

Innovazione, Sostenibilità, Economia circolare: un nuovo ciclo del cemento è possibile?

Convegno FENEAL UIL - FILCA CISL - FILLEA CGIL
Roma, 11 maggio 2017

Sostenibilità dell'uso dei CSS nella
produzione del clinker
Ing. Roberto Carrara – c.s. legambiente

Problemi e opportunità

1. Cosa sono i CSS e quali pericoli ambientali può presentare il loro uso per la produzione del clinker
2. Requisiti impiantistici e gestionali per un uso sostenibile
3. Condizioni per un dialogo costruttivo e per il consenso della comunità all'uso dei CSS

Capitolo 1

1.1 Cosa sono i CSS

Le caratteristiche e condizioni di uso dei Combustibili Solidi Secondari utilizzabili nella produzione del clinker sono stabilite dal D.M. 22/2013 e la norma UNI EN 15359:2011 “Combustibili Solidi Secondari – Classificazione e specifiche”

I CSS di migliore qualità sono denominati **CSS Combustibili EoW** ed escono dal regime dei rifiuti se prodotti con garanzia di qualità ISO 14.001 o EMAS

La normativa sul CSS

Il combustibile solido secondario (CSS) viene introdotto nel quadro normativo nazionale dal decreto legislativo n. 205/2010 *“Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive”* che, nel modificare il decreto legislativo n. 152 del 2006 al fine di recepire la nuova direttiva quadro sui rifiuti (direttiva 2008/98/CE), inserisce, all'articolo 183, comma 1, lettera cc) la seguente definizione: *“«combustibile solido secondario (CSS)»: il combustibile solido prodotto da rifiuti che rispetta le caratteristiche di classificazione e di specificazione individuate delle norme tecniche UNI CEN/TS 15359 e successive modifiche ed integrazioni; fatta salva l'applicazione dell'articolo 184-ter, il combustibile solido secondario, è classificato come rifiuto speciale”*.

Dal punto di vista tecnico, il CSS viene disciplinato a livello europeo e nazionale da una serie di norme, tra le quali la UNI EN 15359:2011 “Combustibili Solidi Secondari – Classificazione e specifiche” stabilisce una classificazione basata su tre parametri:

- Potere Calorifico Inferiore (P.C.I.), parametro economico;
- Contenuto di Cloro, parametro tecnico;
- Contenuto di Mercurio, parametro ambientale.

Per ciascun parametro sono individuate cinque classi di valori (da 1 a 5 in ordine di qualità decrescente – Tabella 2.16); ad ogni CSS viene attribuita una terna di numeri (un numero per ciascun parametro). I CSS di migliore qualità, appartenenti alle classi 1, 2 e 3 che rispettano le caratteristiche riportate in chiaro e le specifiche di Tabella 2.18 vengono denominati **CSS Combustibili EoW** ed escono dal regime dei rifiuti se prodotti con garanzia di qualità ISO 14.001 o EMAS

La normativa sul CSS

Tabella 2.16 – Classificazione CSS Combustibile

Caratteristiche di classificazione							
Caratteristica	Misura statistica	Unità di misura	Valori limite per classe				
			1	2	3	4	5
PCI	media	MJ/kg t.q.	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
		kcal/kg t.q.	≥ 6.000	≥ 4.800	≥ 3.600	≥ 2.400	≥ 720
Cloro	media	% s.s.	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	≤ 1	$\leq 1,5$	≤ 3
Mercurio	mediana	mg/MJ t.q.	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 0,08$	$\leq 0,15$	$\leq 0,50$
		$\mu\text{g/kcal t.q.}$	$\leq 0,08$	$\leq 0,12$	$\leq 0,33$	$\leq 0,62$	$\leq 2,08$
	80° percentile	mg/MJ t.q.	$\leq 0,04$	$\leq 0,06$	$\leq 0,16$	$\leq 0,30$	≤ 1
		$\mu\text{g/kcal t.q.}$	$\leq 0,17$	$\leq 0,25$	$\leq 0,67$	$\leq 1,25$	$\leq 4,17$

La normativa sul CSS

Tabella 2.18 – Specificazione CSS Combustibile

Caratteristiche di specificazione			
Parametro	Misura statistica	Unità di misura	Valore limite
<i>Parametri fisici</i>			
Ceneri	media	% s.s.	vedasi nota 1
Umidità	media	% t.q.	vedasi nota 1
<i>Parametri chimici</i>			
Antimonio (Sb)	mediana	mg/kg s.s.	50
Arsenico (As)	mediana	mg/kg s.s.	5
Cadmio (Cd)	mediana	mg/kg s.s.	4
Cromo (Cr)	mediana	mg/kg s.s.	100
Cobalto (Co)	mediana	mg/kg s.s.	18
Manganese (Mn)	mediana	mg/kg s.s.	250
Nichel (Ni)	mediana	mg/kg s.s.	30
Piombo (Pb)	mediana	mg/kg s.s.	240
Rame (Cu)	mediana	mg/kg s.s.	500
Tallio (Tl)	mediana	mg/kg s.s.	5
Vanadio (V)	mediana	mg/kg s.s.	10
Σ metalli (Sb, As, Cr, Cu, Co, Pb, Mn, Ni, V)	mediana	mg/kg s.s.	--
(1) Non vengono fissati i valori limite per ceneri e umidità. Gli stessi sono di natura prettamente commerciale. La definizione dei valori limite per ceneri e umidità è rimessa a specifici accordi tra produttore e utilizzatore			

Limiti composizione CDR (D.M. 05/02/1998)

– P.C.i. sul t.q. (MJ/kg)	> 15
– umidità in massa	≤ 25%
– ceneri (m/m s.s.)	≤ 20%
– Cloro (m/m s.s.)	≤ 0,9%
– Zolfo (m/m s.s.)	≤ 0,6%
– Arsenico (As mg/kg s.s.)	≤ 9
– Cromo (Cr mg/kg s.s.)	≤ 100
– Manganese (Mn mg/kg s.s.)	≤ 400
– Mercurio + Cadmio (Hg+Cd mg/kg s.s.)	≤ 7
– Nichel (Ni mg/kg s.s.)	≤ 40
– Piombo (volatile) (Pb mg/kg s.s.)	≤ 200
– Rame (composti solubili) (Cu mg/kg s.s.)	≤ 300

Capitolo 1

1.2 Pericoli ambientali

Molte associazioni e comitati ambientalisti sono contrari all'utilizzo di CSS negli impianti di produzione del clinker poiché esempi negativi del passato fanno temere:

- maggiori emissioni di inquinanti atmosferici dal forno di cottura, a causa del possibile maggior tenore di metalli tossici, alla difficile combustione di materiali di composizione variabile e pezzatura grossolana, al difficile controllo della qualità dei CSS forniti dal mercato
- maggiori emissioni per il loro trasporto su gomma, a causa del minore Pci dei CSS rispetto al Petcoke

È interesse di tutti, ed in primo luogo dei lavoratori, rimuovere le condizioni che sono alla fonte dei timori. I vantaggi economici consentiti dall'uso di CSS devono impegnare all'adozione delle misure impiantistiche e gestionali più adeguate a migliorare l'impatto ambientale

Composizione tipica di PFU pneumatici fuori uso

(Dip. Ing. Innovazione – Univ. Lecce 1999)

<i>Elemento / lega</i>	<i>Tenore</i>
Carbonio	ca. 70 %
Ferro	16 %
Idrogeno	7 %
Ossigeno	4 %
Ossido di zinco	1 %
Zolfo	1 %
Azoto	0.5 %
Acido stearico	0.3 %
Alogeni	0.1 %
Leghe di rame	200 mg/kg
Cadmio	10 mg/kg
Cromo	90 mg/kg
Nichel	80 mg/kg
Piombo	50 mg/kg

Caratteristiche merceologiche di FBE (Consorzio depurazione Lura - 2007)

Parametri	Valori
Provenienza	Impianti di depurazione acque reflue
P.C.I. (MJ/kg)	≥ 7
Contenuto H ₂ O	$\leq 15 \%$
Contenuto di P	$\leq 3 \%$
Ceneri	$\leq 55\%$
Cr ^{VI} (mg/kg)	< 10
Cd + Tl + Hg (mg/kg)	< 10

Analisi elementare del pet-coke di Gela (Legambiente GELA 2006)

Metallo	As	Cr	Mo	Ni	Pb	V	Zn
(mg/kg)	17,3	114	75	787	125	1.070	2.609

Composizione tipica di Petcoke (SSC 2003)

PROPRIETÀ	MIN	MAX	MEDIA
PCi (kcal/kg)	7.489	8.378	8.176
Ceneri (% m/m)	0,20	5,0	1,16
Materie volatili (% m/m)	9,74	16,74	13,07
Carbonio (% m/m)	82,34	88,35	86,61
Idrogeno (% m/m)	2,98	4,04	3,63
Azoto (% m/m)	1,27	2,70	1,79
Zolfo (% m/m)	2,76	6,63	4,89
Cloro (% m/m)	<0,01	0,09	0,02
Vanadio (mg/kg)	390	4.660	1.812
Nichel (mg/kg)	0,1	3.000	
Boro (mg/kg)	0,1	0,5	

Composizione tipica di Petcoke e carbone fossile (SSC 2003)

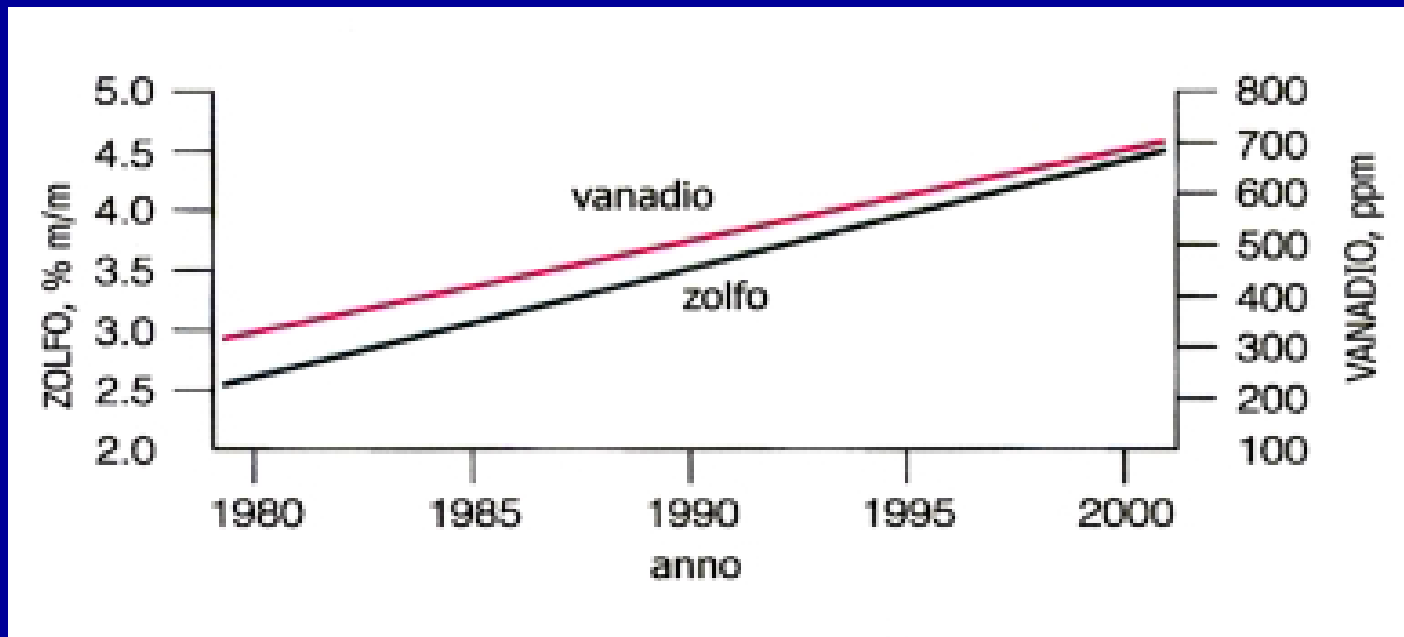
Proprietà	Carbone fossile			Petcoke		
	Min	Max	Media	Min	Max	Media
<i>Sul come ricevuto:</i>						
Ceneri (% m/m)	6,67	18,2	13,85	0,20	5,0	1,16
Materie volatili (% m/m)	10,73	41,11	24,80	9,74	16,74	13,07
Carbonio (% m/m)	63,05	80,68	71,27	82,34	88,35	86,61
Idrogeno (% m/m)	2,50	4,60	3,85	2,98	4,04	3,63
Azoto (% m/m)	1,48	2,30	1,77	1,27	2,70	1,79
Zolfo (% m/m)	0,21	1,21	0,48	2,76	6,63	4,89
Cloro (m/m)	—	—	—	<0,01	0,09	0,02
Vanadio (mg/kg)	—	—	—	390	4660	1812
Potere calorifico superiore (kcal/kg)	5796	7788	6729	7678	8569	8365
Potere calorifico superiore (MJ/kg)	24,30	32,60	28,15	31,55	35,90	35,00
Potere calorifico inferiore (kcal/kg)	5618	7562	6527	7489	8378	8176
Potere calorifico inferiore (MJ/kg)	23,50	31,65	27,35	31,35	35,10	34,25

Microinquinanti nel Petcoke e carbone fossile

			Coke di petrolio (137 analisi)				Carbone fossile (37 analisi)			
			Media	Min	Max	Dev.st	Media	Min	Max	Dev.st
Σ IPA	mg/kgSS		14	0,8	97	10,3	13	0,8	38	9
Σ IPA ex DM 05/02/1998	mg/kgSS		6,45	0,0006	14,8	3,81	4,18	0,19	12,6	3,45
Rapporto tra Σ IPA ex DM 05/02/1998 e Σ IPA	%		46	0	82	17,1	30,5	12,5	62	11,6
benzo[a]antracene	μg/kgSS	IPA cancerogeni ex DM 05/02/1998	1502	2,4	4040	995,6	822	3,4	2862	728,2
benzo[b+j+k]fluorantene	μg/kgSS		1040	14,8	3650	703,3	1562	25,8	4953	1320
benzo[a]pirene	μg/kgSS		1904	4,4	4680	1296,6	599	12,3	3200	596,6
dibenzo[a,h]antracene	μg/kgSS		328	1	1940	387,4	172	4,7	937	242,1
dibenzo[a,e]pirene	μg/kgSS		502	1	3300	565,9	242	3,8	3050	548,6
dibenzo[a,h]pirene	μg/kgSS		186	1	2450	343,9	73	2,2	343	84,1
dibenzo[a,i]pirene	μg/kgSS		216	1	1600	246,7	107	1,5	773	145,5
dibenzo[a,l]pirene	μg/kgSS		412	1,1	3300	565,1	233	1,9	3050	552,2
indeno[1,2,3-cd]pirene	μg/kgSS		431	2,7	1750	347,2	389	6,9	1218	361
As	mg/kgSS		2	0,5	13	2,4	3	1	11	2,4
Cr	mg/kgSS		18	10	74	14	39	10,8	86	20,2
Ni	mg/kgSS		436	11	668	124,3	29	11,9	135	21,3
V	mg/kgSS		2173	35	3830	885,8	79	20,5	401	66,3

Nota: l'elaborazione statistica è stata effettuata non utilizzando i valori di concentrazione inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale

Andamento della qualità del coke di petrolio (SSC 2003)



Trasporti su gomma in una cementeria (HOLCIM Ternate 2005)

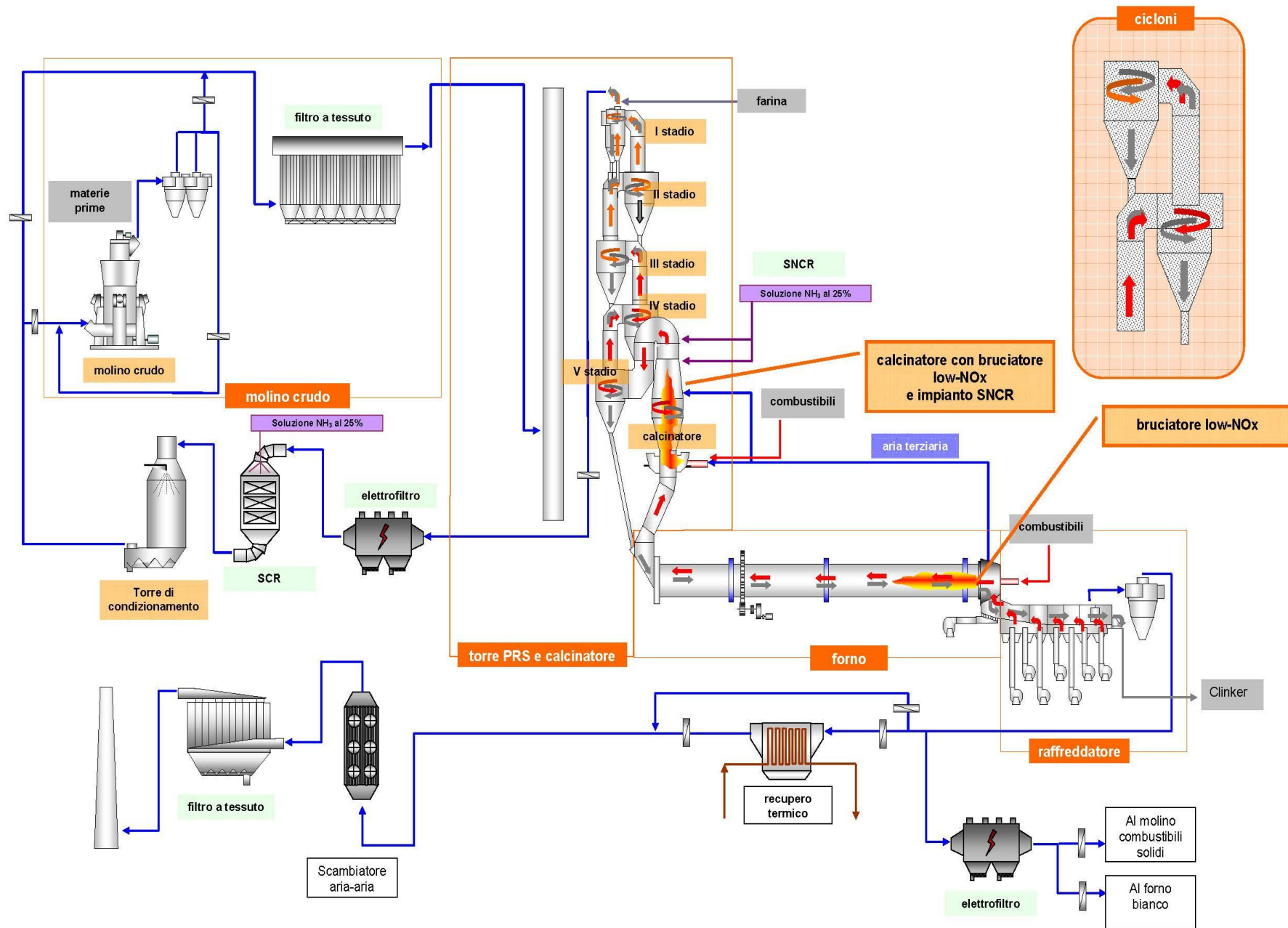
TIPOLOGIA	n° transiti anno	n° medio transiti settimanali
Vendite/Trasferimenti:	40.776	784
Materie Prime:	12.569	242
Rifiuti Recuperati come materia prima:	818	16
Combustibili Tradizionali:		
Olio comb. denso	15	0
Carbone grafitato	25	0
Coke	2.414	46
tot	2.454	47
Combustibili Alternativi:		
CDR	129	2
CDR Light	22	0
Farine Animali	346	7
Solventi	298	6
tot	795	15
Personale	24.604	450
TOTALE	82.016	1.554

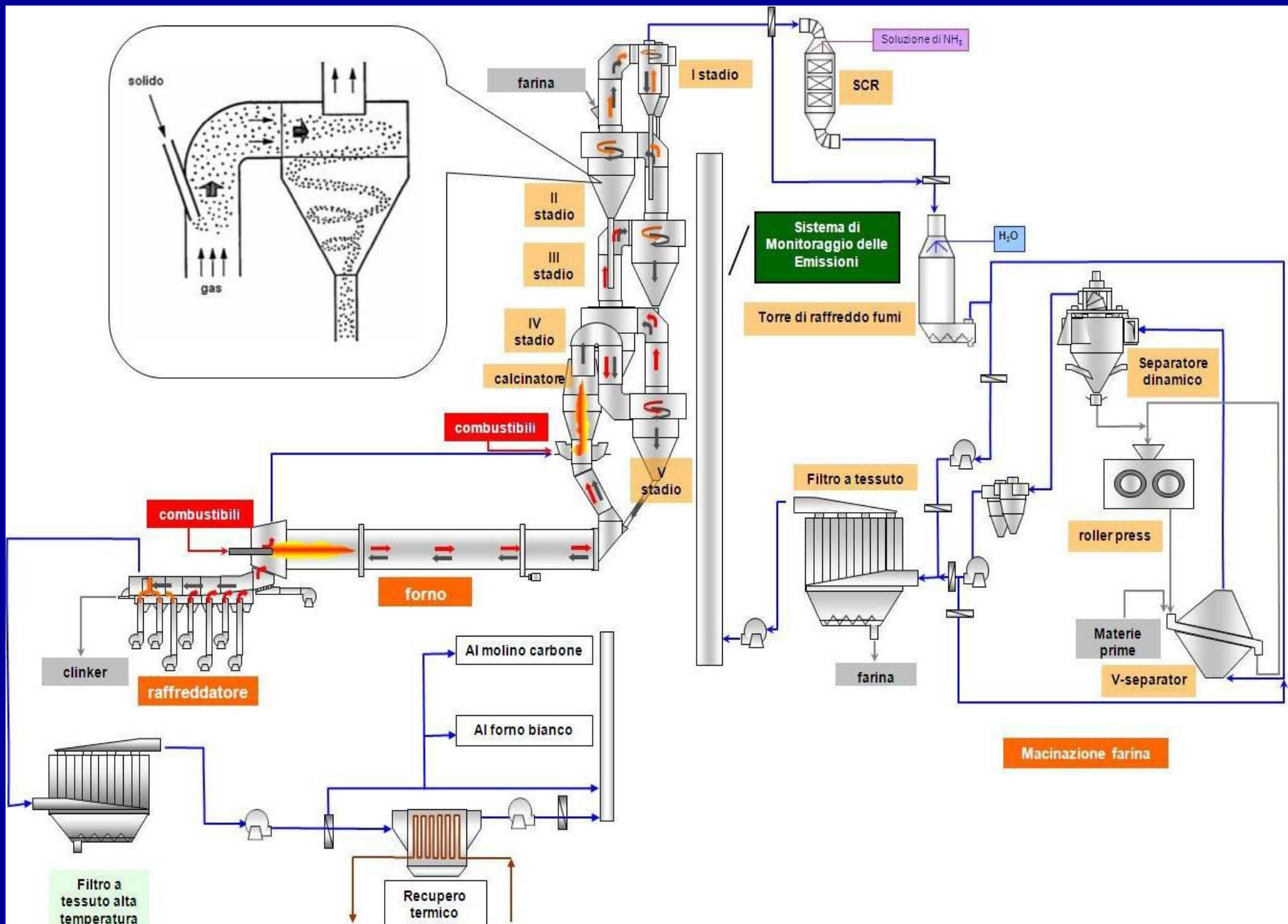
Capitolo 2

Requisiti impiantistici e gestionali per un uso sostenibile dei CSS

2.1 Requisiti impiantistici

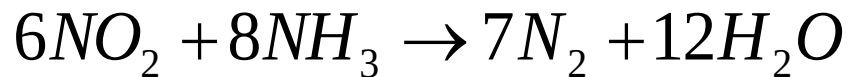
- Processo di cottura a secco (preriscaldamento a multiciclone) – no semisecco Lepol
- Depolverazione con filtri a tessuto (candele fibra ceramica) sovradimensionati – no elettrofiltri
- DeNOx con SCR – no solo SCNR
- Desolforazione con iniezione di bicarbonato – meglio della calce





Tecnologia SCR abbattimento NOx

- Il sistema è in grado di ridurre gli NO e gli NO₂ ad azoto N₂ grazie alle seguenti reazioni:



- L'SCR utilizza come reagente ammoniaca (NH₃) in soluzione acquosa al 25%, iniettata nei fumi di combustione a monte di un catalizzatore costituito essenzialmente da V₂O₅ su TiO₂.
- L'impianto SCR rappresenta per l'industria del cemento una tecnologia innovativa per la riduzione degli NOx e consente migliori prestazioni rispetto al SNCR: minori tenori residui di macroinquinanti: NOx (≤ 200 mg/Nm³) NH₃ (≤ 2 mg/Nm³) e di microinquinanti organici

Capitolo 2

Requisiti impiantistici e gestionali per un uso sostenibile dei CSS

2.2 Requisiti gestionali

- Utilizzo prioritario di CSS Combustibili. I CSS a basso Pci e ad alto tenore di Metalli non devono essere bruciati ma avviati al riciclo
- Per altri CSS selezionare fornitori e definizione di specifiche di accettabilità
 - I. Limiti di composizione, in particolare metalli pesanti (es. mercurio, piombo, tallio, cadmio), alogeni, zolfo. Contenuto riferito al PCi (es. mg/Mj) inferiore al Petcoke sostituito
 - II. Procedura di accettazione

Capitolo 2

Requisiti impiantistici e gestionali per un uso sostenibile dei CSS

2.2 Requisiti gestionali

- Gestione discontinuità con ri-avviamento del forno con uso di gas metano
- Riduzione trasporto su gomma e potenziamento trasporto su ferrovia di materie prime e prodotti intermedi e finiti. Preferenza a fornitori di CSS dotati di terminale ferroviario
- Certificazione ambientale EMAS della cementeria e dei fornitori

RESIDUI UTILIZZATI NELLE CEMENTERIE

CSS

1. CDR (frazione combustibile dei rifiuti urbani e speciali assimilabili)
2. Fanghi essiccati da impianti di depurazione acque
3. Pneumatici usati
4. Fluff da macinazione carcasse auto (selezione componenti combustibili)
6. Residui da raffinerie di petrolio e di oli lubrificanti (bitume, terre di filtrazione esauste)
8. Sottoprodotti e residui di lavorazioni agricole e dell'industria alimentare (biomasse)
9. Residui della lavorazione del legno e affini , della carta e cartone
10. Residui di elastomeri e di resine termoindurenti e termoplastiche
11. Residui da produzione elettrodi di grafite
12. Fanghi da impianti di verniciatura

Rifiuti Combustibili liquidi

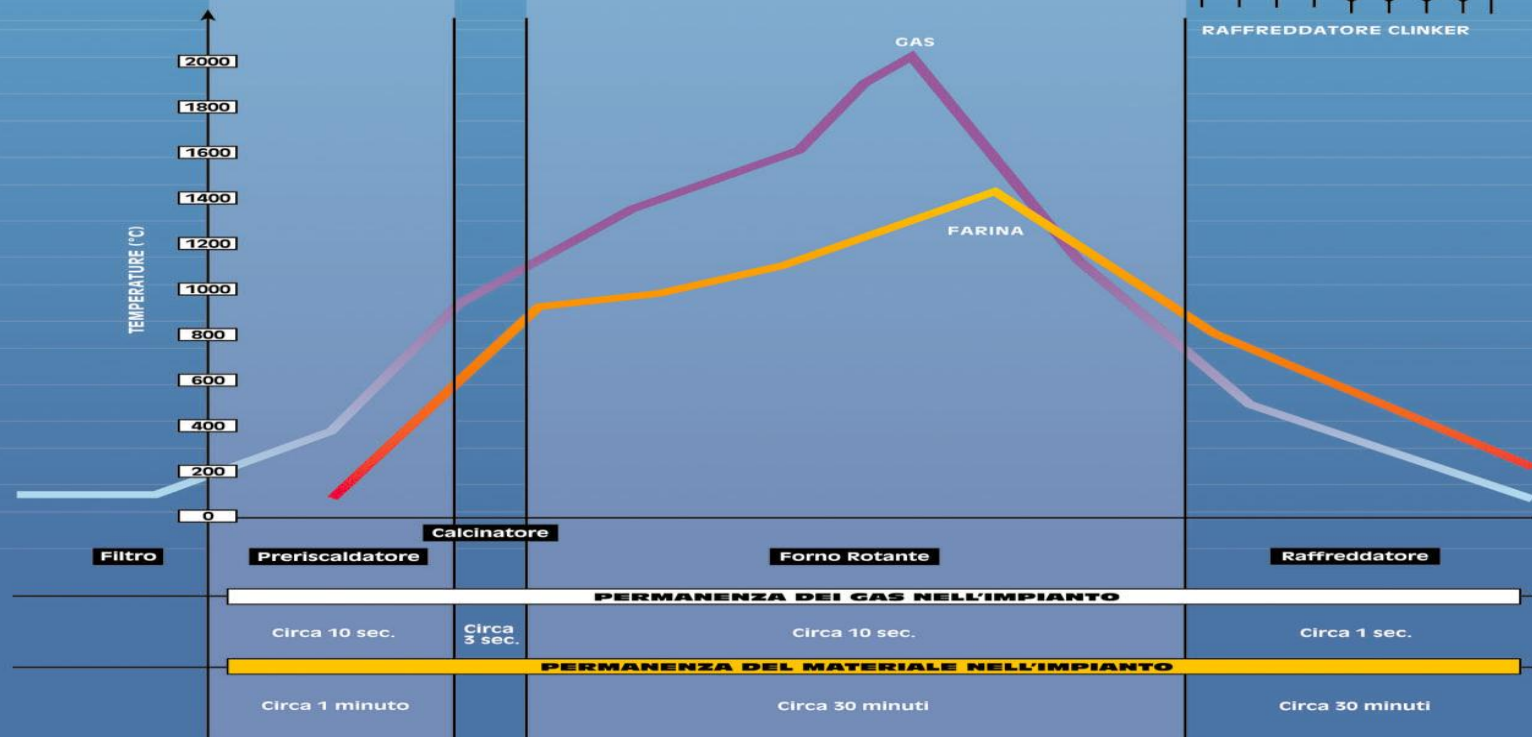
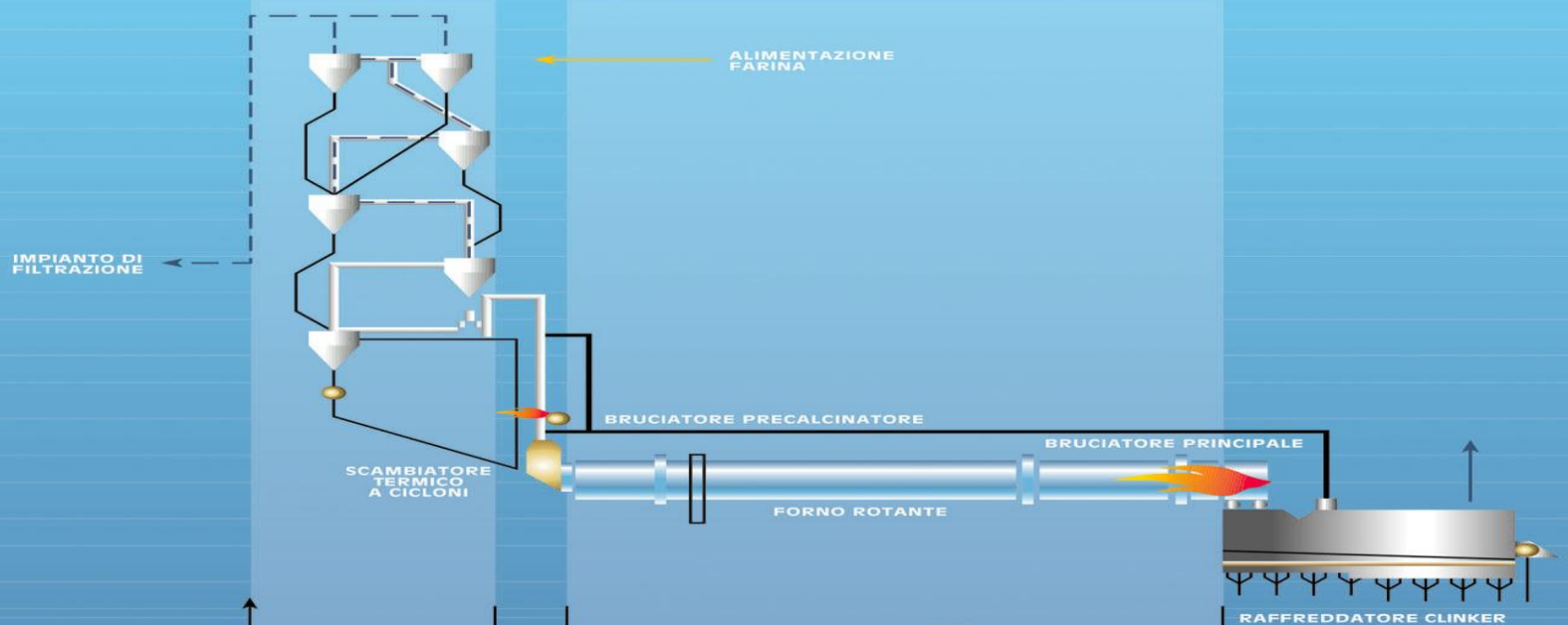
1. Oli minerali esausti
2. Residui e fondi di distillazione da impianti petroliferi, petrolchimici e di sintesi chimica organica
3. Residui di distillazione dell'industria degli oli e grassi animali e vegetali
4. Solventi organici esausti anche clorurati
5. Emulsioni oleose

Residui gassosi

1. Gas derivati da gassificazione pirolitica di RDF

Rifiuti solidi usati come materie prime seconde

1. Scorie da inceneritori di rifiuti urbani
2. Ceneri volanti da centrali termoelettriche a carbone
3. Ceneri di pirite, scaglie di laminazione
4. Marmettola da lavorazione lapidea
5. Gessi chimici



Capitolo 3

Condizioni essenziali per un dialogo costruttivo e il consenso della comunità

- Utilizzo CSS provenienti dal territorio di prossimità, per soddisfare esigenze locali relativi alla produzione e smaltimento di:
 - FDE Fanghi di depurazione biologica essiccati, sottraendoli allo spargimento sui terreni agricoli
 - CDR (sottraendoli agli inceneritori) ricavati dalla frazione dei rifiuti indifferenziati non riciclabili

Capitolo 3

Condizioni essenziali per un dialogo costruttivo e il consenso della comunità

1. Trasparenza e Partecipazione dei portatori di interesse nel procedimento autorizzativo
2. Istituzione di un Tavolo tecnico od Osservatorio Ambientale con partecipazione di esperti delle comunità:
 - per la valutazione del progetto di utilizzo dei CSS e la definizione delle prestazioni
 - per la definizione di un protocollo di sperimentazione
 - per il controllo dei risultati della sperimentazione
 - per il miglioramento continuo in fase di realizzazione e gestione del progetto
 - per la valutazione delle modifiche future

Capitolo 3

Condizioni essenziali per un dialogo costruttivo e il consenso della comunità

3. Inserimento nel dispositivo autorizzativo di un sistema di obiettivi vincolanti di riduzione dell'impatto ambientale (es. riduzione del flusso medio emissivo di macro e microinquinanti atmosferici)

NB. Per l'autorizzazione delle modifiche successive deve essere dimostrato il non peggioramento delle prestazioni ambientali precedenti attraverso:

- Valutazione teorica preliminare
- Esecuzione di specifiche prove per confrontare la situazione ante e post modifica
- Definizione dei Criteri per la valutazione dei risultati

WASTE END. Economia circolare, nuova frontiera del made in Italy. Quaderni di Symbola. 2015

Combustibili impiegati nei forni per la produzione di clinker

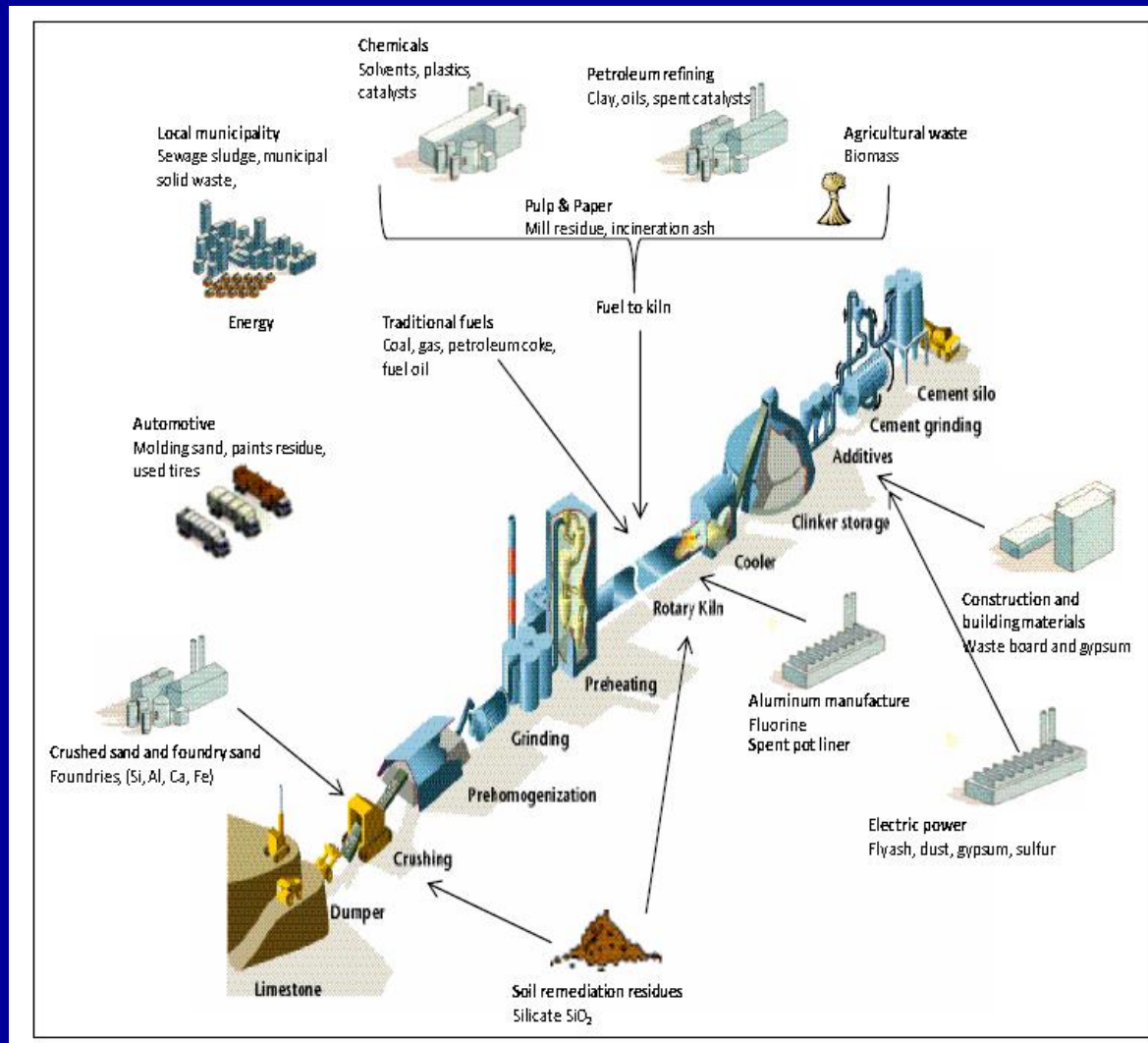
	situazione 2013		scenario minimo 2020		scenario massimo 2020	
	t/a	t pet coke eq	t/a	t pet coke eq	t/a	t pet coke eq
Totale CSS da urbani	243.464	162.450	742.309	526.367	1.385.066	906.947
- di cui CSS da rifiuti indifferenziati	180.267	106.737	442.309	261.893	1.085.066	642.474
- di cui CSS da scarti Rd Plastiche	63.197	55.713	300.000	264.474	300.000	264.474
CSS pneumatici*	19.985	19.459	19.985	19.459	19.985	19.459
CSS altri rifiuti*	38.067	25.044	38.067	25.044	38.067	25.044
Pet coke e carbone	1.617.000	1.617.000	1.253.083	1.253.083	872.503	872.503
Altri combustibili	60.000	78.947	60.000	78.947	60.000	78.947
Totale fonti energetiche	1.978.516	1.902.901	2.113.444	1.902.901	2.375.621	1.902.901
% Pet coke sostituito		10%		42%		104%
% apporto calorico CSS da urbani		9%		28%		48%
% apporto calorico CSS da rifiuti (1)		11%		30%		50%

* Apporti costituiti da rifiuti speciali, assunti pari al livello attuale.

(1) Come somma di CSS da rifiuti urbani, CSS da Rd plastiche, CSS da pneumatici, CSS da altri rifiuti; mancano i FBE.

Elaborazione su dati Aitec e Nomisma

Cosa propongono in Europa (Heidelberg Cement - 2015)



Cosa propongono in Europa (ERFO European Recovered Fuel Organisation - 2015)

SRF Environmental parameter Hg, Classes that may be accepted

	Cement kiln	hard coal DBB	hard coal WBB	lignite	FBC	FBC (AC)
Hg median	1.2.3.4	1.2	1.2	1.2.3	1	1.2.3.4
Hg 80 th percentile	1.2.3.4	1.2	1	1.2	-	1.2.3

Note 1:

classes	1	2	3	4	5
Hg mg/MJ ar median	<= 0,02	<= 0,03	<= 0,08	<= 0,15	<= 0,5
80 th percentile	<= 0,04	<= 0,06	<= 0,16	<= 0,30	<= 1,0

Note 2: based on 100% input of SRF