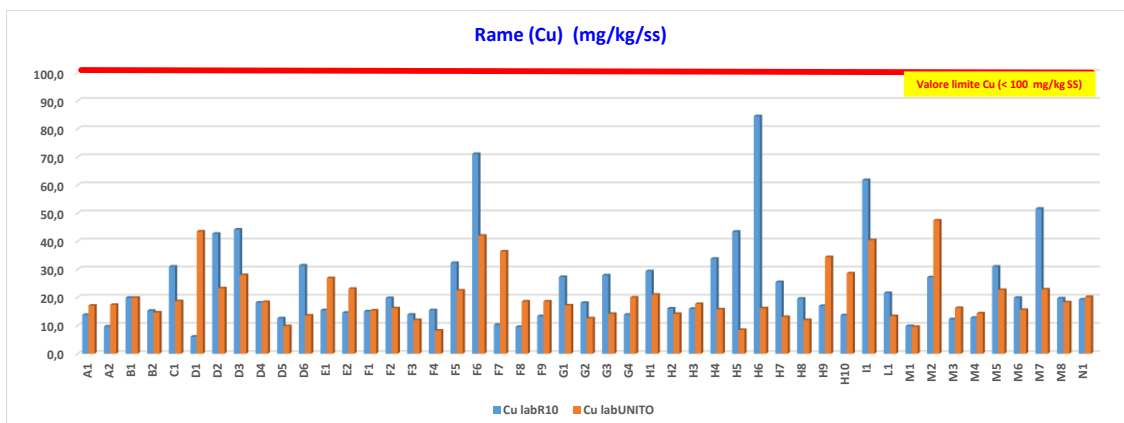
Determinazione del Piombo (Pb)

I dati sul Piombo sono completi per tutti i laboratori, sempre inferiori al limite di legge fissato a 100 mg/kg ss. La dispersione dei dati è minore per Lab.R10 e l'accuratezza, misurata dal coefficiente di variazione, è praticamente uguale sia per Lab.R10 sia per UNITO.



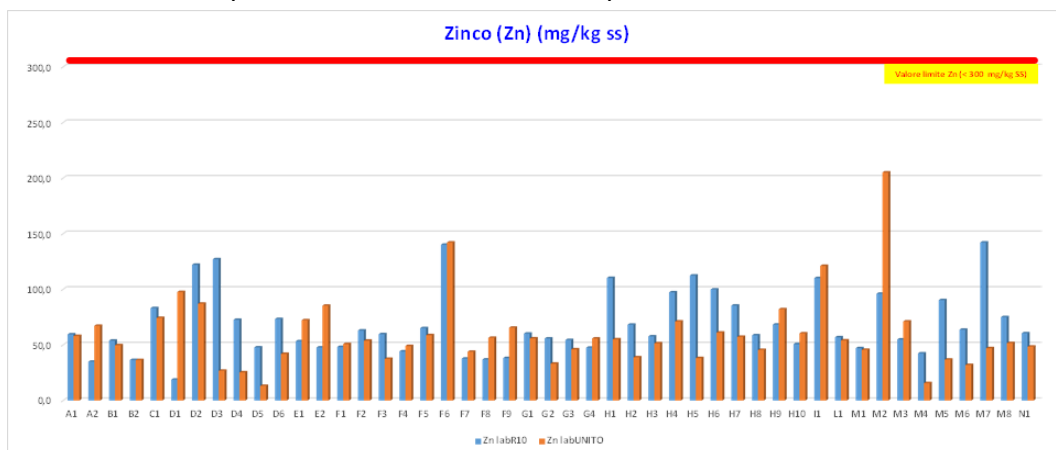
Determinazione del Rame (Cu)

Per il Rame i valori misurati dai laboratori per tutti i terreni sono sempre al di sotto del limite di legge di 100 mg/kg ss. I dati prodotti da Lab.R10 sono spesso sistematicamente maggiori rispetto a quelli misurati da UNITO.



Determinazione dello Zinco (Zn)

Per i dati dello Zinco tutte le misure sono sotto il limite di legge di 300 mg/kg di ss. In media i valori prodotti da Lab.R10 sono più alti sistematicamente di quelli di UNITO.

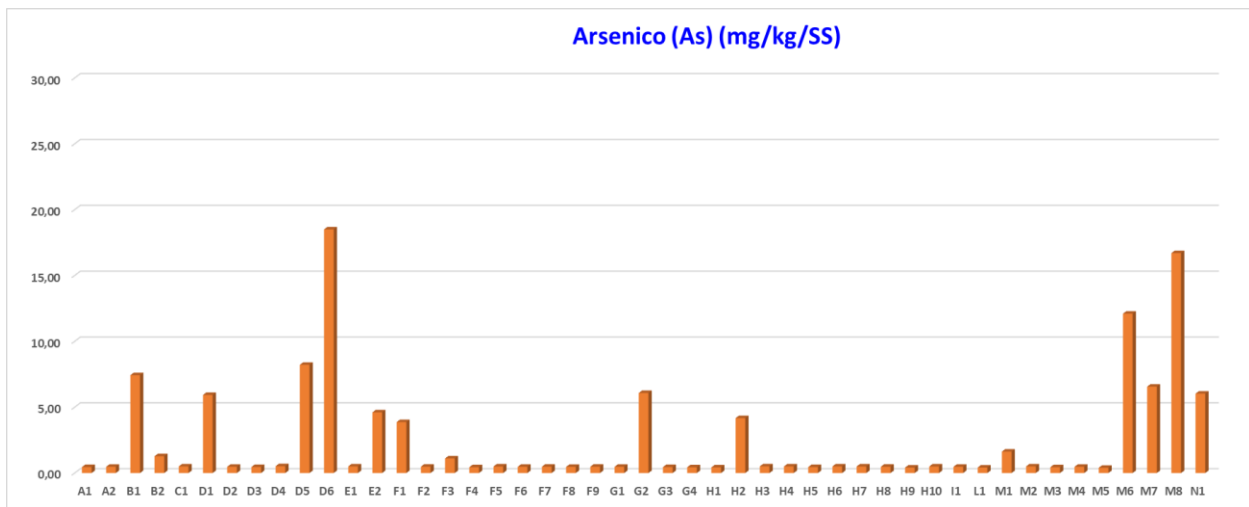


DETERMINAZIONI ADDIZIONALI

Sono riportate di seguito le figure con la distribuzione delle concentrazioni di alcuni parametri addizionali (contenuto di Arsenico, Berillio, Selenio, Tallio, Cromo esavalente e degli idrocarburi C10-C40) non richiesti dalla vigente legislazione Regionale, ma, come detto nell'introduzione, inseriti dalla Commissione nel disciplinare per il laboratorio ed utili per considerazioni future. Pertanto, sono disponibili solo i dati forniti da UNITO, per tutti i campioni di terreno indagati.

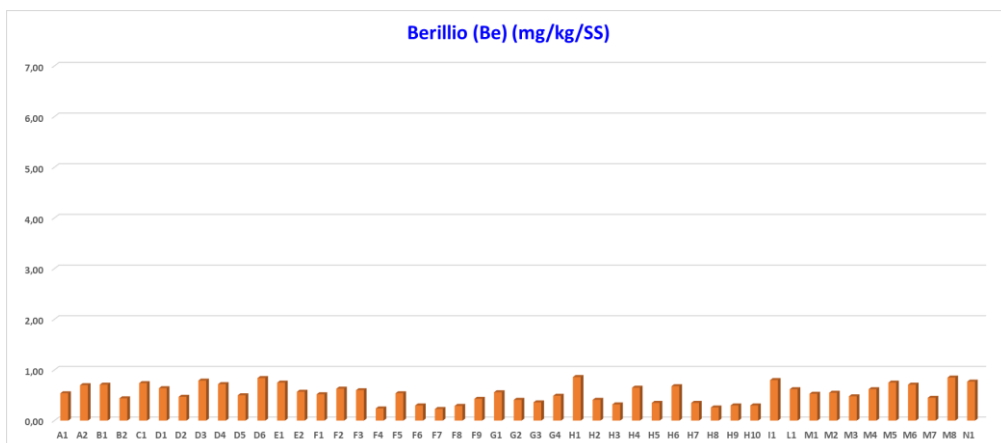
Determinazione dell'Arsenico (As)

La figura mostra la distribuzione dei dati dell'Arsenico; il fatto che 34 dati (il 72% del totale) siano inferiori al limite di rilevabilità e solo 13 (il 27% siano risultati misurabili) evidenzia la scarsa presenza di As nei suoli indagati.



Determinazione del Berillio (Be)

La figura mostra la distribuzione dei dati del Berillio. Tutti i dati erano superiori al limite di rilevabilità.

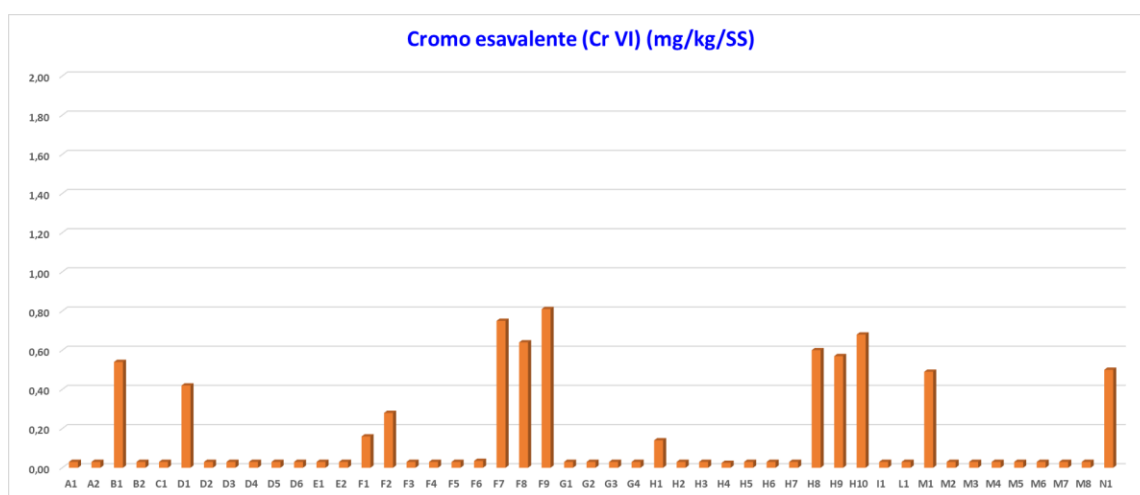


Determinazione del Cromo esavalente (Cr VI)

La figura mostra la distribuzione dei dati del Cromo esavalente (Cr VI). Solo 15 (il 28% del totale) sono misurabili; gli altri 32 (il 68% del tot) sono inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

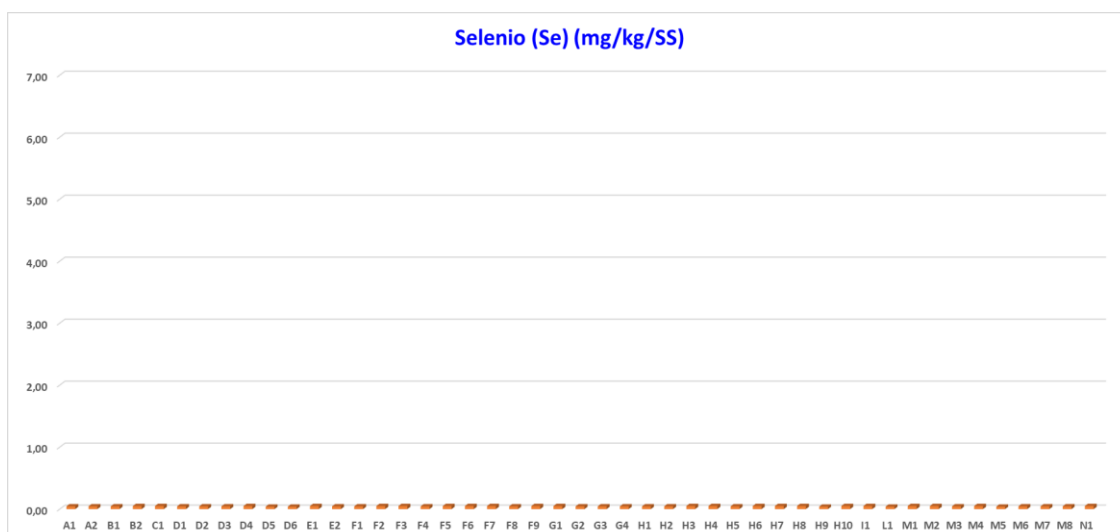
I valori del Cromo esavalente risultano molto bassi rispetto ai pochi valori che si possono reperire in bibliografia ed ai limiti posti per le bonifiche in colonna A della tab. 1 (2 mg/kg ss per verde pubblico, privato, residenziale) all. 5, titolo V del DLgs 152/2006.

Come evidenzia JRC nel documento "Progetto di Monitoraggio Ambientale su tutto il territorio della Regione Lombardia – Progetto Soil" del 2015, le tecniche attualmente utilizzate per la quantificazione del Cromo esavalente non ne consentono una stima precisa e ripetibile, a causa delle reazioni di ossido riduzione che avvengono in fase analitica.



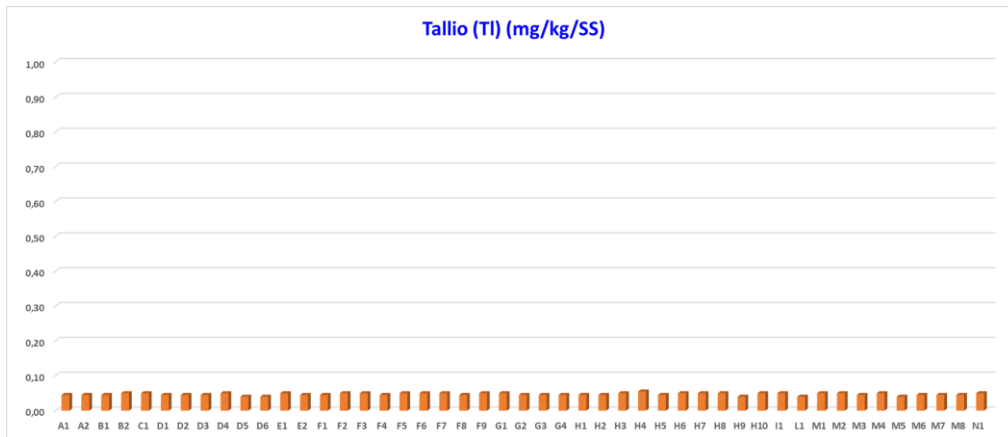
Determinazione del Selenio (Se)

La figura mostra la distribuzione dei dati del Selenio. Tutti i valori sono sotto il limite di rilevabilità strumentale.



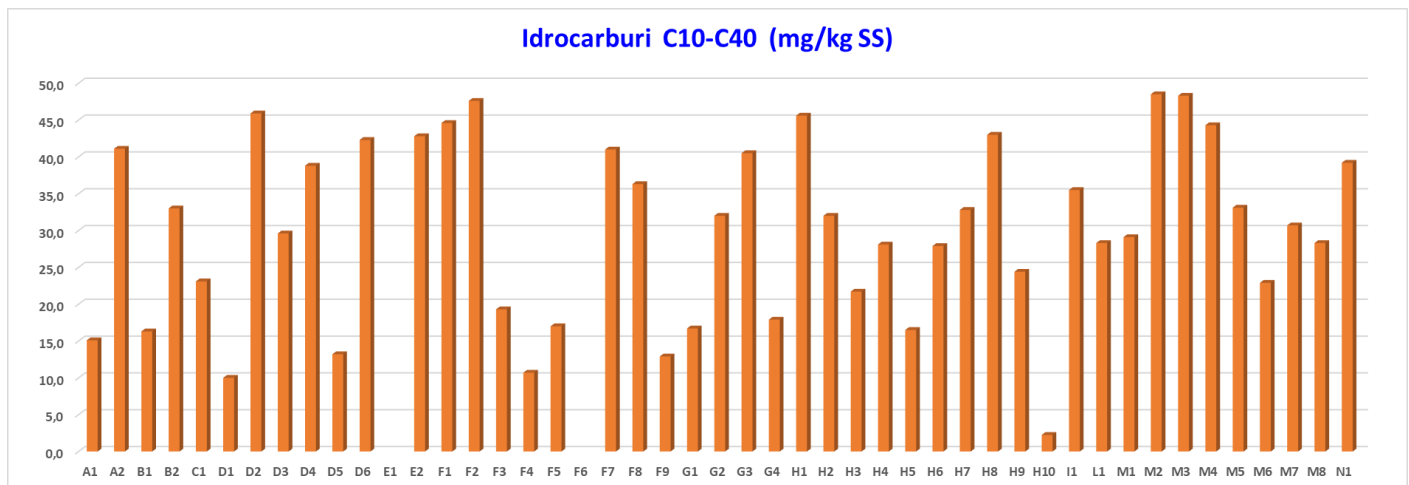
Determinazione del Tallio (Tl)

La figura mostra la distribuzione dei dati del Tallio. Tutti i valori sono sotto il limite di rilevabilità strumentale



Determinazione degli idrocarburi (C10- C40)

Come già ricordato, il dato analitico relativo agli idrocarburi C10-C40 è un dato difficile da determinare e da interpretare, viste la difficoltà insite nella metodica analitica utilizzata. La determinazione in oggetto prevede fasi estremamente complesse e non perfettamente definite dalla metodica, quali l'estrazione, la purificazione, la taratura della strumentazione. Sarà utile a questo proposito l'annunciata revisione della metodica annunciata da ISPRA



Considerazioni relative alle determinazioni condotte sui terreni

Premesso che questo lavoro di “autocontrollo” ha dimostrato che l’attività R10 si svolge in “qualità” e nel rispetto delle regole, in generale occorre precisare che:

- **i terreni agricoli sono in buona salute**, infatti i valori di tutti i parametri determinati sui terreni (n. 47) li fanno risultare *idonei* a ricevere i fanghi, nelle modalità stabilite dal legislatore;
- **le epoche dei campionamenti e delle analisi effettuate da UNITO non coincidono con quelle effettuate dai labR.10;**
- **le metodiche utilizzate sono conformi** a quelle suggerite dalla Legislazione Regionale vigente (DGR n. X/2031 del 01/07/2014);
- **per i parametri normati dalla legge tutti i laboratori hanno fornito il 100% dei dati**

In generale si osserva una discreta correlazione dei dati UNITO – Lab.R10, in media questi ultimi hanno fornito valori del 10-30% superiori a quelli di UNITO, ciò è particolarmente evidente nella determinazione di alcuni Metalli Pesanti e della capacità di scambio cationico, parametro insieme al pH necessario a stabilire le quantità ammissibili di fanghi che si possono aggiungere ai suoli agrari. Come citato in precedenza per dirimere la questione è suggerito l’uso di un campione certificato di terreno con caratteristiche simili a quelle medie dei suoli indagati.

Un aspetto del progetto che è necessario sottolineare è costituito dal ruolo estremamente positivo svolto da UNITO, un laboratorio qualificato di terza parte il cui coinvolgimento ha permesso di verificare e di qualificare i risultati prodotti dai diversi Lab. R10, i quali quotidianamente sono impegnati in queste tipologie di analisi. Inoltre, ha evidenziato la possibilità di un ulteriore miglioramento della qualità analitica dei laboratori coinvolti nelle analisi, attraverso l’aggiornamento di alcune metodiche analitiche, la necessità di confronti e scambi interlaboratoriali.

L’effettuazione di questo controllo su **47 punti** è stata utile per la conferma dei dati pregressi e può aiutare ad istituire confronti e scambi interlaboratoriali, anche con incontri periodici tra i responsabili dei laboratori per armonizzare al meglio i metodi analitici recependo in tempo utile gli aggiornamenti legislativi.

Merita attenzione la determinazione del contenuto di idrocarburi: la metodica in adozione non discrimina tra la quota fossile e quella vegetale e pur operando con lo stesso metodo sugli stessi campioni si sono ottenuti risultati anche diversi. Sarebbe opportuno trovare una metodica più idonea che discrimini bene le nature dei composti organici interessati.

Infatti, solo con la collaborazione dei soggetti interessati si riesce a produrre il miglioramento, attraverso l’individuazione dei problemi e delle soluzioni che tengano conto delle differenti esigenze, che in questo settore sono molteplici in continua evoluzione.

Proposte e considerazioni finali

Grande opportunità offerta dalla collaborazione pubblico-privato

La collaborazione tra pubblico e privato, che si è concretizzata nell'ideazione e realizzazione del presente progetto, ancorché rara nel nostro Paese, è stata altamente proficua. I produttori di fango hanno fornito le risorse economiche, in quantità proporzionale all'entità della propria attività, sottoponendosi ad una verifica della propria produzione attraverso l'affidamento dell'incarico ad un soggetto pubblico, di alto profilo e competenza (UNITO), stante l'impossibilità di ARPA Lombardia, prioritariamente coinvolta, ad assumere l'incarico.

Agendo in tal modo sono stati messi a disposizione dell'Amm.ne Provinciale informazioni indispensabili anche per poter rispondere ai cittadini e alle Organizzazioni ambientaliste circa l'effettivo svolgimento dei controlli.

Conferma della qualità dell'autocertificazione

Il primo dato che emerge da questa indagine è rappresentato dal fatto che la considerevole mole di certificati di analisi prodotte nei decenni da parte dei Laboratori incaricati dai produttori di Fanghi R10 corrispondono, con la tolleranza ammissibile, derivante dall'esecuzione del processo analitico, con quanto verificato dall'Università di Torino.

Come detto questa circostanza valorizza la competenza dei diversi laboratori che operano in questo ambito a supporto dei produttori e accredita anche le certificazioni pregresse trasmesse in autocertificazione ora, ma anche in passato.

Le analisi richieste dalla normativa sono in alcuni casi semplici dal punto di vista operativo, come ad esempio la determinazione del pH, ma richiedono comunque attenzione e metodo, in altri casi come per il calcolo della tossicità equivalente di PCDD/F e PCB espressa come dioxin-like si tratta di analisi estremamente complesse, sia dal punto di vista strumentale sia per la manualità e competenza richiesta nella preparazione del campione.

Profonda conoscenza dei fanghi R10 e dei rifiuti da cui originano

Assumendo quindi come dati analitici affidabili tutto quanto viene prodotto dalle Ditte, e regolarmente fornito all'Ente responsabile del controllo, è possibile desumere, anche attraverso la lunghissima ed ampia serie storica dei dati prodotti, una conoscenza molto approfondita del Fango destinato ad uso agricolo ed anche dei rifiuti che lo originano. Le informazioni analitiche pregresse, insieme ai numerosi studi effettuati al proposito, fanno infatti del fango R10 una delle matrici ambientali più profondamente studiate. Questa ampia tracciabilità deriva dal fatto che l'intero processo R10 si sviluppa all'interno della normativa relativa ai rifiuti, questo a differenza di altre matrici come, ad esempio, i "gessi" e il compost da fanghi per i quali l'analisi dei prodotti finiti e le caratteristiche dei terreni di utilizzo non vengono, a termini di legge, richiesti ai produttori di questi fertilizzanti.

Questo prezioso patrimonio di conoscenza analitica del fango R10 ci consente anche di ricostruire la sua evoluzione nel tempo ed avere sempre più la percezione delle possibilità di miglioramento del prodotto finale e delle tecniche di impiego, le quali possono essere facilmente monitorate dagli organismi di controllo periferici (Comuni), in quanto il programma di utilizzo viene

comunicato per tempo alle stesse Amministrazioni decentrate. Questo aspetto è particolarmente rilevante per il contenimento delle molestie olfattive in quanto l'utilizzo dei fanghi R10 è preventivamente comunicato e quindi verificabile durante il suo svolgimento, mentre per i "gessi" non è stata prevista alcuna comunicazione preventiva, almeno sino all'avvento in Regione Lombardia della L.R. 15/2021 che ne ha imposto una tracciabilità, anche se solo parziale rispetto a quella per i fanghi R10.

[Ipotesi di ulteriore miglioramento della qualità del dato analitico](#)

Pur riconoscendo il buon accordo dei dati analitici tra i Lab R10 e UNITO, e ai Lab R10 una propria specializzazione nel produrre i dati richiesti dalla normativa, si ritiene utile sviluppare ulteriormente la qualità analitica dei dati relativi sia ai fanghi, sia ai terreni. Questa necessità nasce dall'esigenza di poter disporre di dati sempre più precisi che ci possano guidare verso un'evoluzione dei fanghi stessi, riducendo i margini di incertezza dei parametri sui quali si intende agire.

Fino ad ora non è mai stato fatto, ma potrebbe essere estremamente utile effettuare controlli interlaboratoriali con campioni di riferimento acquistati come standard certificati o con matrici di riferimento costituiti da fanghi reali e di terreni rappresentativi dell'area di nostro interesse. Potrebbe essere formulata ai produttori di fango la richiesta di rivolgersi, per i propri fabbisogni analitici, prevalentemente a Laboratori che partecipano con successo a test interlaboratoriali, ciò per conferire autorevolezza e valore ai dati forniti; a tale circuito potrebbe partecipare anche ARPA Lombardia conferendo in tal modo una validazione della qualità analitica dei Laboratori e comprovando di fatto anche la qualità delle autocertificazioni che da tali determinazioni ne deriva.

[Valore economico ed ambientale del recupero di materia e problematiche in essere](#)

Dalle concentrazioni di Azoto e Fosforo rilevate nei fanghi, ma soprattutto dall'esperienza maturata in campo durante una pratica agricola sviluppata per decenni, è indiscutibile l'importanza del contributo di nutrienti che il fango apporta alle colture agrarie, riducendo, fino ad annullare in alcuni casi, attraverso piani di concimazione mirati, la necessità di ricorrere ad altri fertilizzanti minerali o di sintesi. Ciò costituisce, oltre all'opportunità del riuso di materia in un'ottica di una sempre maggiore direzione verso l'economia circolare e la sostenibilità ambientale, un importante fattore economico dei costi aziendali. In alcuni casi questo risparmio è determinante nella produzione del reddito aziendale. Ma l'apporto ulteriore e molto rilevante che i fanghi trasferiscono al terreno è costituito dalla sostanza organica. Il suolo è il massimo serbatoio terrestre di carbonio: ne contiene tre volte di più dell'intera atmosfera (Jo Handelsman, Università del Wisconsin, "Le Scienze, *Scientific American*", settembre 2021) e la sostanza organica è indispensabile per mantenere attivo il prezioso consorzio di flora microbica, fungina, protozoi e nematodi, che insieme conferiscono fertilità al suolo agricolo. Con la nascita dell'agricoltura moderna è iniziato un processo di impoverimento dei suoli e di depauperamento della sostanza organica che si è fortemente incrementato nell'ultimo secolo. La produzione alimentare per una popolazione sempre in crescita ha rimosso circa la metà del carbonio un tempo contenuto nei suoli, una carenza che non può essere compensata dal contributo zootecnico, in quanto la zootecnia stessa determina un'occupazione del suolo per la coltivazione di alimenti (cereali, soia e altri vegetali) e le quantità di mangimi prodotti per il sostentamento animale superano ormai ampiamente quella necessaria per produrre carboidrati e proteine vegetali destinate al consumo

umano. Per questo motivo l'organico di origine zootecnica, già ora ampiamente insufficiente, lo sarà ancor di più in futuro, soprattutto se si ipotizza, come appare dalle linee di tendenza e dagli stili alimentari, un progressivo minor consumo di carni con conseguente diminuzione di capi allevati. Ripristinare questo serbatoio naturale di carbonio organico consentirebbe di ridurre la CO₂ in atmosfera, con i conseguenti effetti benefici sul clima, inoltre verrebbe salvaguardata la fertilità dei suoli agricoli, i quali, depauperati di sostanza organica, sono esposti al rischio di infertilità e di massiva erosione. Proprio da queste considerazioni è nata l'iniziativa del "4 per 1000", proposta dal Governo Francese alla conferenza contro i cambiamenti climatici COP 21 di Parigi. Tale proposta, recepita in linea di principio dal nostro Paese e dal Parlamento Europeo, ha l'obiettivo di far crescere il contenuto in sostanza organica dei suoli del 4X1000, consentendo in tal modo di compensare le emissioni di biossido di carbonio (CO₂), oltre che salvaguardare la fertilità dei terreni agricoli. Se l'Iniziativa 4X1000 è per ora solo una dichiarazione di principio la cui attuazione richiede lo sviluppo di strategie globali per essere applicata (cambiamenti colturali, gestione del territorio, modifiche della pratica zootecnica, ecc.), l'utilizzo agricolo dei fanghi di depurazione può rappresentare un piccolo ma significativo apporto in tal senso. Esistono già atti consolidati che ci portano nella stessa direzione come, ad esempio, la Direttiva Rifiuti 2008/98/CE, recepita con il D.Lgs n. 205/2010. Essa, raccomandando prioritariamente la prevenzione della produzione di rifiuti, sostiene il ruolo fondamentale del riutilizzo, del riciclaggio e del "recupero". La Direttiva stabilisce una lista non esaustiva di tali operazioni di recupero, ma tra esse è espressamente citato, tra gli altri, il processo R10, definito come "Trattamento in ambiente terrestre a beneficio dell'agricoltura o dell'ecologia" nel quale si individua il recupero di materia e di nutrienti ai fini di produzione agricola.

Utilizzo dei Fanghi R10 e problematiche in essere

L'utilizzo dei fanghi in agricoltura, se, prevalentemente gradito ed apprezzato dai produttori agricoli, è fortemente inviso a larga parte dell'opinione pubblica. Questa opposizione può essere determinata anche da legittime preoccupazioni sia per l'ambiente, sia per la salute. Proprio per dare risposte a queste preoccupazioni è importante realizzare studi e ricerche sempre più approfonditi ed esaurienti, ed in questo contesto si inserisce la presente ricerca condotta sulla matrice "fango".

Accumulo nel suolo di composti persistenti

Il pericolo determinato dal possibile accumulo nei suoli di composti tossici, in particolare dei metalli pesanti, è sicuramente la preoccupazione più ricorrente. Di seguito vengono riportati i valori limite della concentrazione dei composti maggiormente persistenti nei fanghi, i metalli appunto, ai quali è necessario aggiungere anche i composti organici più persistenti, rappresentati principalmente dalle Diossine, espresse come tossicità equivalente della TCDD, determinata da Diossine, Furani e PCB.

Per tutti questi composti, considerati persistenti e bioaccumulabili, quando normativamente definito, vengono riportati nella tabella seguente, oltre ai valori limite fissati sia per i fanghi sia per i terreni a cui i fanghi possono essere destinati. Viene anche indicata la **concentrazione media** di questi composti nei 9 fanghi derivanti da scarichi civili sottoposti ad analisi da UNITO (sono stati esclusi dal calcolo del valore medio i 2 fanghi di origine esclusivamente agro-alimentare in quanto ritenuti atipici e a tenore inferiore di metalli). Una prima considerazione alla lettura è che per i

parametri qui sotto riportati, il **valore medio** dei fanghi sottoposti ad analisi è risultato inferiore ai relativi limiti previsti per i fanghi di alta qualità.

Composti Persistenti		Fanghi R10			Terreni Idonei
Parametro	Unità di misura	Valore limite idonei	Valore limite alta qualità	Valore medio dei fanghi civili	Valore limite
Cd	mg/kg ss	<20	<5	0,9*	<1,5
Cr	mg/kg ss	<250	<200	63**	(<150)
Cr VI	mg/kg ss	<2		<0,6**	(<2)
Hg	mg/kg ss	<10	<5	0,24*	<1,0
Ni	mg/kg ss	<300	<50	44,0*	<75
Pb	mg/kg ss	<700	<250	44,0*	<100
Cu	mg/kg ss	<1000	<400	283*	<100
Zn	mg/kg ss	<2500	<600	569*	<300
As	mg/kg ss	<20	<10	5,5**	(<30)
Se	mg/kg ss	<10		1,4**	(<3)
Be	mg/kg ss	<2		<0,4**	(<7)
PCDD/F PCB dooxin like WHO TEQ	ng/kg ss	<25		7,2**	(<6)

*valore medio fango inferiore al valore limite del terreno

* valore medio fango superiore al valore limite del terreno

** valore medio fango superiore al valore limite del terreno Decreto 1 marzo 2019 n. 46

** valore medio fango inferiore al valore limite del terreno Decreto 1 marzo 2019 n. 46

() valori ricavati dal Decreto 1 marzo 2019 n. 46

Solo Zn* e Cu* sono presenti nel fango in concentrazione superiore al limite indicato per i terreni. Trattandosi, nello specifico, di oligoelementi implicati anche nel metabolismo vegetale, è ipotizzabile che per questi elementi ben difficilmente si possa assistere ad un accumulo nei suoli. Per gli altri metalli, la cui concentrazione nei fanghi è minore di quanto ammesso nei terreni di coltivo, non sembra sussistere un'ipotesi di accumulo degli stessi nel suolo agricolo.

Un discorso più approfondito merita la potenziale contaminazione da Diossina, Furani e PCB espressi come valore di tossicità equivalente alla TCDD espressa in ng/Kg ss. Non esiste un valore limite per questo contaminante per i terreni destinati a ricevere i fanghi. Un valore limite per i terreni destinati ad uso agricolo è comunque contenuto, per le Diossine, come per altri inquinanti nel Decreto 1 marzo 2019 n.46, regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d'emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ai sensi dell'articolo 241 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Per questo parametro le **analisi dei fanghi** hanno evidenziato, su dati omogenei, prodotti da UNITO, un valore medio di 7,0 ng/kg ss con deviazione standard di 5,5 ng/kg ss, da confrontarsi con un limite recentemente abbassato a 25 ng/kg ss.

Una tale deviazione standard su dati omogenei, tutti prodotti da UNITO, indica che c'è una grande dispersione dei risultati, con un minimo 2,8 ng/kg ss ed un massimo di 20,3 ng/kg ss. In considerazione del fatto che una tale ampia variabilità non è giustificata dalla matrice, la quale è costituita in tutti i casi (sono stati esclusi dalla riflessione i due fanghi da industria alimentare) da

acqua reflua in larga misura proveniente da utenze civili, le differenze significative potrebbero essere giustificate da errori analitici, i quali sono possibili in quanto si tratta di analisi estremamente complesse, sia manualmente, sia strumentalmente. Se però si fosse in grado di escludere questa variabilità analitica si potrebbe evidenziare la variabilità rappresentata dai territori di riferimento. Considerando i diversi bacini di riferimento, è possibile ipotizzare una presenza di diossine nelle acque reflue o più verosimilmente una deposizione al suolo di polveri, potenzialmente generate, o generate in passato, derivanti da processi di combustione, industriali o civili, che le acque meteoriche trascineranno e dilaverebbero verso la rete fognaria fino a bioaccumularle nel fango biologico, dove i composti lipofili trovano una maggiore affinità rispetto alla matrice acquosa.

Qualcosa di analogo è con ogni probabilità accaduto in relazione all'evoluzione della presenza del Pb nei fanghi. È possibile che la riduzione dell'attività manifatturiera possa avere inciso anche nella riduzione del Pb nei fanghi, ma è assai più probabile che la principale causa della riduzione dell'inquinante sia dovuta all'eliminazione del Pb tetraetile dalla benzina. Nel 2001, anno in cui avvenne la cessazione della produzione di benzina al Pb, sostituita con la benzina verde, la concentrazione del Pb nel fango era prossima a 200 mg/kg ss (dato ricavato dallo studio inglese, con stime analoghe anche per i nostri fanghi), ed ora a 20 anni di distanza, la sua concentrazione nel fango si è fortemente ridotta, arrivando nei nostri attuali dati ad un valore medio di 44 mg/kg ss. Con il provvedimento normativo del 2001 relativo al divieto di utilizzo del Pb organico nelle benzine è stata quindi ridotta drasticamente la contaminazione ambientale da Pb, il quale contaminava il fango a seguito del dilavamento delle polveri generate dal traffico veicolare depositate sulle superfici urbane, le quali trascinate dal dilavamento dovuto alle acque meteoriche si accumulava nei fanghi di depurazione.

Problematiche legate alle molestie olfattive

Oltre all'apprensione per un possibile bioaccumulo di sostanze tossiche nell'ambiente viene individuato come fortemente indesiderata anche la percezione di molestie olfattive associate all'utilizzo agricolo dei fanghi. Spesso la percezione di odore molesto è associata ad una percezione di una presunzione di tossicità. In generale la contestazione per tale disagio è legittimamente legata alla constatazione di una indebita interferenza in grado di limitare e rendere meno appetibile l'uso del territorio. Per questa problematica, da tempo alla ribalta delle cronache, è possibile dire che, in tempi più recenti, una diffusa miglior stabilizzazione dei fanghi, ma soprattutto le disposizioni operative impartite da opportune normative, hanno portato ad un miglioramento di tale criticità. È stato infatti ribadito dalle linee guida regionali che l'utilizzo dei fanghi in agricoltura impone che allo spandimento (spandiletame) segua un'immediata aratura con rivoltamento dello strato superficiale, o in alternativa la distribuzione mediante immissione del fango liquido in pressione ad una profondità di 20 cm circa. Operando in queste condizioni, la percezione olfattiva può essere contenuta in tempi molto limitati e a piccole distanze dal punto di utilizzo. La persistenza delle segnalazioni di odori molesti prodotti dall'utilizzo di matrici organiche in agricoltura è dovuta, a seguito degli accertamenti recentemente svolti, all'utilizzo di liquami zootecnici o di "gessi di defecazione", per i quali non vige, con uguale forza e possibilità di verifica, la clausola del loro immediato interrimento.

In conclusione, soprattutto grazie alla constatazione della diminuzione delle segnalazioni correlate all'attività R10 si conferma che il disturbo olfattivo determinato dall'utilizzo dei fanghi in agricoltura è stato notevolmente mitigato, altrettanto non è avvenuto per i gessi e tanto meno per i liquami zootecnici, infatti, queste matrici restano a lungo in copertura in quanto per essi non è così stringente l'immediato interrimento.

Aspetti igienico-sanitari

La preoccupazione igienica-sanitaria in relazione all'utilizzo dei fanghi nell'ambiente ha rappresentato la prima problematica affrontata. Fu subito infatti chiara la necessità di una preventiva loro igienizzazione/disinfezione. Ad es., si affermò a tale scopo, per i diversi vantaggi che esso offre, l'impiego di Calce (CaO) per il loro trattamento, con una additivazione intorno al 3% del peso del fango. Oggi, in alternativa, viene impiegata anche la digestione anaerobica per un tempo di trattamento adeguato. I parametri microbiologici fissati dalla normativa (la Salmonella come per patogeno e I Coliformi fecali come un indicatore di contaminazione microbiologica) hanno mostrato anche in questa sperimentazione valori sempre rispondenti ai limiti di contaminazione normativamente definiti.

L'epidemia di Covid ha rilanciato il timore circa la possibile diffusione virale favorita dall'utilizzo dei fanghi. Anche studi dell'ISS hanno fornito rassicurazioni in merito.

Effetti tossici associati ai fanghi

La sicurezza dell'utilizzo dei fanghi in agricoltura è garantita dal rispetto dei limiti normativi definiti per i diversi parametri chimici. Con l'elenco delle determinazioni richieste vengono individuati i principali possibili inquinanti che potrebbero pregiudicare l'utilizzo dei fanghi: oltre ai parametri di interesse agronomico, igienico-sanitario e test di fitotossicità, viene prevista la determinazione dei metalli e di significativi inquinanti organici, tra cui anche microinquinanti come IPA, Diossine, Furani e PCB. È tuttavia indubbio che mediante le analisi chimiche è possibile trovare solo quanto si cerca e non tutto quanto potrebbe essere presente nel substrato analizzato.

A questa indubbia problematica di indeterminatezza si è in parte provveduto con il test di fitotossicità per germinazione o per accrescimento. Tuttavia, potrebbe essere utile ampliare i saggi tossicologici e studi della pedofauna, da condurre prevalentemente in campo, per verificare se sono osservabili effetti avversi e variazioni della biodiversità a carico degli organismi della catena trofica del detrito, la quale è fortemente attiva nel suolo agricolo di qualità, e soprattutto come essa si modifica rispetto all'additivazione delle differenti matrici organiche comprendenti i fanghi, i gessi, i liquami zootecnici, i nutrienti minerali ma anche i prodotti giudicati universalmente idonei per l'incremento della fertilità, come ad esempio lo stallatico maturo.

Ipotesi di sviluppo della qualità dei fanghi R10

I fanghi biologici di depurazione civile costituiscono la quota maggioritaria della produzione dei fanghi R10. A questa tipologia preminente si aggiungono i fanghi dell'industria alimentare e pochi altri rifiuti quantitativamente marginali. È possibile assumere, questo è emerso anche dalla nostra ricerca, che la composizione media dei fanghi di origine civile possa essere considerata piuttosto costante, con valori di concentrazione dei parametri ricercati molto simili tra i diversi impianti di

depurazione delle acque reflue: di fatto un cittadino di una metropoli produce scarichi simili ad un cittadino di un piccolo borgo. Le differenze significative evidenziabili potrebbero essere dovute all'origine idrogeologica del territorio (ad es. l'elevata presenza di As nei suoli e nelle acque potabili) o attribuibili ad apporti industriali/artigianali, a smaltimenti abusivi nella rete fognaria e a scarichi incontrollati di altro genere. Appare dunque evidente come un ruolo fondamentale di controllo e di miglioramento della qualità dei fanghi di depurazione possa essere svolto dai gestori degli impianti. Come è già stato detto la qualità dei fanghi nel tempo è migliorata sensibilmente, in particolare la concentrazione dei metalli si è sensibilmente ridotta, ma questo effetto è stato principalmente dovuto a cause di ordine generale: riduzione delle attività produttive, eliminazione del piombo dalle benzine, abolizione dell'uso (anche domestico) di sostanze pericolose, ma solo in scarsa misura all'azione dei gestori degli impianti di depurazione finalizzata ad individuare i parametri con valori anomali e conseguentemente agire sulla rete fognaria e rimuoverne le cause, evitando scarichi che potrebbero peggiorare significativamente la qualità dell'effluente prima e dei fanghi poi.

La qualità del fango R10 è diretta conseguenza degli insediamenti gravanti sul bacino territoriale sia in termini di ricaduta al suolo sia in termini di scarichi idrici; migliorare progressivamente il fango significa migliorare progressivamente il contesto in cui esso si origina. In questo modo il fango può costituire una risorsa economica ed una materia riutilizzabile, oltre ad essere un prezioso l'indicatore di una corretta e virtuosa economia circolare.

[La collaborazione tra controllore e controllato: risultati e possibili prospettive future](#)

La collaborazione tra pubblico e privato, tra controllore e controllato, ciascuno nella piena autonomia del proprio ruolo è stata nello sviluppo di questo progetto pienamente soddisfacente, e ha contribuito ad incrementare le conoscenze e ad indicare le possibili linee di interesse per ulteriori approfondimenti in materia.

Tra le priorità emerse, da perseguire anche nel futuro, possono essere indicate le seguenti attività:

1. Intercalibrazione dei laboratori operanti su fanghi e terreni per il miglioramento ulteriore della qualità dei dati analitici;
2. Raccolta sistematica dei dati prodotti in autocertificazione con la costruzione di un data base di facile accesso utile per l'elaborazione dei dati trasmessi all'Amm.ne Provinciale;
3. Approfondimenti circa la possibilità di accumulo di Cu e Zn nei terreni a seguito di utilizzi protratti di fango R10;
4. Sviluppo di test di tossicità e/o test di ecotossicità in campo per la verifica degli effetti prodotti dall'uso continuativo dei fanghi R10;
5. Raccolta delle segnalazioni da parte dei Comuni in relazione a episodi di molestie olfattive o relative ad altri effetti indesiderati attribuibili a fanghi;
6. Organizzazione di eventi utili a diffondere le conoscenze acquisite, fornendo alle Associazioni e ai cittadini le informazioni raccolte, per lo sviluppo di prese di posizione da parte dell'opinione pubblica sempre più consapevoli e documentate.

Lo strumento giudicato utile dalla Commissione per realizzare questo progetto potrebbe essere la costituzione di un Osservatorio permanente, finanziato volontariamente dai produttori di Fango R10 con le stesse modalità di attuazione del presente progetto.

Redatto a cura della Commissione di Indirizzo e controllo -Provincia di Pavia – Settore Tutela Ambientale e Biodiversità, Promozione del territorio e Sostenibilità

Giugno 2022