
 acinque ENERGIA CHE UNISCE	N.° COMMESSA: 19ATVEES4900	Rev. 0
	CODICE DOCUMENTO: WTE-RT-024-011-23	Pag. 1 di 10

ACINQUE AMBIENTE srl
IMPIANTO DI TERMOVALORIZZAZIONE - COMO


RELAZIONE DI CALCOLO
DEL
COEFFICIENTE R1
ANNO 2022

0	31/01/2023	PEI	MCE	WTE	Emissione
Rev.	Data Rev.	Emesso	Verificato	Approvato	Oggetto Revisione

	N.° COMMESSA: 19ATVEES4900	Rev. 0
	CODICE DOCUMENTO: WTE-RT-024-011-23	Pag. 2 di 10

INDICE DOCUMENTO

1. PREMESSA.....	3
2. NORME DI RIFERIMENTO.....	3
3. DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO	4
4. DEFINIZIONE MODALITA' DI VALORIZZAZIONE DEI CONTRIBUTI ENERGETICI	6
4.1 E _p - ENERGIA PRODOTTA.....	6
4.2 E _F - ENERGIA DA COMBUSTIBILE.....	6
4.3 E _w - ENERGIA NEL RIFIUTO	7
4.4 E _i - ALTRA ENERGIA IMPORTATA	8
4.5 CCF: CORREZIONE PER CONDIZIONI CLIMATICHE	8
5. CALCOLO COEFFICIENTE DI RECUPERO ENERGETICO R1.....	9

	N.° COMMESSA: 19ATVEES4900	Rev. 0
	CODICE DOCUMENTO: WTE-RT-024-011-23	Pag. 3 di 10

1. PREMESSA

La Direttiva 2008/98/EC del 19 novembre 2008 (WFD = “Waste Framework Directive”) stabilisce all’articolo 4 una gerarchia a cinque livelli per la politica in materia di rifiuti: prevenzione, preparazione per il riutilizzo, riciclaggio, recupero (per esempio recupero di energia) e, come ultima possibilità, lo smaltimento.

Con la WFD i rifiuti, dall’essere considerati un onere indesiderato, divengono una risorsa da valorizzare. Quando, infatti, il riciclaggio non è preferibile dal punto di vista ambientale, tecnicamente praticabile o economicamente fattibile, il rifiuto, ove possibile, deve essere sottoposto ad altre forme di recupero, come il recupero energetico, prima di ricorrere allo smaltimento.

La formula R1, definita in nota all’Allegato II della WFD, è stata introdotta con lo scopo di discriminare quando l’incenerimento dei rifiuti urbani è classificabile come operazione di recupero energetico (R1) e quando, invece, come operazione di smaltimento (D10), in modo che sia opportunamente collocato nella suddetta gerarchia. La qualifica di operazione di recupero energetico (R1) è assegnata in luogo di quella di smaltimento (D10) quando l’incenerimento dei rifiuti urbani contribuisce in modo significativo alla produzione di energia per il sistema industriale e civile.

Come indicato al punto 2 dell’Allegato B alla D.g.r. 15 febbraio 2012 - n. IX/3019 il calcolo completo deve esser ripetuto da parte di un controllore esterno (ARPA) o di un esperto esterno all’azienda dopo un massimo di 5 anni, o in caso di modifica sostanziale delle condizioni di funzionamento di base (modifica della caldaia, del generatore a turbina, del contratto di fornitura dell’energia termica, del sistema di depurazione del gas di scarico) su cui è stata effettuata la prima verifica.


Il metodo di calcolo dei vari fattori e il metodo di raccolta e registrazione dei dati sono stati analizzati nel documento “Relazione tecnica - Calcolo coefficiente di recupero energetico R1” (a cui si rimanda) emesso dalla società Compendia per l’anno 2020. Si utilizza perciò lo stesso metodo.

Il periodo di riferimento dei calcoli della presente relazione è **l'anno 2022**.

2. NORME DI RIFERIMENTO

Le norme utilizzate come riferimento per questa relazione sono:

1. Direttiva 2008/98/CE sui rifiuti (di seguito la Direttiva)
2. D. Lgs. 3 dicembre 2010 n°205 Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE
3. Direttiva UE 2015/1127 del 10 luglio 2015 (che sostituisce l’all. II della Dir. 2008/98/CE)
4. Guidelines on the interpretation of the R1 energy efficiency formula for incineration facilities dedicated to the processing of municipal solid waste according to annex II of Directive 2008/98/CE on waste (di seguito le Linee Guida)
5. D.g.r. 15 febbraio 2012 - n. IX/3019
6. D.M. 19 maggio 2016 “regolamento concernente l’applicazione del fattore climatico (CCF) alla formula per l’efficienza del recupero energetico dei rifiuti negli impianti di incenerimento”
7. Waste Incinerator BRef agosto 2006 (di seguito il BRef)
8. Waste Incinerator BRef agosto 2019 (di seguito il BRef)

	N.° COMMESSA: 19ATVEES4900	Rev. 0
	CODICE DOCUMENTO: WTE-RT-024-011-23	Pag. 4 di 10

3. DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO

Gli impianti di incenerimento dei rifiuti solidi urbani sono considerati impianti di recupero solo se la loro efficienza energetica, moltiplicata per un fattore di correzione climatico, è uguale o superiore a:

- 0,60 per gli impianti funzionanti e autorizzati in conformità della normativa comunitaria applicabile anteriormente al 1 o gennaio 2009,
- 0,65 per gli impianti autorizzati dopo il 31 dicembre 2008

L'efficienza energetica è calcolata con la seguente formula:

$$\text{Efficienza energetica} = (E_p - (E_f + E_i)) / (0,97 \times (E_w + E_f))$$


dove:

- E_p = energia annua prodotta sotto forma di energia termica o elettrica. È calcolata moltiplicando l'energia sotto forma di elettricità per 2,6 e l'energia termica prodotta per uso commerciale per 1,1 (GJ/anno)
- E_f = alimentazione annua di energia nel sistema con combustibili che contribuiscono alla produzione di vapore (GJ/anno)
- E_w = energia annua contenuta nei rifiuti trattati calcolata in base al potere calorifico netto dei rifiuti (GJ/anno)
- E_i = energia annua importata, escluse E_w ed E_f (GJ/anno)
- 0,97 = fattore corrispondente alle perdite di energia dovute alle ceneri pesanti (scorie) e alle radiazioni.

Le installazioni a cui è riferita la formula di efficienza energetica sono quelle che corrispondono all'attività IPPC 5.2, impianti di incenerimento di rifiuti urbani con capacità maggiore di 3 t/h. Nei rifiuti trattati dall'impianto possono esserci rifiuti non urbani, in accordo con l'AIA.

Il valore della formula di efficienza energetica sarà moltiplicato per un fattore di correzione climatico (Climate Correction Factor, CCF) come di seguito indicato:

- CCF per gli impianti funzionanti e autorizzati in conformità della normativa dell'Unione applicabile anteriormente al 1° settembre 2015.
 - $CCF = 1$ se $HDDLLT \geq 3\,350$
 - $CCF = 1,25$ se $HDDLLT \leq 2\,150$
 - $CCF = - (0,25/1\,200) \times HDDLLT + 1,698$ quando $2\,150 < HDD < 3\,350$
- CCF per gli impianti autorizzati dopo il 31 agosto 2015 e per gli impianti di cui al punto 1 dopo il 31 dicembre 2029:
 - $CCF = 1$ se $HDDLLT \geq 3\,350$
 - $CCF = 1,12$ se $HDDLLT \leq 2\,150$

	N.° COMMESSA: 19ATVEES4900	Rev. 0
	CODICE DOCUMENTO: WTE-RT-024-011-23	Pag. 5 di 10

○ $CCF = - (0,12/1\ 200) \times HDDLLT + 1,335$ quando $2\ 150 < HDD < 3\ 350$

(Il risultante valore di CCF sarà arrotondato a tre cifre decimali).

HDDLLT, ovvero HDD locale a lungo termine, è uguale alla media ventennale dei valori di HDDanno calcolati nell'area di riferimento come segue:

$$HDDLLT = (\sum \text{(da 1 a 20) HDDanno} / 20)$$

HDDanno è il grado di riscaldamento annuo calcolati nell'area di riferimento come segue:


- $HDDanno = \sum HDDi$
- HDDi è il grado di riscaldamento giornaliero dello i-esimo giorno

Pari a:

- $HDDi = (18^{\circ}C - T_m)$ se $T_m \leq 15^{\circ}C$
- $HDDi = 0$ se $T_m > 15^{\circ}C$

Essendo T_m la temperatura media giornaliera, calcolata come $(T_{min} + T_{max}) / 2$, del giorno "i" dell'anno di riferimento nell'area di riferimento.

I valori di temperatura sono quelli ufficiali dell'aeronautica militare della stazione meteorologica più rappresentativa in termini di prossimità e quota del sito dell'impianto di incenerimento. Se nessuna stazione dell'aeronautica militare è rappresentativa del sito dell'impianto di incenerimento o non presenta una sufficiente disponibilità di dati è possibile fare riferimento a dati di temperatura acquisiti da altre istituzioni del territorio, quali ad esempio le ARPA regionali o altre reti locali.

	N.° COMMESSA: 19ATVEES4900	Rev. 0
	CODICE DOCUMENTO: WTE-RT-024-011-23	Pag. 6 di 10

4. **DEFINIZIONE MODALITA' DI VALORIZZAZIONE DEI CONTRIBUTI ENERGETICI**

4.1 **E_p - ENERGIA PRODOTTA**

Ep è definita come energia erogata nel corso di un anno come elettricità o come calore destinata ad uso commerciale. Per uso commerciale si intende vendita a terzi o uso proprio, in quanto mancato acquisto da altre fonti. Questo termine quantifica quindi l'energia prodotta, ossia prodotta e utilmente impiegata. Le linee guida europee pongono forte enfasi sul fatto che l'energia conteggiata in questo termine deve soddisfare bisogni che dovrebbero essere, altrimenti, soddisfatti da altre fonti energetiche. Tale documento indica altresì che non debbano essere considerati nel computo quegli utilizzi che influenzano la produzione di vapore. Tenuto conto di quanto sopra esposto e valutate anche le digressioni riportate nelle linee guida si considerano nel termine Ep i seguenti contributi energetici:

- Energia elettrica prodotta, distribuita o autoconsumata
- Energia termica prodotta, distribuita alla rete di teleriscaldamento o autoconsumata per servizi del sito, al netto del contenuto energetico dei ritorni dalle reti.
- Energia termica prodotta ed autoconsumata per soffiaggio caldaia (in quanto il mancato utilizzo del vapore avrebbe comportato la necessità di un equivalente approvvigionamento energetico di altra fonte per l'alimentazione dei soffiatori)
- Energia termica prodotta ed autoconsumata per azionamento turbopompa (in quanto il mancato utilizzo del vapore avrebbe comportato la necessità di un equivalente approvvigionamento energetico di altra fonte per l'azionamento meccanico della pompa)
- Energia termica prodotta ed autoconsumata per degasaggio acqua di alimento (in quanto il mancato utilizzo del vapore avrebbe comportato la necessità di un equivalente approvvigionamento energetico, o di additivi chimici, per permettere lo strippaggio di elementi in forma gassosa contenuti nel condensato, pena il danneggiamento delle tubazioni o componenti delle macchine con le quali esso entra in contatto).


Per le medesime ragioni sopra richiamate si esclude dal calcolo del parametro Ep:

- Energia termica prodotta ed autoconsumata per il preriscaldamento dell'aria comburente (in quanto tale processo viene effettuato allo scopo di aumentare il rendimento del ciclo termodinamico, influenzando la produzione di vapore).

4.2 **E_f - ENERGIA DA COMBUSTIBILE**

Ef è definita come l'energia annua che entra nei confini R1 come combustibile (diverso dal rifiuto) e che contribuisce alla produzione di vapore. Se il generatore di vapore è connesso alla rete di teleriscaldamento, l'energia termica immessa con combustibile ausiliario, rappresenta Ef.

Nel caso in esame il combustibile ausiliario utilizzato risulta essere gas naturale. Per la valorizzazione di Ef viene contabilizzato unicamente il volume di gas naturale che partecipa alla generazione di vapore quando quest'ultimo viene poi inviato al collettore di alta pressione comune alle due linee.

	N.° COMMESSA: 19ATVEES4900	Rev. 0
	CODICE DOCUMENTO: WTE-RT-024-011-23	Pag. 7 di 10

4.3 E_w - ENERGIA NEL RIFIUTO

Questo flusso può essere idealmente calcolato come la moltiplicazione tra il flusso di rifiuti entrante per il potere calorifico inferiore (P.C.I.) medio dei rifiuti. Nella realtà la quantità di rifiuti trattati è un dato noto grazie ai sistemi di pesatura, mentre il potere calorifico è una incognita che può essere esplicitata in due modi:

- Diretto: mediante analisi chimica di una serie di campioni rappresentativi (dal punto di vista qualitativo e quantitativo) del flusso entrante.
- Indiretto: mediante calcolo a ritroso effettuato a partire dal bilancio termico/energetico degli impianti.
- Indiretto semplificato: mediante calcolo a ritroso a partire da informazioni di processo.


La linea guida sconsiglia esplicitamente il metodo diretto in quanto risulta, nella pratica, impossibile raccogliere e analizzare un numero di campioni sufficientemente significativi dal punto di vista statistico di un “combustibile” molto eterogeneo come i rifiuti urbani. Inoltre, nel caso in esame vengono inceneriti anche rifiuti sanitari che per normativa non possono essere sottoposti a manipolazione (e quindi analisi) per motivi igienico sanitari.

Il metodo indiretto semplificato proposto nel documento BREF 2006 (capitolo 2.4.2.1 e allegato 10.4.2) può essere utilizzato se le condizioni di validità, legate alla percentuale di ossigeno, sono rispettate. Questo calcolo del PCI si applica solo agli impianti esistenti e non ai fini del dimensionamento di nuovi impianti. Va anche notato che la formula può essere applicata all'interno di una gamma operativa del 4-12 % O₂, con punto di progettazione originale del 7 - 9 % O₂. Il metodo proposto consente un calcolo molto semplice ma affidabile (+/-5 %) del PCI dei rifiuti.

$$PCI = (1.133 * (mst\ w/m) * cst\ x + 0,008 * Tb) / 1.085\ GJ / Mg\ rifiuti.$$

Dove:

- mst w = quantità di vapore prodotto dai rifiuti nello stesso periodo di tempo a mst, ad esempio per anno (tonnellata/anno): $mst\ x - (mf\ x\ (cf / cst\ x) * \eta_b)$
- mst x = quantità totale di vapore prodotto in un periodo di tempo definito, ad esempio all'anno (tonnellata/anno)
- mf x = quantità di combustibile supplementare utilizzato nel corrispondente periodo di tempo, ad esempio all'anno (tonnellata/anno)
- m = massa di rifiuti inceneriti nel periodo di tempo definito, ad esempio all'anno (tonnellata/anno)
- cst x = entalpia netta di vapore, cioè entalpia di vapore meno entalpia dell'acqua della caldaia (GJ/tonnellata)
- cf = potere calorifico netto del combustibile supplementare che si aggiunge alla produzione di vapore (GJ/tonnellata)
- Tb = temperatura del gas di scarico dopo la caldaia al 4 - 12 % O₂ (°C)
- 0,008 = contenuto energetico specifico nei gas di scarico (GJ/tonnellata x °C).

	N.° COMMESSA: 19ATVEES4900	Rev. 0
	CODICE DOCUMENTO: WTE-RT-024-011-23	Pag. 8 di 10

- 1.133 e 1.085 sono costanti derivate da equazioni di regressione
- η_b = efficienza dello scambio termico alla caldaia (circa 0,80)

4.4 E_i - ALTRA ENERGIA IMPORTATA

E_i è definita come l'energia annua importata entro i confini R1, escluse E_w ed E_f.

Il fattore comprende l'energia elettrica prelevata dalla rete e l'energia termica sviluppata da combustibili convenzionali (non rifiuti) che non concorre alla produzione di vapore, risulta quindi per questo aspetto "complementare" al fattore E_f sopra descritto. Contribuisce ad E_i anche l'energia per il riscaldamento dei fumi con combustibile tradizionale prima del reattore di catalisi.

Il calore o l'energia elettrica prodotta e auto consumata entro i confini R1 non contribuiscono al fattore E_i.

I flussi di energia che contribuiscono al fattore E_i sono:

- Il gas naturale utilizzato negli avvii e negli spegnimenti, con produzione di vapore in sfioro e non inviata al collettore di alta pressione, e il metano utilizzato per i reattori DeNO_x catalitici
- L'energia elettrica assorbita durante il fermo turbina

4.5 CCF: CORREZIONE PER CONDIZIONI CLIMATICHE


Richiamato il metodo di calcolo esplicitato nel precedente Capitolo 3, sulla base dei dati meteo resi disponibili dall'Aeronautica Militare* per il periodo 01/01/2003 – 31/12/2022 risulta:

HDDLLT = 2158.5

e quindi

CCF = 1.248


* i dati acquisiti sono quelli della stazione di Milano Malpensa.

	N.° COMMESSA: 19ATVEES4900	Rev. 0
	CODICE DOCUMENTO: WTE-RT-024-011-23	Pag. 9 di 10

5. CALCOLO COEFFICIENTE DI RECUPERO ENERGETICO R1

Il prospetto riepilogativo proposto nel seguito ha lo scopo di riportare, in forma sintetica, i dati utilizzati per il calcolo dei parametri definiti e descritti nei capitoli precedenti, oltre che quello di riassumere i risultati derivanti dall'elaborazione dei dati medesimi.

GRANDEZZA	VALORE	U.M.
Ep	620.237	GJ
Energia elettrica prodotta, distribuita o auto consumata	41.858	MWh
Energia termica a TLR (al lordo dei ritorni dalla rete)	127.156	GJ
Quantità ritorno condense da TLR	27.977	ton
Entalpia condense	251	kJ/kg
Consumo vapore in autoconsumo (soffiatori)	1.489	ton
Entalpia soffiatori	3.172	kJ/kg
Consumo vapore in autoconsumo (turbopompa)	21.381	ton
Entalpia turbopompa	404	kJ/kg
Consumo vapore in autoconsumo (degasatori)	31.178	ton
Entalpia degasatori	2.408	kJ/kg
Consumo vapore in autoconsumo (servizi)	615	ton
Entalpia servizi	2.264	kJ/kg
K elettrico	2,6	-
K termico	1,1	-
Ef	6.299	GJ
Consumo gas naturale totale (processo + accensione/fermata + deNOx)	215.193	Nm3
Consumo gas naturale per accensione/fermata (vap. in sfioro)	34.704	Nm3

	N.° COMMESSA: 19ATVEES4900	Rev. 0
	CODICE DOCUMENTO: WTE-RT-024-011-23	Pag. 10 di 10

Consumo gas naturale per bruciatori deNOx	515	Nm3
PCI gas naturale	35	MJ/Nm3

Ew 979.489 GJ

Quantità RSU linea 1	42.919.910	kg
Quantità "Altri rifiuti" CER 19 12 12 linea 1	3.438.062	kg
Quantità RSU linea 2	44.015.756	kg
Quantità "Altri rifiuti" CER 19 12 12 linea 2	3.525.843	kg
PCI rifiuti linea 1	10.055	kJ/kg
PCI rifiuti linea 2	10.798	kJ/kg

Ei 2.974 GJ

Consumo gas naturale per accensione/fermata (vap. in sfioro)	34.704	Nm3
Consumo gas naturale per bruciatori deNOx	515	Nm3
PCI gas naturale	35	MJ/Nm3
Consumo energia elettrica a turbina ferma	186	MWh
K elettrico	2,6	-

CCF 1,248 -

R1 0,80 -

Poiché il coefficiente R1 è maggiore di 0,6 il termovalorizzatore di Acinque Ambiente è impianto di recupero di energia da rifiuto

