

Consulenza per l'applicazione in agricoltura dei fanghi di depurazione prodotti dall'impianto consortile di Tolmezzo

- *Relazione tecnica finale_rev 1*
Ottobre 2015

RISA s.r.l.	Ricerca Ingegneria Sviluppo Ambiente
33100 Udine, Via Valussi 30 info@risasrl.it C.F./P.Iva 02 513 790 309	

INDICE

1. L'impianto consortile di Tolmezzo	3
1.1. <i>La linea acque</i>	3
1.2. <i>Pretrattamento dei reflui urbani</i>	4
1.3. <i>Pretrattamento dei reflui industriali</i>	4
1.4. <i>La sezione biologica</i>	5
1.5. <i>La sezione chimico-fisica</i>	5
1.6. <i>La linea fanghi</i>	5
2. Carichi in ingresso alla linea acque per il biennio 2013 - 2014	6
3. Analisi quali - quantitativa dei fanghi di depurazione prodotti nel biennio 2013 - 2014	13
4. Indagine analitica di approfondimento sulla qualità dei fanghi di depurazione	17
5. Conclusioni	22
6. Bibliografia	23

Lo studio effettuato ha permesso di verificare la possibilità dell'utilizzo in agricoltura dei fanghi di depurazione prodotti all'interno dell'impianto consortile di Tolmezzo, in gestione alla ditta Carniacque S.p.a. .

L'elaborato si compone di due parti: la prima ha riguardato l'analisi dei carichi in ingresso alla linea acque e uno studio quali-quantitativo dalla matrice prodotta dalla linea fanghi, al fine di identificarne le peculiarità e la variabilità nell'arco degli anni 2013 e 2014 e di confrontare tali dati con i valori limite previsti dalla legislazione nazionale in materia di utilizzo agricolo di fanghi di depurazione (D.Lgs. 99/92).

Nella seconda fase dello studio si è proceduto ad un approfondimento delle indagini analitiche e alla valutazione dei risultati facendo riferimento all'ultimo documento ufficiale dell'Unione Europea in materia di applicazione al suolo di fanghi di depurazione, il Working Document on Sludge (3rd draft, 2000).

Si riporta di seguito la descrizione di ciascuna fase.

1. L'impianto consortile di Tolmezzo

L'impianto consortile di Tolmezzo, attualmente gestito da Carniacque S.p.a., è un impianto di depurazione di acque reflue civili - industriali, a prevalente componente industriale da cartiera, basato su un ciclo depurativo biologico a fanghi attivi.

1.1.La linea acque

In ingresso all'impianto di depurazione vi sono quattro distinte correnti, tre delle quali di origine industriale dalla vicina cartiera Burgo, mentre la quarta deriva dalla rete di collettamento degli scarichi fognari del comune di Tolmezzo.

Nello specifico si distinguono quindi:

- scarico condense cartiera Burgo dal processo di concentrazione del black liquor;
- scarico sbianche costituito dai residui dell'imbianchimento della cellulosa;
- scarico carta proveniente dai reflui dei reparti di produzione della carta;
- scarico acque reflue urbane.

Si riportano in seguito brevemente le unità che compongono la filiera di trattamento della linea acque. È presente una sezione di pre-trattamento per la miscelazione dei reflui con ossidazione ed eventuale neutralizzazione; a tale sezione segue il trattamento biologico a fanghi attivi e la sedimentazione secondaria.

In figura 1 è rappresentato l'attuale layout di processo comprendente la linea acque e la linea fanghi.

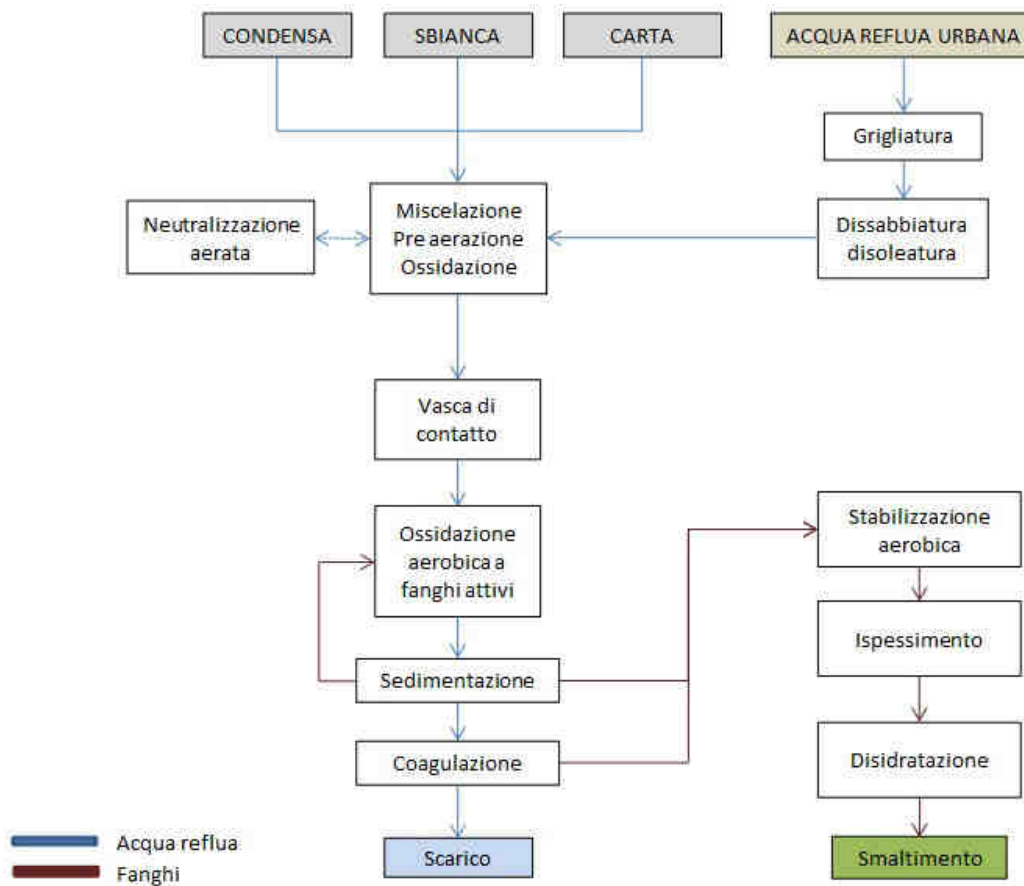


Figura 1: layout linea acque e linea fanghi

1.2 Pretrattamento dei reflui urbani

I reflui urbani provengono da una fognatura di tipo misto. Viene operata in primo luogo una grigliatura fine e successivamente una dissabbiatura - disoleatura aerata. Essa consente la rimozione sia del materiale solido, avente elevata densità (ovvero le sabbie), sia delle sostanze oleose opportunamente rimosse mediante raschiatori, per essere, infine, avviate ad un pozzetto di raccolta.

1.3 Pretrattamento dei reflui industriali

Le sbianche ed i reflui di processo vengono convogliati alla sezione di pre-trattamento. Il bacino di pre-aerazione, con volume pari a 500 m³, garantisce la miscelazione e l'omogeneizzazione dei reflui, che presentano caratteristiche chimico-fisiche tra loro differenti, operando anche un'aerazione attraverso degli aeratori sommersi.

Anche i reflui provenienti dalla rete fognaria interna all'impianto vengono inviati a questo bacino.

Nell'adiacente sezione di neutralizzazione, è possibile sia l'aggiunta di nutrienti per la biomassa (tra cui azoto e fosforo) per ottimizzare e regolarizzare il funzionamento del comparto a fanghi attivi sia di additivi per il riequilibrio del pH (nel caso specifico, di soda caustica).

1.4 La sezione biologica

La sezione biologica è costituita da n. 2 linee di processo operanti in parallelo. In ciascuna linea vi sono una vasca di contatto e una vasca di ossidazione. In testa a ciascuna linea, all'interno della vasca di contatto in condizioni anossiche, il refluo viene miscelato con i fanghi di ricircolo provenienti dal sedimentatore secondario. Da qui il refluo viene inviato alla vasca di ossidazione per un volume di 6.500 m³ con una profondità di 8.4 m (per un volume complessivo del comparto di 13.000 m³); la sezione è dotata di diffusori di ossigeno a bolle fini organizzati in dodici racchette per ciascuna vasca per un numero complessivo di diffusori pari a 672.

Dalla vasca di ossidazione il refluo viene inviato ad una vasca di degassaggio da 223 m³ e a seguire alle unità di sedimentazione secondaria, costituita da due bacini circolari per ciascuna linea con superficie unitaria pari a 572 m² e altezza utile di 3.8 m.

L'effluente da sedimentatore secondario può essere in caso di necessità sottoposto a trattamenti di disinfezione con acido peracetico.

Inoltre è possibile il dosaggio di carboni attivi in situazione di emergenza sia a valle della sedimentazione secondaria che direttamente al comparto biologico.

1.5 La sezione chimico-fisica

Le acque vengono successivamente inviate a una sezione di coagulazione - precipitazione chimico - fisica al fine di abbattere la concentrazione di solidi sospesi e i quantitativi di lignina. Come reagenti vengono utilizzati: policloruro di alluminio, un polielettrolita anionico ed un agente basico (calce idrata) per innalzare il pH. I reagenti vengono addizionati in n. 3 vasche di miscelazione per ciascuna linea dotate di agitatori veloci. Per agevolare il processo, si ricircola parte del fango chimico dalla sezione di coagulazione.

Il refluo viene poi inviato al bacino di decantazione, dove i fanghi, costituiti dai solidi più pesanti, si raccolgono sul fondo del reattore e vengono estratti da pompe monovite per essere poi in parte riciclati ed in parte inviati all'ispessimento. Il surnatante sfiorato viene inviato allo scarico dell'impianto.

1.6 La linea fanghi

La linea fanghi biologici è costituita da tre unità di trattamento:

- vasca di stabilizzazione biologica aerobica;
- ispessitore;
- filtropressa a camere.

I fanghi biologici di supero prodotti nelle vasche di ossidazione biologica vengono inviati all'unità di stabilizzazione aerobica. Nel processo di stabilizzazione aerobica il contenuto organico, in termini di solidi volatili, del fango biologico secondario costituisce il substrato per il metabolismo batterico aerobico. I fanghi biologici stabilizzati vengono periodicamente estratti e trattati nella sezione di ispessimento.

Dall'ispessitore i fanghi biologici sono quindi inviati alla disidratazione finale costituita da una filtropressa a camere. Grazie all'aggiunta di poliettilita si ottiene un fango con concentrazione di solidi totali ottimale per lo smaltimento.

La sezione di stabilizzazione biologica dell'impianto è costituita da una vasca aerata con ispessimento simultaneo di 2000 m³. La stabilizzazione viene realizzata con arresti periodici del sistema di aerazione al fine di consentire la separazione e lo scarico del surnatante. L'alimentazione alla vasca di stabilizzazione aerobica avviene con cadenza giornaliera nei soli giorni lavorativi per una portata di fango biologico di supero pari a circa 640 m³/giorno con una concentrazione media di solidi totali compresa tra 13 e 15 g/l e una percentuale di solidi sospesi volatili (VSS) pari all'80% dei solidi sospesi totali (TSS).

Al fine di garantire l'ispessimento simultaneo, il sistema di aerazione viene arrestato giornalmente per circa 8 ore; durante la fase di ispessimento avviene lo scarico del surnatante, che non è stato quantificato. La portata di fango biologico stabilizzato, inviato all'ispessitore, è di circa 340 m³/giorno con una concentrazione media di solidi totali pari a 20 g/l.

I fanghi biologici, uscenti dalla fase di digestione aerobica, vengono ispessiti separatamente rispetto ai fanghi chimici provenienti dalla sezione di coagulazione - flocculazione. Sono presenti due bacini distinti di ispessimento. È tuttavia possibile, se le condizioni operative lo consentono, inviare anche i fanghi chimici alla sezione di digestione anaerobica.

La disidratazione dei fanghi viene condotta mediante filtropressa a membrane; la superficie filtrante totale è pari a 371 m².

Per favorire il processo si opera, inoltre, un condizionamento dei fanghi tramite l'aggiunta di un polielettrolita anionico. La sezione è operativa 5 giorni alla settimana.

2. Carichi in ingresso alla linea acque per il biennio 2013 - 2014

Nell'analisi dei carichi afferenti all'impianto per gli anni 2013 - 2014 si sono presi in considerazione i risultati analitici del parametro COD effettuato dal laboratorio interno dell'impianto, mentre per tutti i restanti parametri di caratterizzazione chimico - fisica sono state valutate le analisi eseguite da un laboratorio esterno su ciascun reflu in ingresso, denominati nello specifico "carta", "condense" e "sbianca" per i reflui di origine industriale proveniente da cartiera e "urbano" per l'acqua reflua proveniente dalla rete di collettamento pubblica.

Sono riportati in figura 2 e in figura 3 i grafici relativi all'andamento del parametro COD proveniente da cartiera come somma dei tre contributi "carta", "condense" e "sbianca". Il dato giornaliero è stato mediato sul mese ed è stata calcolata la deviazione standard su ciascun set di dati al fine di valutare la variabilità del carico per gli anni 2013 e 2014. Essa è riportata mediante le barre di errore nei grafici. Emerge che, non considerando il mese di agosto in cui vi è il fermo produttivo, il carico di COD di origine industriale varia tra i 10.000 e i 16.000 kg/d.

Carico COD da cartiera

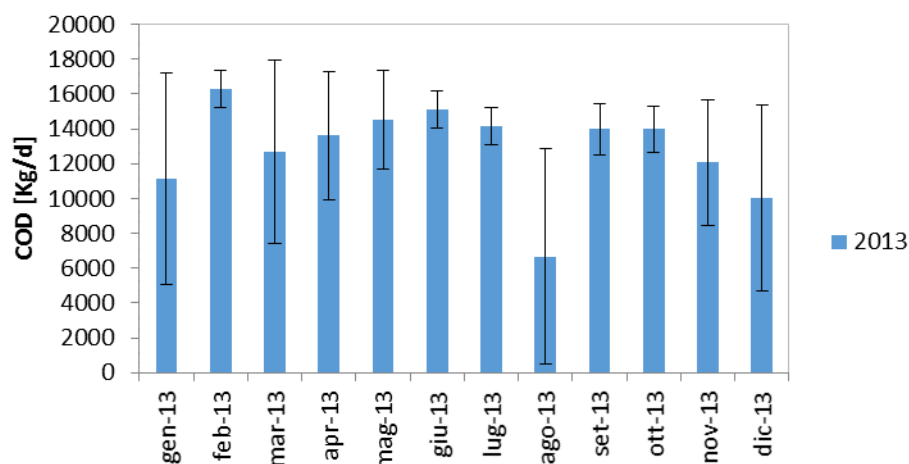


Figura 2: carico COD da cartiera anno 2013.

Carico COD da cartiera

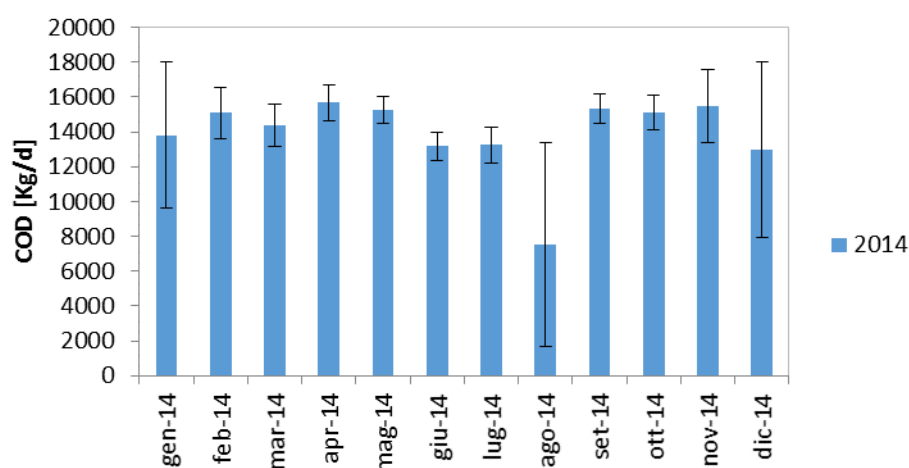


Figura 3: carico COD da cartiera anno 2014.

Sono stati, quindi, calcolati i carichi gravanti sull'impianto per ciascun parametro chimico - fisico specifico considerando sia i flussi di origine industriale che il flusso di acqua reflua urbana.

È necessario sottolineare che in questo caso il data-set di riferimento risulta più esiguo, poiché la caratterizzazione completa non risulta eseguita con cadenza quotidiana, come per il parametro COD sui reflui industriali, ma è stata effettuata con cadenza mensile. I dati disponibili sul 2013 e sul 2014 sono stati uniti in un unico data-set, non considerando il mese di agosto a causa del fermo produttivo ed eliminando i giorni di campionamento in cui non era disponibile il dato per tutte le quattro correnti in ingresso.

Inoltre, è necessario evidenziare che i parametri chimico - fisici oggetto di analisi non sono sempre i medesimi sia per le acque industriali che per le acque reflue urbane; pertanto i grafici a seguire terranno conto di tale distinzione.

Si riporta in figura 4 la composizione quantitativa della portata totale in ingresso all'impianto di depurazione.

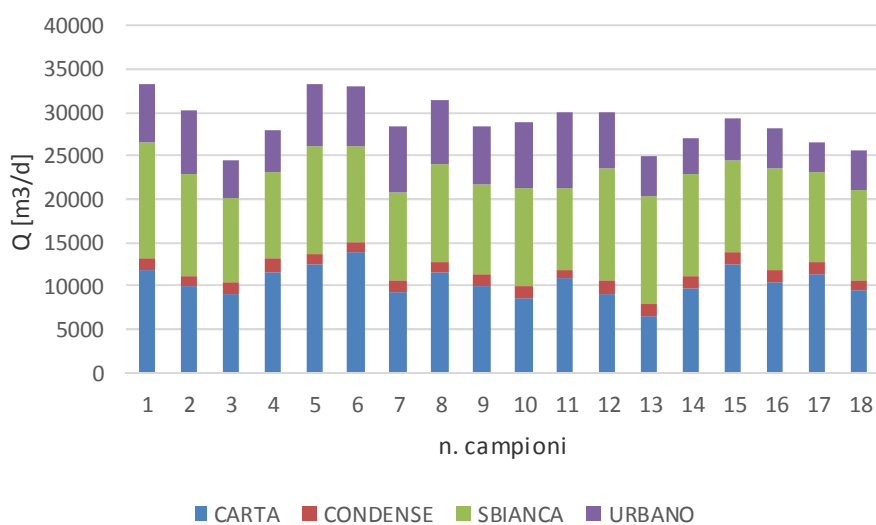


Figura 4: composizione della portata totale in ingresso.

Nei grafici seguenti (da figura 5 a figura 17) sono riportati i carichi in ingresso per ciascun parametro chimico - fisico, evidenziando le aliquote dovute a ciascun flusso in ingresso.

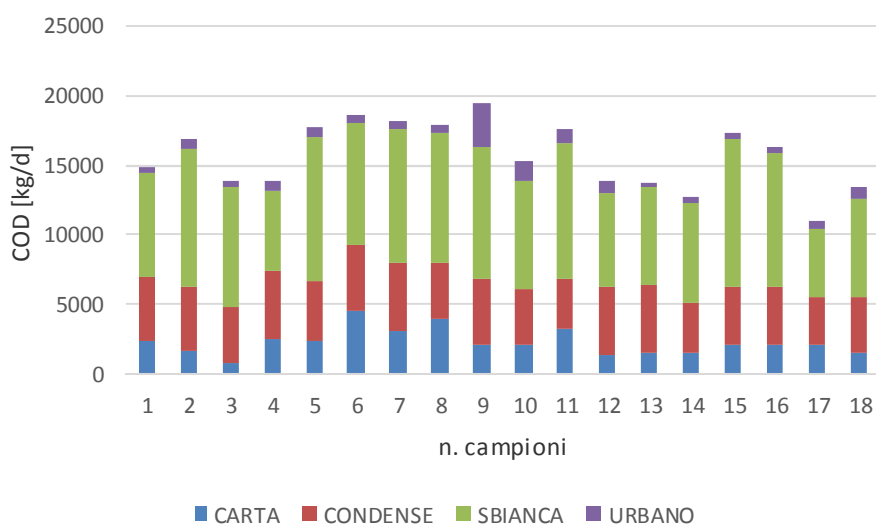


Figura 5: carico totale di COD.

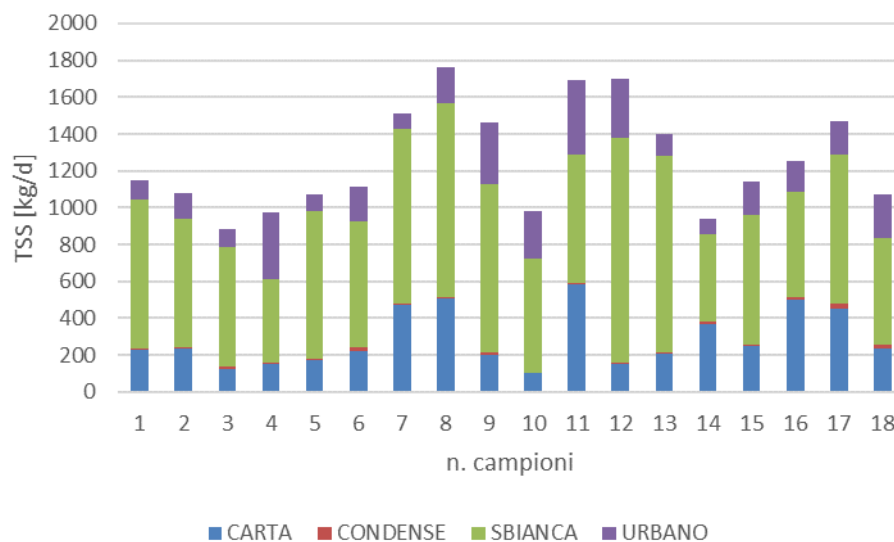


Figura 6: carico totale di TSS.

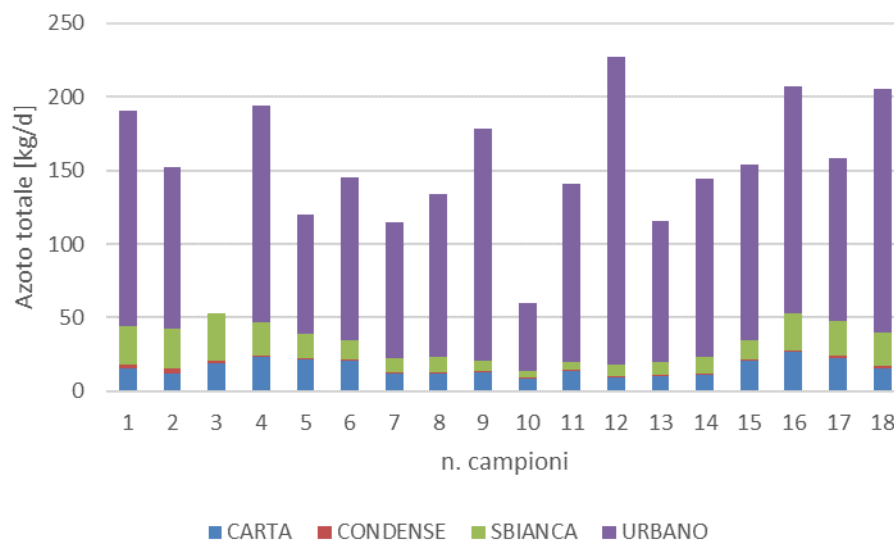


Figura 7: carico totale di azoto.

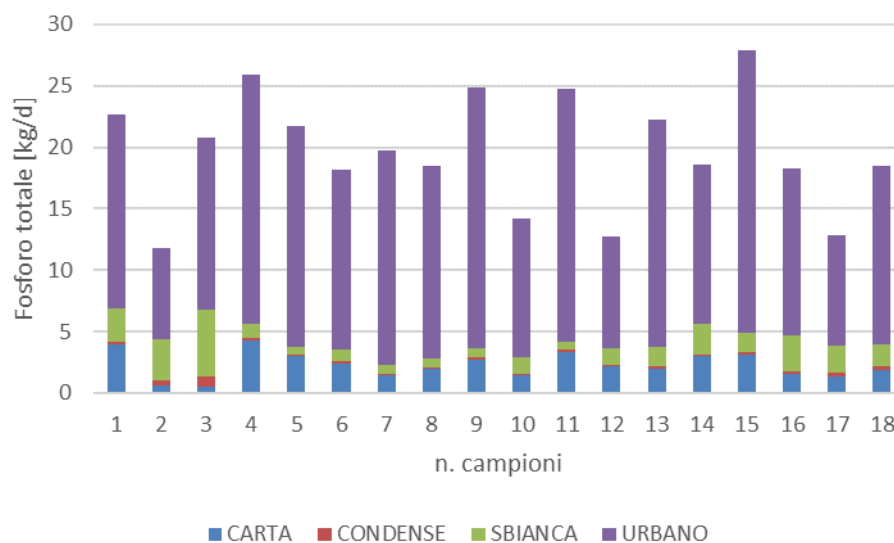


Figura 8: carico totale di fosforo.

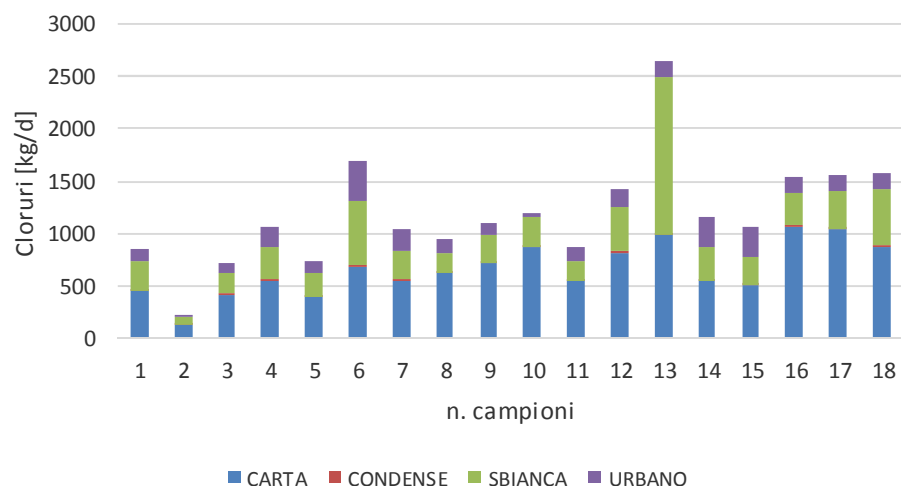


Figura 9: carico totale di cloruri.

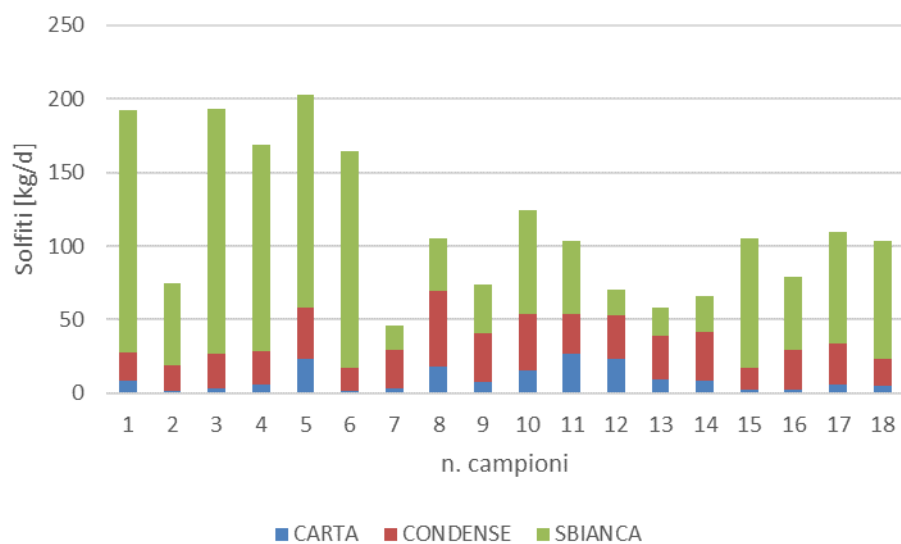


Figura 10: carico totale di solfiti.

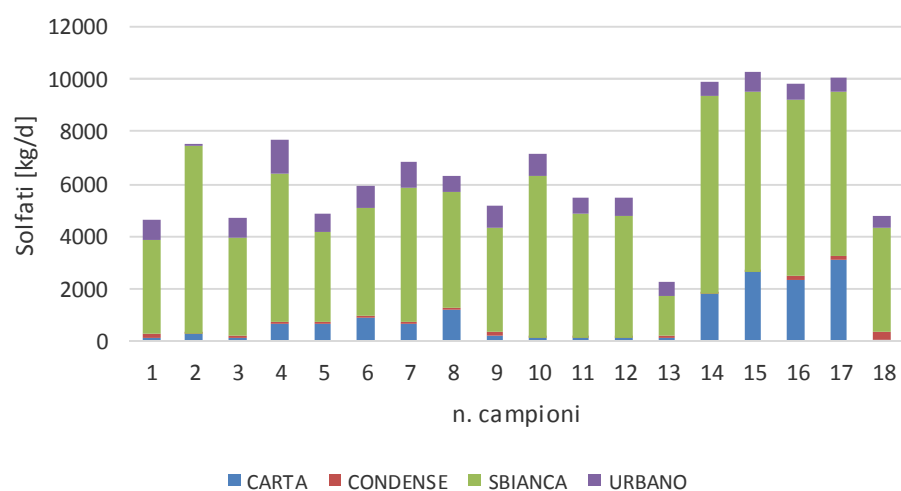


Figura 11: carico totale di solfati.

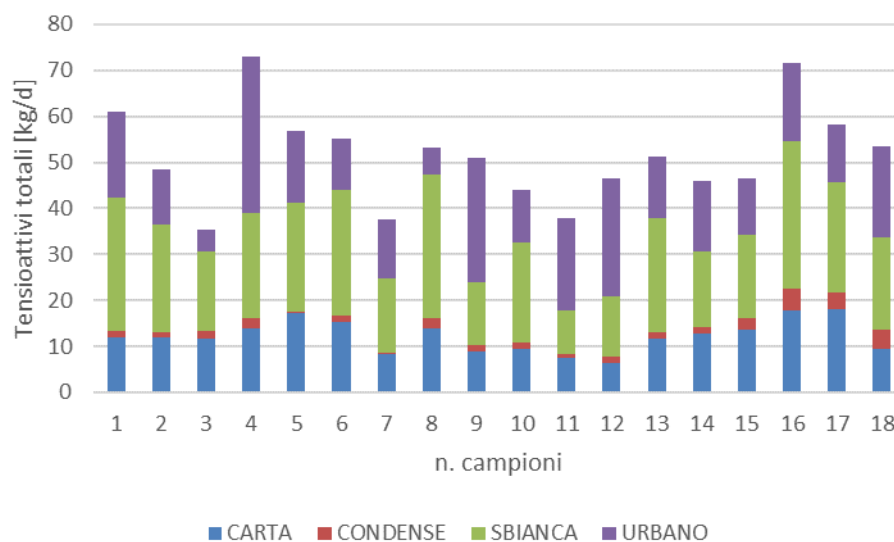


Figura 12: carico totale di tensioattivi.

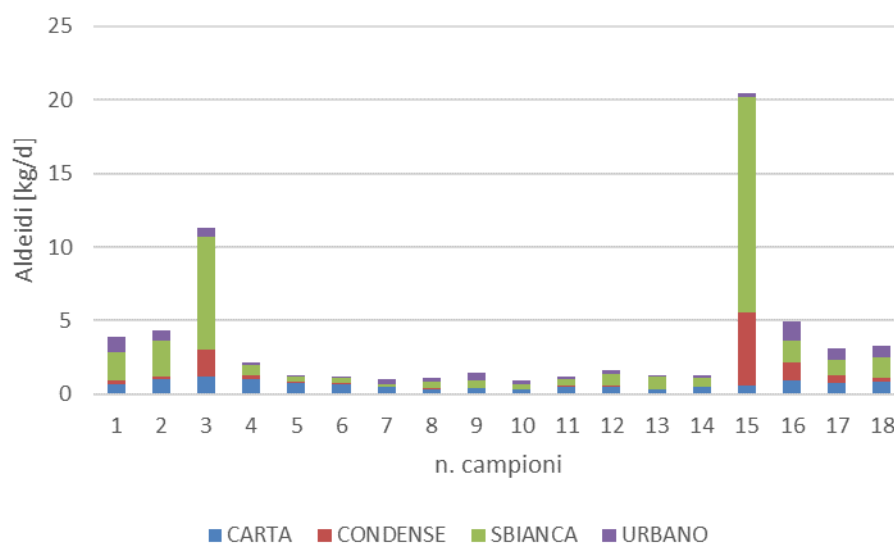


Figura 13: carico totale di aldeidi.

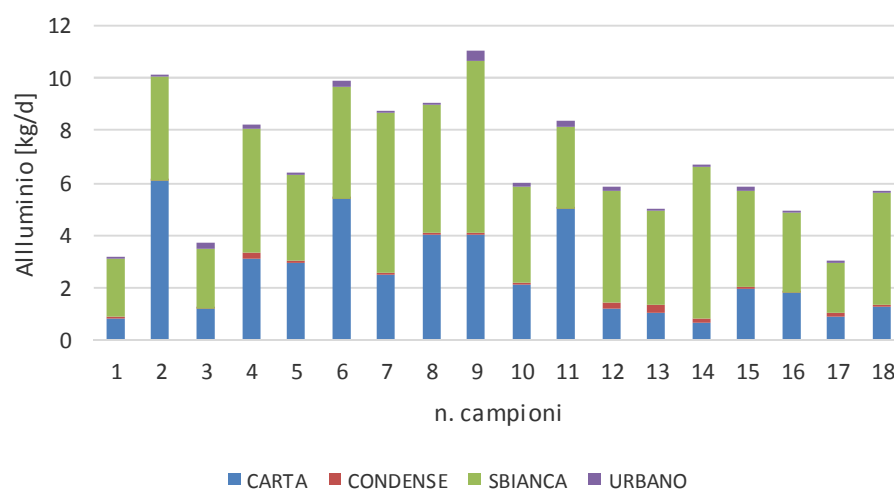


Figura 14: carico totale di alluminio.

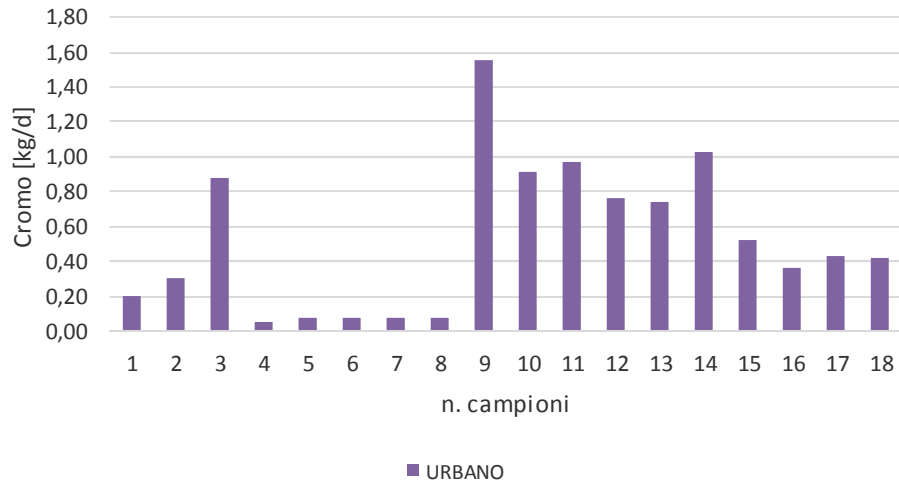


Figura 15: carico totale di cromo.

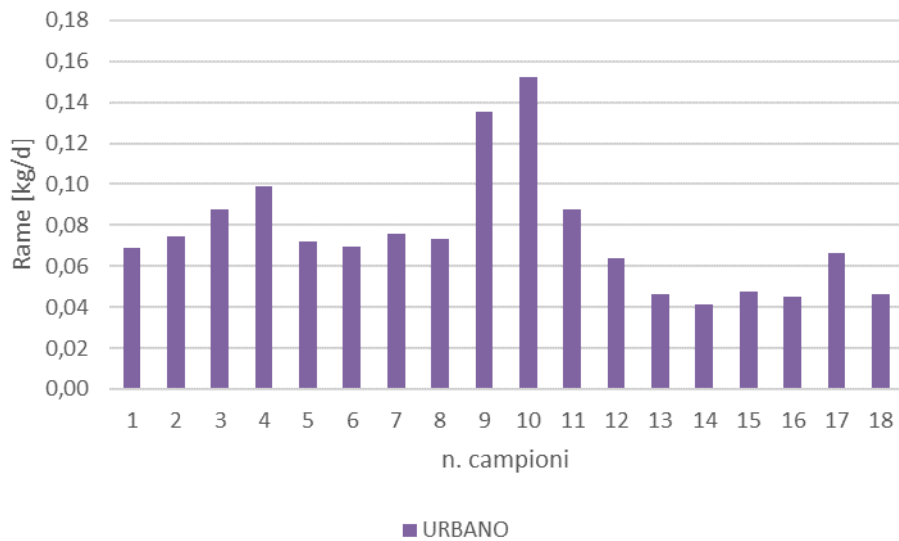


Figura 16: carico totale di rame.

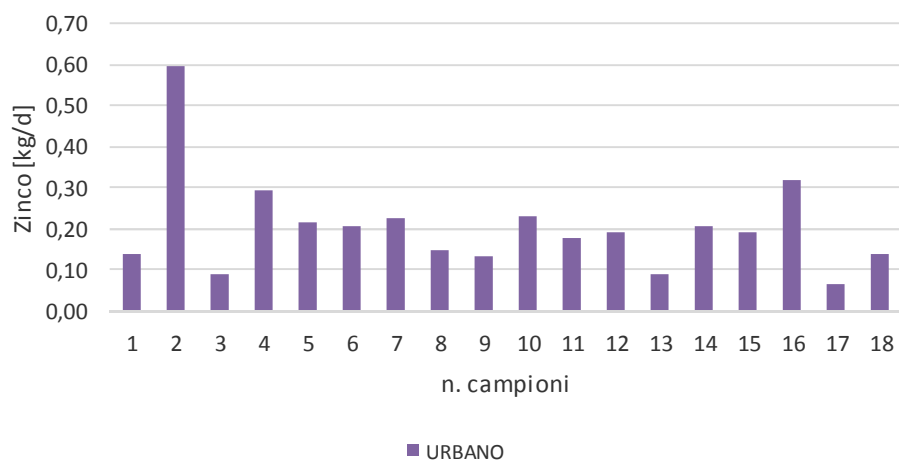


Figura 17: carico totale di zinco.

Dall'analisi dei carichi relativi alle analisi chimico - fisiche disponibili emerge che l'andamento dei principali inquinanti, quali COD e TSS, non subisce variazioni consistenti nel periodo di osservazione essendo la produzione industriale pressoché costante durante l'anno e quantitativamente predominante nel refluo in ingresso. Fanno eccezione alcuni campioni in cui taluni parametri, in particolare per gli inquinanti di origine industriale, si attestano su valori che evidenziano degli scostamenti. In merito ai parametri azoto e fosforo, dai grafici si evidenzia come il contributo principale derivi dall'acqua reflua urbana influente. Per quanto riguarda i parametri come i metalli pesanti, significativi per la qualità finale dei fanghi, ne risulta un apporto legato essenzialmente alle acque reflue urbane.

3. Analisi quali - quantitativa dei fanghi di depurazione prodotti nel biennio 2013-2014

Sono state prese in considerazione le analisi effettuate sui fanghi di depurazione nel periodo 2013 - 2014 ai fini del conferimento in impianti autorizzati. Non essendo avvenute variazioni impiantistiche o gestionali in tale biennio, si è proceduto al confronto dei dati analitici disponibili.

Le analisi sono state effettuate prevalentemente ai sensi del D.Lgs. 152/06, che definisce le indicazioni inerenti la determinazione dei parametri per la specifica tipologia di rifiuto (CER 190812), e solo in parte ai sensi del D.Lgs. 99/92, normativa nazionale di riferimento per quanto riguarda l'utilizzo di fanghi di depurazione in agricoltura.

In considerazione dell'esecuzione di tali analisi da parte di diversi laboratori e vista la mancata corrispondenza di alcune tipologie di analisi effettuate, si è proceduto al confronto di alcuni parametri chimico - fisici e del contenuto di metalli pesanti. Si tratta di n. 8 set analitici predisposti da quattro diversi laboratori accreditati (tabella 2). Il fatto che ogni laboratorio non si avvalga delle stesse strumentazioni, tecniche e metodiche analitiche non ha consentito di poter effettuare una rielaborazione statistica.

Tabella 2: analisi dei fanghi di depurazione effettuate nel periodo 2013 - 2014.

Identificativo del rapporto di prova	Ditta	Anno	Tipo di analisi	Stagione
N° 2699/12/M	CONSULAB S.r.l.	2013	D.Lgs.152/06	invernale
N° 3196 - '13	GAIA	2013	D.Lgs.152/06	estiva
N° 14SA02667	SAVI S.r.l.	2014	D.Lgs.152/06	invernale
N° 0950 - '14	GAIA	2014	D.Lgs.152/06	primaverile
N° 14SA15501	SAVI S.r.l.	2014	D.Lgs.152/06	estiva
N° 14SA21790	SAVI S.r.l.	2014	D.Lgs.152/06	autunnale
N° 14SA27730	SAVI S.r.l.	2014	D.Lgs.152/06	invernale
N° 14-FR09530	FRIULAB S.r.l.	2014	D.Lgs.99/92	invernale

La disponibilità dei dati è risultata comunque sufficiente e utile ai fini dell'oggetto della suddetta relazione, ovvero l'utilizzo dei fanghi in agricoltura, in quanto il D.Lgs. 99/92 impone il rispetto di valori limite di concentrazione proprio per i metalli pesanti e non prende in considerazione eventuali contaminanti di natura organica.

La normativa prevede anche una definizione del valore agronomico della matrice, stabilendo dei valori minimi relativi alla dotazione di carbonio organico, di fosforo e di azoto totale, e il rispetto di requisiti igienico - sanitari quali il contenuto di Salmonelle.

Si è potuto procedere alla rielaborazione dei dati nell'ambito della stessa annualità solo per il 2014 e sulla base dei rapporti di prova prodotti dal laboratorio SAVI S.r.l., che ha curato la maggior parte delle analisi. L'osservazione delle principali statistiche evidenzia una certa costanza nei quantitativi di metalli pesanti presenti nei campioni, testimoniata da una deviazione standard contenuta (tabella 3 e 4). Considerato il numero esiguo dei campioni ($n < 20$), si è preso in considerazione anche il coefficiente di variazione (CV), un parametro che risente in misura minore della numerosità e che consente di confrontare la variabilità di dati aventi differenti *range* di variazione. I valori ottenuti risultano inferiori al 50% e ciò evidenzia che la variabilità tra dati, e quindi tra diversi campioni, risulta contenuta.

Tabella 3: principali statistiche relative ai dati analitici del 2014.

Analisi 2014	Sostanza secca	pH	As*	Cr IV*	Cr tot*
stagione invernale	15,95	6,90	1,72	1,00	8,45
stagione estiva	16,60	8,02	2,12	1,00	8,10
stagione autunnale	17,90	7,10	2,27	1,00	9,30
media	16,82	7,34	2,04	1,00	8,62
ds	0,99	0,60	0,28	0,00	0,62
CV [%]	6	8	0,12	0	7

*mg/kg s.s.

Tabella 4: principali statistiche relative ai dati analitici del 2014 e confronto con D.Lgs. 99/92.

Analisi 2014	Cd*	Hg*	Ni*	Pb*	Cu*	Zn*
stagione invernale	1,00	0,54	13,40	7,70	52,80	75,50
stagione estiva	1,00	0,67	16,70	8,70	43,70	72,00
stagione autunnale	1,00	0,50	16,90	10,40	42,70	77,00
media	1,00	0,57	15,67	8,93	46,40	74,83
D.Lgs. 99/92	20	10	300	750	1000	2500
ds	0,00	0,09	1,97	1,37	5,57	2,57
CV [%]	0,00	16	13	15	12	3

*mg/kg s.s.

Il confronto dei valori medi relativi ai metalli pesanti con i limiti di legge previsti dalla normativa italiana in materia di utilizzo in agricoltura di fanghi di depurazione (tabella 4) evidenzia la conformità della matrice e permette di osservare che i valori risultano abbondantemente inferiori ai limiti previsti.

Per quanto concerne i parametri agronomici si rilevano valori medi elevati rispetto ai limiti minimi di legge (tabella 5). I fanghi di depurazione presentano, infatti, un buon tenore di sostanza organica e di macroelementi della fertilità (N, P). La dotazione elevata di N induce un basso rapporto C/N: in caso di apporto al suolo la matrice sarà soggetta a rapida decomposizione e a disponibilità immediata di azoto per le piante. Tali elementi, unitamente alla presenza di un pH intorno alla neutralità (tabella 3) e al rispetto del valore limite previsto quanto alla presenza di *Salmonelle*, concorrono a caratterizzare positivamente la matrice in merito al suo valore agronomico e al possibile utilizzo in agricoltura.

Tabella 5: principali statistiche relative ai parametri agronomici rilevati nel 2014.

Analisi 2014	C org [% s.s.]	P tot [g/kg s.s.]	N tot [g/kg s.s.]	C/N	Salmonelle [MPN/g s.s.]
stagione invernale	38,9	6,47	67,5	6	100
stagione estiva	37,0	8,31	62,0	6	100
stagione autunnale	34,0	7,64	65,0	5	100
media	36,6	7,47	64,8	6	100
D.Lgs. 99/92	20 (valore minimo)	4 (valore minimo)	15 (valore minimo)	-	1000 (valore limite)
ds	2,47	0,93	2,75	0,38	0,00
CV [%]	6,74	12,46	4,25	6,73	0,00

L'esiguità dei campioni relativi al 2013, in associazione al fatto che i due certificati analitici sono stati prodotti da due diversi laboratori, non ha consentito di poter produrre dati rappresentativi relativi al 2013 mediante elaborazione di indici statistici e di confrontarli con quelli ottenuti nel 2014. Si è optato, pertanto, per un confronto disgiunto delle singole analisi con i limiti di legge (tabella 6).

Tabella 6: valutazione dei dati analitici del 2013 rispetto ai valori limite del D.Lgs. 99/92.

Analisi 2013	Cd*	Hg*	Ni*	Pb*	Cu*	Zn*
stagione invernale	7,59	0,20	16,5	8,23	47,5	82,9
stagione estiva	0,49	0,20	1,00	12,2	51,1	91,5
D.Lgs. 99/92	20	10	300	750	1000	2500

*mg/kg s.s.

Si evidenzia come anche in questo caso la presenza di metalli pesanti nei fanghi di depurazione sia abbondantemente inferiore ai limiti previsti dalla normativa italiana per l'applicazione al suolo. Si specifica che nel caso di dati di concentrazione inferiori al limite di rivelabilità (Cd, Cr IV, Hg) si è adottata la stima *upper bound*, assegnando a tali dati il valore del limite di rivelabilità (Istituto Superiore di Sanità, 2015). Si tratta di una soluzione cautelativa dal punto di vista della protezione dell'ambiente e della salute in quanto si tende a sovrastimare il vero risultato.

Riassumendo, l'analisi dei dati relativi al 2014 evidenzia una costanza della qualità della matrice prodotta, in quanto non emergono significative variazioni stagionali, e un discreto valore agronomico.

Per quanto riguarda, invece, il contenuto di metalli pesanti sia le analisi relative al 2013 sia quelle relative al 2014 evidenziano dei valori molto inferiori rispetto alle soglie di concentrazione previste dal D.Lgs. 99/92 (figura 18, 19 e 20).

La rispondenza al D.Lgs. 99/92 dei fanghi di depurazione prodotti dall'impianto consortile di Tolmezzo è testimoniata anche da indagini analitiche effettuate dall'ARPA F.V.G. relativamente alle annate 2013 e 2014. Si vedano a tal proposito i rapporti di prova N° 14323/13 e N° 10217/14.

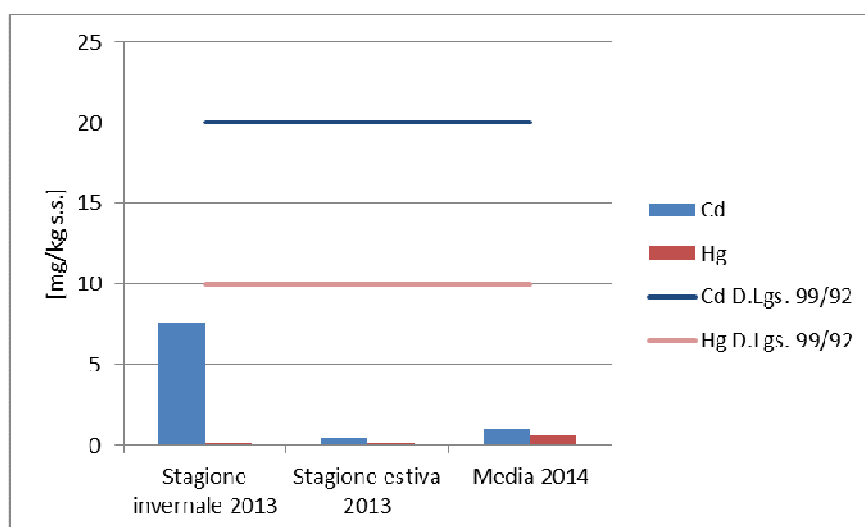


Figura 18: contenuto di cadmio e mercurio nei fanghi di depurazione.

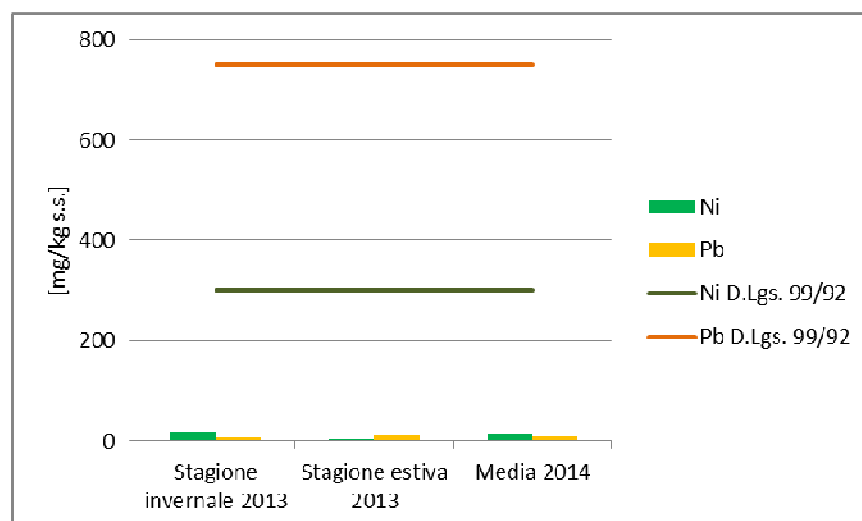


Figura 19: contenuto di nichel e piombo nei fanghi di depurazione.

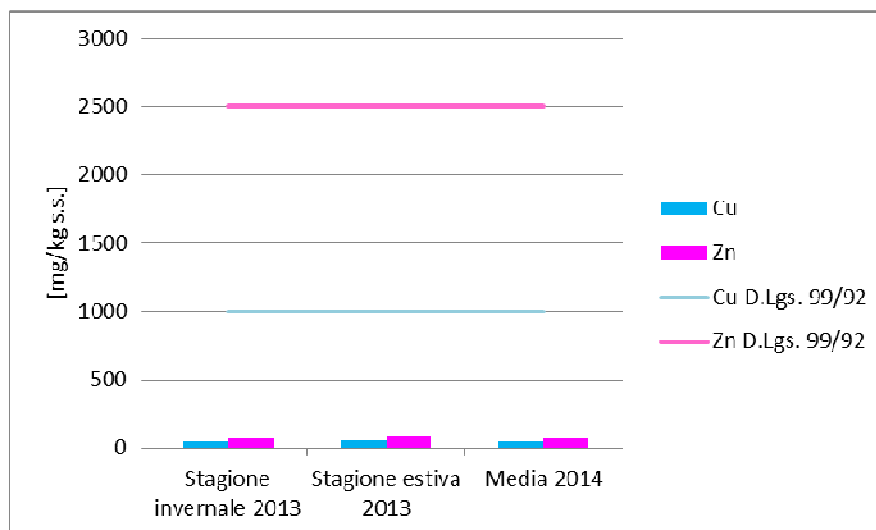


Figura 20: contenuto di rame e zinco nei fanghi di depurazione.

4. Indagine analitica di approfondimento sulla qualità dei fanghi di depurazione

Al fine di approfondire gli aspetti relativi alla qualità dei fanghi di depurazione prodotti dall'impianto consortile di Tolmezzo per valutare l'idoneità di un loro utilizzo diretto in agricoltura è stata commissionata l'esecuzione di un'ulteriore set di analisi che ha preso in considerazione anche i principali contaminanti organici.

A tale scopo si è fatto riferimento all'ultimo documento ufficiale dell'Unione Europea in materia di applicazione al suolo dei fanghi di depurazione: si tratta del "*Working Document on Sludge, 3rd draft* (2000). Tale documentazione tecnico - scientifica è stata elaborata a livello di Commissione Europea nell'ambito del percorso di revisione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione del suolo dall'utilizzo dei fanghi in agricoltura, di cui il D.Lgs. 99/92 costituisce il recepimento.

Il *Working document on sludge* (WDS) introduce limiti sempre più stringenti (previsioni per 2000, 2015 e 2025) per i contaminati inorganici, i metalli pesanti, e fornisce un elenco dei principali composti organici (composti alogenati, ftalati, nonilfenoli, bifenili policlorurati, diossine e benzofurani) contraddistinti da caratteristiche di tossicità, persistenza, bioaccumulo e ubiquità proponendo dei valori limite di concentrazione al fine di limitare fenomeni di inquinamento.

Si rammenta che tale documento è stato utilizzato quale riferimento per la deliberazione di alcune linee guida regionali (ad es. Regione Veneto D.G.R. Veneto n. 2241/2005; Regione Emilia Romagna D.G.R. n. 2773 del 30/12/04; Regione Lombardia D.G.R. 1 luglio 2014 n X/2031) al fine di migliorare la gestione dei fanghi di depurazione.

L'indagine ha, quindi, previsto di effettuare un nuovo campionamento e di sottoporre il campione ad un set analitico ibrido, prevedendo i parametri del D.Lgs. 99/92 ed integrandoli con le indicazioni del WDS.

Sulla base delle evidenze emerse dall'analisi dei carichi nella linea acque e delle caratteristiche qualitative dei fanghi è stato considerato sufficiente far eseguire un'unica analisi preliminare su campione composito, ottenuto attraverso campionamento da cumulo mediante n. 10 incrementi. Il campionamento della matrice è stato eseguito da Friulab S.r.l., laboratorio accreditato con sede a Udine, che ha provveduto ad analizzare alcuni dei parametri del D.Lgs. 99/92 e che si è avvalso di un altro laboratorio accreditato, Chemi-lab S.r.l., per la restante parte di analisi. Il certificato di analisi è presente in allegato a tale documento.

Per quanto riguarda il valore agronomico della matrice si conferma il rispetto dei requisiti minimi e il potere fertilizzante (tabella 7); il WDS non introduce particolari prescrizioni a proposito.

Tabella 7: confronto dei parametri agronomici rispetto ai valori limite del D.Lgs. 99/92 e del WDS 2000.

Analisi 2015	C org [% s.s.]	P tot [g/kg s.s.]	N tot [g/kg s.s.]	C/N	Salmonelle [MPN/g s.s.]
Rapporto di prova n° 15-FR02570	44,0	8,00	43,0	10,2	0±11
D.Lgs. 99/92	20 (valore minimo)	4 (valore minimo)	15 (valore minimo)	-	1000 (valore limite)
WDS 2000	-	-	-	-	Assenza in 50g di fango trattato

Si evidenzia anche la qualità igienico - sanitaria dei fanghi di depurazione, che rispondono sia ai dettami della normativa italiana sia a quelli della bozza europea.

Passando ad osservare la presenza di metalli pesanti (tabella 8) si sottolinea quanto già emerso relativamente alle analisi del 2013 e del 2014 ovvero la completa rispondenza ai valori di concentrazione previsti dalla normativa italiana.

Essendo il contenuto di tali contaminanti inorganici molto inferiore rispetto ai limiti, si osserva anche il rispetto delle soglie più restrittive previste dal WDS per il 2015 e il 2025 (figura 21, 22, 23, 24 e 25).

Tabella 8: confronto dei metalli pesanti rispetto ai valori limite del D.Lgs. 99/92 e del WDS 2000.

Analisi 2015	Cd*	Cr totale*	Hg*	Ni*	Pb*	Cu*	Zn*
Rapporto di prova n° 15-FR02570	<1	14	0,3	22	9	37	81
D.Lgs. 99/92	20	-	10	300	750	1000	2500
WDS 2000	10	1000	10	300	750	1000	2500
WDS 2015	5	800	5	200	500	800	2000
WDS 2025	2	600	2	100	200	600	1500

*mg/kg s.s.

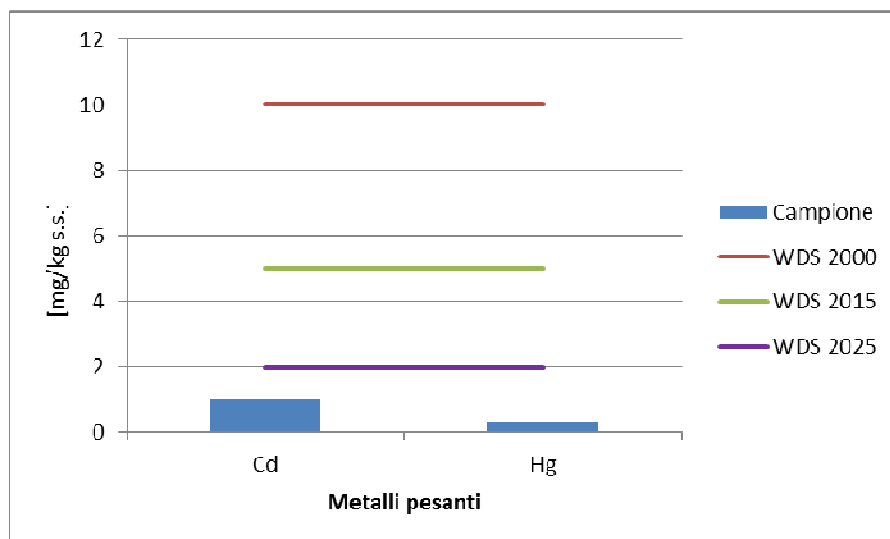


Figura 21: contenuto di cadmio e mercurio nel campione e confronto con previsioni di valori limite del WDS.

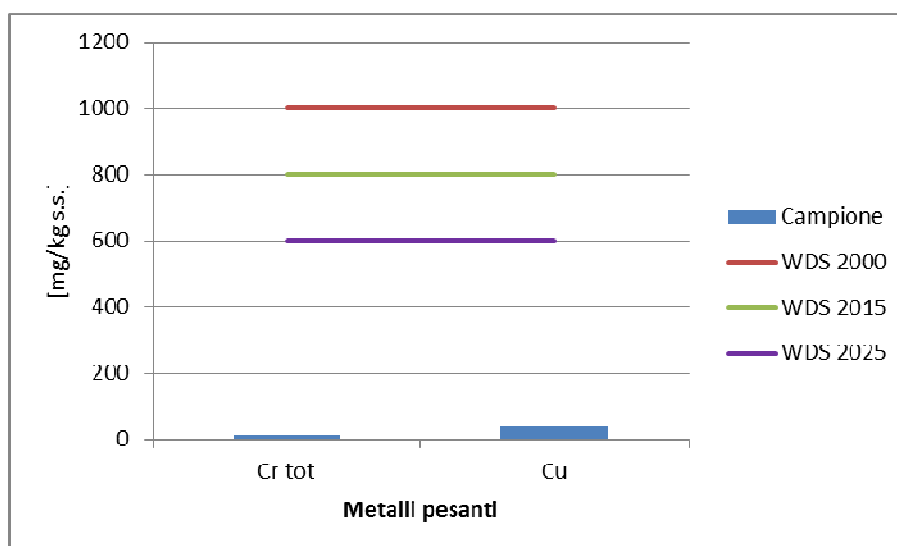


Figura 22: contenuto di cromo totale e rame nel campione e confronto con previsioni di valori limite del WDS.

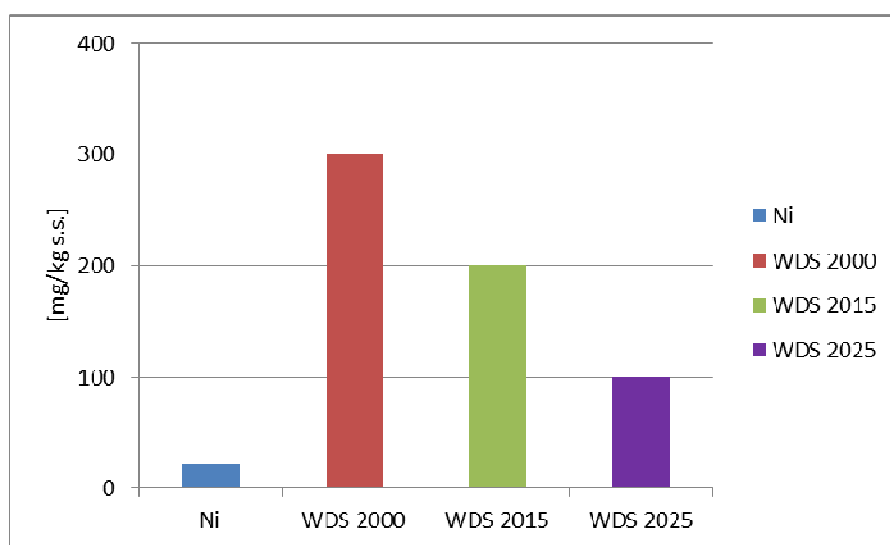


Figura 23: contenuto di nichel nel campione rispetto ai valori limite previsti dal WDS.

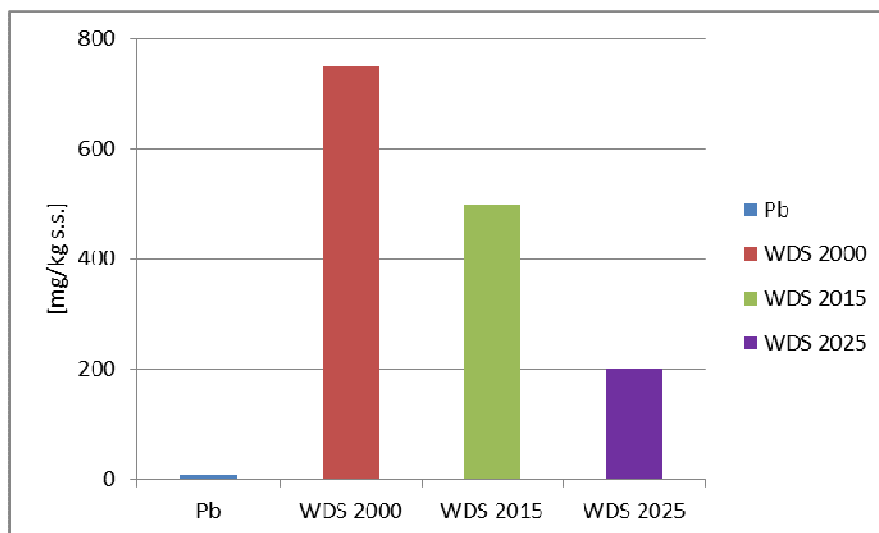


Figura 24: contenuto di piombo nel campione rispetto ai valori limite previsti dal WDS.

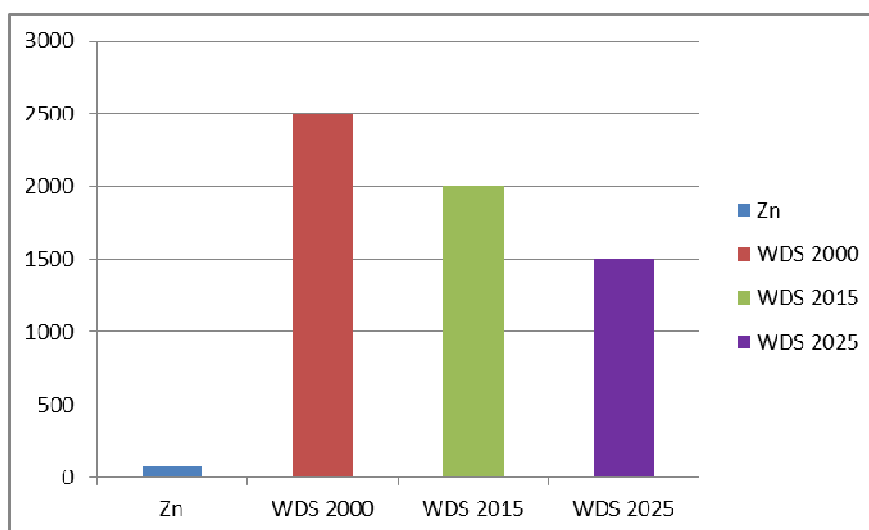


Figura 25: contenuto di zinco nel campione rispetto ai valori limite previsti dal WDS.

La tabella 9 presenta le concentrazioni relative alla presenza di contaminanti organici. Si evidenzia che rispetto ai valori presenti nel certificato d'analisi si è proceduto a riferire tutti i valori al contenuto di sostanza secca del campione analizzato e, limitatamente a idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorobifenili (PCB), diossine e furani (PCDD/F), ad effettuare la sommatoria di alcuni composti indicati dal WDS ai quali si riferiscono le concentrazioni limite suggerite.

In particolare, i valori relativi agli idrocarburi policiclici aromatici prevedono la sommatoria di acenaftene, fluorene, fenantrene, fluorantene, pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(a)pirene, indeno(1,2,3-cd)pirene, benzo(g,h,i)perilene.

Per quanto riguarda i policlorobifenili sono stati considerati e addizionati i valori dei seguenti congeneri: 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.

Infine, per PCDD/F si è preso in considerazione l'equivalente di tossicità (I-TEQ) in quanto riferito alla misurazione di tali contaminanti nelle matrici ambientali. Anche in questo caso quando i dati di concentrazione sono risultati inferiori al limite di rivelabilità si è adottata la stima cautelativa *upper bound*, assegnando a tali dati il valore del limite di rivelabilità.

Tabella 9: confronto dei contaminanti organici rispetto ai valori limite del WDS 2000.

Analisi 2015	AOX*	LAS*	DEHP*	NPE*	IPA*	PCB*	PCDD/F**
Rapporto di prova n° 15-FR02570	-	15,03±1,52	5,8***	5,8***	0,070±0,008***	0,009±0,003***	6,12***
D.Lgs. 99/92	-	-	-	-	-	-	-
WDS 2000	500	2600	100	50	6	0,8	100

*mg/kg s.s.

** ng TE/kg s.s.

*** stima *upper bound*

L'analisi ha rilevato valori inferiori di uno o due ordini di grandezza rispetto ai limiti previsti dal WDS. Alchil benzen sulfonati (LAS), di-etilesilftalato (DEHP) e nonilfenoli sono riconducibili prevalentemente a fonti di origine domestica o civile e, in particolare, all'utilizzo di prodotti quali detersivi (LAS), materie plastiche contenenti ftalato di bis 2-etilesile (DEHP), detersivi, cosmetici, detersivi ed emulsionanti (NPE). Da un confronto con valori medi riferiti a fanghi provenienti da impianti di depurazione di limitata potenzialità del Friuli Venezia Giulia (Rizzardini, 2011), il campione presenta valori comparabili per quanto riguarda DEHP e NPE (6,41 mg/kg s.s. e 1,10 mg/kg s.s.) e una concentrazione inferiore in riferimento ai LAS (115,24 mg/kg s.s.).

Per quanto riguarda IPA e PCB, la cui pericolosità è dovuta alle caratteristiche di cancerogenicità anche alle basse dosi (APAT, 2003), si notano valori inferiori di due ordini di grandezza alle soglie previste dal WDS. Rispetto a valori medi riscontrati in un'indagine su fanghi civili in Veneto (Giandon et al., 2003) il campione analizzato presenta valori inferiori e rispettivamente pari a 0,009 mg/kg rispetto a 0,2 mg/kg per quanto riguarda il contenuto di PCB e di 0,070 mg/kg rispetto a 1,8 mg/kg in riferimento agli IPA.

Infine, il contenuto di diossine e furani risulta anch'esso contenuto e pari a 6,12 ng TE/kg, un valore confrontabile rispetto alla media dei fanghi civili veneti pari a 11,28 ng TE/kg (Giandon et al., 2003).

Per quanto riguarda il parametro AOX non è stato riportato alcun valore in quanto il dato presente sul certificato d'analisi non rappresenta tale parametro, bensì una sua sovrastima. Il laboratorio che ha effettuato l'analisi ha seguito la metodica UNI 15408:2011 (Metodi per la determinazione del contenuto di zolfo, cloro, fluoro e bromo), determinando il contenuto totale di cloro, fluoro e bromo nel campione. Tale determinazione non corrisponde con quanto previsto dal WDS, che si riferisce alla sommatoria dei composti organo - alogenati adsorbibili (AOX). Si tratta di sostanze organiche contenenti cloro, bromo, iodio e fluoro e presenti in fase liquida. Per matrici solide quali i fanghi di depurazione sarebbe meglio riferirsi ai composti organo - alogenati estraibili (EOX) o ancor meglio ai composti organo - alogenati totali (TOX), intesi come sommatoria di AOX, EOX e composti organo - alogenati volatili (POX). La determinazione analitica ha, invece, quantificato il contenuto totale di alogeni, sia di tipo inorganico sia di tipo organico.

5. Conclusioni

Lo studio effettuato ha consentito di formulare una serie di considerazioni inerenti la possibile applicazione al suolo dei fanghi di depurazione prodotti dall'impianto consortile di Tolmezzo.

Dal punto di vista agronomico la matrice mostra un discreto tenore di elementi della fertilità e risulta, pertanto, contraddistinta da un buon potere fertilizzante.

Per quanto concerne la presenza di contaminanti inorganici, i dati analizzati relativi al biennio 2013 - 2014 hanno consentito di rilevare che i fanghi di depurazione presentano un contenuto di metalli pesanti nettamente inferiore ai limiti previsti dalla normativa italiana sull'applicazione al suolo di fanghi di depurazione.

Non emergono, quindi, criticità per quanto riguarda il rispetto del D.Lgs. 99/92 in relazione ai fanghi di depurazione.

L'esecuzione di un ulteriore set analitico di approfondimento ispirato ai principi del *Working document on sludge* (3rd draft, 2000) ha consentito di evidenziare anche il rispetto di valori limite più stringenti in riferimento alla presenza di metalli pesanti e di rilevare valori rispondenti ai limiti previsti per quanto riguarda le principali classi di composti organici. Trattandosi dell'analisi di un solo campione, tale indagine rappresenta un primo tentativo di approfondimento della caratterizzazione della matrice.

Bibliografia

APAT, *Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo ai fini ambientali. Linee guida per un manuale di organizzazione e gestione della rete*, 2003.

Gasparetto G., Giandon P., Pegoraro A., *La qualità dei fanghi di depurazione civili prodotti nel Veneto per l'utilizzo in agricoltura*, ARPAV Osservatorio Regionale Suolo e Rifiuti, 2003.

Gregoris, C., *Sperimentazione a scala pilota e modellizzazione di un processo a fanghi attivi a sostegno della gestione di un impianto di trattamento di acque di cartiera*, Tesi di dottorato, Università degli Studi di Udine, 2011

European Commission, *Working document on sludge, 3rd draft*, DG Environment, European Commission, Brussels, Belgium 2000.

Istituto Superiore di Sanità, *Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità nel calcolo dei risultati analitici*, Rapporti ISTISAN 04/15.

Passavant Impianti S.p.a. e Achille Fadalti Costruzioni S.p.a., *Progetto esecutivo- Progettazione ed esecuzione dei lavori di adeguamento del sistema depurativo consortile in comune di Tolmezzo*, 2005.

Rizzardini, C.B., *Valorizzazione di fanghi di depurazione come ammendante compostato misto*, Tesi di dottorato, Università degli Studi di Udine, 2011.