

**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**Istituto di Idraulica e Infrastrutture Viarie**  
**Via Brecce Bianche 60131 Ancona**



**Ecofast Italia s.r.l. P.za Franco Martelli 5, 20162 Milano,**

**Convenzione di consulenza tecnico scientifica per la  
caratterizzazione delle componenti prodotte da una macchina  
disidratatrice della frazione umida di RSU**

**Relazione tecnica sul funzionamento del disidratatore  
Mod. DEYDRA**

**Giugno 2005**

***Responsabile Scientifico***

Paolo Battistoni  
Professore Associato in Ingegneria Sanitaria Ambientale

<b>1. Premessa</b>	<b>3</b>
<b>2. La macchina</b>	<b>3</b>
<b>3. Definizioni o didascalia</b>	<b>6</b>
<b>4. Metodologia delle prove sperimentali</b>	<b>7</b>
4.1 Materiale impiegato nelle dissipazioni	7
4.2 Metodologia della triturazione e della distribuzione granulometrica	7
4.3 Misura della velocità di sedimentazione	8
4.4 Analisi del flottato	8
<b>5 Analisi dei risultati</b>	<b>9</b>
5.1 Ripartizione su base umida	9
<b>6 Ripartizione su base secca</b>	<b>11</b>
<b>7 Distribuzione granulometrica ed impatto sulle reti</b>	<b>12</b>
<b>8 Dissipato ed impatto sulle reti</b>	<b>13</b>
<b>9 Riduzione dei volumi</b>	<b>15</b>
<b>10 Carbonio disponibile per la depurazione</b>	<b>17</b>
<b>11 Consumi e costi</b>	<b>17</b>
<b>12 CONCLUSIONI</b>	<b>18</b>
<b>13 Bibliografia</b>	<b>19</b>

Tabella 5-1 Ripartizione su base umida delle frazione umida da RD.....	9
Tabella 6-1 Ripartizione su base secca delle frazione umida da RD .....	11
Tabella 6-2 dati statistici triturazione FORSU .....	12
Tabella 6-3 Triturazione di frazioni merceologiche definite .....	12
Tabella 7-1 Ripartizione granulometrica del dissipato della FORSU .....	12
Tabella 7-2 Ripartizione granulometrica di frazioni merceologiche definite .....	13
Tabella 8-1 Velocità di sedimentazione dei solidi sospesi che compongono il dissipato ...	14
Tabella 8-2 Velocità di riferimento delle diverse sezioni di un impianto di depurazione.....	15
Tabella 8-3 Velocità di sedimentazione di solidi sospesi in ingresso impianti in piena scala .....	15
Tabella 9-1 Densità del triturato e centrifugato .....	15
Tabella 10-1 definizione dei solidi volatili particolati e disciolti della frazione fine .....	17
Tabella 11-1 Analisi dei consumi e dei costi .....	18

## 1. Premessa

L'Ecofast Italia ha commissionato alla Università Politecnica delle Marche l'incarico di eseguire tests di dissipazione da macchine per il trattamento della FORSU con recupero del centrifugato solido.

Nella fattispecie è stata usata la macchina DEYDRA prodotta da Ecofast e destinata all'impiego presso grosse utenze (i.e.mense, ristoranti etc.) per effettuare la dissipazione della frazione umida dei rifiuti solidi urbani prodotti ed il contemporaneo recupero, tramite centrifugazione, delle frazioni di grosse dimensioni.

La frazione umida impiegata è di diversa origine e composizione merceologica per investigare le prestazioni nelle diverse condizioni di impiego.

La presente relazione tecnica riporta i risultati e le prestazioni ottenute dalle prove sperimentali per meglio comprendere gli impatti sul servizio di raccolta differenziata dei rifiuti e le economie raggiungibili.

## 2. La macchina

Il modello della macchina utilizzata per le prove è la DEYDRA.

Essa è costituita da due unità fondamentali:

- Dissipatore, collegato ad apposita tramoggia di immissione della FORSU;
- Centrifuga, alimentata dai rifiuti tritati provenienti dal dissipatore con relativa acqua di trasporto e lavaggio.

Durante la procedura di triturazione, il prodotto della dissipazione entra nella centrifuga nella quale avviene la separazione delle particelle più grossolane dal flusso liquido.

La centrifuga è costituita da un cilindro cavo, la cui superficie è dotata interamente di fori del diametro di 1,5 mm. In teoria, le particelle di dimensioni minori dei fori della centrifuga fuoriescono con l'acqua impiegata e vengono scaricate nella rete interna del fabbricato; le particelle con diametro maggiore dei fori della centrifuga sono intercettate dal cilindro forato e fuoriescono per mezzo di una coclea. Nel percorso i solidi subiscono una parziale

disidratazione.

Questa frazione viene definita **centrifugato** ed è raccolta in un cestello di acciaio inox. La frazione liquida, comprensiva dei solidi sospesi non intercettati, costituisce il **dissipato** e viene scaricato in fognatura. .

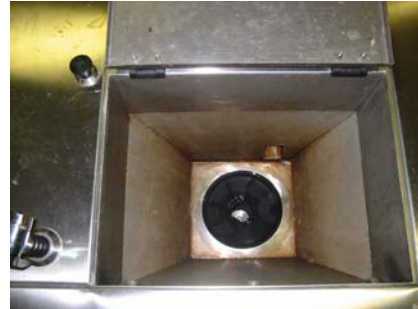
La macchina (Fig. 1) ha certificazione CE.

Il motore che aziona la centrifuga ha le seguenti caratteristiche:

- Motore CSM
- Potenza 1,1 kW
- Alimentazione CA 50 Hz
- Fasi 3

Il motore del dissipatore ha una potenza di 1,5 kW. (ulteriori caratteristiche)

Fig.1 La macchina impiegata



CENTRIFUGA

TRAMOGGIA PER FORSU



DISSIPATORE

### 3. Definizioni o didascalia

Per una più facile lettura dei risultati occorre comprendere le definizioni dei termini che verranno impiegati secondo il seguente schema:

- Triturato: la frazione umida dopo triturazione;
- Centrifugato: materiale solido derivato dalla centrifugazione dell' acqua e dei rifiuti triturati, viene estratto dalla centrifuga con coclea e raccolto nel cestello di acciaio inox;
- Dissipato: flusso liquido derivato dalla centrifugazione, quindi privo delle particelle più grossolane che costituiscono il centrifugato;
- Ripartizione in base umida: suddivisione percentuale del tritato tra centrifugato tale quale e dissipato; tale risultato informa sulle quantità che vengono inviate agli impianti di depurazione (dissipato) e rimangono in carico alle operazioni di raccolta e trasporto della RD (centrifugato).
- Ripartizione in base secca: suddivisione percentuale del tritato tra dissipato e centrifugato; tale risultato informa, su base secca, dei solidi totali e volatili che vengono inviati agli impianti di depurazione (dissipato) e rimangono in carico alla RD (centrifugato).

## **4. Metodologia delle prove sperimentali**

### **4.1 *Materiale impiegato nelle dissipazioni***

Per le prove di dissipazione effettuate con la DEYDRA sono stati utilizzati:

- 8 campioni di FORSU provenienti da un servizio di raccolta differenziata presso utenze domestiche e grosse utenze della Provincia di Macerata;
- 1 campione di FRUTTA costituito da circa 1 kg di mele, 1 kg di pere, 1 kg di mandarini;
- 1 campione di PASTA dopo cottura.

### **4.2 *Metodologia della triturazione e della distribuzione granulometrica***

La triturazione dei vari campioni è stata effettuata secondo le seguenti fasi:

- I fase: accendere la macchina per il caricamento della prima aliquota di acqua necessaria per la dissipazione del campione;
- II fase: inserire nel lavabo il campione;
- III fase: avviare la macchina per la procedura di triturazione;
- IV fase: terminare la prova quando dalla centrifuga non esce più materiale disidratato.

A questo punto il risultato della triturazione consiste in un campione di stato fisico solido (centrifugato) e in un campione di stato fisico liquido (dissipato). Del primo si è stabilito il peso e del secondo il volume.

Un quantitativo dell' uno e dell' altro è stato messo in forno a 105° per stabilire il contenuto in secco (TS) dei campioni tal quali, seguendo la metodologia ufficiale per acque reflue e fanghi (ALPHA Standards Methods).

Successivamente si è passati alla setacciatura a umido del dissipato, eseguita manualmente, per determinare la distribuzione granulometrica dei solidi sospesi. Per la setacciatura sono stati utilizzati tre diversi setacci con vaglio via via decrescente; inizialmente è stato utilizzato il setaccio a 4,76 mm, poi quello a 2,00 mm e infine quello a

0,84 mm.

I rispettivi trattenuti solidi sono stati pesati e per ognuno ne è stata prelevata un' aliquota per la prova delle velocità; un' altra aliquota è stata messa in forno a 105° per la determinazione dei TS.

La stessa procedura di essiccamento è stata eseguita anche per un' aliquota del fondo (liquido che rimane dopo la setacciatura e che contiene particelle solide con dimensioni minori di 0,84 mm).

Noto il contenuto in secco per ogni trattenuto e per il fondo, è stata determinata la distribuzione granulometrica del dissipato.

Infine si è passati alla determinazione dei TVS/TS secondo la metodologia convenzionale di misura del residuo a 550°C.

### **4.3 Misura della velocità di sedimentazione**

La prova per determinare le velocità è stata effettuata utilizzando un cilindro in vetro del volume di 1 l, in cui sono state inserite le diverse aliquote precedentemente prelevate.

Ogni curva di sedimentazione è stata effettuata misurando le particelle "veloci" e quelle "lente", queste ultime sono misurate seguendo la superficie di separazione solido liquido; per entrambe le tipologie sono state effettuate cinque misure di velocità e calcolato il valore medio e la deviazione standard.

Per poter stabilire le velocità del *fondo* si è eseguita la centrifugazione a 350 rpm di un campione dello stesso per 3 minuti, ottenendo la separazione della parte solida da quella liquida.

### **4.4 Analisi del flottato**

La prova di flottazione è stata effettuata a 30 minuti ed a 5 ore, secondo la seguente metodologia.

Un campione di ognuna delle frazioni granulometriche è stato inserito all' interno di un

cilindro del volume di 1 l e lasciato sedimentare e flottare liberamente. A tempi prefissati ( 30' per la prova a 30 minuti, ogni ora per la prova a 5 ore) si è proceduto alla filtrazione sia del flottato che del sedimentato. In seguito le due parti sono state messe in forno a 105° per la determinazione dei TS.

Noto il peso del campione inserito nella colonna d'acqua e il contenuto in secco del sedimentato e flottato, si è calcolata la ripartizione.

## 5 Analisi dei risultati

### 5.1 Ripartizione su base umida

La ripartizione su base umida di otto frazioni di circa 3 Kg di FORSU da RD (Tabella 5-1) fornisce risultati sostanzialmente costanti anche se compresi in una ridotta variabilità dovuta alla composizione non costante della FORSU raccolta.

**Tabella 5-1 Ripartizione su base umida delle frazione umida da RD**

		Quantità Kg	Ripartizione %
FORSU I campione	triturato	3,01	
	dissipato	1,146	38,1
	centrifugato	1,864	61,9
FORSU II campione	triturato	3,007	
	dissipato	1,331	44,3
	centrifugato	1,676	55,7
FORSU III campione	triturato	2,991	
	dissipato	1,295	43,3
	centrifugato	1,695	56,7
FORSU IV campione	triturato	2,993	
	dissipato	1,116	37,3
	centrifugato	1,877	62,7
FORSU V campione	triturato	2,987	
	dissipato	1,245	41,7
	centrifugato	1,743	58,3
FORSU VI campione	triturato	2,982	
	dissipato	1,211	40,6
	centrifugato	1,770	59,4
FORSU VII campione	triturato	2,974	
	dissipato	1,309	44,0
	centrifugato	1,665	56,0
FORSU VIII campione	triturato	2,972	
	dissipato	1,303	43,8
	centrifugato	1,669	56,2

**Tabella 5-2 dati statistici triturazione FORSU**

	dissipato	centrifugato
	%	%
media	41,6	58,4
Dev. St.	2,8	2,8

I dati statistici delle prove sono riassumibili in una ripartizione percentuale pari al 42% in dissipato e 58% in centrifugato. Ciò significa che l'applicazione della macchina comporta una riduzione media del 42% della FORSU da inviare alla RD, ovviamente ciò avviene affrontando il costo dei consumi energetici e dell'acqua necessaria per la triturazione. Tale proiezione ipotizza una raccolta della FORSU senza scarti, fatto non reale in quanto analisi poliennali in impianti di selezione della FORSU da RD per effettuare la digestione anaerobica individuano scarti medi del 20%. Di conseguenza i vantaggi della applicazione della macchina sono meglio riassumibili in Tabella 5.3 in cui si evince che esiste una reale riduzione dei quantitativi da inviare in RD del 53,3%, oltre alla purezza assoluta del centrifugato.

**Tabella 5.3 Analisi reale della triturazione**

<b>Raccolta da RD</b>	%	100
Scarti	%	20
FORSU pura	%	80
alla RD	%	100,0
<b>Applicazione della triturazione</b>		
FORSU pura	%	80,0
dissipata	%	33,3
centrifugata	%	46,7
da smaltire in RD	%	46,7
<b>Riduzione delle quantità in RD</b>	%	53,3

La variabilità dei dati di ripartizione su base umida può essere meglio interpretata analizzando i risultati della dissipazione di due (frutta e pasta) delle possibili cinque frazioni che costituiscono in genere la FORSU (frutta, pane e pasta, vegetali, carne, pesce (Tabella ). I risultati mostrano che frazioni definite *tenere* e ad alto contenuto di acqua (frutta) hanno percentuali di dissipato sino al 61%, mentre frazioni più dure e secche mostrano percentuali inferiori (16%).

**Tabella 5.4 Triturazione di frazioni merceologiche definite**

		Kg	%
Miscela di frutta	triturato	3,030	
	dissipato	1,841	60,7
	centrifugato	1,190	39,3
Pasta	triturato	1,9761	
	dissipato	0,323	16,3
	centifugato	1,6536	83,7

## 6 Ripartizione su base secca

La ripartizione su base secca di otto frazioni di circa 3 Kg di FORSU proveniente da RD (Tabella 6-1) fornisce risultati sostanzialmente costanti anche se compresi in una ridotta variabilità dovuta alla composizione non costante della FORSU raccolta. I risultati su base secca sono sostanzialmente diversi da quelli ottenuti su base umida; infatti i risultati statistici (Tabella 6-2) si sintetizzano in 50% del secco ripartito nel centrifugato ed il rimanente 50% nel dissipato; ciò significa che il centrifugato ha un contenuto in umidità superiore a quello della FORSU triturata ovvero che una parte dell'acqua usata per la dissipazione rimane ad inibire il centrifugato.

**Tabella 6-1 Ripartizione su base secca delle frazione umida da RD**

	Triturato Kg	Dissipato %	Centrifugato %
FORSU I campione	3,01	49,1	50,9
FORSU II campione	3,01	50,8	49,2
FORSU III campione	2,99	50,0	50,0
FORSU IV campione	2,99	63,5	36,5
FORSU V campione	2,99	50,5	49,5
FORSU VI campione	2,98	48,1	51,9

FORSU VII campione	2,97	51,9	48,1
FORSU VIII campione	2,97	48,1	51,9

**Tabella 6-2 dati statistici triturazione FORSU**

	Dissipato %	Centrifugato %
media	51,5	48,5
Dev. standard	5,0	5,0

La triturazione di frazioni merceologiche definite (Tabella 6-3) conferma i risultati precedenti ottenuti con la FORSU, in particolare il confronto con i risultati su base umida (Tabella ) dimostra un aumento dei contenuti percentuali del dissipato.

**Tabella 6-3 Triturazione di frazioni merceologiche definite**

		Kg	%
Miscela frutta	Triturato	3,0	
	Dissipato	1,8	58,6
	Centrifugato	1,3	41,4
Pasta	Triturato	2,0	
	Dissipato	0,4	20,1
	Centrifugato	1,6	79,9

## 7 Distribuzione granulometrica ed impatto sulle reti

La distribuzione granulometrica del dissipato (Tabella 7-1) viene misurata per comprendere le dimensioni dei solidi sospesi contenuti nel dissipato. Ovviamente queste sono fortemente condizionate dalle dimensioni dei fori della centrifuga (1,5 mm). I risultati (Tabella 7-1) mostrano percentuali trascurabili di dimensioni superiori a 2 mm, fino al 10% di solidi tra 0,84 e 2 mm, quindi una sostanziale presenza di solidi di piccole dimensioni (minori di 0,84 mm).

**Tabella 7-1 Ripartizione granulometrica del dissipato della FORSU**

TIPO	TIPO	Ripartizione %
FORSU I campione	> 4,76 mm	0,00
	2,0mm < < 4,76	0,03
	0,84 mm < < 2,0	7,7
	<0,84 mm	92,3
FORSU II campione	> 4,76 mm	0,23
	2,0mm < < 4,76	0,02
	0,84 mm < < 2,0	11,5
	<0,84 mm	88,3
FORSU III campione	> 4,76 mm	0,00
	2,0mm < < 4,76	0,06
	0,84 mm < < 2,0	9,75

	<0,84 mm	90,19
FORSU IV campione	> 4,76 mm	0,04
	2,0mm< < 4,76	0,06
	0,84 mm< < 2,0	10,31
	<0,84 mm	89,59
FORSU V campione	> 4,76 mm	0,27
	2,0mm< < 4,76	0,08
	0,84 mm< < 2,0	9,88
	<0,84 mm	89,77
FORSU VI campione	> 4,76 mm	0,00
	2,0mm< < 4,76	0,23
	0,84 mm< < 2,0	19,40
	<0,84 mm	80,37
FORSU VII campione	> 4,76 mm	0,00
	2,0mm< < 4,76	0,12
	0,84 mm< < 2,0	6,27
	<0,84 mm	93,60
FORSU VIII campione	> 4,76 mm	0,00
	2,0mm< < 4,76	0,09
	0,84 mm< < 2,0	8,05
	<0,84 mm	91,87

Sostanzialmente immutati sono i risultati ottenuti impiegando frazioni merceologiche definite (Tabella 7-2) anche se percentuali ancora più elevate in particelle di minori dimensioni sono registrate per miscele di frutta e la pasta.

**Tabella 7-2 Ripartizione granulometrica di frazioni merceologiche definite**

Miscela di frutta	> 4,76 mm	0,00
	2,0mm< < 4,76	0,00
	0,84 mm< < 2,0	5,23
	<0,84 mm	94,77
Pasta	> 4,76 mm	0,00
	2,0mm< < 4,76	0,00
	0,84 mm< < 2,0	2,79
	<0,84 mm	97,21

## 8 Dissipato ed impatto sulle reti

L'impatto sulle reti fognarie del dissipato è valutato sulla base della velocità di sedimentazione, questa è misurata sia per le particelle più veloci che per quelle più lente di ciascun range granulometrico (Tabella 8-1). Il valore numerico della velocità risulta in cm/s sempre molto basso se confrontato con i valori di riferimento delle velocità adottate nelle diverse sezioni di un impianto di depurazione (Tabella 8-2). Ciò significa che nella misura in cui pervengono all'impianto i solidi sono completamente intercettati nei trattamenti primari degli impianti di depurazione ed inviati alla linea fanghi.

L'impatto sulle reti si misura invece paragonando le velocità a quelle delle particelle misurate in ingresso a impianti reali di depurazione (Bolzonella et al.; 2002). Se i valori numerici di velocità del dissipato sono inferiori a quelli dei solidi sospesi nell'influente impianto le particelle arrivano interamente in impianto senza subire sedimentazione nelle reti. In definitiva paragonando i valori numerici di Tabella 8-1 con quelli di Tabella 8-3 si può constatare come tutte le particelle di dimensioni inferiori a 0,84 mm, sia veloci che lente, arrivano totalmente all'impianto, tutte le particelle lente anche di dimensioni superiori arrivano totalmente in impianto ed infine solo alcune frazioni granulometriche di particelle veloci mostrano una parziale sedimentazione in rete. Pur non potendo assegnare pesi alle particelle veloci e lente si può affermare che date le distribuzioni granulometriche riportate in Tabella 7-1 le quantità che sedimentano in rete sono trascurabili.

**Tabella 8-1 Velocità di sedimentazione dei solidi sospesi che compongono il dissipato**

FRAZIONE MERCEOLOGICA	DIMENSIONI PARTICELLE (mm)	Particelle Veloci		Particelle Lente	
		VEL.MEDIA (cm/s)	DEV.ST. (cm/s)	VEL.MEDIA (cm/s)	DEV.ST. (cm/s)
DEYDRA I campione FORSU	>4,76				
	>2,00	0,6201	0,1619	0,2708	0,0993
	>0,84	0,3636	0,0814	0,1592	0,0220
	<0,84	0,1984	0,0231	0,1234	0,0341
DEYDRA II campione FORSU	>4,76				
	>2,00				
	>0,84	0,5438	0,1699	0,2408	0,0770
	<0,84	0,2850	0,1009	0,1455	0,0465
DEYDRA III campione FORSU	>4,76				
	>2,00				
	>0,84	0,3386	0,0385	0,2034	0,0568
	<0,84	0,2731	0,0728	0,1715	0,0335
DEYDRA IV campione FORSU	>4,76				
	>2,00				
	>0,84	0,3016	0,0620	0,1824	0,0371
	<0,84	0,1857	0,0333	0,1253	0,0397
DEYDRA V campione FORSU	>4,76				
	>2,00				
	>0,84	0,4210	0,1172	0,2272	0,0281
	<0,84	0,2834	0,0960	0,1415	0,0328
DEYDRA VI campione FORSU	>4,76				
	>2,00				
	>0,84	0,5311	0,2796	0,1672	0,0306
	<0,84	0,1912	0,0306	0,1265	0,0141

DEYDRA VII campione FORSU	>4,76				
	>2,00				
	>0,84	0,4083	0,2009	0,2002	0,0264
	<0,84	0,2410	0,1105	0,1454	0,0441
DEYDRA VIII campione FORSU	>4,76				
	>2,00				
	>0,84	0,3605	0,1484	0,1597	0,0238
	<0,84	0,2593	0,0413	0,1446	0,0369

**Tabella 8-2 Velocità di riferimento delle diverse sezioni di un impianto di depurazione**

1	Cis	sed primari	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	40	cm/sec	1,11
2	Cis	sed misti	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	28	cm/sec	0,78

**Tabella 8-3 Velocità di sedimentazione di solidi sospesi in ingresso impianti in piena scala**

impianto di depurazione	abitanti equivalenti	velocità di sedimentazione	
		media (cm/s)	deviaz. St.
Ancona	80.000	0,43	0,05
Falconara	60.000	0,39	0,08
Jesi	40.000	0,28	0,01

Bolzonella et al.; 2002

## 9 Riduzione dei volumi

Sebbene di limitata importanza è stata valutata la densità del centrifugato (Tabella 9-1); in particolare la frazione del centrifugato ha una densità del 0-15% più elevata del materiale posto a triturazione. Ciò significa che i volumi originariamente occupati nella raccolta differenziata del centrifugato sono inferiori di quelli attesi sulla riduzione percentuale su base umida. Comunque, il fenomeno ha poca importanza per il fatto che trattasi di frazione facilmente comprimibile e quindi soggetta per carico o per compressione a facile variazione di volume.

**Tabella 9-1 Densità del triturato e centrifugato**

		Peso kg	Volume l	Densità kg/m <sup>3</sup>
FORSU III campione	triturato	2,991	5,0	598
	centrifugato	1,695	2,5	678
FORSU IV campione	triturato	2,993	5,0	599
	centrifugato	1,877	3,0	626
FORSU V campione	triturato	2,987	5,0	597

	centrifugato	1,743	2,5	697
FORSU VI campione	triturato	2,982	5,0	596
	centrifugato	1,770	2,6	681
FORSU VII campione	triturato	2,974	4,8	619
	centrifugato	1,665	2,5	666
FORSU VIII campione	triturato	2,972	5,0	594
	centrifugato	1,669	2,5	668

## 10 Carbonio disponibile per la depurazione

La dissipazione della FORSU comporta l'immissione in rete fognaria di materiale particolato e solubile. La percentuale di dissipato su base secca è pari mediamente al 52% del materiale sottoposto a triturazione. Come dimostrato dalle prove di distribuzione granulometrica la frazione fine, ovvero inferiore a 0,84 mm, corrisponde cautelativamente al 90% . Ciò significa che il materiale secco fine presente nel dissipato è pari al 46,8% del secco sottoposto a triturazione. In altre ricerche è stato dimostrato che tale frazione ha un alto contenuto di solidi volatili (95,5%); i solidi volatili sono inoltre suddivisi in disciolti (65,6%) e sospesi (34,4%, ). Assumendo tali dati è possibile individuare che del materiale sottoposto a triturazione arriva certamente in impianto e va in carico al processo biologico una quantità di solidi volatili disciolti pari al 15,4% del secco sottoposto a triturazione. Questa frazione è costituita da carbonio prontamente disponibile che costituisce un valido supporto alla rimozione biologica dell'azoto e del fosforo negli impianti di trattamento delle acque reflue.

**Tabella 10-1 definizione dei solidi volatili particolati e disciolti della frazione fine**

dissipato	%TS	52
centrifugato	%TS	48
percentuale di materiale fine (<0,84 mm)	%	90
secco fine	TS%	46,8
TVS/TS sul dissipato	%	95,5
contenuto di secco volatile nel materiale fine	TVS%triturato	44,7
Ripartizione secco volatile disciolto	TVSd%	65,6
Ripartizione secco volatile particolato	TVSp%	34,4
Solidi volatili disciolti in arrivo all'impianto	TVSd/TStriturato	15,4
Solidi volatili particolati in arrivo all'impianto	TVSp/TStriturato	16,1

## 11 Consumi e costi

L'analisi dei costi della dissipazione presso grandi utenze viene valutata sulla base di una serie di costi specifici (relativi all'acqua di approvvigionamento, ai consumi energetici ed alla raccolta e trasporto della FORSU da RD), mentre i costi di manodopera per la raccolta e trasporto sono ritenuti pari a quelli della triturazione.

Pertanto, note le caratteristiche della macchina, il tempo medio di dissipazione di 5 min ed i consumi è possibile ricavare un risparmio di 0,036 €/Kg di materiale da tritare, valore considerevole nonostante la contenuta ripartizione in dissipato riscontrata su base umida.

**Tabella 11-1 Analisi dei consumi e dei costi**

Triturazione quantità di riferimento	kg	3
consumi di acqua	l	19
Tempo di triturazione	min	5
Potenza totale impegnata	kW	2,6
Cosumi energetici	KWh	0,22
Costo specifico	€/kWh	0,103
Costo specifico acqua	€/l	0,001
minore quantità di FORSU da RD	%	45
	Kg	1,35
Costo specifico FORSU (trasporto e raccolta)	€/kg	0,103
Costo smaltimento per triturazione	€	0,032
Risparmio raccolta e trasporto	€	0,139
Margine operativo	€	0,107
	€/Kg tritur	0,036

## 12 CONCLUSIONI

Le prove eseguite e le prestazioni ottenute si riferiscono alla macchina DEYDRA della Ecofast le cui caratteristiche sono indicate in relazione. I materiali impiegati sono FORSU da RD raccolta in periodo primaverile, quindi con scarti tipici della alimentazione italiana di questa stagione. Comunque, il numero di prove eseguite si ritiene adeguato per avere risultati ripetibili ed affidabili. Le principali conclusioni dell'indagine sperimentale svolta sono:

- Su base umida la macchina effettua una ripartizione della FORSU del 58% in centrifugato e 42 % in dissipato. Considerando una dieta in fase estiva che determina un uso maggiore di frutta e vegetali è facile considerare che si raggiunga facilmente una ripartizione 50% centrifugato, 50% dissipato;
- Su base secca la macchina effettua una ripartizione della FORSU del 48% in centrifugato e 52 % in dissipato; tale ripartizione aumenta in fase estiva in cui la dieta si arricchisce di frazioni quali frutta e vegetali;
- Il dissipato contiene sostanzialmente solidi di piccole dimensioni (< 0,84mm);
- Il comportamento gravitazionale dei solidi sospesi del dissipato è tale che è prevedibile un comportamento di non sedimentazioni in reti in grado di trasportare solidi sospesi a velocità predefinita;
- I solidi sospesi del dissipato vengono tutti intercettati nei sedimentatori primari puri o misti;
- La tecnica permette di risparmiare sino a 0,036 €/Kg di FORSU triturata.

## 13 Bibliografia

- 1- David Bolzonella, Paolo Pavan, Paolo Battistoni, Franco Cecchi, Garbage grinder: a friendly technology for the environment. *Environmental Technology*, 24(3), 349-359 (2003).