



*Impianto di termovalorizzazione di  
rifiuti non pericolosi – Ferrara (FE)*

Verifica di assoggettabilità

L.R. 20 Aprile 2018, n. 4 e s.m.i.

**STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE**  
Massimizzazione del recupero energetico da rifiuti  
attraverso l'ottimizzazione del regime di esercizio  
dell'impianto

**ALLEGATO 5.1**  
Studio di fattibilità intervento di  
compensazione

<b>Approvato</b>	K. Gamberini			
<b>Controllato</b>	D. Mascheroni F. Zanni – F. Crociati			
<b>Redatto</b>	F. Crociati			
<b>Rev.</b>	00	<b>Data</b>	01/04/2026	
<b>Cod. Doc.</b>	TV 01 FE SC 01 SC IM 05.01	<b>Pagine</b>	1 di 10	

## **SOMMARIO**

<b>A</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>B</b>	<b>L'ANALISI E LA SCELTA DELLA SPECIE .....</b>	<b>4</b>
<b>C</b>	<b>STIMA DEI COSTI DELL'INTERVENTO.....</b>	<b>9</b>
<b>D</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>10</b>

TV 01 FE SC 01 SC IM 05.01	Studio di fattibilità intervento compensazione	00	01/04/2026	2 di 10
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

## A PREMESSA

Valutati i potenziali impatti ambientali associati al progetto denominato “**Massimizzazione del recupero energetico da rifiuti attraverso l’ottimizzazione del regime di esercizio dell’impianto**” relativo all’impianto di termovalorizzazione di rifiuti non pericolosi situato in via Cesare Diana n. 44 nel Comune di Ferrara (FE), sui diversi aspetti ambientali, trattati nell’elaborato n.5 “Impatti ambientali” della presente procedura, a cui si rimanda, ovvero:

- atmosfera e qualità dell’aria;
- ambiente idrico;
- suolo e sottosuolo;
- biodiversità;
- paesaggio, patrimonio culturale e beni materiali;
- agenti fisici;
- popolazione e salute;
- impatti cumulativi.

con il presente studio di fattibilità si propone un intervento compensativo per la matrice qualità dell’aria in conseguenza della richiesta per il termovalorizzatore, di autorizzazione a trattare **fino a 147.000 t/a di rifiuti, ovvero 5.000 t/a in più rispetto al quantitativo oggi autorizzato di 142.000 t/a, sfruttando al meglio la capacità di recupero dell’impianto.**

Con riferimento allo stato di progetto che, di fatto, consiste nello sfruttamento dell’impianto di termovalorizzazione esistente per qualche giorno in più all’anno rispetto allo stato autorizzato, si è proceduto alla quantificazione del traffico veicolare indotto.

**A fronte delle valutazioni effettuate, ancorché complessivamente a scala vasta si registri una piena compensazione degli impatti ambientali, con riferimento al traffico indotto dal progetto, a scala locale/Comunale, si è ritenuto congruo prevedere un intervento di compensazione delle emissioni di PM10 a beneficio della qualità dell’aria e della Comunità locale, attraverso piantumazioni di specie vegetali (oggetto del presente studio di fattibilità), andando a compensare 2,340 kg/anno di emissioni di PM10 generate dal traffico indotto.**

Di fatto i benefici apportati dalle opere “a verde” alla sostenibilità ambientale assumono un significato particolarmente attuale se si considerano i cambiamenti che negli ultimi anni hanno ampiamente influenzato la vivibilità delle metropoli. Dal punto di vista ambientale, infatti, le aree verdi contribuiscono a mitigare l’inquinamento delle diverse matrici ristabilendone un certo grado di qualità.

TV 01 FE SC 01 SC IM 05.01	Studio di fattibilità intervento compensazione	00	01/04/2026	3 di 10
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

Per quanto riguarda la matrice aria, la vegetazione urbana funge da elemento filtrante per polveri e gas antropici e da rilevatore passivo della loro presenza. Studi condotti sugli effetti fitotossici degli inquinanti atmosferici hanno, infatti, messo in evidenza come le specie vegetali reagiscono in maniera differente nei confronti di un certo tipo di inquinante. Esse possono presentare una risposta che varia da molto suscettibile (riportando danni anche a seguito di brevi esposizioni e basse concentrazioni) a notevolmente resistente. Sulla base di questi aspetti, le specie più sensibili possono fungere da strumento di monitoraggio dei livelli di inquinamento, mentre quelle più resistenti possono costituire degli elementi attivi nella riduzione delle concentrazioni di contaminanti (Bellomo, 1997).

## **B L'ANALISI E LA SCELTA DELLA SPECIE**

Il presente studio di fattibilità ai fini delle scelte e dell'individuazione della soluzione più opportuna, parte dalla considerazione che è non opportuno trapiantare e/o mettere a dimora alberi adulti, per il rischio del basso attecchimento, mentre la soluzione più idonea è quella di utilizzare piante giovani. Di conseguenza se partiamo dal presupposto di mettere a dimora materiale vivaistico di buona qualità, scegliendo alberature di pochi anni con una circonferenza tipo 18/20 cm, ovvero il più frequente dimensionamento utilizzato nelle aree verdi urbane e con più probabilità di attecchimento, il numero necessario di esemplari necessari per abbattere il carico inquinante e sottrarre dall'ambiente circostante circa 2,34 kg/anno ( $2,34 \times 1000 = 2.340$  gr/anno) viene di seguito calcolato in funzione della specie che si intende piantumare.

Risulta utile scegliere tra un mix di specie per cercare di colmare eventuali limitazioni legate al tipo di terreno, condizioni climatiche, esposizione, ecc.

Si veda l'elenco delle specie arboree ed arbustive analizzate e loro capacità di mitigazione ambientale (\* = Piante ad elevata allergenicità):

TV 01 FE SC 01 SC IM 05.01	Studio di fattibilità intervento compensazione	00	01/04/2026	4 di 10
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

Specie	nome comune	CO <sub>2</sub> accumulata	CO <sub>2</sub> sequestrata	PM <sub>10</sub> rimosso	O <sub>3</sub> assorbito	formazione potenziale di O <sub>3</sub>
*Acer campestre	acero campestre	++++	+++	++++	++++	-
Acer platanoides	acero riccio o platanoides	++++	+++	++++	++++	-
*Alnus glutinosa	ontano nero	++++	+++	++	+++	-
*Carpinus betulus	carpino bianco	+++	+++	++	++++	-
Catalpa bungei	catalpa	+++	+++	++	+++	-
Celtis australis	bagolaro	+++	+++	++++	++++	o
Cercis siliquastrum	albero di giuda	++++	+++	++	+++	ooo
Crataegus monogyna	biancospino	+++	+++	+	+	-
*Fraxinus excelsior	frassino maggiore	+++	++	+++	+++	-
Fraxinus ornus	orniello	+++	++	+++	+++	-
Ginkgo biloba	gingko	++++	+++	++	++	-
Koelreuteria paniculata	koelreuteria	+++	+++	+++	++++	-
Liquidambar styraciflua	liquidambar	+++	++	+++	++	oo
Liriodendron tulipifera	tulipifero	++	++	++++	+++	oo
Malus domestica	melo	+++	+++	++	++	-
Morus alba	gelso bianco	+++	+++	++	+++	-
Prunus cerasifera	mirabolano	++++	+++	+++	++	-
Parrotia persica	parrotia	++++	++++	++	++	-
*Quercus cerris	cerro	++++	++++	++	+++	-
Robinia pseudoacacia	robinia	++++	+++	+++	+++	-
Sambucus nigra	sambuco	+++	+++	+	+	-
Sophora japonica	sofora	++++	+++	++	+++	ooo
Tilia cordata	tiglio selvatico	++	++	+++	++	o
Tilia platyphyllos	tiglio nostrano	++	++	+++	+++	oo
Ulmus minor	olmo campestre	++	++	+++	+++	-
Laurus nobilis	alloro	+	+	+	+	-
*Ligustrum japonicum	ligustro giapponese	+	+	+	+	-
Photinia x fraseri	photinia	+	+	+	+	-
Viburnum tinus	viburnum	+	+	+	+	-

Lo studio prevede pertanto di utilizzare un mix composto da:

- Bagolaro (Celtis australis)
- Acero riccio (Acer platanoides)
- Frassino (Fraxinus ornus)
- Leccio (Quercus ilex) – essendo un sempreverde filtra anche d'inverno rispetto le precedenti che sono a foglia caduca

Sono tutte specie compatibili con quelle suggerite dal regolamento del verde del Comune di Ferrara e non sono considerate piante con potere allergenico, ovvero non sono pericolose per la salute umana per effetto di emissioni (tipo pollini).

Il calcolo per il particolato PM10 la velocità di deposizione nei periodi vegetativi è funzione della superficie fogliare ed è calcolata in termini medi, minimi e massimi.

La formula seguente relativa alla  $Vd, MEDIA$  viene utilizzata anche per calcolare  $Vd, MIN$  e  $Vd, MAX$  sostituendo alla velocità di deposizione media del particolato PM10 assunta pari a  $0.64 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , rispettivamente i valori  $Vd, PM, MIN=0.25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  e  $Vd, PM, MAX=1.00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$$Vd, MEDIA = Vd, PM, MEDIA \times (BAI+LAI / BAI+LAIPM10)$$

TV 01 FE SC 01 SC IM 05.01	Studio di fattibilità intervento compensazione	00	01/04/2026	5 di 10
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

I termini che compaiono nella formula sono definiti come: indice di superficie della corteccia (*Bark Area Index*, BAI) che rappresenta la capacità di stoccaggio della precipitazione da parte del tronco e dei rami (è assunto costante per tutte le stagioni per uno stesso anno di crescita), indice di superficie fogliare (*Leaf Area Index*, LAI) e indice di superficie fogliare per deposizioni di particelle (LAIPM10) assunto pari a 6 (Hirabayashi et al., 2015).

Nel periodo non vegetativo, il calcolo della velocità media, massima e minima viene condotto sulla base della medesima formula mantenendo inalterati i valori attribuiti a tutti i parametri, ad eccezione del LAI che viene considerato solo per le specie sempreverdi.

A livello di capacità di sottrazione e abbattimento delle PM10 la scala, rispetto alla tabella precedente risulta, per piante adulte:

### Classi di valori per CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e O<sub>3</sub> (tabelle 3-5)

	CO <sub>2</sub> accumulata	CO <sub>2</sub> sequestrata	PM <sub>10</sub> rimosso	O <sub>3</sub> assorbito
	kg pianta <sup>-1</sup>	kg pianta <sup>-1</sup> anno <sup>-1</sup>	g pianta <sup>-1</sup> anno <sup>-1</sup>	g pianta <sup>-1</sup> anno <sup>-1</sup>
++++	800-700	>70	>100	>130
+++	700-600	60-70	70-90	110-130
++	600-500	40-50	40-70	90-110
+	50-40	<10<15	<10<20	50-70

### Classi di valori per la formazione di ozono:

- ooo >10 (alto)
- oo <1<10 (medio)
- o <1 (basso)

Nel caso di specie di qualche anno di età, con circonferenza 18-20 cm in fase d'impianto:

Specie	Quantità	PM10 sottratti gr/anno	Totale
Bagolaro ( <i>Celtis australis</i> )	50	20	1000
Acero riccio ( <i>Acer platanoides</i> )	35	20	700
Frassino ( <i>Fraxinus ornus</i> )	40	10	400
Leccio ( <i>Quercus ilex</i> )	25	10	250
<b>Totale gr</b>			<b>2350</b>

TV 01 FE SC 01 SC IM 05.01	Studio di fattibilità intervento compensazione	00	01/04/2026	6 di 10
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	



In fase adulta dopo 20 anni

Specie	Quantità	PM10 sottratti gr/anno	Totale
Bagolaro – Celtis australis	50	100	5000
Acero riccio (Acer platanoides)	35	100	3500
Frassino (Fraxinus ornus)	40	70	2800
Leccio (Quercus ilex)	25	70	1750
<b>Totale gr</b>			<b>13050</b>

Pertanto il numero di piante individuato con il mix di specie sopra definito, comporta, dal calcolo, la piantumazione di 150 esemplari. Per poter mettere a dimora le alberature elencate, tenuto conto del loro sviluppo e dimensioni in età adulta, il sesto d'impianto non potrà essere inferiore a 7 x 7 metri. Di conseguenza essendo il numero totale delle piante la superficie a disposizione dovrà essere non inferiore a mq.  $7 \times 7 = 49$  metri quadrati, che moltiplicato per 150 alberi, risulta in totale di 7.350 metri quadrati.

Per le specie vegetali individuate si riportano più in basso, immagini di comparazione alla posa e all'età matura della stessa pianta per darne l'effetto visivo della crescita in pochi anni.

	
Celtis da vivaio altezza 4m alla posa	Celtis adulto altezza dai 10 m ai 18 m

TV 01 FE SC 01 SC IM 05.01	Studio di fattibilità intervento compensazione	00	01/04/2026	7 di 10
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	





Acer da vivaio altezza 3.5-4 metri alla  
posa



Acer adulto altezza circa dai 10 ai 20 m



Fraxinus ornus da vivaio altezza 3,5 m alla  
posa



Fraxinus ornus adulto altezza 10 - 12 metri

TV 01 FE SC 01 SC IM 05.01	Studio di fattibilità intervento compensazione	00	01/04/2026	8 di 10
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	



	
Quercus ilex da vivaio altezza 3,5 metri alla posa	Quercus ilex adulto altezza 18 – 20 metri

## C STIMA DEI COSTI DELL'INTERVENTO

I costi per la realizzazione dell'opera compensativa, ovvero per la fornitura e posa delle specie vegetali individuate in numero e grandezza, sono stati stimati e riassunti nella tabella sottostante. Non sono considerati in tabella eventuali costi di irrigazione di soccorso o ad impianto fisso e neppure le manutenzioni di mantenimento annuali.

Specie	Quantità	Costo unitario euro	Totale euro	Riferimento
Bagolaro – Celtis australis	50	123	6150	analisi di mercato
Acerò riccio (Acer platanoides)	35	124	4340	analisi di mercato
Frassino (Fraxinus ornus)	40	153	6120	analisi di mercato
Leccio – Quercus ilex	25	300	7500	analisi di mercato
Messa a dimora	150	220	33000	25020022 rif. Prezziario Assoverde
<b>Totale lavori</b>			<b>57110</b>	

La cifra di cui sopra si intende IVA esclusa, che considerata, definisce un importo di circa 70.000 € complessivi.

TV 01 FE SC 01 SC IM 05.01	Studio di fattibilità intervento compensazione	00	01/04/2026	9 di 10
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	

**D BIBLIOGRAFIA**

- Progetto "Veg-Pm10 - Azioni multidisciplinari ed integrate per il monitoraggio e la riduzione del particolato atmosferico nella piana lucchese".
- Progetto di riqualificazione del territorio il ruolo del verde nella mitigazione ambientale - A cura dei ricercatori IBIMET.
- Piano Strategico di Riduzione delle Polveri Sottili Parte I - Le Green Wall Parte II - Il PM10 a Treviso e le proposte di Rocking Motion Treviso, Italia.
- QUALITÀ DELL'ARIA E SALUTE Una maggiore consapevolezza per una risposta più efficace – A cura di ARPAE.
- LINEE STRATEGICHE sul verde urbano di ROMA - Roma, novembre 2023 - Direzione del Dipartimento Tutela Ambientale
- Antoine P.R. Jeanjean, Riccardo Buccolieri, James Eddy, Paul S. Monk, Roland J. Leigh "Air quality affected by trees in real street canyons: The case of Marylebone neighbourhood in central London" URBAN FORESTRY & URBAN GREENING 22(2017)41-53

TV 01 FE SC 01 SC IM 05.01	Studio di fattibilità intervento compensazione	00	01/04/2026	10 di 10
<b>Cod.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	