

Analisi comparativa di combustibili per uso civile

Contenuti e risultati di una campagna sperimentale

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha promosso nel 2002 una sperimentazione, volta alla valutazione di diversi combustibili impiegati nel settore del riscaldamento civile; i combustibili esaminati sono: il gas naturale, il gasolio, l'olio combustibile, il biodiesel, l'emulsione di gasolio con acqua, l'emulsione di olio combustibile BTZ con acqua e la miscela olio combustibile BTZ-biodiesel.

Allo studio hanno partecipato soggetti appartenenti ad enti ed istituzioni diverse: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Regione Lombardia, Regione Piemonte, Assoscofieri, Unione Petrolifera Italiana e Assopetroli, ENEA, CTI, Stazione Sperimentale per i Combustibili (SSC) e Consorzio IPASS (Ingegneria per l'Ambiente e lo Sviluppo Sostenibile), partecipato dal CIRIAF (Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici) - Università di Perugia.

La sperimentazione si è articolata in due fasi: indagine bibliografica e fase sperimentale. I risultati dell'indagine bibliografica sono riportati in un lavoro pubblicato nel numero precedente di "La Termotecnica". I risultati della fase sperimentale sono invece descritti nel presente lavoro. Le numerose misure effettuate hanno permesso di determinare le emissioni generate dai processi di combustione in funzione dei diversi combustibili e impianti, in laboratorio e in campo. Il lavoro illustra i contenuti della sperimentazione limitatamente alla fase sperimentale, descrivendo le modalità con cui è stata condotta la campagna sperimentale e i risultati ottenuti, impiegati per il calcolo dei fattori di emissione per gli inquinanti considerati. I valori sperimentali sono stati poi confrontati con quelli disponibili in Letteratura.

Metodologia adottata

Generalità

È stata effettuata una vasta campagna sperimentale in Laboratorio e in campo su un campione di impianti rappresentativo della reale diffusione degli impianti termici in Italia. Le prove sono state eseguite secondo la normativa vigente, riportata in bibliografia, dalla Stazione Sperimentale per i Combustibili presso i propri laboratori, in condizioni di regolazione ottimali e successivamente in condizioni deliberatamente disottimizzate, al fine di acquisire indicazioni in merito all'entità della variazione delle emissioni in caso di eventuale non corretto esercizio degli impianti. In campo le prove sono state condotte su impianti in condizioni di reale esercizio, ovvero non preventivamente manomessi o tarati. Le misure sono state effettuate in due diverse condizioni: in regime stazionario e in regime transitorio. Quest'ultima costituisce una vera e propria novità in materia e conferisce originalità all'indagine e ai risultati ottenuti, permettendo di valutare l'influenza delle fasi di accensione e spegnimento degli im-



FIGURA 1 - Area prove per gli impianti di classe I a gas naturale (a) e gli impianti di classe I, II, III alimentati con combustibili liquidi e gli impianti di classe II e III alimentati a gas naturale (b)

pianti nelle condizioni reali di funzionamento intermittente. Per quanto riguarda le tipologie di impianti, essi sono stati suddivisi in tre classi:

- classe I, ovvero i piccoli impianti, autonomi, la cui potenza è inferiore ai 25 kW;
- classe II, cioè impianti con potenza compresa tra 75 e 200 kW, capaci di soddisfare le richieste di riscaldamento di una palazzina di 20-30 appartamenti;
- classe III, impianti di potenza superiore a 200 kW, idonei ad un edificio di circa 50 appartamenti.

Alcune delle prove sperimentali sono state effettuate contestualmente da SSC e IPASS: esse sono in misura pari al 5% del totale e hanno lo scopo di verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti con diverse metodologie di misura.

Misure in Laboratorio

Per le misure in laboratorio, le apparecchiature da sottoporre a verifica sono state selezionate sulla base dei seguenti criteri:

- apparecchi di combustione con tecnologia rappresentativa di un adeguato livello di diffusione sul mercato,
- si è evitato l'impiego di impianti tecnologicamente molto avanzati, poco rappresentativi di quelli in uso in Italia, anche perché l'introduzione che tutti auspicano di impianti e di apparecchi innovativi non è immediata.

A tal fine sono stati appositamente allestiti presso la Stazione Sperimentale per i Combustibili due distinti impianti sperimentali: uno per le prove con caldaie autonome a gas (classe I) e uno per generatori a combustibili gassosi (classe II e III) e liquidi (classe I, II e III) (Figura 1). Per ogni sistema combustibile-impianto, ad eccezione delle caldaie di classe I alimentate a gas naturale, sono state effettuate prove con tre differenti rapporti aria comburente-combustibile: un valore ottimale e due valori limite, uno massimo e uno minimo, entro i quali poter considerare comunque l'impianto operativo. I rapporti aria comburente-combustibile, che dipendono dal sistema impianto combustibile esaminato, sono stati determinati mediante l'effettuazione di prove preliminari. Per i tre tipi di olio combustibile le prove in regime staziona-

Prof. Franco Cotana, prof. Cinzia Buratti, ing. Elisa Moretti, Università degli Studi di Perugia.

a. Parametri termotecnici	Parametri analitici
Temperatura acqua ingresso caldaia (°C)	Anidride carbonica (%)
Temperatura uscita caldaia (°C)	Monossido di carbonio (mg/Nm ³)
Portata acqua in caldaia (kg/h)	Ossidi di azoto (mg/Nm ³)
Portata gas naturale (Nm ³ /h)	Idrocarburi incombusti (COT) (mg/Nm ³)
Pressione gas agli ugelli	
Portata fumi (Nm ³ /h)	
Temperatura fumi (°C)	
Ossigeno nei fumi (%)	

b. Parametri termotecnici	Parametri analitici
Temperatura acqua ingresso caldaia (°C)	Anidride carbonica (%)
Temperatura uscita caldaia (°C)	Monossido di carbonio (mg/ Nm ³)
Portata acqua in caldaia (kg/h)	Ossidi di azoto (mg/ Nm ³)
Portata combustibile (kg/h)	Idrocarburi incombusti (COT) (mg/ Nm ³)
Pressione in c.c. (mmH ₂ O)	Anidride solforosa (mg/ Nm ³)
Portata fumi (Nm ³ /h)	Particolato totale (mg/ Nm ³)
Temperatura fumi (°C)	PM10 (mg/ Nm ³)
Ossigeno nei fumi (%)	IPA (ng/ Nm ³)
	Composti carbonilici (mg/ Nm ³)
	Numero di Bacharach

TABELLA 1 - Parametri termotecnici e analitici monitorati in laboratorio per gli impianti di classe I alimentati a gas naturale (a) e per gli impianti classe I, II e III con combustibili liquidi e di classe II e III con combustibili gassosi (b)

rio sono state ripetute anche nelle condizioni di pre-riscaldamento del combustibile non ottimale, ad una temperatura più bassa di quella consigliata dal costruttore del bruciatore. Fissate le condizioni di regime, per ogni livello di aria comburente si sono effettuate le prove in condizioni stazionarie, durante le quali l'impianto è stato mantenuto acceso per un periodo necessario all'esecuzione dei campionamenti. Alle prove in regime stazionario sono seguite quelle in regime transitorio: il Comitato Tecnico Scientifico, dopo un'attenta analisi e disamina delle condizioni, potendosi eseguire un numero limitato di misure, ha stabilito un ciclo standard della durata di 20 minuti ciascuno, 14 minuti di accensione e 6 minuti di spegnimento del bruciatore. I parametri monitorati sono di tipo sia termotecnico che analitico (Tabella 1). Contestualmente alle prove è stata effettuata l'analisi del combustibile per la verifica delle proprietà chimico-fisiche.

Misure in campo

Gli impianti individuati per le prove in campo sono in numero totale di 23, localizzati in diverse regioni d'Italia: Lombardia, Piemonte, Liguria, Veneto ed Emilia Romagna (Tabella 2). Per le misure in campo è stato considerato come documento di riferimento il DPR 412/93, mentre per i singoli rilievi analitici sono state applicate, ove possibile, le norme tecniche impiegate in laboratorio. Come per le prove in laboratorio, sono stati eseguiti rilievi in regime stazionario e transitorio; per le prove in condizioni stazionarie si è forzato il periodo di accensione del bruciatore per garantire un tempo di campionamento sufficiente per la misura; per i rilievi in regime transitorio, sono stati impostati cicli di accensione, mantenimento e spegnimento, seguendo gli stessi criteri delle prove in laboratorio. Per ogni impianto è stata compilata una scheda di rilevamento appositamente predisposta e avallata dal Comitato Tecnico - Scientifico; le informazioni principali contenute nella scheda sono: la localizzazione dell'impianto, i dati generali dell'edi-

ficio, i dati dell'impianto e il combustibile utilizzato e le misure effettuate. Alcuni dei dati richiesti sono stati introdotti per valutare quanto l'impianto sia correttamente dimensionato in relazione alle richieste energetiche dell'edificio. I parametri analitici e termotecnici monitorati in campo sono gli stessi delle prove di laboratorio, ad eccezione del PM₁₀ e degli IPA, di cui non è stato possibile misurare la concentrazione in campo.

Risultati sperimentali

I risultati della fase sperimentale sono articolati in diversi punti: inizialmente sono presentati i risultati relativi alle proprietà dei combustibili di prova, successivamente sono riportati e analizzati criticamente i valori dei fattori di emissione, calcolati a partire dai risultati delle misure di laboratorio e in campo; infine sono illustrati i risultati delle prove in regime discontinuo.

Analisi dei combustibili di prova

Grazie alle analisi sui combustibili di prova, è stata verificata la loro rispondenza ai requisiti minimi di qualità fissati dalla normativa vigente a livello nazionale: il DPCM 8/3/2002 [1], modificato in parte dal Decreto dell'8/10/2004 [2], il Decreto 20/3/2000 [3] per le emulsioni gasolio-acqua; per i combustibili gassosi si è fatto riferimento alla normativa tecnica. In nessun caso si sono riscontrati valori non conformi alle specifiche di legge.

Misure in laboratorio: fattori di emissione sperimentali in regime stazionario

I fattori di emissione, espressi in g/GJ, sono stati calcolati partendo dall'analisi del combustibile, dal potere calorifico inferiore e dai va-

Impianto n°	Combustibile	Pot. (kW)	Località
1	gasolio/acqua	116	Milano
2	gasolio/acqua	349	Milano
3	gasolio/acqua	139	Milano
4	gasolio/acqua	384	Milano
5	olio combustibile	317	Milano
6 (SSC+IPASS)	gasolio	315	Milano
7	gasolio	198	Cairo Montenotte (SV)
8	gas naturale	105	Cairo Montenotte (SV)
9	gas naturale	31	Cairo Montenotte (SV)
10	olio combustibile	151	Milano
11	olio/acqua	581	Busto Arsizio (VA)
12 (SSC + IPASS)	gas naturale	232	Busto Arsizio (VA)
13	biodiesel	378	Milano
14	olio/acqua	151	Tortona (AL)
15	biodiesel	152	Padova
16 (SSC + IPASS)	biodiesel	66	Faenza
17	olio combustibile	349	Alessandria
18	Olio comb./biodiesel	512	Milano
19	Olio comb./biodiesel	290	Parabiago (MI)
20 (SSC + IPASS)	olio/acqua	582	Alessandria
21	olio combustibile	912	Alessandria
22	gasolio	98	Bereguardo (PV)
23	biodiesel	87	Milano

TABELLA 2 - Impianti monitorati in campo

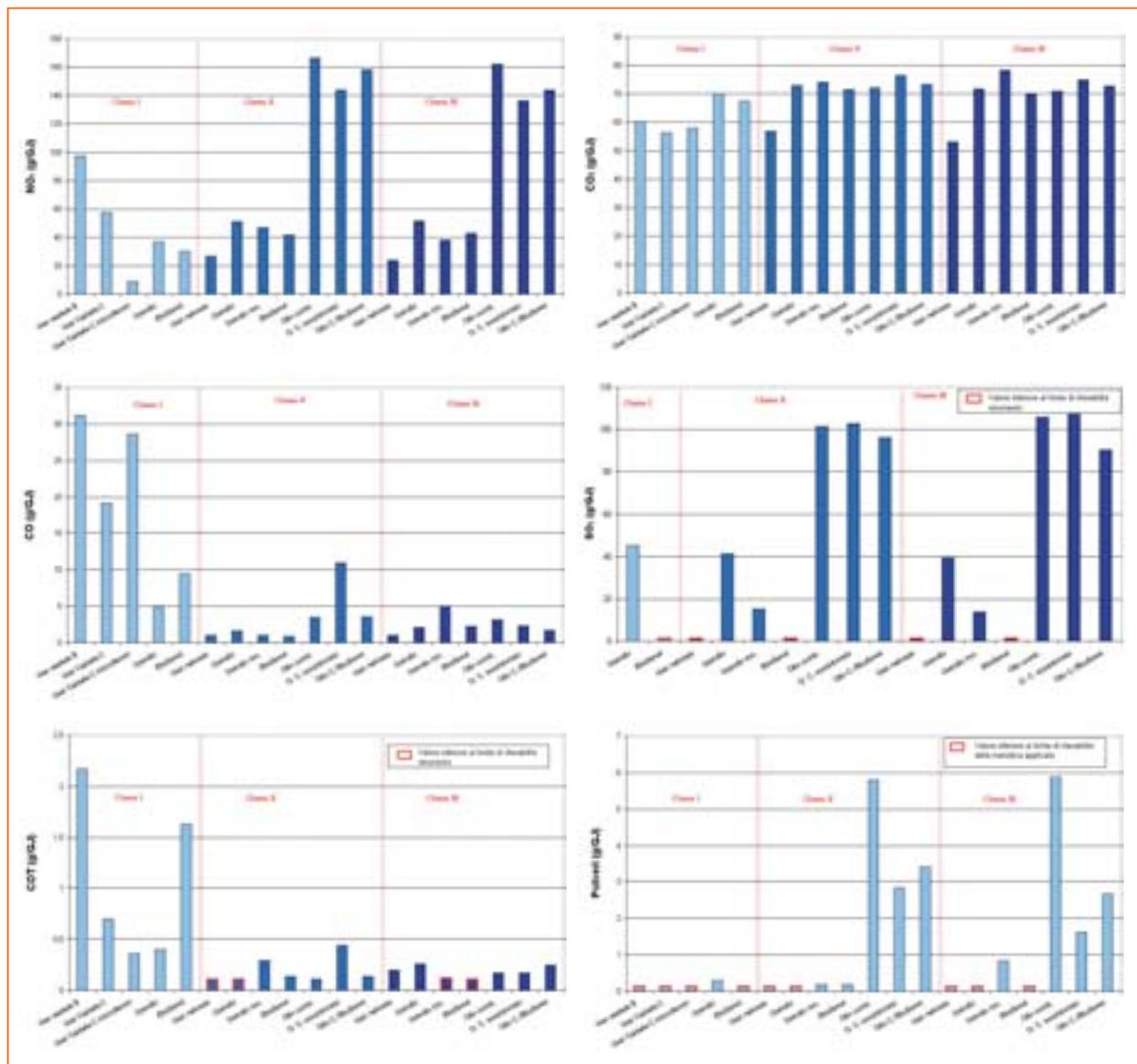


FIGURA 2 - Fattori di emissione per le prove di laboratorio in condizioni ottimali di aria comburente e preriscaldamento corretto del combustibile

lori misurati di concentrazione dei diversi inquinanti, riferiti al 3% di ossigeno. In Figura 2 sono riportati i risultati relativi alle prove effettuate in condizioni ottimali di aria comburente e preriscaldamento corretto del combustibile, suddivisi per classi di impianto.

I fattori di emissione relativi agli NO_x mostrano che per la classe I il biodiesel e il gasolio presentano valori abbastanza bassi; valori modesti si riscontrano anche per il gas naturale, fortemente dipendenti dalla tipologia di caldaia utilizzata. Per le altre classi i valori sono più o meno paragonabili. Le emissioni di anidride carbonica sono paragonabili per i diversi combustibili.

Nel caso del monossido di carbonio, le emissioni sono abbastanza allineate: ci sono delle punte con distribuzione casuale; per quanto riguarda gli impianti di classe I l'emissione riscontrata negli impianti a gas naturale è mediamente più elevata rispetto alle classi di potenza superiore, dove si riscontrano valori più bassi rispetto anche agli altri combustibili. Le emissioni di SO_2 presentano valori in linea con

il contenuto di zolfo dei combustibili esaminati. Per quanto riguarda le polveri, i valori trovati sono sempre molto bassi, in alcuni casi inferiori ai limiti di rilevabilità degli strumenti e comunque inferiori a 6 g/GJ. I valori del PM_{10} , ovvero la frazione cosiddetta respirabile, sono in linea con quelli delle polveri totali per gli impianti di classe II, mentre per la classe III il PM_{10} è circa il 75% delle polveri totali per l'olio combustibile; per le emulsioni e le miscele col biodiesel si osserva nuovamente una coincidenza. Infine i composti organici totali presentano una variabilità apparentemente casuale da un combustibile all'altro e da una prova all'altra: i valori trovati sono comunque contenuti su valori molto bassi, inferiori a 2 g/GJ.

I risultati delle prove effettuate in condizioni di basso riscaldamento del combustibile hanno mostrato che non si hanno variazioni apprezzabili dei fattori di emissione rispetto a quelli relativi alle condizioni di preriscaldamento corretto. Si osserva un aumento delle polveri e del PM_{10} per l'olio combustibile nell'impianto di classe III,

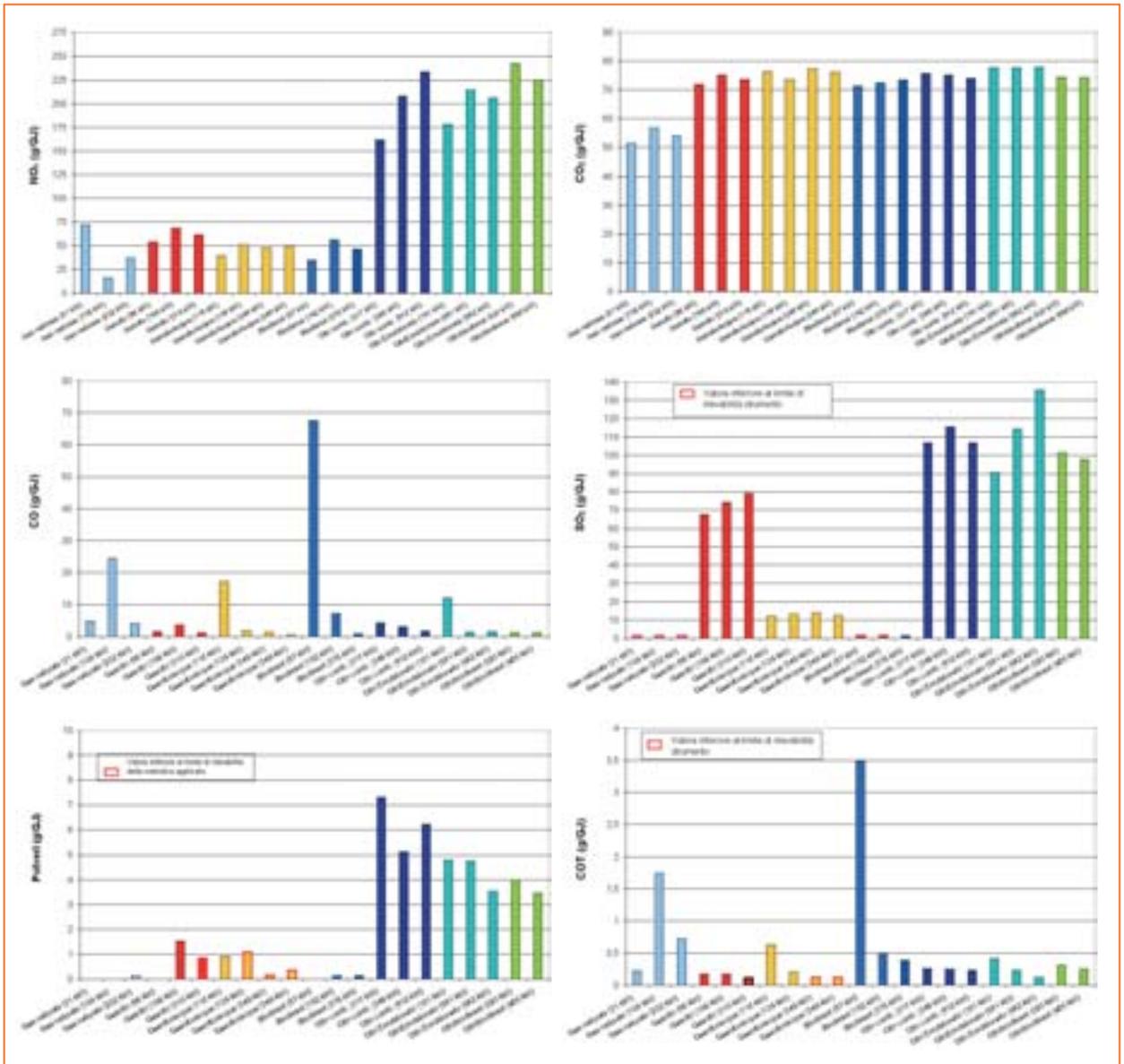


FIGURA 3 - Fattori di emissione per le prove in campo

mentre non è stato riscontrato un effetto analogo per l'olio emulsionato e la miscela con il biodiesel: in questi casi è evidentemente favorita una buona nebulizzazione, anche ad una temperatura minore di quella consigliata. L'influenza delle condizioni di aria comburente non ottimali comporta un modesto aumento dei valori di NO_x nelle misure effettuate con percentuale di ossigeno maggiore di quella ottimale, mentre si osserva un aumento di emissioni di polveri e PM₁₀ per l'olio combustibile per le prove con un rapporto aria/combustibile minore di quello ottimale.

Misure in campo: fattori di emissione sperimentali in regime stazionario

I valori dei fattori di emissione calcolati dalle prove in campo sono mostrati in Figura 3. Le emissioni di ossidi di azoto sono piuttosto ridotte per il gas naturale e il biodiesel, il gasolio e il gasolio emul-

sionato, mentre sono leggermente maggiori per olio combustibile, emulsione, olio-acqua e miscela olio-biodiesel. Per la CO₂ i valori sono più o meno paragonabili per tutti quanti i combustibili e non si riscontra una sensibile variazione con la taglia dell'impianto. Per le emissioni di CO non è possibile generalizzare il comportamento a seconda del combustibile di prova e l'andamento appare abbastanza casuale; i valori sono comunque bassi, soprattutto per il gasolio e l'olio combustibile.

Le emissioni di ossidi di zolfo sono, come nel caso delle misure di laboratorio, legate al contenuto di zolfo del combustibile. Per le polveri si hanno emissioni ridotte per il gas naturale, per il biodiesel, per il gasolio e per il gasolio emulsionato; sono maggiori per l'olio combustibile, l'olio emulsionato e la miscela olio-biodiesel, come per le prove in laboratorio. Le emissioni di composti organici volatili presentano valori più elevati per il gas naturale, ad eccezione dell'im-

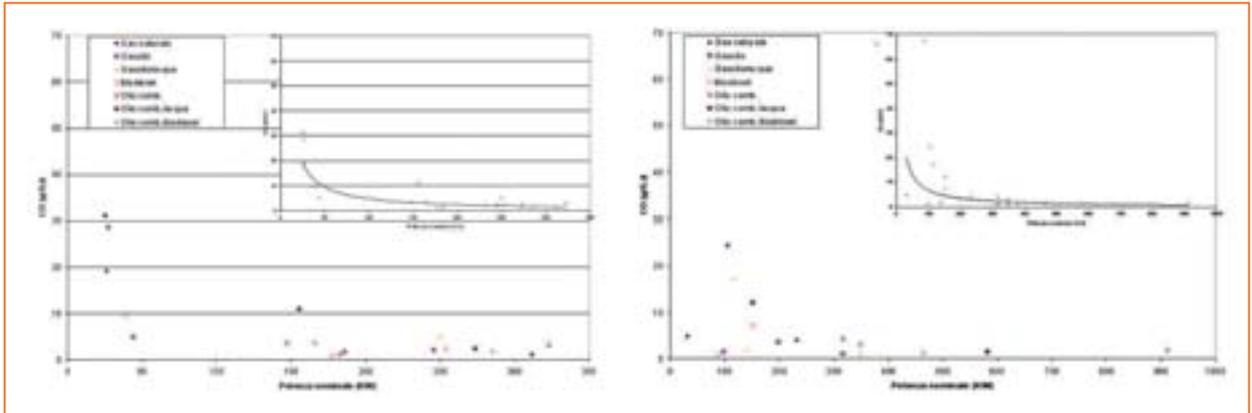


FIGURA 4 - Variazione del fattore di emissione per CO in funzione della potenza dell'impianto per le misure in laboratorio (a) e in campo (b)

pianto alimentato a biodiesel da 87 kW che ha presentato un valore un po' più elevato rispetto agli altri; tutti i valori sono comunque bassi (<3 g/GJ), alcuni al di sotto dei limiti di rilevabilità degli strumenti di misura e delle metodologie adottate.

Si è infine effettuata un'analisi dei fattori di emissione calcolati ed è stato fatto un confronto tra quelli relativi alle misure in campo e quelli riferiti alle prove di laboratorio. In laboratorio le misure erano effettuate sotto condizioni completamente controllate mentre gli impianti monitorati sul campo hanno risentito di numerose variabili legate alla manutenzione, alle condizioni climatiche esterne, quindi alla regolazione dell'impianto durante le misure ecc. Nonostante tale variabilità nelle misure in campo, si è osservata una buona corri-

spondenza tra i valori di laboratorio e quelli ottenuti in campo. Gli scostamenti maggiori si evidenziano per i fattori di emissione di CO e NO_x, inquinanti fortemente dipendenti dalla concentrazione di O₂ nei fumi e dalla temperatura di combustione. Si è tentata anche un'analisi dei fattori di emissione in funzione della taglia dell'impianto, cercando di valutare la variazione dei fattori di emissione al variare della potenza. È abbastanza difficile individuare una tendenza generale; l'unico parametro per il quale si è osservata una certa tendenza è il valore delle emissioni di monossido di carbonio, per le quali si osserva una diminuzione all'aumentare della taglia, approssimabile con una linea di tipo esponenziale, sia nelle prove in laboratorio che in quelle in campo (Figura 4).

NORME TECNICHE PER LA FASE SPERIMENTALE

- A. ISO 9169:1994 Air quality - Determination of performance characteristics of measurement methods.
- B. ISO 10396: 1993 Stationary source emissions- Sampling for the automated determination of gas concentrations.
- C. ISO/DIS 11388 Stationary source emissions- Determination of the mass concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons.
- D. UNI 10389:1994 Generatori di calore. Misurazione in opera del rendimento di combustione.
- E. UNI 7936:1979 Generatori di calore ad acqua calda con potenza termica fino a 2,3 MW, funzionanti con combustibile liquido e/o gassoso e bruciatori ad aria soffiata. Prova termica.
- F. UNI 9969:1992 Misure alle emissioni. Determinazione del monossido di carbonio in flussi gassosi convogliati. Metodo spettrometrico all'infrarosso.
- G. UNI 10878:2000 Misure alle emissioni - Determinazione degli ossidi di azoto (NO e NO₂) in flussi gassosi convogliati - Metodi mediante spettrometria non dispersiva all'infrarosso (NDIR) e all'ultravioletto (NDUV) e chemiluminescenza.
- H. UNI EN 12619, 2002 Emissioni da sorgente fissa - Determinazione della concentrazione in massa del carbonio organico totale in forma gassosa a basse concentrazioni in effluenti gassosi - Metodo in continuo con rivelatore a ionizzazione di fiamma.
- I. UNI 10169, 2001 Misure alle emissioni - Determinazione della velocità e della portata di flussi gassosi convogliati per mezzo del tubo di Pitot.
- J. Decreto Ministero Ambiente 12 luglio 1990 Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione (S.Ord. alla G.U. N. 176 Serie Generale Parte Prima del 30.07.1990 Supplemento 051 del 30.07.1990).
- K. UNI EN 13284-1:2003 Emissioni da sorgente fissa - Determinazione della concentrazione in massa di polveri in basse concentrazioni - Metodo manuale gravimetrico.
- L. UNI 10393:1995 Misure alle emissioni. Determinazione del biossido di zolfo nei flussi gassosi convogliati. Metodo strumentale con campionamento estrattivo diretto.
- M. EPA 201A Method Determination of PM₁₀ emissions (Constant Sampling Rate Procedure).
- N. UNI EN ISO 3170, 2001: Prodotti petroliferi liquidi - Campionamento manuale.
- O. UNI EN ISO 3171, 2001: Prodotti petroliferi liquidi - Campionamento automatico da tubazioni.
- P. UNI 6579, 2004: Combustibili liquidi per usi termici industriali e civili - Classificazione e caratteristiche.
- Q. Inchiesta CTI: Emulsioni stabilizzate di gasolio e olio combustibile con acqua di cui al decreto DDII 20 marzo 2000 e successiva modifica destinate alla combustione in impianti termici civili e industriali- Classificazione e caratteristiche.
- R. UNI EN 14213, 2004: Combustibili per riscaldamento - Esteri metilici di acidi grassi (FAME) - Requisiti e metodi di prova.
- S. UNI EN 437,1995: Gas prova, pressioni di prova, categorie di apparecchi.

	Inquinante	Fattore*	Fonte dati di letteratura	Range**
GAS NATURALE	COV*** (CH ₄ +COVNM)	8	E MEP-CORINAIR,1999	0,11 - 2,17
	CO	25 30	E MEP-CORINAIR,1999 CORINAIR, 2004	0,97 - 31,13
	CO ₂	55,46	ANPA, 2001	51,39 - 60,18
	NO _x	50 70	E MEP-CORINAIR,1999 CORINAIR, 2004	8,68 - 97,46
	PM ₁₀	6,7 0,5	EPA, 1995 CORINAIR, 2004	0,14****
GASOLIO	COV*** (CH ₄ +COVNM)	10	E MEP-CORINAIR,1999	0,11 ¹³ - 0,40
	CO	20 40	E MEP-CORINAIR,1999 CORINAIR, 2004	1,14 - 4,86
	CO ₂	73,27	ANPA, 2001	70,22 - 75,29
	NO _x	50 70-100	E MEP-CORINAIR,1999 CORINAIR, 2004	36,83 - 68,93
	PM ₁₀	3,6 3	EPA, 1995 CORINAIR, 2004	0,14****
OLIO COMBUSTIBILE	COV*** (CH ₄ +COVNM)	15	E MEP-CORINAIR,1999	0,11 - 0,26
	CO	16 40	E MEP-CORINAIR,1999 CORINAIR, 2004	1,80 - 4,28
	CO ₂	74,62	ANPA, 2001	71,06 - 75,72
	NO _x	150 70-100	E MEP-CORINAIR,1999 CORINAIR, 2004	161,82 - 233,61
	PM ₁₀	58,7 3	EPA, 1995 CORINAIR, 2004	2,90 - 4,83
	SO ₂	487 140	ANPA, 1994 CORINAIR, 2004	101,48 - 115,50

* Fattore di emissione g/GJ o kg/GJ per CO₂ - ** Range di variabilità fattori di emissione sperimentali - *** Per i fattori di emissione sperimentali il dato è relativo alle emissioni di COT - **** Valore corrispondente al limite di rilevanza strumentale

zate sono state 1, 2, 6 e 10 cicli ogni ora. I dati ottenuti sono pertanto peculiari delle condizioni di funzionamento impostate; la frequenza dei cicli di accensione/spegnimento nelle situazioni reali dipende da numerosi fattori: il tipo di generatore, il dimensionamento dell'impianto rispetto al fabbisogno energetico, la portata e la massa d'acqua. I risultati mostrano che il fattore di emissione del monossido di carbonio aumenta con la frequenza dei cicli per gli impianti di classe I principalmente per il gasolio e il biodiesel, mentre per gli impianti di classe II per l'olio emulsionato, anche se l'incremento è meno significativo. Per la classe III i fattori di emissione più sensibili all'aumento della frequenza sono quelli relativi al gasolio emulsionato e alla miscela olio combustibile-biodiesel. Per i composti organici totali, nella classe I i fattori di emissione del biodiesel sono paragonabili o di poco superiori a quelli del gas naturale; per gli altri i fattori di emissione negli impianti di classe II e di classe III si nota un aumento abbastanza significativo al crescere della frequenza dei cicli per gli impianti a gas naturale, mentre tutti gli altri combustibili presentano fattori di emissioni che si mantengono bassi.

Confronto dati sperimentali-dati di letteratura

L'ultima parte del lavoro riguarda il confronto fra i risultati sperimentali e i dati di Letteratura. Il confronto è stato possibile soltanto laddove erano presenti dati significativi in Letteratura per i diversi combustibili, quindi per il gas naturale, il gasolio e l'olio combustibile; non è stato invece possibile per i combustibili di recente introduzione sul mercato. Il confronto è mostrato in tabella 3; nella prima colonna sono riportati diversi inquinanti, nella seconda i fattori di emissione di Letteratura e le relative fonti; l'ultima colonna mostra gli intervalli di variabilità dei fattori di emissione sperimentali. Con il colore blu sono evidenziati tutti quegli inquinanti per i quali i dati di Letteratura sono risultati più

TABELLA 3 - Confronto tra i risultati sperimentali e i dati di Letteratura

Fattori di emissione in regime transitorio

Per le misure in regime discontinuo è stata messa a punto una metodologia di prova e di analisi dei risultati: si è osservato che gli inquinanti che risentono maggiormente del transitorio sono il monossido di carbonio e gli incombusti, mentre non si sono osservate grandi differenze nelle concentrazioni di NO_x e SO_x.

In fig. 5 è mostrato un andamento tipico delle concentrazioni di monossido di carbonio e di composti organici totali durante le prove in regime transitorio: nella fase di accensione si evidenziano dei picchi per entrambi gli inquinanti. I risultati sono stati poi elaborati attraverso una metodologia messa a punto da SSC e si sono diagrammati i risultati in funzione della frequenza dei cicli di accensione spegnimento in un'ora. Dai dati ottenuti è stata valutata la variazione dei fattori di emissione in funzione del numero di cicli di accensione e spegnimento secondo i quali può funzionare il generatore di calore nelle condizioni reali di esercizio: le frequenze ipotiz-

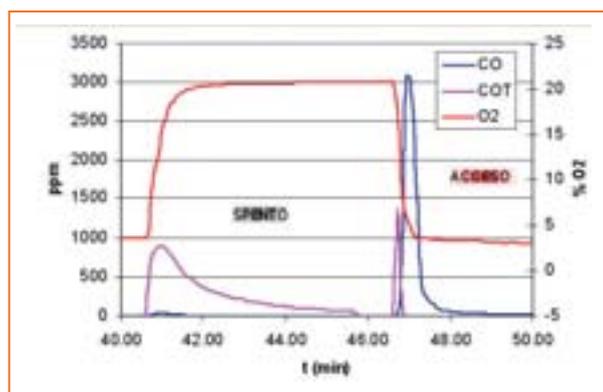


FIGURA 5 - Andamento tipico delle concentrazioni di CO, COT in funzione della percentuale di O₂ nei fumi, durante il funzionamento in regime discontinuo

elevati rispetto a quelli sperimentali: questo accade quasi sempre per gasolio e olio combustibile, a testimonianza del fatto che negli ultimi anni si è avuta un'evoluzione nella composizione merceologica dei combustibili, con l'introduzione soprattutto di combustibili a basso tenore di zolfo. Per il gasolio esistono intervalli di variabilità dei fattori di emissione di SO_2 compresi tra circa 40 g/GJ e 80 g/GJ, in Letteratura [4, 5] si trovano invece dati tra 94 g/GJ e 140 g/GJ; lo stesso vale per l'olio combustibile: i dati sperimentali sono molto lontani dai dati del '94 dell'ANPA, mentre sono più vicini a quelli del 2004 relativi al progetto CORINAIR [5]. Considerazioni analoghe possono essere fatte per le emissioni di composti organici volatili e di polveri per tutti e tre i combustibili.

Conclusioni

La sperimentazione, finalizzata alla valutazione comparativa dei principali combustibili per uso civile, ha previsto un'estesa campagna sperimentale, soprattutto per le prove in campo. Grazie alla buona rappresentatività della attuale situazione nazionale in merito ai combustibili impiegati e ai relativi impianti, lo studio costituisce un valido contributo, fornito soprattutto dai fattori di emissione calcolati a partire dai dati sperimentali, che completano e aggiornano quanto disponibile in Letteratura.

Lo studio ha infatti evidenziato come in Letteratura siano carenti dati attendibili e aggiornati ai quali poter fare riferimento per i fattori di emissione, soprattutto perché i dati disponibili sono riferiti a combustibili con caratteristiche chimico-fisiche sostanzialmente ormai diverse da quelle dei combustibili attualmente in commercio; le tecnologie di combustione sono inoltre notevolmente migliorate negli ultimi anni.

I risultati emersi dalla sperimentazione rappresentano un importante contributo, utile alla pianificazione di interventi per la salvaguardia dell'ambiente, e costituiscono un punto di partenza e di riferimento per attività simili; lo studio ha permesso infatti di evidenziare come sia i combustibili sia gli impianti stiano evolvendo verso soluzioni a minor impatto ambientale.

Bibliografia

- [1] DPCM 8 marzo 2002: Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione.
- [2] DPCM 8 ottobre 2004: Modifica del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 marzo 2002, recante "Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione".
- [3] Decreto 20 marzo 2000: Caratteristiche tecniche delle emulsioni di olio da gas ed olio combustibile denso con acqua destinate alla trazione ed alla combustione
- [4] Progetto Corinair 94, dati elaborati da AEA Technology's National Environmental Technology Centre disponibili in <http://www.aeat.com/netcen/corinair/94/charts/sumpita.html>.
- [5] EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, Technical report No 30 - 3rd edition September 2004, disponibile in http://reports.eea.eu.int/EMEP_CORINAIR4/en/page011.html. ■

NEWS IL PARTICOLATO FINE IN ATMOSFERA

Nell'ambito dei Corsi di formazione permanente, il Dipartimento IIAR-Sezione Ambientale del Politecnico di Milano organizza per i giorni 11-13 ottobre il corso "Il particolato fine in atmosfera".

Il Corso si propone di fornire un quadro aggiornato di tutti i principali aspetti del problema particolato fine: dai conclamati effetti sulla salute alle metodologie di indagine ed interpretazione dei dati, fino alle indicazioni per gli interventi praticabili. Saranno sviluppati in particolare i problemi messi in evidenza dalla rilevante componente secondaria del $\text{PM}_{2,5}$. Il Corso si avvarrà della presenza di due ricercatori statunitensi, riconosciute autorità internazionali nel settore, che riporteranno il punto di vista e le esperienze sviluppate già da lungo tempo negli Stati Uniti per gli aspetti di misura, caratterizzazione chimica, modellistica e strategia degli interventi. Una tavola rotonda finale, in cui interverranno gestori della qualità dell'aria a livello locale, regionale e nazionale, tenterà di raccogliere le fila delle indicazioni emerse dalle tre giornate per farne elementi di dibattito ma anche indicazioni per interventi concreti. Ai partecipanti verrà distribuito il volume contenente tutte le relazioni presentate. Al termine del corso sarà rilasciato dal Direttore un attestato di frequenza.

Direttori del Corso saranno il prof. Michele Giugliano e il prof. Stefano Cernuschi del Politecnico di Milano. Gli argomenti trattati saranno: mercoledì 11 ottobre: Presenza e natura del particolato fine; Salute e particolato fine; Le emissioni da sorgenti fisse e le tecnologie per il controllo; Le emissioni da sorgenti mobili e le tecnologie per il controllo; Emissioni di polveri fini e precursori: inventari e criticità delle stime; Il ruolo dell'industria automobilistica europea per il controllo delle emissioni mobili; Il ruolo dell'ARPA Lombardia per il controllo delle sorgenti fisse. Giovedì, 12 ottobre: Lezioni, in traduzione simultanea, tenute da J. C. Chow e J. G. Watson, Research Professors, Division of Atmospheric Sciences of the Desert Research Institute (Reno NV- USA); Review of US Supersite Program and key achievements; Overview of $\text{PM}_{2,5}$ sampling for measurement of size-specific mass concentrations; Advances in PM sampling and analysis for chemical speciation; Recent advances in PM emissions characterization; Status and development of $\text{PM}_{10-2,5}$ national ambient air quality standards in the US; Receptor modeling source apportionment of primary and secondary PM; Ultrafine particles and health effects. Venerdì, 13 ottobre: Il campionamento per le misure di riferimento in Europa; Definizione dei nuovi standard di emissione per il particolato fine: il Particulate Measurement Programme; Il problema degli artefatti; L'analisi degli elementi in tracce e delle componenti ioniche e carboniose; Indicazioni sul ruolo delle fonti dalla speciazione e dalla statistica.

Segreteria del Corso (Laura Chinello)

IIAR - Politecnico di Milano

Piazza Leonardo da Vinci, 32 - 20133 Milano

Tel. 02 23996400 - Fax 02 23996499

laura.chinello@polimi.it - www.diiar.polimi.it/amb