



Masol Continental Biofuel S.r.l.
Stabilimento di Livorno

***Identificazione e quantificazione degli effetti
delle emissioni in aria e confronto con SQA
per la proposta impiantistica per la quale si
richiede l'autorizzazione***

Data: Dicembre 2014

 **ambiente**
Ingegneria ambientale e laboratori

ambiente sc – Firenze, via di Soffiano, 15 - tel. 055-7399056 – Carrara, via Frassina 21 – Tel. 0585-855624



INDICE

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
3	INQUADRAMENTO AMBIENTALE	4
4	INQUADRAMENTO NORMATIVO E MODELLISTICA	14
	4.1 Riferimenti legislativi	14
	4.2 Esame delle sostanze inquinanti analizzate	15
	4.3 Modelli di dispersione	16
5	DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO	19
	5.1 Ricevimento e stoccaggio materie prime	19
	5.2 Descrizione del processo produttivo: Linea A Errore. Il segnalibro non è definito.	
	5.3 Descrizione del processo produttivo: Linea B Errore. Il segnalibro non è definito.	
	5.4 Sezione di esterificazione	43
	5.4.1 Unità 170: Esterificazione con glicerolo	43
	5.4.2 Sezione purificazione glicerina	44
	5.5 Impianti ausiliari ed utilities	Errore. Il segnalibro non è definito.
6	INTRODUZIONE ALLO STUDIO	50
	6.1 Descrizione del modello concettuale utilizzato	50
	6.1.1 Procedura I - Definizione dell'area di analisi	50
	6.1.2 Procedura II - Definizione del modello di calcolo	52
	6.1.3 Procedura III - Elaborazione diffusionale	55
7	DEFINIZIONE DEGLI INPUT DEGLI SCENARI DI SIMULAZIONE	56
	7.1 Dati di input relativi alle sorgenti	56
	7.2 Dati meteorologici	58
8	DEFINIZIONE DEI DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI	60
9	CONCLUSIONI	65

ALLEGATI

ALLEGATO 1 - PLANIMETRIA DELL'AREA CON INDICAZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO ED UBICAZIONE DEI RECETTORI E PUNTI DI EMISSIONE



1 PREMESSA

Lo stabilimento Masol Continental Biofuel s.r.l. di Livorno svolge un'attività di produzione del biodiesel mediante reazione di transesterificazione tra l'olio vegetale e metanolo in presenza di metilato sodico. L'attività si sviluppa a ciclo continuo e porta alla produzione di biodiesel e glicerina (sottoprodotto della reazione).

L'attività svolta all'interno dello stabilimento è ricompresa nell'allegato VIII alla parte seconda del D. Lgs 152/06 e s.m.i.; in particolare il ciclo produttivo è contemplato al punto *4.1 Impianti chimici per la fabbricazione di prodotti chimici organici di base come: b) idrocarburi ossigenati, segnatamente alcoli, aldeidi, chetoni, acidi carbossilici, esteri, acetati, eteri, perossidi, resine, epossidi.*

L'Azienda è attualmente in possesso dell'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (D.M. 0000231 del 06/08/2013).

L'azienda ha quindi predisposto un progetto di ampliamento dell'impianto attraverso la realizzazione di una nuova linea di produzione. Il nuovo processo utilizzerà come materie prime acidi grassi e metanolo e si avrà la produzione di metilestere come prodotto principale di reazione; a differenza delle due linee di produzioni esistenti non si produrrà glicerina come sottoprodotto.

Tale studio è stato effettuato prendendo in considerazione il valore limite di concentrazione di NOx, indicato nell'Autorizzazione Integrata Ambientale, e dei dati di progetto relativamente alla nuova linea; sulla base delle risultanze ottenute dall'utilizzo del codice di calcolo si è reso, quindi, possibile valutare l'incidenza della nuova linea sull'esistente stato della qualità dell'aria.

Il presente documento è stato redatto per effettuare la valutazione degli effetti ambientali delle emissioni presenti in stabilimento nella nuova configurazione impiantistica.

In particolare, nel presente documento si analizzano i seguenti aspetti:

- inquadramento territoriale;
- inquadramento ambientale;
- descrizione dell'impianto di produzione;
- identificazione e caratterizzazione delle emissioni in atmosfera presenti;
- inquadramento normativo;
- descrizione dei modelli di calcolo utilizzati;
- individuazione degli input degli scenari di simulazione;
- analisi delle risultanze ottenute dall'utilizzo del codice di calcolo.

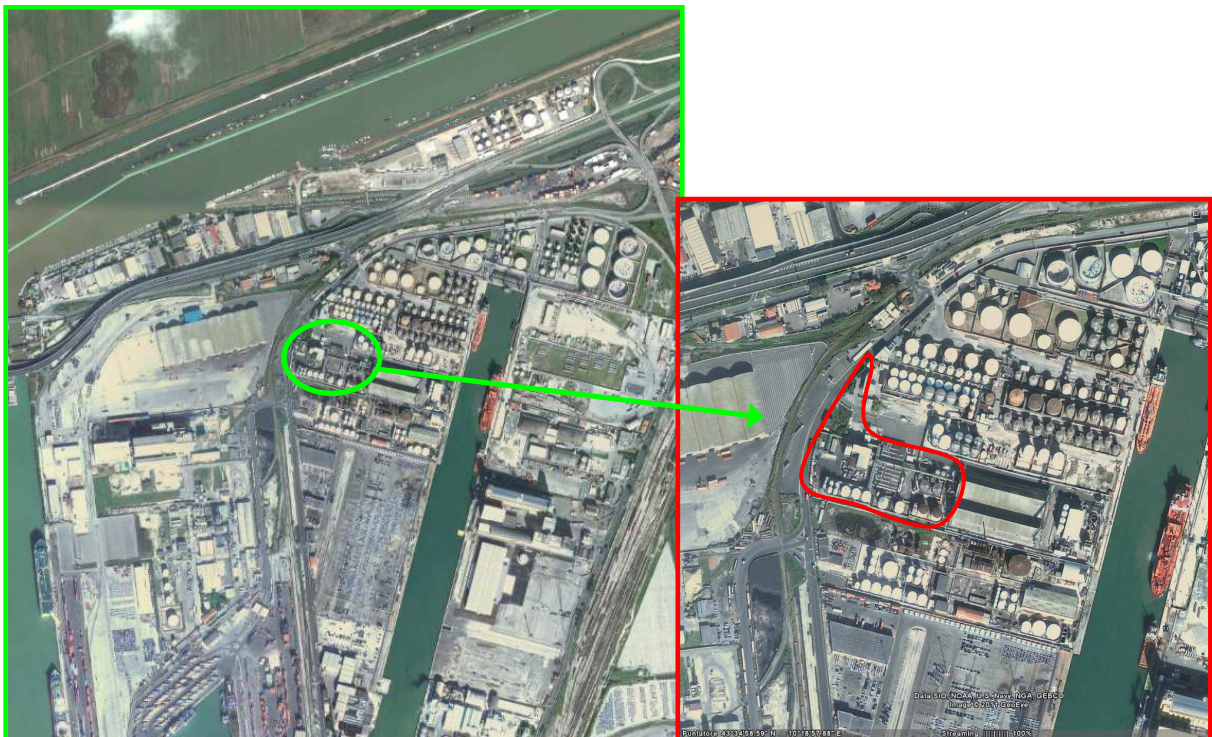
2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Lo stabilimento oggetto del presente documento, di proprietà della società Masol Continental Biofuel s.r.l., è ubicato in Via Leonardo da Vinci a Livorno.

Le coordinate geografiche in cui è posizionato lo stabilimento sono:

- latitudine $43^{\circ} 34' 54''$ N
- longitudine $10^{\circ} 19' 06''$ E (Greenwich)

Di seguito si riporta l'aerofotogrammetria dell'area di interesse.



Aerofotogramma del sito

Dal punto di vista orografico si può affermare come non siano presenti particolari rilievi nelle vicinanze dell'area.

3 INQUADRAMENTO AMBIENTALE

Nel presente capitolo si prende in esame esclusivamente la matrice aria, essendo quella interessata dal presente studio.

Nell'aerofotogramma seguente si riporta l'ubicazione delle centraline per il controllo della qualità dell'aria del comune di Livorno.



La valutazione circa la qualità dell'aria esistente viene effettuata monitorando le concentrazioni dei diversi inquinanti attraverso la rete di rilevamento esistente; i risultati vengono quindi confrontati con i limiti vigenti stabiliti dalla normativa europea e recepiti con il D.Lgs. 155/2010, fissati nell'ottica della protezione da tre diverse tipologie di danno: alla salute umana, agli ecosistemi ed alla vegetazione.

Nella tabella seguente si riporta l'estensione della rete provinciale di rilevamento presente nella zona di Livorno.

Si fa presente come la rete di rilevamento descritta sia risultata attiva fino al 2011 (dati relativi all'anno 2010) dopo di che non risultano essere stati pubblicati studi specifici di area.



Nome Stazione	Classificazione stazione ¹ <i>All. III D.Lgs. 155/2010</i>	Appartenenza alla rete regionale
LIVORNO		
Viale Carducci	Periferica Traffico	PM ₁₀
Via Gobetti	Urbana Industriale	PM ₁₀
Piazza Mazzini	Urbana Traffico	-
Piazza Cappiello	Urbana Fondo	-
Villa Maurogordato	Periferica Fondo	PM ₁₀ , PM _{2,5} , Ozono
La Palazzina (Gabbro)*	Rurale Fondo	Ozono
La Rotonda Ardenza	Periferica Meteo	-

Centraline di qualità dell'aria presenti nel comune di Livorno

Nella tabella seguente si riportano gli inquinanti monitorati da ciascuna stazione.

Stazione	Inquinanti									Parametri meteo
	CO	NO _x	O ₃	PTS	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	BTEX	IPA	
LIVORNO										
Viale Carducci (rete regionale)	X	X			X	X	X			
Via Gobetti (rete regionale)	X	X				X		X		
Piazza Mazzini	X	X						X		
Piazza Cappiello		X	X		X					
Villa Maurogordato (rete regionale)	X	X	X			X	X	X		
La Palazzina (Gabbro) (rete regionale)			X							VV, DV, sigma, Temp., Umidità, Pioggia
La Rotonda Ardenza										VV, DV, Sigma, Temp., Umidità, Pioggia, Rad. Solare, Pressione, Classe di stabilità

Monitoraggio effettuato dalla rete di rilevamento presente

Di seguito si riportano i rendimenti delle stazioni di misura relativi all'anno 2010.

Stazione di misurazione	RACCOLTA MINIMA DEI DATI (%)											
	Conformità alla normativa di riferimento (D.Lgs. 155/2010)											
	Parametro: dati orari (giornalieri per PM ₁₀ e PM _{2,5})											
	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	CO	NO	NO ₂	NO _x	Benzene	PTS	IPA	Ozono	
LIVORNO												
Viale Carducci (rete regionale)	100	100	99,4	100	99,1	99,1	99,1	-	-	-	-	
Via Gobetti (rete regionale)	100	-	-	100	97,9	97,9	97,9	93,6	-	-	-	
Piazza Mazzini	-	-	-	0	0	0	0	0	-	-	-	
Piazza Cappiello	-	-	0	-	0	0	0	-	-	-	0	
Villa Maurogordato (rete regionale)	99,8	42,7	-	100	98,9	98,9	98,9	85,0	-	-	97,8	
La Palazzina (Gabbro) (rete regionale)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,2	

Rendimenti dalle stazioni di rilevamento

Di seguito si riporta la descrizione dello stato della qualità dell'aria per gli inquinanti oggetto del presente studio e rilevati dalle centraline: ossidi di azoto, monossido di carbonio, ossidi di zolfo e metanolo.



Stazione	Valori medi annuali 2009									
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	SO_2	CO	NO_2	NO_x	Benzene	PTS	IPA**	O_3
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	mg/m^3	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ng/m^3	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Viale Carducci (rete regionale)	27	14	2	0,7	44	68	-	-	-	-
Via Gobetti (rete regionale)	19	-	-	0,3	25	36	0,6	-	-	-
Piazza Mazzini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piazza Cappelletto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Villa Maurogordato (rete regionale)	14	6*	-	0,2	8	8	0,6*	-	-	69
La Palazzina (Gabbro) (rete regionale)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70

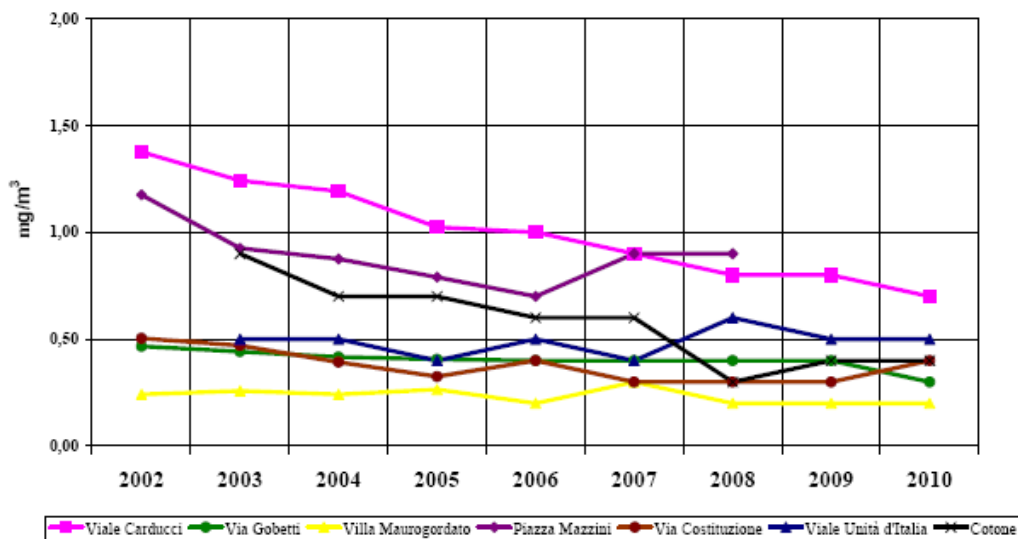
Valori medi annuali rete di Livorno anno 2010

Monossido di carbonio

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	N° Medie massime giornaliere su 8 ore > $10 \text{ mg}/\text{m}^3$	Valore limite
Viale Carducci	U	T	0	0 (in vigore dal 1.01.2005)
Piazza Mazzini	U	T	-	
Via Gobetti	U	I	0	
Villa Maurogordato	P	F	0	
Via Costituzione	U	F	0	
Viale Unità d'Italia (Giardini)	U	T	0	
Cotone	P	I	0	

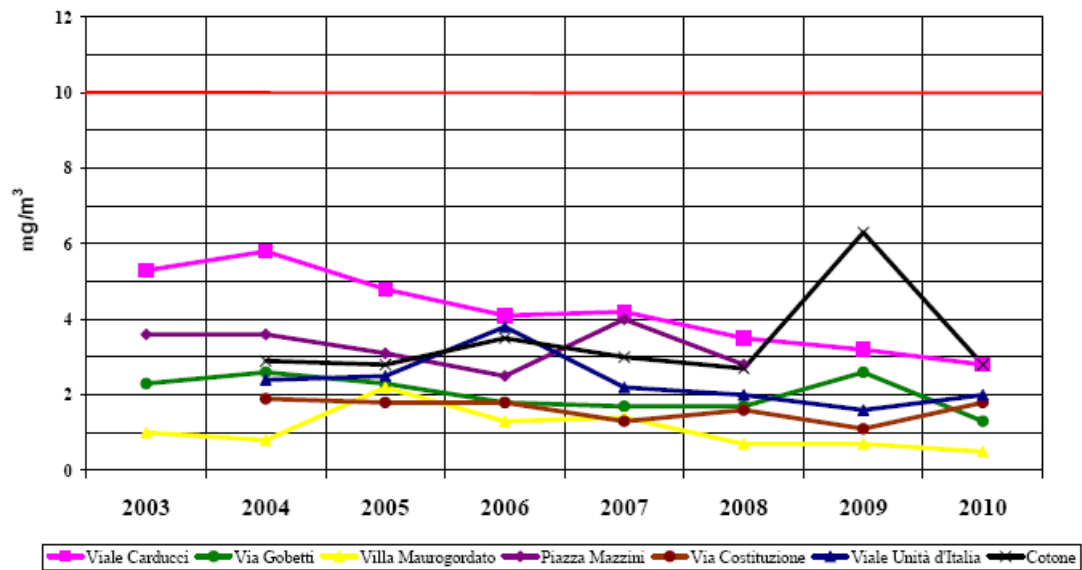
Monossido di carbonio

Al fine di effettuare valutazioni appropriate dei dati rispetto ai valori limite, sono inserite di seguito le elaborazioni grafiche relative agli andamenti dei dati ottenuti negli anni e le relative valutazioni.





Media annuale CO



Massima media mobile su 8 ore CO

Il confronto con i valori limite non ha evidenziato particolari criticità per tutte le centraline della Provincia di Livorno che monitorano l'ossido di carbonio. L'andamento annuale degli indicatori mostra inoltre che continuano ad esistere le condizioni per mantenere questa condizione positiva anche negli anni a venire.

Biossido di zolfo

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	N° medie orarie >350 µg/m ³	Valore limite	N° medie giorno >125 µg/m ³	Valore limite
Viale Carducci	U	T	0	24 (in vigore dal 1.01.2005)	0	3 (in vigore dal 1.01.2005)
Piazza Capiello	U	F	-		-	
Via Rossa	P	I	0		0	
Via Veneto	P	I	0		0	

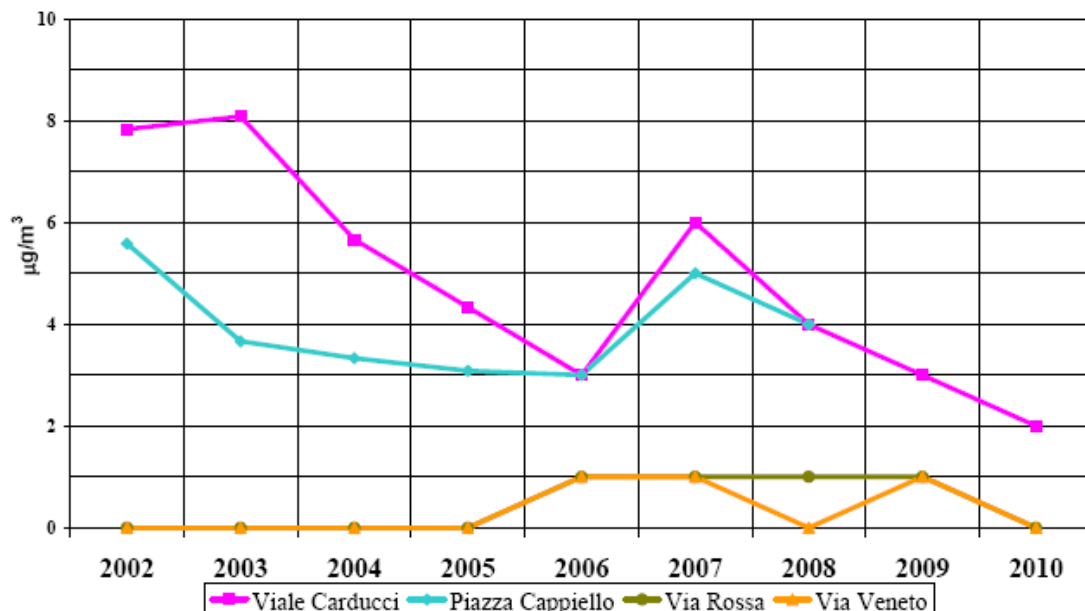
Biossido di zolfo

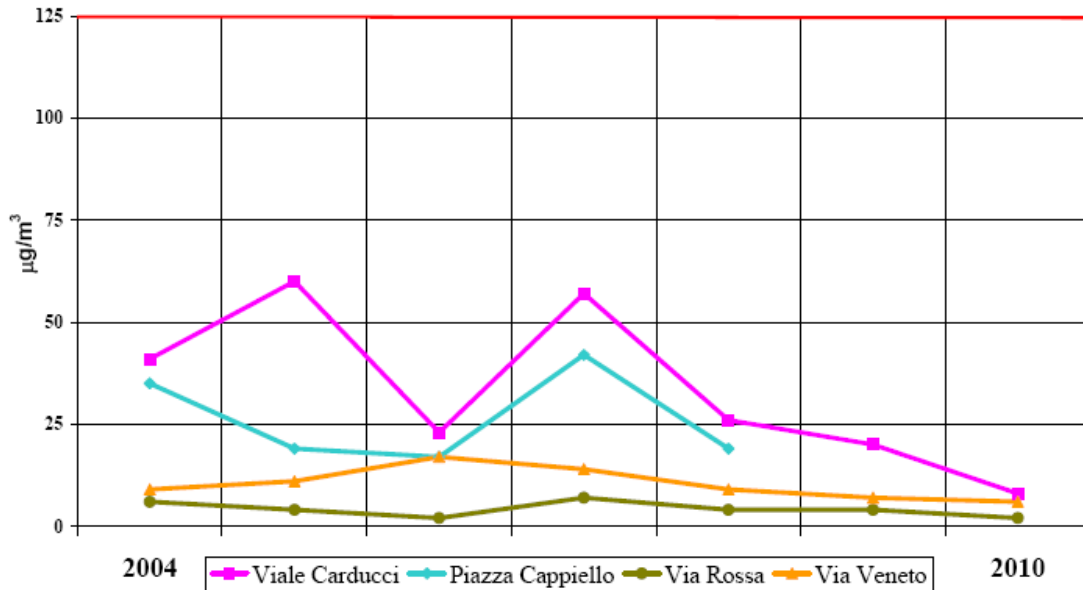
Oltre ai valori di riferimento, per l'inquinante biossido di zolfo la normativa fissa una soglia di allarme sui valori di concentrazione orarie corrispondenti a valori di concentrazione tali da determinare effetti acuti sulla popolazione. Per il biossido di zolfo non si sono verificati superamenti di tale soglia, come meglio specificato nella tabella seguente.

	SOGLIA DI ALLARME	Riferimento normativo	Casi rilevati
SO ₂	Concentrazione oraria > 500 µg/m ³ per 3 ore consecutive	D.Lgs.155/2010	0

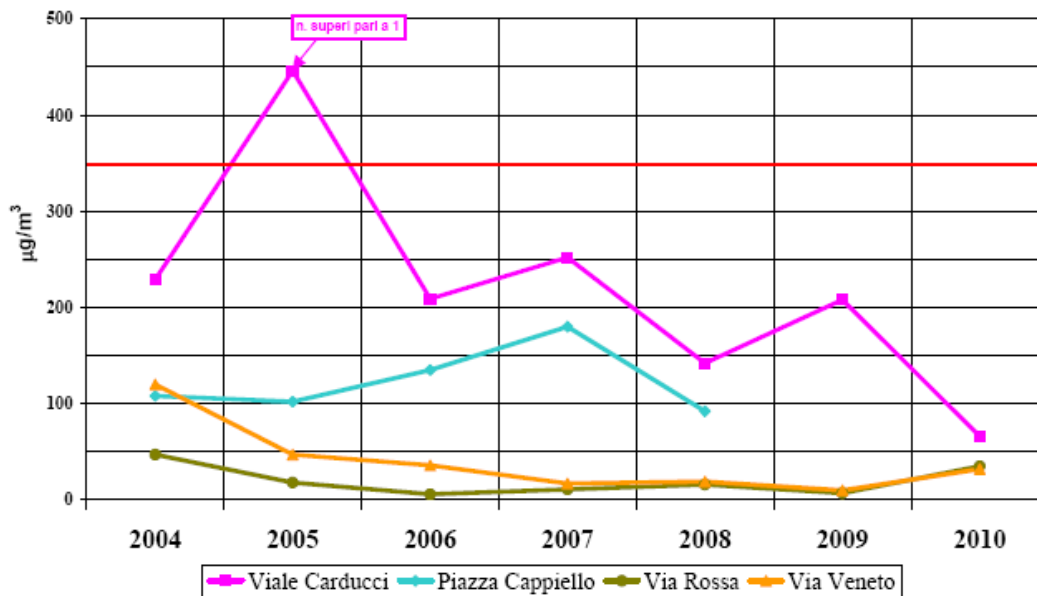
Numero di superamenti delle soglie di allarme e di informazione

Al fine di effettuare valutazioni appropriate dei dati rispetto ai valori limite, sono inserite di seguito le elaborazioni grafiche relative agli andamenti dei dati ottenuti negli anni e le relative valutazioni.


 Media annuale SO₂



Massima media giornaliera SO₂



Massima media oraria SO₂

Il confronto con i valori limite non ha evidenziato anche per quest'anno particolari criticità per tutte le centraline della Provincia di Livorno che monitorano il biossido di zolfo. L'andamento annuale degli indicatori mostra inoltre come continui a verificarsi la tendenza alla diminuzione dei valori di concentrazione riscontrati che aveva avuto, nel corso del 2007, un'inversione di tendenza nel Comune di Livorno.

*Biossido di azoto*

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	N° medie orarie >200 µg/m ³	Valore limite	Media annuale (µg/m ³)	Valore limite (µg/m ³)
Viale Carducci	U	T	0	18 (in vigore dal 1.01.2010)	44	40 µg/m ³ (in vigore dal 1.01.2010)
Piazza Mazzini	U	T	-		-	
Via Gobetti	U	I	0		25	
Piazza Cappelletto	U	F	-		-	
Villa Maurogordato	P	F	0		8	
Via Rossa	P	I	0		16	
Via Costituzione	U	F	0		15	
Via Veneto	P	I	0		12	
Loc. Poggio San Rocco	U	F	0		7	
Viale Unità d'Italia (Giardini)	U	T	0		43	
Cotone	P	I	0		19	

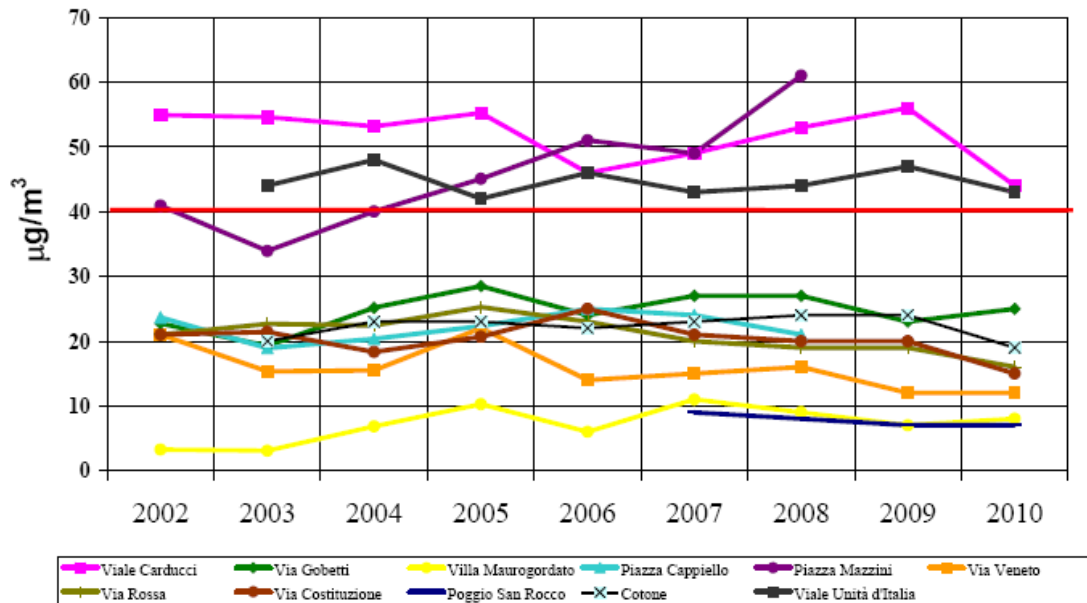
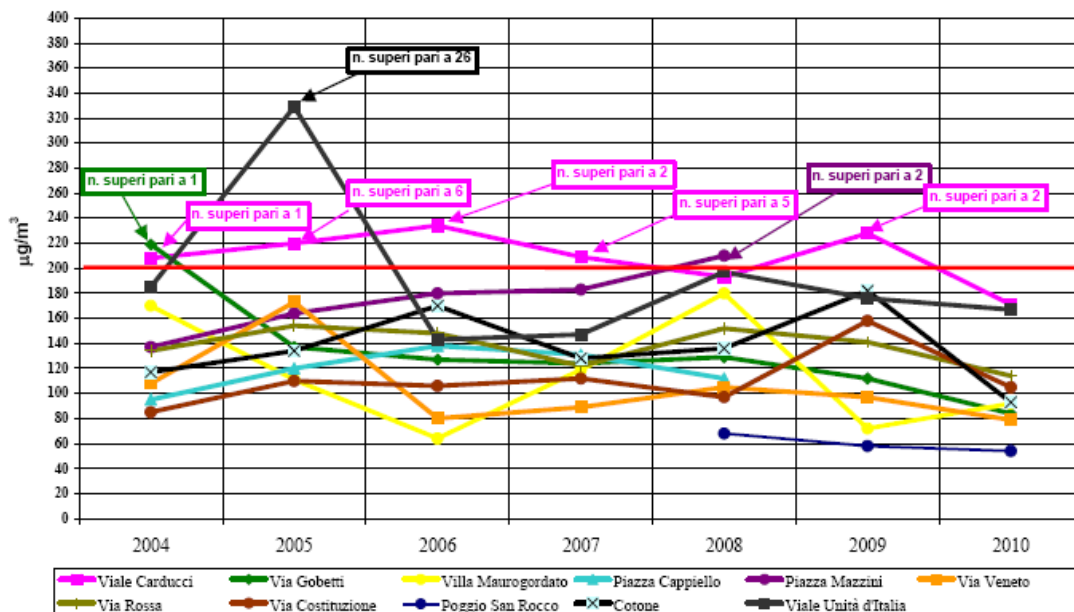
Biossido di azoto

Oltre ai valori di riferimento, per l'inquinante biossido di azoto la normativa fissa una soglia di allarme sui valori delle concentrazioni orarie corrispondenti a valori di concentrazione tali da determinare effetti acuti sulla popolazione. Per il biossido di azoto non si sono verificati superamenti di tale soglia, come meglio specificato nella tabella seguente.

	SOGLIA DI ALLARME	Riferimento normativo	Casi rilevati
NO ₂	Concentrazione oraria > 400 µg/m ³ per 3 ore consecutive	D.Lgs.155/2010	0

Numero di superamenti delle soglie di allarme

Al fine di effettuare valutazioni appropriate dei dati rispetto ai valori limite, sono inserite di seguito le elaborazioni grafiche relative agli andamenti dei dati ottenuti negli anni.


 Media annuale NO₂

 Massima media oraria NO₂

Il confronto con i valori limite fissati dalla normativa per il biossido di azoto mostra come continui ad esistere una criticità significativa per le centraline della Provincia di Livorno considerate da "traffico". Infatti per Viale Carducci a Livorno i valori della concentrazione media annuale di NO₂ risultano ancora al di sopra del valore limite di 40 µg/m³, il cui raggiungimento era previsto per il 2010. E' opportuno sottolineare però che la media annuale registrata nel 2010 dalla centralina di Viale Carducci è risultato il più basso degli ultimi 9 anni.

La situazione di tutte le altre centraline è invece tale da garantire il rispetto dei limiti normativi sia per il 2010 che per gli anni a venire.

Particolato PM₁₀

Stazione	Tipo zona	Tipo stazione	N° medie giornaliere >50 µg/m ³	Valore limite	Media annuale (µg/m ³)	Valore limite (µg/m ³)
Viale Carducci (rete regionale)	U	T	11	35 (in vigore dal 1.01.2005)	27	40 µg/m ³ (in vigore dal 1.01.2005)
Via Gobetti (rete regionale)	U	I	0		19	
Villa Maurogordato (rete regionale)	P	F	0		14	
Via Veneto	P	I	3		27	
Loc. Poggio San Rocco	U	F	0		17	
Cotone	P	I	27		27	

Particolato PM₁₀

Nelle tabelle seguenti è riportato l'elenco dei superamenti di PM₁₀ registrati nelle diverse centraline del Comune di Livorno e ordinati in maniera decrescente rispetto al valore di concentrazione rilevato.

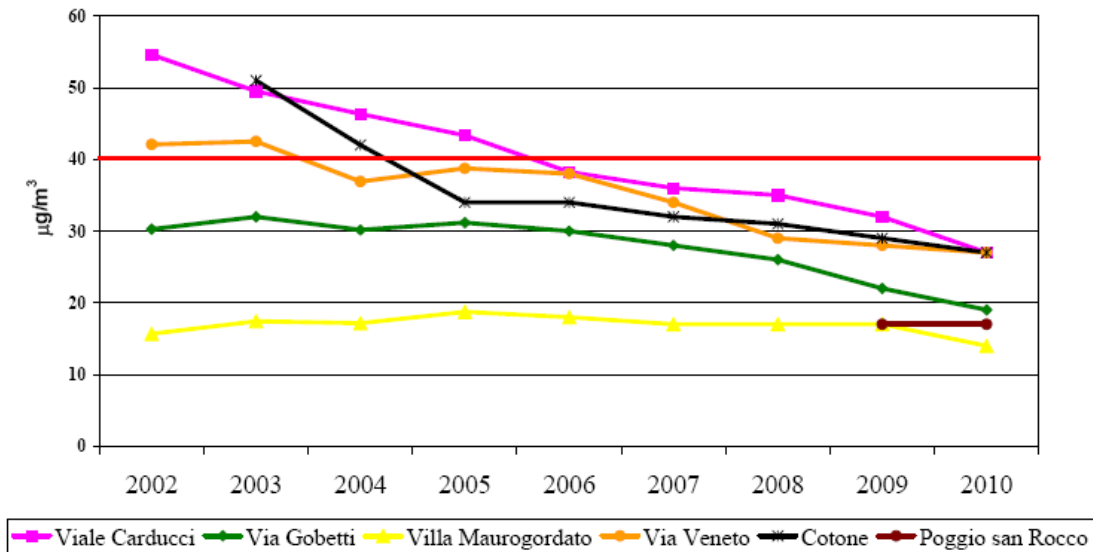
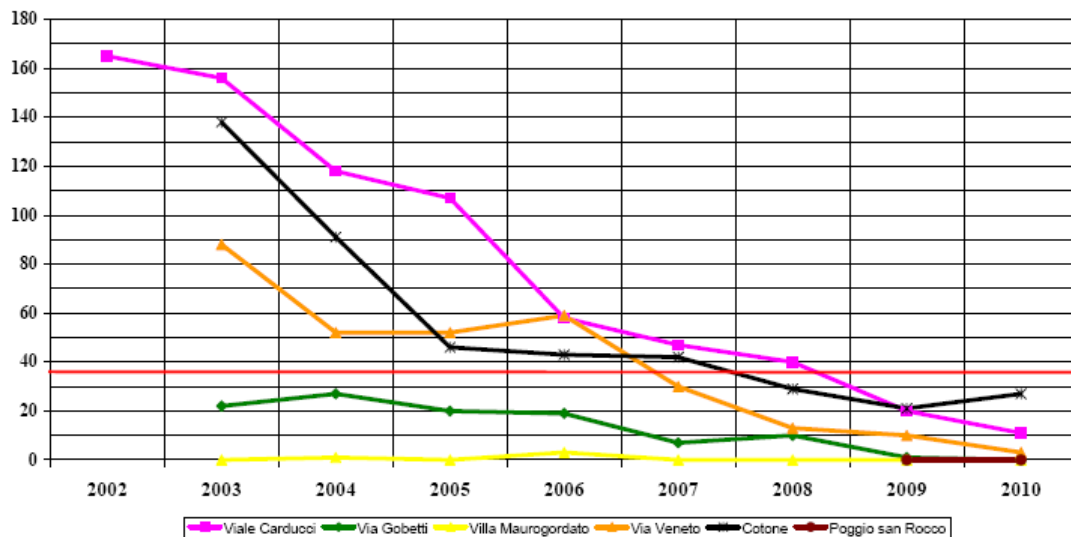
	data	µg/m ³	posizione
VIALE CARDUCCI	12/03/2010	60	1
	15/03/2010	59	2
	13/03/2010	57	3
	29/01/2010	55	4
	24/03/2010	55	5
	21/05/2010	55	6
	28/01/2010	53	7
	21/01/2010	51	8
	13/02/2010	51	9
	12/02/2010	50	10
	22/05/2010	50	11

stazione	data	µg/m ³	posizione
VIA GOBETTI	-	-	-

stazione	data	µg/m ³	posizione
VILLA MAUROGORDATO	-	-	-

Superamenti di PM₁₀

Al fine di effettuare valutazioni appropriate dei dati rispetto ai valori limite, sono inserite di seguito le elaborazioni grafiche relative agli andamenti dei dati ottenuti negli anni.


 Media annuale PM₁₀

 Numero dei superamenti annui PM₁₀

Anche per il 2010 si è evidenziata una tendenza generalizzata alla diminuzione delle concentrazioni di PM₁₀ in tutte le centraline della rete provinciale. Tale diminuzione, così marcata negli ultimi tre anni, è probabilmente legata in parte al miglioramento del parco dei veicoli circolanti ed in parte alla maggior piovosità registrata nel periodo.

Nel caso specifico della centralina di Viale Carducci, appartenente alla rete regionale del PM₁₀, questa diminuzione ha confermato il definitivo superamento della condizione di criticità legata sia alle concentrazioni medie giornaliere che al numero di superi annuo. Nelle stazioni di Via Gobetti e di Villa Maurogordato, sempre appartenenti alla rete regionale, sia i livelli di concentrazione media annua, sia il numero di superamenti del valore medio giornaliero si sono mantenuti al di sotto dei limiti.



4 INQUADRAMENTO NORMATIVO E MODELLISTICA

4.1 RIFERIMENTI LEGISLATIVI

Normativa in materia di qualità dell'aria

La normativa in materia di qualità dell'aria a livello Comunitario risulta in continua e costante evoluzione, e determina, di conseguenza, continui aggiornamenti e modifiche anche nella legislazione nazionale.

Si riporta di seguito una sintesi delle principali normative in materia.

- D.P.C.M. 28/03/1983: Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno.
- D.M. 25/11/1994: Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al D.M. 15.04.94
- D.M. 16/05/1996: Attuazione di un sistema di sorveglianza dell'inquinamento da ozono
- D.Lgs. 04/08/1999 n. 351: Attuazione della Direttiva 1996/62/CE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente.
- D.M. 02/04/2002 n. 60: Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i limiti di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo, e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio.
- D.M. 20/09/2002: Modalità per la garanzia della qualità del sistema delle misure di inquinamento atmosferico, ai sensi del D.Lgs. 04/08/1999 n. 351
- D.M. 01/10/2002 n. 261: Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del D.Lgs. 04/08/1999 n. 351
- D.Lgs. 21/05/2004 n. 171: Attuazione della direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici.
- D.Lgs. 21/05/2004 n. 183: Attuazione della direttiva 2002/03/CE relativa all'ozono nell'aria.
- D.Lgs. 21/03/2005 n. 66: Attuazione della direttiva 2003/17/CE relativa alla qualità della benzina e del combustibile diesel.
- D.Lgs. 03/04/2006 n. 152: Norme in materia ambientale;
- Direttiva 2008/50/CE del parlamento europeo e del consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa;
- D.Lgs. 13/08/2010 n.155: Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.



4.2 ESAME DELLE SOSTANZE INQUINANTI ANALIZZATE

All'interno dello stabilimento è presente attualmente una centrale termica (punto di emissione convogliata E10). Gli interventi che la società ha in progetto prevedono l'introduzione di una nuova centrale termica (punto di emissione convogliata E10bis); l'attuale caldaia presente in stabilimento verrà utilizzata quindi solamente come caldaia di backup.

Per la valutazione delle ricadute a terra delle sostanze emesse da entrambe le centrali termiche, gli inquinanti presi in esame risultano essere:

- Ossidi di azoto;
- Monossido di carbonio;

Le emissioni generate, la cui diffusione in atmosfera è analizzata nel presente documento, vengono valutate in riferimento alle soglie indicate nel D.Lgs 155/2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".

Nella tabella seguente si riporta l'indicazione delle soglie indicate nel suddetto decreto per la valutazione della qualità dell'aria.

	PERIODO DI MEDIAZIONE	VALORE LIMITE
Biossido di azoto		
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³
Monossido di carbonio		
Valore limite per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³

Valori limite D.Lgs 155/2010

4.3 MODELLI DI DISPERSIONE

Scelta e tipologie di modelli diffusionali

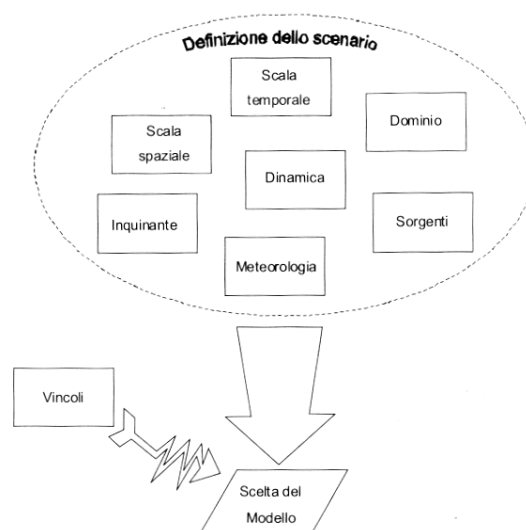
Quando gas o particelle vengono immessi in atmosfera si disperdono per opera del moto caotico dell'aria; tale fenomeno è noto come diffusione turbolenta. Scopo dello studio del comportamento degli inquinanti in atmosfera è la conoscenza della loro distribuzione spaziale e temporale.

Nella maggior parte dei casi si ricorre alla descrizione matematica dei processi di trasporto, reazione chimica e rimozione attraverso l'ausilio di modelli matematici di simulazioni (detti modelli di diffusione) atti a descrivere la distribuzione di una determinata sostanza in atmosfera.

La scelta dello strumento modellistico adeguato alle esigenze dello specifico caso di studio necessita di un'attenta fase di valutazione di applicabilità, da espletarsi attraverso la verifica:

- del problema: scala spaziale, temporale, dominio, tipo di inquinante, tipo di sorgenti, finalità delle simulazioni;
- dell'effettiva disponibilità dei dati di input;
- delle risorse di calcolo disponibili;
- del grado di complessità dei vari strumenti disponibili e delle specifiche competenze necessarie per la sua applicazione;
- delle risorse economico-temporali disponibili.

Naturalmente, la complessità della realtà fisica fa sì che nessun modello possa rappresentare la situazione reale nella sua completezza: ciascun modello rappresenta necessariamente una semplificazione e un'approssimazione della realtà.



Criteri che concorrono alla scelta del modello



In generale, i modelli matematici diffusionali si possono dividere in due categorie:

- modelli deterministici;
- modelli statistici.

I modelli deterministici si basano su equazioni che si propongono di descrivere in maniera quantitativa i fenomeni che determinano il comportamento dell'inquinante in atmosfera.

Si dividono a loro volta in due classi:

- modelli euleriani: riferiti ad un sistema di coordinate fisse;
- modelli lagrangiani: riferiti ad un sistema di coordinate mobile, che segue gli spostamenti degli elementi di cui si desidera riprodurre il comportamento in atmosfera.

I modelli euleriani si suddividono, a loro volta, in:

- modelli analitici,
- modelli a box,
- modelli a griglia.

I modelli analitici si basano sull'integrazione, in condizioni semplificate, dell'equazione generale di trasporto e diffusione. Le condizioni meteorologiche possono considerarsi stazionarie (plume models) oppure dipendenti dal tempo (puff models).

I modelli a box suddividono il dominio in celle, all'interno delle quali si assume che l'inquinante sia perfettamente miscelato. E' inoltre possibile tenere conto di eventuali termini di trasformazione chimica e di rimozione dovuta a fenomeni di deposizione.

I modelli a griglia si basano sulla soluzione dell'equazione di diffusione atmosferica tramite tecniche alle differenze finite. Prendono il nome dalla suddivisione del dominio in un grigliato tridimensionale e sono in grado di tener conto di tutte le misure meteorologiche disponibili e delle loro variazioni spaziali e temporali, nonché di trasformazioni quali le reazioni chimiche, la deposizione secca o umida.

I modelli lagrangiani si suddividono in:

- modelli a box,
- modelli a particelle.

I modelli lagrangiani a box, diversamente dai corrispondenti modelli euleriani, ottengono una risoluzione spaziale lungo l'orizzontale, non possibile nei primi a causa dell'ipotesi di perfetto miscelamento. La dimensione verticale del box è posta uguale all'altezza di miscelamento. L'ipotesi semplificatrice più significativa consiste nell'assumere la dispersione orizzontale nulla (assenza di scambio con l'aria circostante).

Nei modelli a particelle la dispersione dell'inquinante viene schematizzata attraverso pseudo-particelle di massa nota, che evolvono in un dominio tridimensionale. Il moto delle particelle viene descritto mediante la componente di trasporto, espressa attraverso il valore medio del



vento, e quella turbolenta, espressa attraverso le fluttuazioni dello stesso intorno al valore medio. Questo approccio permette di tener conto delle misure meteorologiche disponibili, anche relative a situazioni spaziali e temporali complesse, evitando parametrizzazioni sulla turbolenza (classi di stabilità e coefficienti di diffusione semi-empirici).

I modelli statistici si basano su relazioni statistiche fra insiemi di dati misurati e possono suddividersi, a seconda delle tecniche statistiche implementate, in:

- modelli di distribuzione,
- modelli stocastici,
- modelli di recettore.

Tutti i modelli statistici non prevedono l'utilizzo delle equazioni che descrivono la realtà fisica, ma utilizzano i soli dati misurati nel passato dalla rete di monitoraggio e forniscono le previsioni dei valori di concentrazione nei soli punti della rete stessa. Nelle loro forme più semplici, questi modelli si basano su espressioni lineari formate dal termine che esplicita la relazione tra dati passati e dato previsto e dal termine stocastico vero e proprio; le ulteriori affinzioni possono derivare con l'apporto esplicito o implicito di altre variabili, meteorologiche o emissive.

Al fine di valutare la ricaduta delle sostanze emesse dai camini di impianto è stato implementato il codice di calcolo WinDimula3.



5 DESCRIZIONE DEL CICLO PRODUTTIVO

Come detto in precedenza, lo stabilimento Masol di Livorno si classifica come azienda per la produzione di prodotti chimici organici. L'attività si sviluppa a ciclo continuo e porta alla produzione di:

- ✓ metilestere (Biodiesel);
- ✓ glicerina.

L'impianto risulta costituito da due linee produttive indipendenti di concezione analoga.

Gli interventi che l'Azienda ha in progetto prevedono la dismissione dell'attuale Linea A. La caldaia a servizio di tale linea sarà quindi utilizzata come caldaia di backup.

Il progetto di ampliamento prevede la realizzazione di una terza linea di produzione, l'introduzione di una nuova caldaia nella centrale termica di stabilimento e l'installazione di un ulteriore torre di raffreddamento.

Il processo, sul quale si basa la nuova linea, utilizzerà come materie prime acidi grassi e metanolo e si avrà la produzione di metilestere come prodotto principale di reazione. A differenza delle due linee di produzioni esistenti non si produrrà glicerina come sottoprodotto.

Nei paragrafi successivi si riporta la descrizione del ciclo produttivo con riferimento ad entrambe le linee produttive e, successivamente, allo stato di progetto, con l'analisi della nuova linea che verrà installata.

5.1 RICEVIMENTO E STOCCAGGIO MATERIE PRIME

La sezione di ricevimento e stoccaggio delle materie prime risulta comune per la linea di produzione esistente e per la quella nuova.

Le materie prime impiegate sono costituite da:

- Olio vegetale e metanolo come reagenti;
- Metilato sodico (catalizzatore) in soluzione di metanolo (30% in peso di metilato sodico);
- Acido cloridrico, acido citrico e soda caustica.

In seguito all'introduzione della nuova linea di produzione saranno utilizzate anche le seguenti sostanze:

- Acidi grassi, utilizzato come reagente e stoccato nel serbatoio D1101;
- Resina catalitica, utilizzata come catalizzatore e stoccata in sacchi.

Acido cloridrico e soda caustica sono approvvigionati mediante autocisterne, mentre l'olio vegetale raggiunge lo stabilimento tramite navi ed il metanolo tramite tubazione da serbatoi dedicati, ubicati dall'area Neri Depositi S.p.A.; tutte le materie prime vengono consegnate in appositi serbatoi di stoccaggio. L'acido citrico viene approvvigionato solido in sacchi.

Si riporta di seguito un esame di dettaglio delle diverse sostanze e delle modalità di ricevimento e stoccaggio.



5.1.1 *Olio vegetale*

L'olio vegetale viene approvvigionato, in Neri Depositi Costieri, sia da nave sia da autobotte ed è stoccato in appositi serbatoi (fuori terra) ad asse verticale dai quali viene poi trasferito, tramite la pompa G 130 controllabile da quadro (all'interno dell'area Masol Continental Biofuel), ai serbatoi D 101 (avente capacità di 1000 m³) e D 1101 (avente capacità pari a 1000 m³). Poiché la pompa G 130 viene utilizzata anche per lo scarico autocisterne, il travaso ai D 101/D 1101 viene effettuato nei periodi notturni o comunque di non previsto scarico autocisterne.

Dai serbatoi D 101/D 1101 l'olio vegetale viene poi inviato, tramite le pompe G 101, direttamente al processo produttivo.

5.1.2 *Metanolo*

La sostanza viene approvvigionata di norma mediante tubazione nel serbatoio interrato D 102, avente una capacità geometrica di 180 m³ ed utilizzato, di regola, non oltre l'80% di detta capacità. Il serbatoio risulta polmonato con azoto a bassa pressione regolabile con set point. Il serbatoio è inoltre dotato di una valvola rompivuoto che, in caso di mancanza azoto, evita un'eccessiva depressurizzazione del sistema facendo entrare aria.

Lo scarico dei vapori di azoto, contenenti metanolo vapore in funzione della temperatura (18% in volume a 25 °C), viene inviato alla sezione di lavaggio sfiati. Per eventuali anomalie il sistema è inoltre dotato di scarico di emergenza che invia lo sfiato in guardia idraulica (D 402) con battente di 4 m di colonna d'acqua. Le eventuali condense che potrebbero formarsi nella tubazione di collegamento sfiati alla condensazione o alla guardia idraulica sono scaricate al serbatoio D 302 (serbatoio di alimentazione metanolo alla reazione della Linea A) o al serbatoio D1553 (serbatoio di alimentazione metanolo della Linea B).

Lo stoccaggio è dotato di un ulteriore accorgimento in grado di evitare sversamenti e infiltrazioni di metanolo nel terreno sottostante e di tenere sotto controllo eventuali perdite: il serbatoio è infatti posizionato su una vasca in cemento dotata di pozzetto di drenaggio e raccolta al quale confluiscono eventuali acque piovane (il serbatoio è comunque posizionato sotto tettoia), sversamenti metanolo e perdite serbatoio. Nel pozzetto è installata una pompa a mano che consente il periodico prelievo di campioni per la relativa analisi. Un'apposita manichetta, con possibilità di attacco a cisterna, consente la rimozione di eventuali sversamenti macroscopici di metanolo dovuti, ad esempio, a cedimento del serbatoio.

5.1.3 *Metilato sodico*

La soluzione al 30% in peso di metilato sodico in metanolo viene stoccata nel serbatoio D 103 avente capacità geometrica 40 m³ riempito, di regola, non oltre l'80% della capacità massima.

Lo scarico dall'autocisterna è effettuato per mezzo della pompa G 103, utilizzata anche per l'invio della sostanza al processo di produzione (D 202 e D 1201). Di conseguenza, l'operatore locale procede esclusivamente con il consenso dell'operatore di sala controllo, il



quale verifica se il contenuto di metilato nei serbatoi di impianto D 202/d 1201 è sufficiente a garantire le necessità di impianto per il periodo previsto di scarico cisterna. L'esclusione del carico ai serbatoi D 202/D 1201 avviene per blocco meccanico ed interconnessione dei collegamenti effettuati, compreso anche il collegamento lato gas all'autocisterna.

Poiché la soluzione di metilato sodico al 30% tende a cristallizzare al diminuire della temperatura al di sotto dei 7 °C e presenta difficoltà di ridissoluzione per successivo riscaldamento, il serbatoio D 103 è dotato di riscaldatore elettrico esterno, escludibile a settori dal controllo di temperatura TIC 103; la restante superficie del D 103, le linee e la pompa G 103 sono tracciati elettricamente. Tutti i cavi sono protetti e garantiti per avere una temperatura di parete bassa (intorno ai 50 °C).

Il serbatoio D 103 è polmonato con azoto a pressione gasometrica (100-200 mmH₂O nel serbatoio).

Lo scarico funzionale dei vapori di azoto, contenenti metanolo vapore in quantità dettata dalla temperatura e dalla tensione di vapore del metilato sodico (8% in volume a 30 °C), viene inviato sezione di lavaggio sfiati.

Per condizioni di anomalia il serbatoio è dotato di guardia idraulica contenente olio con battente di 300 mm di colonna d'acqua oltre il quale scarica, attraverso la guardia, in posizione di sicurezza (*safe location*).

Sul serbatoio è inoltre installata una valvola di sicurezza (PSV 114) con funzione anche di rompivuoto. Tale valvola, dimensionata per carico di incendio, scatta per sovrappressioni superiori a 400 mmH₂O; inoltre, nel caso di vuoto nel serbatoio superiore a 100 mmH₂O, funziona da rompivuoto facendo entrare aria.

5.1.4 Acido cloridrico

L'acido cloridrico viene stoccato nei serbatoi D106A/B di capacità geometrica pari a 20 m³ cadauno, riempiti di regola non oltre l'80% della capacità massima. I serbatoi sono dotato di bacino di contenimento in grado di contenere tutta la capacità massima di un serbatoio.

Lo scarico dall'autocisterna è effettuato per mezzo delle pompe G 106A/B mentre l'invio della sostanza ai reattore di lavorazione della glicerina (R 531 ed R 1531) avviene tramite le pompe G106 e G 1106C.

Per condizioni di anomalia i serbatoi sono dotato di guardia idraulica contenente acqua con battente di 300 mm oltre il quale scaricano, attraverso la guardia, in posizione di sicurezza (*safe location*). I serbatoio D 1106A/B risultano polmonati con azoto a pressione gasometrica (100-200 mmH₂O nel serbatoio).

5.1.5 Soda caustica

La soda caustica in soluzione al 50% risulta stoccata in due serbatoi.



Un primo serbatoio risulta di capacità geometrica pari a 30 m³ riempito di regola non oltre l'80% di detta capacità. Il serbatoio è dotato di bacino di contenimento in grado di contenere tutta la capacità massima del serbatoio.

Tale serbatoio alimenta le seguenti utenze:

- Reparto neutralizzazione olio
- Centrale termica

Un secondo serbatoio fuori terra orizzontale di capacità pari a 10 m³ è adibito invece allo stoccaggio dell'idrossido di sodio destinato ad essere utilizzato quale agente neutralizzante nelle sezioni di lavorazione della glicerina presenti nelle due linee produttive.

Il serbatoio è dotato di apposito bacino di contenimento atto a contenere eventuali sversamenti di sostanza.

5.1.6 *Acido citrico*

L'acido citrico viene approvvigionato in sacchi, stoccato all'interno del magazzino/officina e quindi impiegato in soluzione acquosa nella sezione di separazione metilestere-glicerina.

A tale scopo viene utilizzato un serbatoio agitato in cui viene caricato manualmente l'acido citrico. La soluzione così preparata viene quindi inviata, mediante la pompa dosatrice, alla sezione di separazione metilestere-glicerina.

5.1.7 *Acidi grassi*

Gli acidi grassi vengono approvvigionati via nave, via piping o via autobotte e stoccati nei serbatoi del vicino Neri Depositi Costieri. Tramite pompa poi vengono inviati al serbatoio di impianto D1101 e da qui pompati alla nuova linea produttiva.

5.1.8 *Resina catalitica*

La resina catalitica viene approvvigionata in sacchi e viene stoccata sotto apposita pensilina di protezione vicino l'impianto. Il carico ai reattori avviene mediante diluizione con metanolo nella apposita sezione d' impianto.

5.2 STATO ATTUALE: LINEE PRODUTTIVE

5.2.1 *LINEA A (in dismissione)*

L'attività della linea produttiva può essere schematizzata attraverso una serie di fasi ed operazioni principali che possono così riassumersi:

- A) Essiccamento olio vegetale;
- B) Reazione di esterificazione;
- C) Reazione di transesterificazione;



- D) Separazione metilestere-glicerina;
- E) Distillazione metanolo;
- F) Lavorazione e raffinazione glicerina;
- G) Rettifica metanolo;
- H) Lavaggio sfiati di processo e di emergenza;
- I) Stoccaggio intermedio prodotti;
- J) Stoccaggio prodotti finiti e spedizione.

Di seguito viene descritto in maniera dettagliata il funzionamento della linea produttiva.

A) Essiccamento olio vegetale.

La fase di essiccamento, alla quale viene sottoposto soltanto l'olio vegetale, ha lo scopo di mantenere costante il tenore di umidità dell'olio da inviare alla successiva fase di reazione (reazione di esterificazione); si tratta, in sostanza, di un'operazione di disidratazione dell'olio ottenuta per ebollizione della fase acquosa.

La sezione comprende le seguenti apparecchiature:

- E 800 scambiatore per il recupero di calore
- E 802 scambiatore per il riscaldamento dell'olio
- C 801 essiccatore dell'olio
- E 801 condensatore d'acqua
- G 851 pompa per lo scarico essiccatore
- G 101/S pompa per carico reattori esterificazione
- G 853 pompa per vuoto

L'olio vegetale da disidratare è alimentato alla sezione di essiccamento per mezzo della pompa G 113, con portata regolata tramite il sistema di controllo FIC 801.

Dopo un preriscaldamento iniziale nel recuperatore di calore E 800, alimentato con l'olio caldo in uscita dalla colonna C 801, l'olio viene inviato allo scambiatore di calore E 802, alimentato con vapore a bassa pressione, e da qui, attraverso ugelli nebulizzanti, nella colonna C 801, mantenuta sotto vuoto dalla pompa ad anello liquido G 803; il livello di olio in colonna è mantenuto dal regolatore di livello LIC 802. I vapori acquosi che si liberano dall'olio vengono condensati nel condensatore E 801, mantenuto anch'esso sottovuoto dalla pompa G 803.

Il grado di vuoto dell'essiccatore C 801 e del condensatore E 801 è garantito anche dal collegamento con la pompa ad anello liquido G 306/S.

L'olio disidratato, scaricato dalla colonna C 801 mediante la pompa centrifuga G 851, viene inviato nello scambiatore E 800, dove cede parte del suo calore, e di seguito alla pompa G101/S per alimentare la reazione.



Le caratteristiche del processo con riferimento alle apparecchiature principali sono riportate di seguito:

portata di alimentazione olio a C 801	10	m ³ /h
temperatura in C 801	110	°C
pressione residua in C 801	100	mmHg (0,13 bar)
portata della pompa G 101	25	m ³ /h

Le acque in uscita dal condensatore, previo passaggio da vasca a trappola per l'eliminazione di eventuali trascinalamenti di olio, vengono inviate alla vasca di raccolta acque di impianto. L'aria in uscita è inviata alla sezione di lavaggio sfiati.

B) Reazione di esterificazione

Come anticipato in precedenza, i due tipi di olio vegetale impiegati nel processo di produzione del Biodiesel ed indicati come olio vegetale ed olio vegetale ad alta acidità seguono percorsi fisicamente separati fino al raggiungimento dei reattori principali di transesterificazione R 201A/B/C.

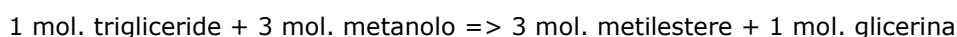
Infatti, mentre l'olio vegetale in uscita dal serbatoio D 101 viene inviato direttamente ai reattori di transesterificazione R 201A/B/C tramite la pompa G 101/S, previo preriscaldamento a 80°C nel recuperatore E 307 e nello scambiatore a vapore E 203, l'olio vegetale ad alta acidità, in virtù dell'elevata acidità stessa (oltre al 40% per la presenza di acido oleico libero), che potrebbe essere causa del verificarsi di reazioni parassite nelle fasi successive, richiede un trattamento preliminare per ridurre l'acidità in eccesso ([acidità massima consentita per la reazione di transesterificazione in R 201A/B/C]=0,1%), consistente in una reazione di esterificazione con glicerolo (condotta a T=220°C e P=0,2 atm) dell'acido oleico libero contenuto nell'olio.

Tale processo viene realizzato nella sezione di esterificazione, comune alle due linee produttive descritta di seguito nel presente documento.

C) Reazione di transesterificazione

L'olio esterificato (nell'apposita sezione di esterificazione), l'olio vegetale proveniente dai serbatoi D 101/D 1101, il metanolo ed il catalizzatore (metilato sodico) vengono alimentati in discontinuo ai reattori R 201A/B/C (ad intervalli di circa un'ora l'uno dall'altro), nei quali ha luogo la reazione di transesterificazione che, attraverso una serie di stadi successivi (reazioni a catena), porta alla conversione del trigliceride (olio vegetale) in metilestere (biodiesel) e glicerina.

La reazione, catalizzata dal metilato sodico, avviene in pratica senza sviluppo di calore e può essere così schematizzata:





La reazione, completa in circa 90 min., avviene in eccesso di metanolo successivamente distillato, condensato e riciclato. La reazione di transesterificazione è effettuata nei tre reattori R 201A/B/C, agitati e pesati, realizzati in AISI 316L, attraverso un procedimento discontinuo.

I sistemi di carico e dosaggio dei vari reagenti sono comuni ai tre reattori principali di transesterificazione R 201A/B/C.

La capacità complessiva dell'impianto è realizzata per un 10% con il tipo di olio ad elevata acidità e per il restante 90% con l'olio vegetale.

I tre reattori R 201A/B/C, del tutto identici e indipendenti tra loro, svolgono le medesime funzioni ad intervalli di circa 1 ora l'uno dall'altro e sono caricati con:

- miscela ottenuta dalla reazione di esterificazione prelevata dai serbatoi D 111B/C tramite la pompa volumetrica G 113; la quantità di miscela per il batch viene prefissata da quadro manualmente o automaticamente tramite il FIC 111;
- olio vegetale, prelevato dai serbatoi di stoccaggio D 101/D 1101 tramite la pompa volumetrica G 101/S, in quantità di 7200 kg per batch (durata della fase di carico olio circa 30 min). Prima di essere immesso nel reattore l'olio viene preriscaldato a 80°C nel recuperatore di calore (E 307) e nello scambiatore a vapore E 203; la quantità di olio necessaria per il batch viene prefissata da quadro manualmente o automaticamente tramite FICQ 202, che ha anche funzione di totalizzatore; la temperatura è controllata automaticamente tramite TIC 201 che agisce sul vapore di riscaldamento;
- metanolo, proveniente dal serbatoio di dosaggio D 302 tramite la pompa G 303/S, in quantità ottenuta sottraendo alla capacità complessiva di impianto il metanolo caricato al reattore R 901; il carico del metanolo (circa 1500 kg) può iniziare a metà circa del carico olio al reattore, per una durata di circa 10 min, oppure può avvenire contemporaneamente all'olio vegetale, riducendo in tal modo i tempi di alimentazione, senza variazione né della quantità di reagenti presenti all'interno dei reattori, né della cinetica di reazione; la quantità di metanolo viene prefissata da quadro manualmente o automaticamente tramite FIQR 203;
- metilato sodico, scaricato per gravità dal serbatoio intermedio di dosaggio in controllo di peso D 202, in quantità prefissata; il carico di metilato sodico al reattore (circa 130 kg) viene effettuato parallelamente al carico metanolo e ha una durata di circa 10 min.

L'intero processo è completamente automatizzato e comandato da quadro. L'operatore assume, pertanto, la sola funzione di *controllore* del corretto andamento delle varie fasi, pur potendo intervenire manualmente da quadro in ogni momento.

Caricati i reagenti ed il catalizzatore (metilato sodico) nelle quantità indicate, ha inizio la reazione di transesterificazione che avviene alla temperatura controllata di 60-65°C sotto agitazione (ciascun reattore ha il proprio agitatore PR 201A/B/C, del tipo a turbina a pale inclinate, dotato di variatore del numero di giri in un range compreso tra 30 e 150 giri/min).



La temperatura all'interno dei reattori è mantenuta mediante sistema di controllo TCR 204/206/212 (rispettivamente per reattore R 201A/B/C) che agisce sul vapore circolante nella camicia a semitubo esterna al reattore.

I reattori sono polmonati con azoto a pressione gasometrica (100-200 mmH₂O).

Nonostante la presenza di azoto la temperatura di reazione fa sì che si sviluppino vapori di metanolo che, salendo ai condensatori ad acqua E 201A/B/C, vengono ricondensati e riciclati, rispettivamente, ai reattori R 201A/B/C, mentre gli incondensabili, costituiti da azoto saturo di metanolo alla temperatura di uscita (40°C circa), vengono inviati, tramite valvola pneumatica (PV 206/208/210) azionata dal controllo di pressione (PIC 206/208/210), alla sezione di lavaggio sfiati.

Al termine delle operazioni viene prelevato un campione per la verifica della rispondenza dei parametri principali (specificamente la conversione), prima di dare il comando di scarico del batch.

Il processo sopra descritto è perfettamente analogo per i tre reattori, nei quali viene effettuato in maniera sfalsata, a distanza di circa 1 ora l'uno dall'altro, con completamento del ciclo sul medesimo reattore in tre ore. La reazione può essere rappresentata sinteticamente con il seguente schema temporale, valido a partire dal tempo zero fino a regime:

- a. Fase di carico reattore
- b. Fase di reazione
- c. Fase di controlli
- d. Fase di scarico reattore
- e. Fase separazione metilestere-glicerina
- f. Distillazione metanolo

Il processo, a valle della reazione di transesterificazione, procede in apparecchiature operanti in continuo. Per passare da operazioni che avvengono in discontinuo (reazione in R 201A/B/C) alle operazioni successive, effettuate in continuo, il materiale scaricato, dopo aver subito un trattamento di demetanolazione nel serbatoio D 301, viene inviato tramite la pompa G 201/S nel serbatoio polmone D 307 (capacità 40 m³) dove ha inizio il primo stadio della fase di separazione metilestere-glicerina.

D) Separazione metilestere-glicerina

Come anticipato in precedenza, i prodotti in uscita dai reattori R 201A/B/C, costituiti da metilestere, metanolo e glicerina, vengono inviati tramite la pompa G 201/S nel serbatoio di D 301 dove avviene una prima separazione del prodotto di reazione dal metanolo residuo, attraverso lo strippaggio mediante vapore a bassa pressione immesso in un serpentino semitubulare esterno, controllato in automatico dal TIC 301.

Il serbatoio D 301 è polmonato con azoto a pressione gasometrica (100 - 200 mmH₂O) ed è dotato di un disco di rottura con scarico convogliato alla sezione di lavaggio sfiati.



I vapori di metanolo sviluppati sono parzialmente condensati attraverso raffreddamento con acqua nello scambiatore E 301. Il liquido ottenuto può essere convogliato al serbatoio di dosaggio metanolo D 302 o al serbatoio di raccolta metanolo D 551 per l'alimentazione delle colonne di rettifica. I vapori residui sono invece alimentati nello scambiatore E 505, nella sezione di raffinazione della glicerina.

Il prodotto in uscita dal fondo dello stripper D 301, regolato dal controllo di portata FIC 301, viene alimentato tramite la pompa G 301/S al separatore polmone D 307 (capacità 40 m³), dove ha inizio il primo stadio della fase di separazione metilestere-glicerina.

Dal separatore D 307 esce, dal fondo, glicerina, con portata intorno ai 1500 kg/h complessivi, e, per sfioro dalla parte alta, metilestere, con portata intorno ai 10000 kg/h complessivi. Il separatore D 307 è polmonato con azoto a pressione gasometrica (100 -200 mmH₂O). Lo scarico funzionale dei vapori di azoto contenenti metanolo vapore in funzione della temperatura viene inviato alla sezione di lavaggio sfiati. Per eventuali anomalie il sistema è inoltre dotato di scarico di emergenza che invia lo sfiato in guardia idraulica (D 402).

Il separatore D 307 è inoltre dotato di allarme di alto ed altissimo livello (LAHH).

La glicerina in uscita dal fondo del separatore D 307, contenente metanolo ed acqua in soluzione (rispettivamente 10% e 30%) e tracce di metilestere, viene alimentata, tramite la pompa G308, alla sezione di lavorazione della glicerina.

Il metilestere in uscita per sfioro dalla parte alta del separatore D 307, contenente tracce di metanolo e di glicerina, viene alimentato, tramite la pompa G309, al separatore D 305, del tipo a fiorentino verticale, dal quale esce dal fondo glicerina e per sfioro dalla parte alta metilestere. Al separatore D305 è, inoltre, alimentato il ricircolo proveniente dallo scambiatore di calore E 303.

La glicerina in uscita dal fondo del separatore D 305, contenente metanolo in soluzione e tracce di metilestere, viene ricircolata al serbatoio di separazione metilestere-glicerina D 307. Poiché la glicerina in uscita dal separatore D 305 è voluta priva di metilestere (perdita prodotto), lo scarico è bilanciato con flangia a fori asolati che consente di ottimizzare la linea di interfaccia metilestere/glicerina alla quota desiderata internamente al separatore e conseguentemente lo scarico dei prodotti.

Il metilestere in uscita dalla parte alta del separatore D 305, contenente tracce di glicerina e di metanolo, è inviato per gravità al serbatoio D 303, che ha la funzione di garantire il battente per il carico delle relative pompe, e da qui, tramite la pompa G 304/S, alla fase di centrifugazione, per spingere ulteriormente la separazione dalla glicerina.

Sia il serbatoio D 303 che il separatore D 305 sono polmonati con azoto a pressione gasometrica e gli sfiati, decisamente limitati date le condizioni operative e le caratteristiche delle sostanze, sono inviati alla sezione di lavaggio. Il prodotto liquido in uscita dal serbatoio D 303, costituito da metilestere e glicerina, è spinto dalla pompa G 304/S nello scambiatore a recupero termico E 321, dove viene riscaldato ad opera di un flusso in controcorrente costituito da metilestere proveniente dall'evaporazione a film sottile. Il flusso metilestere-glicerina è regolato dal controllo di portata FIC 554, mentre la temperatura in uscita dallo



scambiatore viene mantenuta in specifica tramite il controllo TIC 302 che agisce sul by-pass sulla linea della corrente calda.

Il flusso metilestere-glicerina viene quindi inviato alle centrifughe P 301 e P 302. Le modalità di utilizzo delle due centrifughe possono variare in relazione alle necessità di produzione: infatti, tramite opportune condotte di collegamento e valvole manuali, è possibile l'utilizzo delle due centrifughe in serie o in parallelo, o l'esclusione di una delle due dal processo.

Le correnti in uscita dalle centrifughe sono:

- metilestere, inviato allo scambiatore che alimenta la colonna E 301;
- acque di processo, che possono essere raccolte nel serbatoio polmone D 320 e riciclate tramite la pompa G 554 a monte della pompa G 304/S, oppure riciclate per gravità al separatore statico D 307; la portata in uscita dal serbatoio D 320 è regolata tramite il controllo LIC 320;

E) Distillazione metanolo

Come già anticipato al punto precedente, il metilestere in uscita dalle centrifughe P 301 e P 302 viene inviato allo scambiatore E900, scaldato con vapore ed inviato in alimentazione colonna E 301.

La colonna E301 è realizzata in AISI 316L. All'ingresso del materiale nell'evaporatore il metanolo si libera per flash, per poi continuare ad evaporare fino a raggiungere la concentrazione richiesta nel prodotto di coda. La concentrazione di metanolo nel prodotto in uscita è mantenuta al valore desiderato tramite controllo di temperatura TIR 308, che agisce sulla portata del vapore di riscaldamento inviato nella camicia dell'evaporatore.

Dall'evaporatore escono due flussi:

- dalla testa: metanolo vapore che, dopo avere attraversato un demister centrifugo per l'abbattimento delle gocce trasportate, viene condensato nello scambiatore E 302 (raffreddato con salamoia) e scaricato, mediante canna barometrica, nel serbatoio D 551 a servizio della colonna di rettifica C 552;
- dalla coda: metilestere che, spinto dalla pompa G 302/S, viene riscaldato nuovamente a circa 120°C nello scambiatore E 804 e quindi inviato alla colonna di demetanolazione D 802, poi raffreddato e pompato ai serbatoi di stoccaggio intermedi D 120/B/C oppure riciclato al separatore D 305.

Il grado di vuoto all'interno dell'evaporatore E 301 e del condensatore E 302 è ottenuto tramite la pompa ad anello liquido G 306, con flussaggio ad olio, per diminuire il carico di metanolo inviato all'unità lavaggio sfiati.

F) Lavorazione e raffinazione glicerina

La glicerina in uscita dal fondo del separatore D 307 viene alimentata, tramite la pompa G 308, allo scambiatore di calore a piastre E 532. In tale apparecchiatura la glicerina, contenente metanolo, acqua e tracce di metilestere, viene riscaldata tramite un flusso in controcorrente di vapore a bassa pressione, la cui portata è regolata attraverso il TIC 535, in



base alla temperatura raggiunta dalla glicerina all'uscita dallo scambiatore di calore, ed inviata al serbatoio D 531, all'ingresso del quale è installato un sistema di separazione a flash per l'evaporazione del metanolo. Al serbatoio D 531 arriva quindi una soluzione con una residua quantità di metanolo. Dal serbatoio D 531, la glicerina è alimentata tramite la pompa G 531 al reattore R 531 dove viene fatta reagire con acido cloridrico al 33%. Scopo della reazione è quello di neutralizzare il catalizzatore ancora presente (metilato sodico) e rompere i saponi formati durante la reazione di transesterificazione, portando così all'ottenimento di sali ed acidi grassi in un ambiente di reazione a pH=3. Prima dell'ingresso al reattore R 531, la glicerina è raffreddata nello scambiatore a piastre E 533. La misura ed il controllo della temperatura della glicerina in ingresso al reattore R 531 sono effettuati tramite il TIC 536, in grado di variare la portata di acqua di raffreddamento in ingresso allo scambiatore E 533. La successiva decantazione (serbatoi D 532 e D 533) consente la separazione degli acidi grassi dalla glicerina; i primi sono riciclati al serbatoio D 801 o al serbatoio D120A, mentre la glicerina è inviata in un secondo reattore R 532, nel quale l'aggiunta di idrossido di sodio innalza ulteriormente il pH, fino ad un valore di circa 7, consentendo così di ottenere glicerina di migliore qualità. Il reattore R 531 è polmonato con azoto a pressione gasometrica (100 - 200 mmH₂O). Lo scarico funzionale dei vapori di azoto contenenti metanolo vapore in funzione della temperatura viene inviato, previo abbattimento dei vapori di HCl nello scrubber ad acqua (C 532), alla sezione di lavaggio sfiati. Per eventuali anomalie il sistema è inoltre dotato di scarico di emergenza che invia lo sfiato in guardia idraulica (D 402) con battente di 4 m di colonna d'acqua.

Anche i serbatoi polmone D 532 e D 533, il reattore R 532 ed il serbatoio D 534 sono polmonati con azoto a pressione gasometrica (100 - 200 mmH₂O). Lo scarico funzionale dei vapori di azoto contenenti metanolo vapore in funzione della temperatura viene inviato alla sezione di lavaggio sfiati. Per eventuali anomalie il sistema è inoltre dotato di scarico di emergenza che invia lo sfiato in guardia idraulica (D 402) con battente di 4 m di colonna d'acqua.

La glicerina in uscita dal serbatoio intermedio D 534 viene inviata tramite la pompa G 501 alla successiva fase di raffinazione. Scopo dell'operazione, è quello di spingere il recupero del metanolo e migliorare le caratteristiche del prodotto finito (glicerina). Il metanolo, strappato dalla glicerina insieme alla fase acquosa, viene quindi distillato e reinserito in ciclo.

Le portate in gioco sono estremamente ridotte e le apparecchiature installate hanno dimensioni decisamente contenute (le colonne principali hanno diametro 8 pollici).

La sezione, definita unità 500, comprende le seguenti apparecchiature principali:

C 501	colonna separazione metanolo-glicerina
C 501A	colonna separazione metanolo-glicerina
E 501	riscaldatore della glicerina
E 501bis	riscaldatore della glicerina
E 502	riscaldatore della glicerina
E 503	condensatore della miscela acqua/metanolo



E 504	scambiatore di calore
E 505	raffreddatore vapori metanolo in uscita da C 501°
G 501	pompa alimentazione glicerina all'unità 500
G 502	pompa invio glicerina agli stoccaggi finali
G503	pompa di alimentazione glicerina alla C 501

La glicerina, prelevata dal serbatoio D 534 ed alimentata all'unità 500 mediante la pompa G 501, azionabile sia da sala controllo sia localmente, viene preriscaldata, dapprima, nel recuperatore di calore E 502, che utilizza, come fluido riscaldante, la glicerina già strippata che viene inviata agli stoccaggi finali, e, successivamente, negli scambiatori di calore E 501 ed E 501bis che impiegano, come fluido riscaldante, vapore a bassa pressione. La disposizione delle condotte per il flusso della glicerina è tale da permettere l'utilizzo di entrambi gli scambiatori in parallelo, di uno soltanto o di alimentare la colonna C 501A attraverso un by-pass di entrambi gli scambiatori; la variazione del flusso può essere effettuata tramite valvole manuali.

La temperatura della glicerina è regolata tramite il termoregolatore TIC 503 che fa variare il flusso di vapore in ingresso agli scambiatori E 501 ed E 501bis.

Successivamente la glicerina è sottoposta al processo di separazione dal metanolo nelle due colonne in serie C 501A e C 501 che operano a una pressione residua di 130 mmHg ass. Dopo il passaggio negli scambiatori di calore E 501 ed E 501bis, la glicerina subisce una prima separazione dal metanolo contenuto nella colonna C 501A per un processo di flash. Il livello di liquido nella colonna C 501A è controllato attraverso la regolazione della portata in uscita dalla coda con il sistema LIC 505. Il prodotto in uscita dalla coda della colonna C 501A, prima di alimentare la seconda colonna C 501 spinto dalla pompa G 503, attraversa lo scambiatore di calore E 504 in cui viene riscaldato ad opera di un flusso di vapore a media pressione.

La temperatura del prodotto in uscita è regolata tramite il controllo TIC 508 che agisce sul flusso di vapore. Nella colonna C 501 la glicerina viene separata dal metanolo residuo per strippaggio con azoto.

Il prodotto concentrato (glicerina), che scende verso il fondo colonna C 501, dove raggiunge una temperatura di circa 120°C, viene estratto dall'impianto mediante pompa a ingranaggi G 502 ed inviato agli stoccaggi finali dopo avere ceduto parte del suo calore nello scambiatore E 502. Il livello di liquido nella colonna C 501 è controllato attraverso la regolazione della portata in uscita dalla coda con il sistema LIC 502. Il metanolo evaporato che esce dalla testa della colonna C 501A è raffreddato con salamoia frigorifera a 0°C nello scambiatore E 505 e successivamente unito al metanolo evaporato in uscita dalla testa della colonna C 501A. I vapori di metanolo sono quindi condensati nello scambiatore orizzontale E 503, sempre con salamoia frigorifera, e quindi scaricati, mediante canna barometrica, al serbatoio D 551. I vapori di metanolo non condensati nello scambiatore E 503 sono inviati nel serbatoio D 503 in cui vengono raffreddati ad opera di un fluido refrigerante alimentato nella camicia esterna; il liquido ottenuto viene scaricato, mediante canna barometrica, al serbatoio



D 551, mentre i vapori non condensati sono aspirati dalla pompa a vuoto G 306/S e vengono inviati alla sezione di lavaggio sfiati.

Principali condizioni operative:

- Alimentazione glicerina 1,5 m³/h
- Concentrazione metanolo in glicerina 10 %

G) Rettifica metanolo

Il serbatoio D 551 raccoglie le condense di metanolo, contenenti acqua, dalle varie sezioni dell'impianto. Esso è polmonato con azoto a pressione gasometrica (100 - 200 mmH₂O). Lo scarico funzionale dei vapori di azoto contenenti metanolo vapore in funzione della temperatura viene inviato alla sezione di lavaggio sfiati. Per eventuali anomalie il sistema è inoltre dotato di scarico di emergenza che invia lo sfiato in guardia idraulica (D 402) con battente di 4 m di colonna d'acqua.

Il metanolo, in questa sezione, viene separato dall'acqua attraverso il passaggio in due torri di rettifica (C 552, C 553) che operano in serie.

Dal serbatoio C 551 il metanolo è inviato, tramite la pompa G 551, a monte della pompa G 553, da cui è spinto, insieme alla corrente in uscita dalla coda della colonna C 552, in testa alla colonna C 553. Da questa colonna escono, in testa, i vapori di metanolo ed acqua, che vengono inviati per una ulteriore separazione al fondo della colonna C 552, e dalla coda acqua di processo che, spinta dalla pompa G 554, viene inviata al recuperatore termico E 552 e quindi alla vasca di raccolta A 401.

Il calore necessario a tale separazione viene fornito nello scambiatore E 552, a servizio della colonna C 553, ad opera di vapore a bassa pressione.

Nella colonna C 552 avviene la separazione finale del metanolo contenuto nella corrente in uscita dalla testa della colonna C 553. La corrente in uscita dal fondo della colonna C 552 viene ricircolata, come già descritto in precedenza, alla colonna C 553; i vapori di metanolo rettificato in uscita dalla testa della colonna C 552 vengono prima raffreddati nello scambiatore ad aria E 553, quindi condensati attraverso lo scambio termico con fluido refrigerante nello scambiatore E 553bis ed infine inviati al serbatoio di impianto D 552. Parte di tali condense va a costituire il riflusso della colonna C 552, mediante la spinta della pompa G 552, mentre il resto viene stoccato nel serbatoio di raccolta metanolo rettificato D 302 oppure ricircolato al serbatoio polmone D 551.

Le due colonne di rettifica presentano caratteristiche costruttive simili.

L'utilizzo di due colonne di rettifica invece di una soltanto permette di incrementare l'allontanamento del metanolo dall'acqua reflua, in modo da diminuire il carico di C.O.D. nello scarico liquido inviato alla vasca di trattamento.

H) Lavaggio sfiati di processo e di emergenza



Prima di passare ad esaminare gli stoccaggi intermedi e definitivi dei prodotti finiti, si ritiene utile approfondire l'esame della sezione di abbattimento degli sfiati di processo e di emergenza.

La sezione di abbattimento sfiati è costituita dallo scambiatore E 304, dalle colonne C 401 e C 401bis e dalla guardia idraulica D 402.

Scambiatore E 304

Allo scambiatore E 304 arrivano direttamente gli sfiati di processo, contenenti metanolo, dalle varie sezioni dell'impianto.

Lo scambiatore E 304 è raffreddato con fluido refrigerante (salamoia). Il condensato viene inviato al serbatoio di dosaggio metanolo D 302.

Sulla linea dei vapori in uscita dallo scambiatore è presente un indicatore di temperatura con allarme di alto e segnale riportato in sala quadro.

Colonne C 401 e C 401bis

Alla colonna di abbattimento C 401 bis sono alimentati direttamente gli sfiati provenienti dallo scambiatore a fluido frigorifero E 304. Il fluido assorbente per il trattamento è costituito da olio vegetale, successivamente impiegato nella reazione di transesterificazione.

Nella successiva colonna C 401 sono inviati i vapori in uscita dalla colonna C 401bis, impoveriti di metanolo, dal separatore glicerina/metilestere (D 305), dal serbatoio metilestere in uscita dal separatore (D 303), dal serbatoio D 534 e lo scarico di emergenza dalla guardia idraulica D 402.

Il flusso assorbente della colonna C 401 è costituito da acqua alimentata mediante un toro di distribuzione, con portata costante e controllata (FIC 401), con allarme di minimo e intervento automatico con apertura della valvola di fondo del serbatoio D 401 per mancanza acqua o calo pressione sulla linea acqua refrigerante. Tale accorgimento consente di avere sempre acqua in colonna per l'abbattimento dei vapori anche in caso mancanza acqua di rete.

L'utilizzo di un doppio stadio di lavaggio permette di ottenere una minore concentrazione di metanolo nel refluo liquido inviato alla vasca di trattamento.

Per evitare il fenomeno della mucillagine nella vasca D 401, che potrebbe dare problemi al momento dell'eventuale fabbisogno idrico da questo serbatoio, metà dell'acqua inviata in colonna viene fatta fluire direttamente attraverso il serbatoio, mentre l'altra metà, fissata da un orifizio calibrato, va direttamente alla colonna C 401.

Sul fondo della colonna viene mantenuto un battente mediante scarico tramite sifone e rompisifone.

Le acque di scarico dalla colonna C 401 vanno nella vasca di raccolta delle acque di processo (A 401) e da questa sono inviate alla depurazione, fuori dai limiti di impianto Masol.

Guardia idraulica D 402



Alla guardia idraulica arrivano gli sfiati di sicurezza dalle varie apparecchiature dell'impianto. La guardia idraulica è costituita da un serbatoio di capacità geometrica di circa 40 mc mantenuto ad un livello di riempimento di circa 30 m³ per troppo pieno e grazie ad un'alimentazione continua di acqua.

Il serbatoio è dotato di sistema di riscaldamento a vapore controllato tramite TAL 401 e tarato su temperature tali da evitare la formazione di ghiaccio nei periodi freddi. In caso di allarme l'operatore manualmente invia vapore per il preriscaldamento. Per assicurare l'efficienza della trappola rappresentata dalla guardia idraulica verso i vapori di metanolo estremamente solubili in acqua, e per garantire un'adeguata contropressione, l'immissione di detti vapori in guardia avviene sotto battente di circa 4 m. Il battente, oltre a garantire la sovrappressione richiesta, permette un ottimale gorgogliamento dello sfiato nella trappola. Gli sfiati funzionali del serbatoio D 402 sono inviati alla colonna di abbattimento C 401 per l'ulteriore depurazione degli scarichi gassosi prima dell'immissione in atmosfera.

Le acque di scarico in uscita dalla guardia idraulica sono trasferite nella vasca di raccolta acque di processo (A 401) e da questa inviate alla depurazione, fuori dai limiti di impianto Masol.

I) Stoccaggio intermedio prodotti

Per il prodotto principale (metilestere) in uscita dall'impianto (separatore D 305 e serbatoio annesso D 303), prima dell'invio allo stoccaggio definitivo, viene effettuato uno stoccaggio intermedio in tre serbatoi da 270 m³/cad. I tre serbatoi D 120/B/C sono indipendenti l'uno dall'altro e ognuno di essi ha una capacità tale da contenere la produzione di una intera giornata lavorativa. Il prodotto contenuto nei serbatoi D 120 può essere riciclato alla lavorazione per correggere eventuali parametri "non a specifica". Prima di scaricare il prodotto contenuto nei serbatoi D 120 ai serbatoi di stoccaggio finale verrà pertanto effettuata una analisi di verifica dei parametri e quindi deciso lo stoccaggio definitivo. In condizioni di normale produzione un serbatoio è in fase di riempimento, un altro in fase di svuotamento e l'ultimo è utilizzato come polmone di riserva.

Dai serbatoi D120/B/C il prodotto finito è inviato ai serbatoi di stoccaggio finale.

I due serbatoi, pur avendo la predisposizione per la polmonazione con azoto, hanno valvole di respiro atmosferiche.

J) Stoccaggio prodotti finiti e spedizione

Lo stoccaggio prodotti finiti è costituito dai serbatoi glicerina e metilestere.

K) Stoccaggio finale metilestere

Dai serbatoi intermedi D 120/B/C il metilestere passa allo stoccaggio nei due serbatoi D 110A/C di capacità pari 1000 m³ l'uno e 1500 m³ l'altro. I due serbatoi sono costruiti in maniera del tutto analoga ai serbatoi D 120. Il prodotto viene scaricato da una certa quota, mentre il serbatoio, tramite altra presa, risulta drenabile completamente.



I due serbatoi, pur avendo la predisposizione per la polmonazione con azoto, hanno valvole di respiro atmosferiche.

Il prodotto è inviato alla spedizione su autocisterne. Il carico viene effettuato mediante due bracci mobili con possibilità di carico prodotto all'una o all'altra delle due rampe presenti. A tale proposito sono installate due pompe di spinta funzionanti in parallelo, in modo da rendere indipendenti le due linee di carico. Il carico è effettuato tramite preselettore per l'impostazione della quantità e totalizzatore. È inoltre presente una sonda con blocco automatico di massimo che viene inserita nella cisterna.

L) Stoccaggio glicerina

Dal serbatoio D 304 annesso al separatore D 305 la glicerina viene inviata allo stoccaggio nel serbatoio D 111D di capacità 270 m³. Il serbatoio, atmosferico, è riscaldato internamente a 40-50°C in controllo automatico di temperatura, con vapore alla temperatura massima di 140 °C.

La spedizione su autocisterna, su rampa unica, è effettuata in maniera del tutto simile a quella del metilestere.

5.2.2 LINEA B (Ultima modifica non sostanziale del Dicembre 2013)

L'attività dell'impianto può essere schematizzata attraverso una serie di fasi ed operazioni principali che possono così riassumersi:

- A) Essiccamento olio vegetale;
- B) Reazione di esterificazione (comune alle due linee);
- C) Reazione di transesterificazione e 1^a separazione metilestere-glicerina;
- D) 2^a e 3^a separazione metilestere-glicerina;
- E) Distillazione metanolo ed essiccamento finale del Metilestere;
- F) Lavorazione glicerina;
- G) Rettifica metanolo;
- H) Preparazione acido citrico;
- I) Lavaggio sfiati di processo e di emergenza;
- J) Stoccaggio intermedio, chiarificazione metilestere, stoccaggio finale e spedizione prodotti;

Di seguito viene descritto in maniera dettagliata il funzionamento della linea produttiva.

A) Essiccamento olio vegetale

La fase di essiccamento, alla quale viene sottoposto l'olio vegetale, ha lo scopo di mantenere costante il tenore di umidità dell'olio da inviare alle successive fase di reazione; si tratta, in sostanza, di un'operazione di disidratazione dell'olio ottenuta per ebollizione della fase acquosa.



Essiccamento Olio vegetale

La sezione comprende le seguenti apparecchiature:

E 1307	scambiatore per il recupero di calore
E 1802	scambiatore per il riscaldamento dell'olio
C 1801	essiccatore dell'olio
E 1801	condensatore d'acqua
G 1851	pompa per lo scarico essiccatore
G 1853	pompa per vuoto

L'olio vegetale da disidratare è alimentato dal serbatoio di stoccaggio D 101 e/o D 1101 alla sezione di essiccamento per mezzo della pompa G 1101/S, con portata regolata tramite il sistema di controllo FIC 1800.1. Sull'aspirazione della stessa viene dosato l'olio esterificato proveniente dai serbatoi D 111B/C.

Dopo un preriscaldamento iniziale nel recuperatore di calore E 1307, alimentato con il metilestere caldo in uscita dal flash D 1301, l'olio viene inviato allo scambiatore di calore E 1802, alimentato con vapore a bassa pressione, e da qui, attraverso ugelli nebulizzanti, nella colonna C 1801, mantenuta sotto vuoto dalla pompa ad anello liquido G 1853; il livello di olio in colonna è mantenuto dal regolatore di livello LIC 1800.1. I vapori acquosi che si liberano dall'olio vengono condensati, insieme con quelli provenienti dalla sezione di essiccamento UFO, nel condensatore E 1801, mantenuto anch'esso sottovuoto dalla pompa G 1853.

Il grado di vuoto dell'essiccatore C 1801 e del condensatore E 1801 è garantito anche dal collegamento con la pompa ad anello liquido G 1306/S e G802.

L'olio disidratato, scaricato dalla colonna C 1801 mediante la pompa centrifuga G 1851, viene inviato nello scambiatore E 1301/A, dove cede parte del suo calore, e di seguito al primo reattore di transesterificazione R 1201/A, con portata regolata dal LIC 1800.1 che controlla il livello dell'essiccatore C 1801.

Le caratteristiche del processo con riferimento alle apparecchiature principali sono riportate di seguito:

portata di alimentazione olio a C 1801	10000	Kg/h
temperatura in C 1801	100	°C
pressione residua in C 1801	50	Mbar

Le acque in uscita dal condensatore, previo passaggio da vasca a trappola per l'eliminazione di eventuali trascinalenti di olio, vengono inviate alla vasca di raccolta acque di impianto.

B) Reazione di esterificazione

La fase di esterificazione, alla quale vengono sottoposti gli oli ad alta acidità, ha lo scopo di ridurre l'acidità in eccesso (pari a circa il 40% e dovuta alla presenza di acido oleico libero)



che potrebbe essere causa del verificarsi di reazioni parassite nelle fasi successive ([acidità massima consentita per la reazione di transesterificazione]=0,1%).

Tale processo viene realizzato nella sezione di esterificazione, comune alle due linee produttive descritta di seguito nel presente documento.

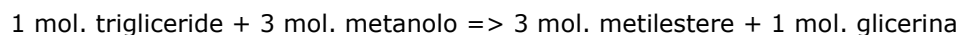
C) Reazione di transesterificazione e 1ª separazione metilestere-glicerina;

Alla sezione di transesterificazione sono inviati:

- olio vegetale, proveniente dall'essiccatore C 1801 mediante la pompa G 1851;
- metanolo, proveniente dal serbatoio di dosaggio D 1302 mediante la pompa G 1303/S
- parte della fase pesante in uscita dal II step di separazione metilestere/glicerina (D 1307) tramite la pompa G 1308;
- metilato sodico dal serbatoio di impianto D 1201 mediante le pompe dosatrici G 1204.

Tali le sostanze vengono alimentate in continuo al primo reattore R 1201/A nel quale ha luogo la reazione di transesterificazione che, attraverso una serie di stadi successivi (reazioni a catena), porta alla conversione del trigliceride (olio vegetale) in metilestere (biodiesel) e glicerina.

La reazione, catalizzata dal metilato sodico, avviene in pratica senza sviluppo di calore e può essere così schematizzata:



Nel reattore R 1201/A, in cui la miscela viene riciclata mediante la pompa G 1201 e mantenuta in temperatura tramite scambio termico con vapore a bassa pressione, viene separata in continuo la *fase pesante*, ricca in glicerina e metanolo con presenza di catalizzatore, dalla *fase leggera* ricca in metilestere.

La *fase pesante* viene inviata alla sezione di lavorazione della glicerina tramite la pompa G 1205, mentre la *fase leggera* viene inviata al secondo reattore di transesterificazione R 1201/B con aggiunta di metanolo e metilato.

Anche all'interno del secondo reattore la *fase pesante*, in grado di poter essere riciclata nel primo reattore R 1201/A e che può essere inviata alla 2ª separazione metilestere/glicerina, viene separata dalla *fase leggera* ricca in metilestere che viene invece alimentata al terzo reattore R 1201/C e da qui, mediante la pompa G 1203, inviata alla 2ª separazione metilestere/glicerina.

L'intero processo, realizzato in continuo, è completamente automatizzato e comandato da quadro. L'operatore assume, pertanto, la sola funzione di "controllore" del corretto andamento delle varie fasi, pur potendo intervenire manualmente da quadro in ogni momento. Sia i reattori di transesterificazione (R 1201A/B/C) che il serbatoio di impianto del metilato sodico (D 1201) sono polmonati con azoto a pressione gasometrica.

Gli sfiati funzionali di tali apparecchiature, contenenti vapori di metanolo, sono inviati alla sezione di lavaggio.



D) 2^a e 3^a separazione metilestere-glicerina

Come anticipato in precedenza, il prodotto della reazione in uscita dal reattore R 1201/C viene inviato alla fase di separazione metilestere/glicerina.

Il prodotto di reazione in uscita dal reattore R 1201/C, previo riscaldamento con vapore nello scambiatore E 1305, viene alimentato mediante la pompa G 1203 al serbatoio D 1303, che lavora sotto vuoto, in cui avviene una prima demetanolizzazione del prodotto.

Da qui il prodotto viene inviato al separatore D 1307 dal quale escono:

- dall'alto metilestere che, addizionato con la soluzione acquosa di acido citrico proveniente dal serbatoio agitato D 1601, viene inviato tramite la pompa G 1309 alla 3a separazione metilestere/glicerina dove, mediante passaggio nelle centrifughe P 1301/302, viene ulteriormente separato dalla glicerina. Quest'ultima è quindi inviata alla sezione di lavorazione glicerina, mentre il metilestere al flash D 1301;
- dal basso glicerina che mediante la pompa G 1308, a cui arriva, inoltre, la fase pesante in uscita dal reattore R 1201/B, viene in parte riciclata al reattore R 1201/A ed in parte inviata alla sezione di lavorazione glicerina.

E) Distillazione metanolo ed essiccamento finale Metilestere

Come già anticipato al punto precedente, il metilestere in uscita dalle centrifughe viene inviato al flash D 1301, operante sotto vuoto (pressione residua circa 100 mmHg) per consentire la distillazione del metanolo a temperature tali da non danneggiare il prodotto (circa 100°C in coda).

Dalla corrente, preriscaldata nello scambiatore E 1301/A alimentato con la corrente di olio essiccato destinato alla sezione di reazione, e portata alla temperatura necessaria nello scambiatore a vapore E 1301/B, all'ingresso nell'evaporatore si libera metanolo per flash per poi continuare ad evaporare fino a raggiungere la concentrazione richiesta nel prodotto di coda (metanolo inferiore a 0,2% in peso).

La concentrazione di metanolo nel prodotto in uscita è mantenuta al valore desiderato tramite controllo di temperatura TIC 1300.5, e correlazione diretta temperatura-pressione, che agisce sulla portata del vapore di riscaldamento inviato allo scambiatore E 1301/B. Dall'evaporatore escono due flussi:

- dalla testa: metanolo vapore che viene condensato nello scambiatore E 1302 (raffreddato con glicole) e quindi scaricato mediante canna barometrica nel serbatoio D 1551 di alimentazione alla sezione di rettifica.
- dalla coda: metilestere che viene dapprima raffreddato negli scambiatori E 1321, ad opera della corrente di metilestere destinata alla centrifugazione, ed E 1307, ad opera dell'olio vegetale destinato alla sezione di essiccazione, e quindi inviato ai serbatoi di stoccaggio intermedi.



Per eventuali anomalie il sistema è dotato di scarico di emergenza che invia lo sfiato in guardia idraulica con battente di 4 m di colonna d'acqua.

Dopo il passaggio nel D1301, tramite la pompa G1302, il Metilestere viene inviato alla sezione di essiccamento finale al fine di garantire i parametri Metanolo e Umidità a specifica. Questa sezione consiste in uno scambiatore E2801 a vapore e una colonna di Flash C2801, mantenuta a pressione $P < 0,2$ atm dalle pompe a vuoto G1306 e G802. Dopo il flash il metilestere viene raffreddato tramite gli scambiatori E1309 A/B e E2001 e quindi inviato ai serbatoi di stoccaggio intermedi D1120 A/B.

F) Lavorazione e raffinazione glicerina.

La glicerina proveniente dal reattore di transesterificazione R 1201/A e quella proveniente dal fondo del serbatoio D 1307, contenente metanolo ed acqua in soluzione, viene inviata al serbatoio D 1530 operante sotto vuoto per effettuare una prima demetanolizzazione.

I vapori di metanolo liberatisi vengono mandati, dopo raffreddamento e condensazione negli scambiatori E 1531 ed E 1503, alla sezione di rettifica.

La glicerina in uscita dal serbatoio D 1530, invece, viene inviata, unitamente alla fase acquosa proveniente dal serbatoio di raccolta D 1600 a valle dell'uscita della fase pesante dalle centrifughe, al reattore R 1531, dove viene fatta reagire con acido cloridrico al 33%. Scopo della reazione è quello di neutralizzare il catalizzatore ancora presente (metilato sodico) e rompere i saponi formati durante la reazione di transesterificazione, portando così all'ottenimento di sali ed acidi grassi in un ambiente di reazione a $\text{pH} = 3$.

La glicerina in uscita da tale reattore viene quindi inviata al separatore D 1532, da cui escono:

- dall'alto oleine, che tramite la pompa G 1534 vengono inviate ai serbatoi D801 o D120A;
- dal basso glicerina, che viene alimentata tramite la pompa G 1532 al reattore R 1532, nel quale l'aggiunta di soda al 50% innalza ulteriormente il pH, fino ad un valore di circa 7, consentendo così di ottenere quell'ambiente necessario per avere un prodotto (glicerina) di migliore qualità.

I reattori R 1531 ed R 1532 ed il separatore D 1532 risultano polmonati con azoto a pressione gasometrica (100 - 200 mmH₂O). Gli scarichi funzionali dei vapori di azoto contenenti metanolo in funzione della temperatura vengono inviati alla sezione di lavaggio sfiati.

La glicerina in uscita dal reattore R 1532 viene inviata tramite la pompa G 1533 alla successiva fase di raffinazione. Scopo dell'operazione è quello di spingere il recupero del metanolo e migliorare le caratteristiche del prodotto finito (glicerina). Il metanolo, strappato dalla glicerina insieme alla fase acquosa, viene quindi distillato e reinserito in ciclo.

La sezione comprende le seguenti apparecchiature:

C 1501/A	1 ^a colonna di strippaggio
C 1501/B	2 ^a colonna di strippaggio



D 1501	serbatoio polmone
E 1501 – E 1502	riscaldatori della glicerina
E 1503 – E 1504– E 1506	condensatori della miscela acqua/metanolo
G 1501	pompa alimentazione glicerina all'unità 1500
G 1504	pompa alimentazione 1a colonna di strippaggio
G 1503	pompa invio glicerina agli stoccaggi finali
G 1306 G802	pompe ad anello liquido

La glicerina, in uscita dal reattore R 1532 ed alimentata alla sezione di distillazione metanolo mediante la pompa G 1533, viene inviata nel serbatoio polmone D 1501.

Da qui viene alimentata, previo preriscaldamento nel recuperatore di calore E 1502, ad opera della glicerina raffinata destinata agli stoccaggi finali, e nello scambiatore di calore E 1501 mediante vapore a bassa pressione, alla colonna C 1501/A operante sotto vuoto (130 mmHg assoluti), dove ha luogo la distillazione del metanolo.

La fase liquida in uscita dal fondo della colonna viene quindi riscaldata nello scambiatore E 1505 ed alimentata, con portata regolata dal LIC 1500.2, alla colonna C 1501/B, anch'essa operante sotto vuoto.

Il prodotto concentrato (glicerina) in uscita dal fondo della colonna, dove raggiunge una temperatura di circa 110°C, viene inviato agli stoccaggi finali mediante la pompa G 1503 dopo avere ceduto parte del suo calore nello scambiatore E 1502.

La fase vapore in uscita dalla testa delle due colonne viene condensata negli scambiatori E 1504, E 1503 ed E 1506 e quindi inviata alla sezione di rettifica del metanolo. Gli incondensabili vengono inviati alla sezione di lavaggio sfiati mediante la pompa a vuoto G 1306 e G802.

G) Rettifica metanolo.

Il serbatoio D 1551 raccoglie le condense di metanolo, contenenti acqua, dalle varie sezioni dell'impianto. Esso risulta polmonato con azoto a pressione gasometrica (100 - 200 mmH₂O). Lo scarico funzionale dei vapori di azoto contenenti metanolo viene inviato alla sezione di lavaggio sfiati. Il metanolo, in questa sezione, viene separato dall'acqua attraverso il passaggio nella torre di rettifica C 1552.

Dal serbatoio D 1551 il metanolo è alimentato tramite la pompa G 1551, previo riscaldamento nello scambiatore E 1551, ad opera delle acque di fondo colonna C 1552 destinate alla sezione di preparazione acido citrico, e nello scambiatore E 1554, mediante vapore a bassa pressione, alla colonna di rettifica C 1552, da cui escono:

- dalla testa metanolo, il quale viene condensato negli scambiatori E 1553 ed E 1553/S e quindi inviato al serbatoio di impianto D 1552. Parte di tali condense va a costituire il riflusso della colonna C 1552, mediante la spinta della pompa G 1552, mentre il resto viene stoccato nel serbatoio di raccolta metanolo rettificato D 1553 oppure ricircolato al serbatoio polmone D 1551.



- dal fondo acqua, che viene inviata tramite la pompa G 1554, dopo aver ceduto parte del proprio calore nel recuperatore E 1551, alla sezione di preparazione acido citrico e/o al flusso di lavaggio in centrifuga.

Il calore necessario a tale separazione viene fornito nello scambiatore E 1552, a servizio della colonna di rettifica, ad opera di vapore a bassa pressione.

Anche il serbatoio D 1553 risulta polmonato con azoto a pressione gasometrica (100 – 200 mmH₂O). Lo scarico funzionale dei vapori di azoto contenenti metanolo viene inviato alla sezione di lavaggio sfiati.

Per eventuali anomalie il sistema è, inoltre, dotato di scarico di emergenza (PSV 1550.1) che invia lo sfiato in guardia idraulica (D 1402) con battente di 4 m di colonna d'acqua.

H) Preparazione acido citrico

In questa fase viene preparata la soluzione acquosa di acido citrico impiegata nella sezione di separazione metilestere-glicerina.

A tale scopo, come descritto in precedenza, possono essere impiegate le acque di fondo colonna provenienti dalla sezione di rettifica del metanolo ed eventualmente integrate dalle varie condense derivanti dalla rete di impianto, così poi vengono alimentate al serbatoio agitato D 1601, in cui viene caricato manualmente l'acido citrico.

La soluzione così preparata viene quindi inviata, mediante la pompa dosatrice G 1602, alla sezione di separazione metilestere-glicerina.

I) Lavaggio sfiati di processo e di emergenza

La sezione di abbattimento sfiati è costituita dagli scambiatori E 1304a/E1304b, dalle colonne C 1401 e C 1401bis, dalla guardia idraulica D 1402 e dal serbatoio polmone D 401.

Scambiatori E 1304a/E1304b

Agli scambiatori E 1304a/E1304b arrivano direttamente gli sfiati di processo, contenenti metanolo, dalle varie sezioni dell'impianto.

Gli scambiatori E 1304a/E1304b sono raffreddati con fluido refrigerante (salamoia). Il condensato viene inviato al serbatoio di raccolta condense D 1551 a servizio della sezione di rettifica metanolo oppure direttamente al serbatoio di dosaggio metanolo D 1553. Sulla linea dei vapori in uscita dallo scambiatore è presente un indicatore di temperatura con allarme di alto e segnale riportato in sala quadro.

Colonne C 1401 e C 1401bis

Alla colonna di abbattimento C 1401 bis sono alimentati direttamente gli sfiati provenienti dallo scambiatore a fluido frigorifero E 1304. Il fluido assorbente per il trattamento è costituito da acqua successivamente inviata o al serbatoio D1552 (alimentazione della colonna di rettifica) oppure alla vasca A401.



Nella successiva colonna C 1401 è inviato, oltre alla corrente gassosa in uscita dalla C 1401bis, lo scarico di emergenza dalla guardia idraulica D 1402.

Il flusso assorbente della colonna C 1401 è costituito da acqua alimentata, con portata costante e controllata (FIC 401), con allarme di minimo e intervento automatico con apertura della valvola di fondo del serbatoio D 401 per mancanza acqua o calo pressione sulla linea acqua refrigerante. Tale accorgimento consente di avere sempre acqua in colonna per l'abbattimento dei vapori anche in caso mancanza acqua di rete.

L'utilizzo di un doppio stadio di lavaggio permette di ottenere una minore concentrazione di metanolo nel reflu liquido inviato alla vasca di trattamento.

Le colonne sono dimensionate per sopportare situazioni di emergenza. Le caratteristiche costruttive sono le seguenti: riempimento ad anelli pall da 1" in polipropilene, altezza colonna pari a 3,8 metri con 3 metri di altezza riempimento, grado di riempimento di 0,4 m³/hm, hold up di 0,123 m³/m³, diametro interno di 400 mm. Sul fondo della colonna viene mantenuto un battente mediante scarico tramite sifone e rompisifone.

Le acque di scarico dalla colonna C 1401 vanno nella vasca di raccolta delle acque di processo (A 401) e da questa sono inviate alla depurazione, fuori dai limiti di impianto Masol.

La corrente gassosa, depurata dai vapori di metanolo, in uscita dalla colonna C 1401 è immessa in atmosfera.

Guardia idraulica D 1402

Alla guardia idraulica arrivano gli sfiati di sicurezza dalle varie apparecchiature dell'impianto.

La guardia idraulica è costituita da un serbatoio di capacità geometrica di circa 40 m³ mantenuto ad un livello di riempimento di circa 30 m³ per troppo pieno e grazie ad un'alimentazione continua di acqua.

Il serbatoio è dotato di sistema di riscaldamento a vapore controllato tramite TAL 402 e tarato su temperature tali da evitare la formazione di ghiaccio nei periodi freddi. In caso di allarme l'operatore manualmente invia vapore per il preriscaldamento.

Per assicurare l'efficienza della trappola rappresentata dalla guardia idraulica verso i vapori di metanolo estremamente solubili in acqua, e per garantire un'adeguata contropressione, l'immissione di detti vapori in guardia avviene sotto battente di circa 4 m. Il battente, oltre a garantire la sovrappressione richiesta, permette un ottimale gorgogliamento dello sfiato nella trappola.

Gli sfiati funzionali del serbatoio D 1402 sono inviati alla colonna di abbattimento C 1401 per l'ulteriore depurazione degli scarichi gassosi prima dell'immissione in atmosfera.

Le acque di scarico in uscita dalla guardia idraulica sono trasferite nella vasca di raccolta acque di processo (A 401) e da questa inviate alla depurazione, fuori dai limiti di impianto Masol.



J) Stoccaggio intermedio, chiarificazione metilestere, stoccaggio finale e spedizione prodotti

Stoccaggio intermedio metilestere

Per il prodotto principale (metilestere) in uscita, prima dell'invio allo stoccaggio definitivo, viene effettuato uno stoccaggio intermedio in due serbatoi D 1120A/B di capacità pari a 210 m³ cadauno.

Il prodotto contenuto in tali serbatoi può essere riciclato alla lavorazione per correggere eventuali parametri "non a specifica". Prima di scaricare il prodotto contenuto nei serbatoi D 1120A/B ai serbatoi di stoccaggio finale verrà pertanto effettuata una analisi di verifica dei parametri e quindi deciso lo stoccaggio definitivo.

I due serbatoi, pur avendo la predisposizione per la polmonazione con azoto, hanno valvole di respiro atmosferiche.

Per condizioni di anomalia i serbatoi sono dotati di guardia idraulica (D 1112A/B) contenente olio con battente di 300 mm di colonna d'acqua oltre il quale scarica, attraverso la guardia, in posizione di sicurezza (*safe location*).

Chiarificazione metilestere

Il processo di chiarificazione del metilestere è nato dalla necessità di abbattere i "contaminanti" provenienti dagli oli (in modo evidente dall'olio di palma per la presenza di Stereol Glucosidi) nel rispetto delle sempre più restrittive specifiche (attualmente il limite massimo è di 24 ppm).

Il processo consiste in un ulteriore passaggio in centrifuga del Metilestere proveniente dai serbatoi di stoccaggio intermedi con aggiunta di acqua; successivamente il prodotto viene passato attraverso un dryer per la completa disidratazione e quindi raffreddato fino a 40°C, poi filtrato e così inviato ai serbatoi di stoccaggio finale.

Stoccaggio finale metilestere

Come descritto in precedenza, dai serbatoi intermedi D 1120A/B il metilestere viene inviato alla sezione di chiarificazione e quindi allo stoccaggio nei due serbatoi D 1110/A e D 1110/B, di capacità pari 1040 m³ cadauno.

I due serbatoi sono costruiti in maniera del tutto analoga ai serbatoi D 1120. Il prodotto viene scaricato da una certa quota, mentre il serbatoio, tramite altra presa, risulta drenabile completamente.

I due serbatoi, pur avendo la predisposizione per la polmonazione con azoto, hanno valvole di respiro atmosferiche.

Per condizioni di anomalia i serbatoi sono dotati di guardia idraulica (D 1112C/D) contenente olio con battente di 300 mm di colonna d'acqua oltre il quale scarica, attraverso la guardia, in posizione di sicurezza (*safe location*).



Il prodotto è inviato alla spedizione su autocisterne. Il carico viene effettuato mediante tre bracci mobili con possibilità di carico prodotto all'una o all'altra delle due rampe presenti. A tale proposito sono installate due pompe di spinta funzionanti in parallelo, in modo da rendere indipendenti le due linee di carico.

Il carico è effettuato tramite preselettore per l'impostazione della quantità e totalizzatore. È inoltre presente una sonda con blocco automatico di massimo che viene inserita nella cisterna.

Stoccaggio glicerina

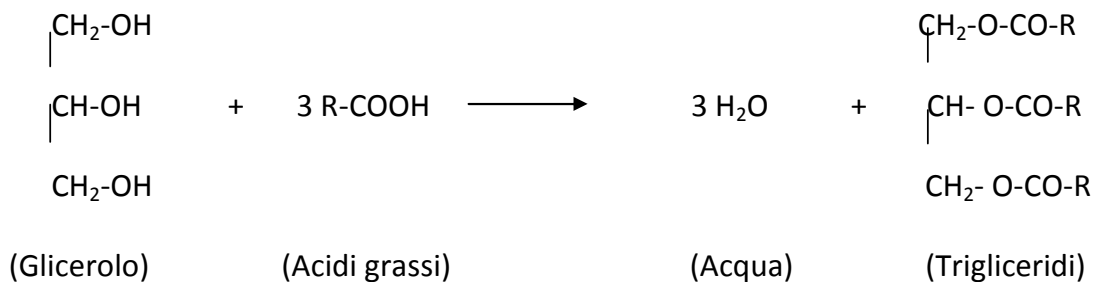
La glicerina in uscita dall'impianto viene inviata allo stoccaggio nei serbatoi D 1111/A e D 1111/B aventi capacità pari a 260 m³ cadauno. I serbatoi, atmosferici, sono riscaldati internamente a 45-55°C in controllo automatico di temperatura, con vapore alla temperatura massima di 140°C.

La spedizione su autocisterna, su rampa unica, è effettuata in maniera del tutto simile a quella del metilestere.

5.3 SEZIONE DI ESTERIFICAZIONE

5.3.1 Unità 170: Esterificazione con glicerolo

La reazione di esterificazione si compie in discontinuo, tramite l'utilizzo di due reattori (170R1A / 170R1B) è rappresentata come segue:



La materia prima in uscita dallo stoccaggio viene preriscaldata in 170E4 e 170E6 (tramite olio diatermico e mantenendo la temperatura sotto controllo) e, quindi, inviato al 170R1A e 170R1B per la reazione.

Anche la glicerina, sotto controllo di portata, viene inviata al reattore. Per ottimizzare e accrescere il rendimento del processo, si aggiunge al reattore un catalizzatore alcalino.

Se l'impianto marcia con oleine, è prevista una fase di evaporazione del metanolo dopo il riempimento del reattore e prima dell'aggiunta del glicerolo nel reattore stesso.



In testa ad ogni reattore (170E1A/B), vi è un condensatore dove vengono condensati i vapori dei reagenti, mentre il metanolo e l'acqua vengono condensati in un condensatore a superficie (170E2) collegato ad una pompa a vuoto (170PV1).

La diversa composizione e lo stadio di reazione determinano l'invio del condensato in tre differenti serbatoi (170V1, 170V3, 170V4). Dal 170V1 il condensato, ricco di reagenti, ricircola nei reattori, mentre il metanolo umido viene inviato dal 170V3 all'unità 160 tramite la pompa 170P3.

L'acqua, in seguito alla reazione, viene stoccata nel 170V4 e inviata all'unità di trattamento acque reflue, tramite la pompa 170P4.

Il prodotto esterificato viene estratto dal fondo del reattore e inviato al serbatoio di raccolta olio 170V2. Il prodotto, viene quindi raffreddato nello scambiatore di calore 170E4 e in seguito nel 170E5.

I reattori vengono riscaldati tramite olio diatermico al fine di consentire, dalla miscela della reazione, l'evaporazione acqua/metanolo ed accrescere il rendimento del processo.

5.3.2 Sezione purificazione glicerina

La glicerina grezza proveniente dallo stoccaggio viene inviata all'evaporatore C-1 dopo essere stata pre riscaldata nel primo economizzatore EP-2, nel quale recupera energia grazie alla glicerina grezza concentrata proveniente dal fondo del C-1 e nel secondo economizzatore EP-1, nel quale recupera energia grazie alla glicerina proveniente dalla testa dell'evaporatore C-1.

All'interno dell'evaporatore, parte della glicerina e l'acqua presente nella materia prima evaporano tramite il ribollitore esterno E-3 e la pompa P-2.

La glicerina grezza concentrata viene scaricata in continuo dal fondo dell'evaporatore per mezzo della pompa P-1, mentre la glicerina evaporata viene condensata nell'E-4, rettificata nell'evaporatore e infine scaricata in continuo per mezzo della pompa P-3.

L'acqua evaporata in C-1 viene aspirata dal gruppo vuoto, composto da un booster J-1, un condensatore a superficie E-5 e una pompa a vuoto ad anello liquido PV-1.

L'acqua condensata in E-5 viene raccolta nel serbatoio V-1 e quindi viene inviata, tramite la pompa P-4 al miscelatore MX1 al fine di diluire la glicerina grezza concentrata proveniente dal fondo dell'evaporatore C-1.

L'acqua in eccesso, se richiesto, viene inviata al sistema di acque reflue.

5.4 NUOVA LINEA PRODUTTIVA: STATO DI PROGETTO

Gli interventi che l'Azienda ha in progetto prevedono la dismissione dell'attuale Linea A. La caldaia a servizio di tale linea sarà quindi utilizzata come caldaia di backup.

Le modifiche in progetto, inoltre, prevedono la realizzazione di una nuova linea di produzione di biodiesel, l'introduzione di una nuova caldaia a servizio della nuova linea, l'installazione di un ulteriore torre di raffreddamento con caratteristiche analoghe a quella già presente in



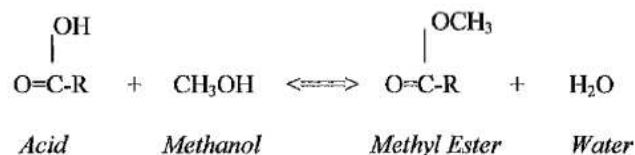
stabilimento, l'introduzione di un gruppo frigorifero (Chiller) simile a quelli già presenti in stabilimento e l'installazione di un FLARE System.

Il processo, sul quale si basa la nuova linea, utilizzerà come materie prime acidi grassi e metanolo e si avrà la produzione di metilestere come prodotto principale di reazione. A differenza delle due linee di produzioni esistenti non si produrrà glicerina come sottoprodotto. Di seguito si riporta una descrizione della nuova linea che verrà installata.

5.4.1 Descrizione generale

Chimismo del processo

Il processo si basa sulla reazione di esterificazione tra i gruppi funzionali acidi degli oli vegetali (acidi grassi) e l'alcool metilico. La reazione di equilibrio avviene tra i 115 e i 125°C all'interno di una colonna a piatti sui quali è presente un catalizzatore a base di resine.



Esterificazione

Come accennato in precedenza, la reazione di esterificazione avviene all'interno di due colonne di reazione (Esterification Reaction Column R101/R102) e trasforma gli acidi grassi nei corrispondenti metilesteri. La reazione avviene in presenza di un catalizzatore, costituito da una resina acida, collocato negli ultimi 18 piatti della colonna.

Gli acidi grassi provenienti dallo stoccaggio subiscono un preriscaldamento per mezzo di vapore a media pressione, al fine di raggiungere la temperatura ottimale prima di essere immessi in colonna (piatto n°18).

Il metanolo liquido viene alimentato in ingresso al reboiler di fondo colonna (Reaction Column Reboiler E101/E201) all'interno del quale si riscalda mediante l'impiego di vapore a media pressione come fluido di scambio.

Inoltre, in testa alla colonna di esterificazione, si alimenta una corrente di metanolo e acidi al fine di minimizzare il trascinamento di esteri ed acidi grassi nella successiva colonna di distillazione acqua/metanolo (Methanol Column C311).

La colonna di esterificazione è costituita da una serie di piatti di reazione dimensionati in modo tale da garantire il tempo di permanenza ottimale per lo svolgimento della reazione di esterificazione. I reagenti e il catalizzatore vengono posti in agitazione grazie alla risalita dei vapori di metanolo attraverso un sistema di distribuzione dimensionato al fine di garantire un buon grado di miscelamento.

La colonna opera come un reattore in controcorrente; il flusso liquido, costituito dagli acidi e dal metilestere, alimentato in testa scende sui piatti sottostanti mentre i vapori di metanolo,



risalendo lungo la colonna, estraggono l'acqua, presente come sottoprodotto, spingendo l'equilibrio della reazione in modo da favorire la completa conversione degli acidi grassi in metilestere.

Quest'ultimo, in uscita dal fondo della colonna, viene filtrato prima di essere inviato alla successiva colonna di raffinazione del metilestere. Il flusso vapore costituito da metanolo e acqua, lascia il reattore dall'alto ed è successivamente inviato alla colonna di distillazione metanolo/acqua.

Sistema di trattamento del catalizzatore di esterificazione

Il sistema di trattamento del catalizzatore è costituito da:

- serbatoio orizzontale (C321);
- due filtri (F321A/S);
- una tramoggia di blocco (F322);
- due pompe (P321A/S).

Tale sistema consente di rimuovere il catalizzatore da qualsiasi piatto di reazione e di sostituirlo con del catalizzatore fresco mentre la colonna è in funzione.

Il catalizzatore rimosso viene inviato all'apposito filtro, dove la resina viene trattata con metanolo e acqua, per eliminare i composti organici presenti, e scaricata in un serbatoio per lo smaltimento finale.

Il catalizzatore fresco viene caricato, attraverso la tramoggia di blocco, nel filtro dove subisce un lavaggio prima di essere trasferito ai piatti di reazione.

Sezione recupero metanolo

La colonna di distillazione per il recupero del metanolo (C311), è una convenzionale colonna a piatti all'interno della quale avviene la separazione acqua/metanolo. L'acqua, in uscita dalla colonna come prodotto di fondo, viene inviata ad un decanter dove viene raffreddata, per mezzo di acqua di raffreddamento. La fase leggera presente, costituita da composti organici, viene rimossa dall'acqua e riciclata alla colonna di esterificazione. La temperatura di fondo colonna è controllata tramite il flusso di vapore a bassa pressione in uscita dal reboiler.

Il metanolo, estratto come frazione laterale, viene miscelato con metanolo fresco prima di essere pompato e alimentato alla colonna di esterificazione.

Il prodotto di testa viene convogliato ad un condensatore parziale, in controcorrente con acqua di raffreddamento.

Una piccola corrente di incondensabile, costituita principalmente da dimetilestere, viene estratta dalla colonna e usata come combustibile.

Sezione di raffinazione del metilestere

Il metilestere, C_{16}/C_{18} , proveniente dalla colonna di esterificazione viene alimentato in testa ad una colonna a riempimento operante circa a pressione atmosferica.

Il calore necessario al processo è garantito tramite l'impegno di vapore a media pressione nel reboiler di fondo colonna.

Il metilestere viene estratto come prodotto di fondo e raffreddato con acqua di torre all'interno di uno scambiatore prima di essere stoccato.

Il prodotto di testa, costituito principalmente da metanolo, viene condensato prima di essere riciclato alla colonna di esterificazione.

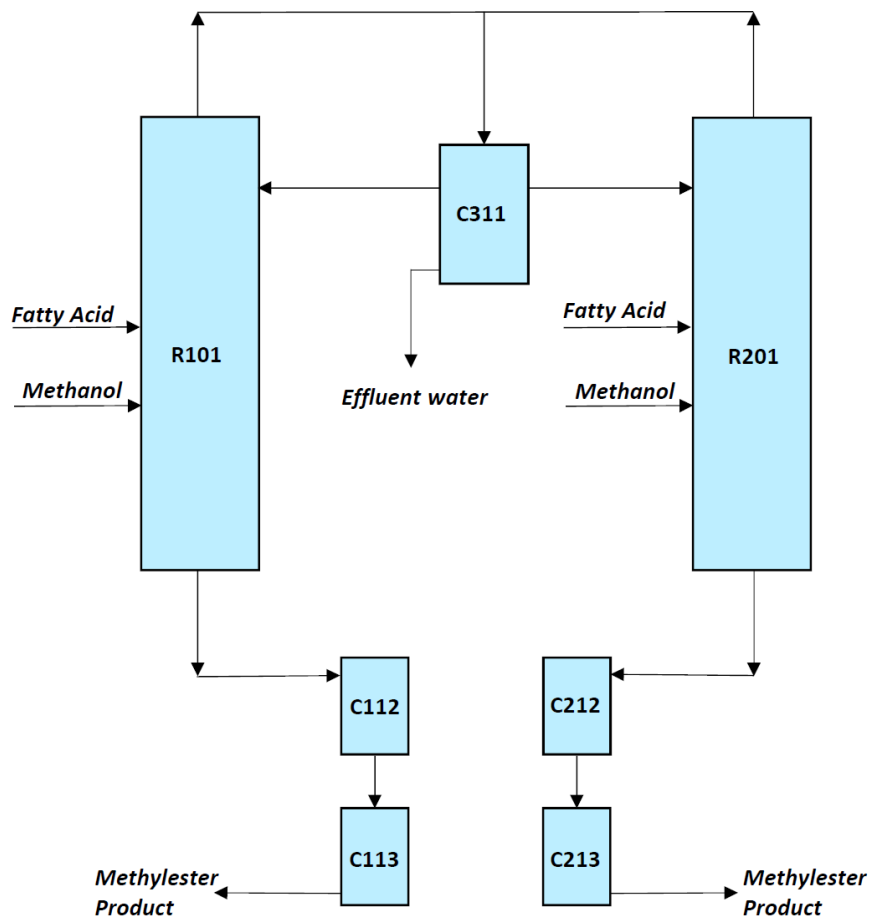


Figura 1 - Schema a blocchi della sezione di esterificazione

5.4.2 Colonna di esterificazione

Gli acidi grassi liquidi, proveniente dal serbatoio di stoccaggio, raggiungono la sezione di esterificazione in pressione per mezzo di una tubazione tracciata con vapore. Prima di essere alimentata alla colonna, la corrente di acidi grassi viene divisa in due parti; la quota maggiore viene riscaldata al fine di mantenere una temperatura compresa tra i 115 e i 125°C all'interno della colonna. La quota minore è alimentata al piatto di testa, previo miscelamento con il flusso di metanolo proveniente dalla sezione di recupero, al fine di lavare i vapori di metilestere in testa alla colonna.

Le due colonne di esterificazione, costruite in acciaio inox, sono costituite da 18 stadi di distillazione reattiva e 8 piatti di distillazione collocati al di sopra dei piatti di reazione.



Ciascun piatto di reazione contiene una resina catalitica all'interno del battente liquido, il quale viene agitato grazie alla risalita dei vapori di metanolo attraverso un sistema di distribuzione dimensionato al fine di garantire un buon grado di miscelamento.

I vapori di metanolo prendono parte alla reazione di esterificazione e, inoltre, portano via l'acqua formata come sottoprodotto dagli stadi di reazione. Sui piatti si ha l'hold-up necessario affinché la reazione possa procedere; il liquido scende attraverso la colonna passando da un piatto a quello sottostante attraverso un tubo schermato il quale trattiene il catalizzatore in ogni stadio di reazione. In ogni linea per il passaggio del liquido, è presente una valvola a sfera al fine di poter bypassare un determinato piatto durante le operazioni di rimozione e caricamento del catalizzatore.

Per facilitare tali operazioni, è inoltre presente una valvola che connette ogni piatto al sistema di trasferimento del catalizzatore.

Parte del prodotto di fondo colonna, unito al metanolo in arrivo dalla sezione di recupero, viene vaporizzato all'interno del reboiler e reimpresso in colonna.

La restante parte, costituita principalmente da metilestere e metanolo, subisce un trattamento di filtrazione al fine di rimuovere ogni eventuale traccia di resina trascinata.

5.4.3 Prima colonna di raffinazione del metilestere

La prima colonna per la raffinazione del metilestere contiene un unico letto di riempimento in acciaio inox. Il metilestere, proveniente dal fondo della colonna di esterificazione, è alimentato in testa. I vapori di metanolo vengono condensati prima di essere riciclati alle colonne di esterificazione.

Il metilestere viene rimosso come prodotto di fondo e inviato alla seconda colonna di raffinazione, previo riscaldamento. Il calore necessario al reboiler è fornito tramite l'impiego di vapore a media pressione.

5.4.4 Seconda colonna di raffinazione del metilestere

La seconda colonna per la raffinazione del metilestere, costituita da un unico letto di riempimento in acciaio inox, opera sotto vuoto (2-3 mmHg) grazie all'impiego di eiettori a triplo stadio.

Il metilestere, proveniente dalla prima colonna, viene alimentato in testa, mentre dal fondo colonna si ottiene il metilestere raffinato il quale viene raffreddato e filtrato prima dello stoccaggio finale.

5.4.5 Sistema di trattamento del catalizzatore

In questa sezione sono presenti le apparecchiature necessarie per l'aggiunta e la rimozione della resina catalitica all'interno della colonna di esterificazione. Il catalizzatore può essere aggiunto e rimosso da ogni singolo piatto in qualsiasi momento.



Durante le normali operazioni il catalizzatore viene rimosso dal processo e inviato agli appositi filtri.

Il liquido proveniente dai piatti di reazione passa attraverso i due filtri e lungo la linea di lavaggio della resina per convogliare infine nel serbatoio dedicato dotato di un sistema di riscaldamento interno. Il catalizzatore esausto, invece, viene lavato con metanolo ed acqua e infine scaricato in un serbatoio.

Il catalizzatore fresco prima di essere caricato nella colonna di esterificazione, viene lavato all'interno del filtro.

5.4.6 Colonna distillazione Metanolo/acqua

La colonna di distillazione adibita alla separazione metanolo/acqua ha al suo interno 60 piatti di distillazione ed è collegata ad un condensatore di testa a fascio tubiero. I vapori provenienti dalle colonne di esterificazione, il vapore, previa condensazione, derivante dalla colonna sottovuoto e il metanolo proveniente dalla sezione di trattamento del catalizzatore costituiscono le alimentazioni della colonna di distillazione. Tale apparecchiatura permette di ottenere metanolo puro estratto come frazione laterale, ricircolato alle colonne di reazione, e acqua come prodotto di fondo. Quest'ultima passa attraverso un decanter al fine di rimuovere gli eventuali acidi grassi presenti, prima di essere convogliata all'impianto di trattamento. Gli acidi grassi così recuperati vengono reimmessi all'interno del processo.

Il reboiler di fondo colonna fornisce il calore necessario mediante l'impiego di vapore a bassa pressione.

Nelle normali condizioni di esercizio si ha una differenza tra la quantità di metanolo prodotta dalla colonna di distillazione metanolo/acqua e l'effettivo bisogno di tale alcol all'interno delle colonne di esterificazione. Per tale motivo è previsto un reintegro di metanolo fresco dal relativo serbatoio di stoccaggio.

5.4.7 Stoccaggio e invio prodotti finiti

Come indicato in precedenza il processo porta all'ottenimento di metilestere come prodotto di reazione.

Ad integrazione del parco esistente verranno allestiti 5 nuovi serbatoi per lo stoccaggio del metilestere in uscita dall'impianto.

In particolare verranno installati:

- n°1 serbatoio da 270 m³;
- n°2 serbatoi da 300 m³;
- n°2 serbatoi da 1000m³.

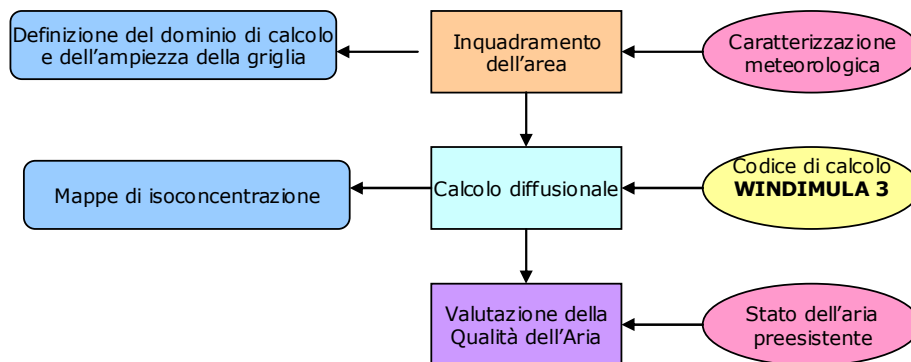
I serbatoi con minore volumetria verranno utilizzati per lo stoccaggio intermedio necessario per i controlli giornalieri di qualità.

6 INTRODUZIONE ALLO STUDIO

Lo studio diffusionale riportato nei capitoli seguenti prevede il rispetto e l'applicazione delle seguenti procedure operative, elaborate sulla base degli standard di analisi di impatto stabilite da US EPA:

- Procedura I - definizione dell'area di analisi;
- Procedura II - definizione del codice diffusionale da utilizzare;
- Procedura III - elaborazione diffusionale.

Di seguito si riporta la descrizione del modello concettuale utilizzato per lo sviluppo dello studio diffusionale oggetto del presente documento.



Modello concettuale – studio diffusionale

L'effetto delle emissioni delle sostanze a distanza dall'impianto, ovvero la concentrazione che si raggiunge al suolo e che è avvertita dalla popolazione, dipende, oltre che dalle quantità emesse, dall'orografia e dalle condizioni meteorologiche prevalenti nella zona. Di questi fattori si può tenere con modelli di simulazione della dispersione e di sostanze in atmosfera, modelli che possono essere di tipo diverso a seconda della quantità dei dati disponibili (meteorologici, orografici ed impiantistici) e del tipo di indagine che si vuol effettuare.

In particolare, sulla base dello studio dell'area di analisi, riportata di seguito, non è stata introdotta all'interno del codice di calcolo l'orografia dell'area non essendo presenti particolari rilievi all'interno del reticolo di calcolo.

6.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE UTILIZZATO

6.1.1 Procedura I - Definizione dell'area di analisi

Sulla base dello studio delle aree circostanti è stata stabilita l'area di indagine. L'area in questione è quella necessaria per la determinazione delle scale di valutazione modellistica degli impatti al suolo di inquinanti.



Tale fase assume importanza per la definizione delle aree per le quali può essere verificata la presenza di impatti rilevanti di inquinanti al suolo.

Sulla base dell'indagine geografica e morfologica condotta è stato stabilito di procedere ad una valutazione che si estenda su un'area quadrata con lati pari a 5 km (asse x) e 5 km (asse y); con tale scenario sono inclusi i principali centri abitati siti intorno all'area di impianto.

In sostanza, la griglia di indagine è stata dimensionata in modo da includere i centri abitati più prossimi all'area di impianto, e quindi maggiormente suscettibili di essere inclusi nell'area di impatto.

Si evidenzia, comunque, come l'impianto in oggetto è inserito nell'area industriale - portuale di Ravenna e quindi non direttamente in ambito abitativo.

Sulla base dell'indagine morfologica condotta sulle aree circostanti l'impianto, si è definita l'area di indagine, cioè l'area necessaria per la determinazione delle scale di valutazione modellistica degli impatti al suolo di inquinanti.

L'origine x_0, y_0 ha coordinate (0,0), in quanto si è scelto di operare in coordinate assolute invece che geografiche (Gauss - Boaga).

La maglia componente il reticolo di calcolo risulta composta di 101 punti in direzione x (ovest) e 101 punti in direzione y (nord) distanti tra loro 50 m.

Tale reticolo risulta, quindi, sufficiente a comprendere sia i picchi massimi di concentrazione degli inquinanti sia la variazione delle concentrazioni con l'allontanarsi dai punti di emissione.



Definizione dell'area di indagine

6.1.2 Procedura II – Definizione del modello di calcolo

Per le simulazioni di ricaduta degli inquinanti è stato utilizzato il software "WinDimula3".

WinDimula rappresenta l'evoluzione sotto Windows del noto modello gaussiano DIMULA sviluppato da ENEA.

Il modello DIMULA (Cirillo e Cagnetti, 1982) e' inserito nei rapporti ISTISAN 90/32 ("Modelli per la progettazione e valutazione di una rete di rilevamento per il controllo della qualità dell'aria") e ISTISAN 93/36 ("Modelli ad integrazione delle reti per la gestione della qualità dell'aria"), in quanto corrispondente ai requisiti qualitativi per la valutazione delle dispersioni di inquinanti in atmosfera in regioni limitate (caratterizzate da scale spaziali dell'ordine di alcune decine di chilometri) e in condizioni atmosferiche sufficientemente omogenee e stazionarie.

Il programma contiene inoltre una serie di strumenti per la preparazione e gestione dei dati di input e di output e per la preparazione e gestione dei run del modello.

In particolare il programma consente di:



- gestire la preparazione dei file di input contenenti i dati delle sorgenti;
- gestire la preparazione dei file di input contenenti i dati di eventuali recettori discreti;
- gestire la preparazione dei file di input contenenti i dati meteorologici sia short term che climatologici;
- gestire la preparazione del run dei moduli di calcolo implementati;
- gestire la visualizzazione dei valori calcolati in formato testuale;
- gestire la preparazione dei file ausiliari di orografia e rugosità superficiale.

Il modello DIMULA è stato rivisto nel 2000 in un progetto congiunto ENEA – Dipartimento Ambiente e MAIND – Modellistica Ambientale.

DIMULA e' un modello gaussiano multisorgente che consente di effettuare simulazioni in versione short-term e in versione climatologica.

I modelli gaussiani si basano su una soluzione analitica esatta dell'equazione di trasporto e diffusione in atmosfera ricavata sotto particolari ipotesi semplificative. La forma della soluzione è di tipo gaussiano, ed è controllata da una serie di parametri che riguardano sia l'altezza effettiva del rilascio per sorgenti calde, calcolata come somma dell'altezza del camino più il sovrizzo termico dei fumi, che la dispersione laterale e verticale del pennacchio calcolata utilizzando formulazioni che variano al variare della stabilità atmosferica, descritta utilizzando le sei classi di stabilità introdotte da Pasquill - Turner.

Le caratteristiche principali del software sono riportate di seguito.

Tipologie di sorgenti emissive:

- sorgenti puntiformi;
- sorgenti areali.

Meteorologia:

- supporto di condizioni di vento con e senza inversione in quota;
- supporto di condizioni di calma con e senza inversione;
- utilizzo di Joint Frequency Function per gestire i calcoli climatologici;
- calcolo della velocità del vento in quota mediante legge esponenziale.

Coefficienti di dispersione laterale e verticale:

- formule di Briggs urbane;
- formule di Briggs rurali;



- formule basate sulla rugosità superficiale;
- formule di Cirillo Poli basate sulla deviazione standard del vento per le condizioni di calma di vento;
- formula di Cirillo e Cagnetti per il calcolo della Sigma laterale per sorgenti areali.

Effetti di DownWash di edifici:

- correzione dell'altezza efficace;
- modello di Huber Snyder per la variazione delle sigma.

Calcolo dell'altezza efficace:

- valutazione dell'effetto scia del camino;
- formule di Briggs;
- formula per la valutazione della BID (Buoyancy Induced Turbulence);
- formule di Briggs per il calcolo del Gradual Plume Rise.

Formulazioni aggiuntive:

- supporto dell'orografia;
- calcolo a quote superiori al suolo;
- valutazione effetti di deposizione umida;
- presenza di un termine di "decadimento" esponenziale;
- valutazione della penetrazione dei fumi in inversioni in quota.

Nello specifico, il codice di simulazione è stato implementato in modalità short term.



6.1.3 Procedura III – Elaborazione diffusionale

Definita l'area di indagine si è passati all'implementazione dei dati di input da inserire all'interno del programma.

Nello specifico, il codice di simulazione è stato implementato in modalità short term; tale versione del modello permette di calcolare la distribuzione spaziale sul territorio delle concentrazioni al suolo dell'inquinante considerato sul breve periodo. L'input meteorologico e' rappresentato in questo caso da un valore istantaneo di direzione e intensità del vento. Le ipotesi alla base di questo modulo sono la stazionarietà nel tempo delle condizioni meteorologiche e la continuità delle emissioni in esame. È possibile considerare i risultati come concentrazioni orarie.

Il modulo Short Term oltre a calcolare in ogni punto la concentrazione totale media prodotta dalle sorgenti in esame valuta anche la concentrazione totale massima prodotta in ogni punto di calcolo.

Nel calcolo del modulo Short Term vengono calcolate le concentrazioni totali e le concentrazioni massime.

Con l'ausilio del programma di post - processamento è stato, infine, possibile effettuare l'analisi dei risultati calcolati da WinDimula.

Per quanto riguarda sia la descrizione dei dati di input sia le risultanze delle simulazioni si rimanda ai capitoli seguenti.



7 DEFINIZIONE DEGLI INPUT DEGLI SCENARI DI SIMULAZIONE

7.1 DATI DI INPUT RELATIVI ALLE SORGENTI

Si riportano, in questa sezione, i dati di input utilizzati per le simulazioni effettuate con riferimento alla situazione attuale (emissione E10) e successivamente allo stato di progetto (emissione E10bis).

Emissione E₁₀ – centrale termica esistente

Dato	Unità di misura	Valore
Coordinate (x,y)	m	2050,2450
Altezza del camino	m	18
Diametro del camino	m	0,8
Quota s.l.m. della base del camino	m	0
Tipo di inquinante	-	CO
Emissione totale	mg/s	678,5
Temperatura dei fumi	K	374
Velocità di efflusso	m/s	7,44
Diffusività	cm ² /s	0
Scavenging ratio	hr/smm	0
Coefficiente del termine di decadimento	1/s	0
Tipo di inquinante	-	NO ₂
Emissione totale	mg/s	949,9
Temperatura dei fumi	K	374
Velocità di efflusso	m/s	7,44
Diffusività	cm ² /s	0,1656
Scavenging ratio	hr/smm	0
Coefficiente del termine di decadimento	1/s	0

Dati di input relativi alle sorgenti – centrale termica esistente

**Emissione E_{10bis} – nuova centrale termica**

Dato	Unità di misura	Valore
Coordinate (x,y)	m	2050,2450
Altezza del camino	m	18
Diametro del camino	m	1
Quota s.l.m. della base del camino	m	0
Tipo di inquinante	-	CO
Emissione totale	mg/s	1465
Temperatura dei fumi	K	403
Velocità di efflusso	m/s	11,02
Diffusività	cm ² /s	0
Scavenging ratio	hr/smm	0
Coefficiente del termine di decadimento	1/s	0
Tipo di inquinante	-	NO ₂
Emissione totale	mg/s	879
Temperatura dei fumi	K	403
Velocità di efflusso	m/s	11,02
Diffusività	cm ² /s	0,1656
Scavenging ratio	hr/smm	0
Coefficiente del termine di decadimento	1/s	0

Dati di input relativi alle sorgenti – nuova centrale termica



7.2 DATI METEOROLOGICI

L'analisi delle condizioni meteo-climatiche costituisce elemento indispensabile per la simulazione della diffusione e del trasporto degli inquinanti, in quanto essa è alla base dei codici numerici che simulano i fenomeni dispersivi.

I dati di input inseriti all'interno del codice di calcolo devono comprendere i seguenti parametri:

Parametri di base

- temperatura;
- velocità e direzione del vento;
- deviazione standard della direzione media del vento.

Parametri consigliati

- umidità relativa;
- precipitazioni al suolo;
- radiazione solare integrale;
- pressione atmosferica al suolo;
- radiazione.

Lo studio è basato sul modello EPA, che definisce un set di condizioni meteorologiche standard che permettono la ricerca del massimo di ricaduta; ciò fa sì che i risultati possano essere considerati cautelativi, dato che la normativa considera tale set di ipotesi la peggior condizione possibile.

Al fine di ottenere la stima delle massime ricadute alle diverse distanze dal punto di emissione considerato, le simulazioni sono state condotte con riferimento alle diverse combinazioni meteorologiche tra Classe di Stabilità e Velocità del Vento definite da U.S. EPA e riportate nella tabella seguente.



Velocità del vento a 10 metri dal suolo [m/s]													
Classe di stabilità di Pasquill	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	8,0	10,0	15,0	20,0
A	*	*	*	*	*								
B	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
D	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
E	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
F	*	*	*	*	*	*	*						

Condizioni meteorologiche considerate nel modello



8 DEFINIZIONE DEI DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI

All'interno del dominio di calcolo precedentemente descritto è stata effettuata, per ogni punto costituente tale maglia, la simulazione della diffusione dei differenti inquinanti oggetto del presente documento. Per tale sviluppo sono state utilizzate le condizioni meteorologiche definita da EPA.

Il codice di calcolo utilizzato ha permesso quindi l'ottenimento dei valori di concentrazione oraria delle diverse sostanze nei differenti punti costituenti la griglia di calcolo.

Per la valutazione con i limiti di legge è stata effettuata, sempre dal programma, la post-elaborazione dei dati ottenuti permettendo, in tal modo, il confronto con i diversi limiti indicati dalle disposizioni legislative vigenti (medie orarie, medie su 8 ore, medie annuali).

Nelle tabelle seguenti si riportano le concentrazioni delle varie sostanze interessate a diverse distanze dai punti di emissione, con riferimento allo stato attuale e a quello di progetto.

8.1 STATO ATTUALE: PUNTO DI EMISSIONE E₁₀

Ossidi di azoto

Confrontando i risultati ottenuti con il valore limite orario per la protezione della salute umana ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di NO_2), si può notare che il contributo della centrale termica attualmente presente in impianto risulta trascurabile; i valori di concentrazioni più elevati, comunque inferiori ad un ordine di grandezza al limite normativo (valori intorno a $28,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) si riscontrano nelle aree a circa 700 m dal punto di emissione.

Il contributo delle emissioni di tale centrale termica al valore medio annuo delle concentrazioni di NO_x , che è stato confrontato con il valore limite per la protezione della salute umana per l' NO_2 (valore medio annuo di NO_2 pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) risulta trascurabile. I valori di concentrazione più elevati ($10,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) si riscontrano a circa 900 m dal punto di emissione.

Di seguito si riporta la valutazione delle concentrazioni ottenute all'interno del dominio di calcolo.

DISTANZA DAI PUNTI DI EMISSIONE (M)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ORARIA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ANNUALE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
50	0	0
100	0	0
150	0	0
200	0	0
250	0	0
300	0	0
350	0	0
400	0	0



DISTANZA DAI PUNTI DI EMISSIONE (M)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ORARIA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ANNUALE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
450	0	0
500	0,002	0,00019
550	3,67	0,355
600	19,10	2,4
650	27,90	4,97
700	28,40	7,15
750	27,10	8,82
800	28,30	9,95
850	27,40	10,6
900	25,70	10,9
950	26,80	10,9
1000	26,80	10,7
	VALORE LIMITE DI CONCENTRAZIONE	VALORE LIMITE DI CONCENTRAZIONE
	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2)	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2)

Concentrazione ossidi di azoto situazione attuale

Monossido di carbonio

Di seguito si riportano i valori massimi di concentrazione della media oraria valutati nel punto di emissione E10, attualmente attivo in impianto.

Come si può notare, sebbene il limite legislativo venga fornito su valori mediate nelle 8 ore, i valori orari massimi ottenuti mediante la simulazione risultano sempre ampiamente rispettare tale limite; a maggior ragione tale limite verrà rispettato mediando tali valori su 8 ore.

DISTANZA DAI PUNTI DI EMISSIONE (m)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ORARIA (mg/m^3)
50	0
100	0
150	0
200	0
250	0
300	0
350	0
400	0
450	0
500	$1,23 \cdot 10^{-6}$
550	$4,82 \cdot 10^{-3}$
600	$1,97 \cdot 10^{-2}$
650	$2,52 \cdot 10^{-2}$



DISTANZA DAI PUNTI DI EMISSIONE (m)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ORARIA (mg/m ³)
700	2,38 10 ⁻³
750	2,58 10 ⁻²
800	2,52 10 ⁻²
850	2,37 10 ⁻²
900	2,48 10 ⁻²
950	2,47 10 ⁻²
1000	2,38 10 ⁻²
VALORE LIMITE DI CONCENTRAZIONE	
10 mg/m ³	

Concentrazione monossido di carbonio stato attuale

8.2 STATO DI PROGETTO: PUNTO DI EMISSIONE E_{10BIS}

Ossidi di azoto

Confrontando i risultati ottenuti con il valore limite orario per la protezione della salute umana (200 µg/m³ di NO₂), si può notare che il contributo della nuova centrale termica risulta trascurabile; i valori di concentrazioni più elevati, comunque inferiori ad un ordine di grandezza al limite normativo (valori intorno a 12,9 µg/m³) si riscontrano nelle aree a circa 750 m dal punto di emissione.

Il contributo delle emissioni della nuova centrale termica al valore medio annuo delle concentrazioni di NO_x, che è stato confrontato con il valore limite per la protezione della salute umana per l'NO₂ (valore medio annuo di NO₂ pari a 40 µg/m³) risulta trascurabile. I valori di concentrazione più elevati (6,01 µg/m³) si riscontrano a circa 1000 m dal punto di emissione.

Di seguito si riporta la valutazione delle concentrazioni ottenute all'interno del dominio di calcolo.

DISTANZA DAI PUNTI DI EMISSIONE (M)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ORARIA (µg/m ³)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ANNUALE (µg/m ³)
50	0	0
100	0	0
150	0	0
200	0	0
250	0	0
300	0	0
350	0	0
400	0	0
450	0	0



DISTANZA DAI PUNTI DI EMISSIONE (M)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ORARIA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ANNUALE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
500	0,0099	0,001
550	0,508	0,0516
600	3,63	0,489
650	8,4	1,5
700	11,7	2,74
750	12,9	3,87
800	12,7	4,76
850	12,4	5,38
900	10,2	5,76
950	11,8	5,95
1000	11,6	6,01
	VALORE LIMITE DI CONCENTRAZIONE	VALORE LIMITE DI CONCENTRAZIONE
	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2)	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2)

Concentrazione ossidi di azoto situazione futura

Monossido di carbonio

Di seguito si riportano i valori massimi di concentrazione della media oraria valutati nel punto di emissione E10bis correlato alla nuova centrale termica.

Come si può notare, sebbene il limite legislativo venga fornito su valori mediate nelle 8 ore, i valori orari massimi ottenuti mediante la simulazione risultano sempre ampiamente rispettare tale limite; a maggior ragione tale limite verrà rispettato mediando tali valori su 8 ore.

DISTANZA DAI PUNTI DI EMISSIONE (m)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ORARIA (mg/m^3)
50	0
100	0
150	0
200	0
250	0
300	0
350	0
400	0
450	0
500	$1,65 \cdot 10^{-5}$
550	$8,46 \cdot 10^{-4}$
600	$6,05 \cdot 10^{-3}$
650	$1,40 \cdot 10^{-2}$
700	$1,95 \cdot 10^{-2}$



DISTANZA DAI PUNTI DI EMISSIONE (m)	CONCENTRAZIONE MASSIMA MEDIA ORARIA (mg/m³)
750	2,15 10 ⁻²
800	2,12 10 ⁻²
850	2,07 10 ⁻²
900	2,00 10 ⁻²
950	1,96 10 ⁻²
1000	1,94 10 ⁻²
	VALORE LIMITE DI CONCENTRAZIONE
	10 mg/m ³

Concentrazione monossido di carbonio stato futuro



9 CONCLUSIONI

Il presente studio ha consentito di valutare gli effetti ambientali associati alle emissioni dell'attuale centrale termica presenti in stabilimento e delle emissioni correlate agli interventi che l'Azienda ha previsto.

Come precedentemente descritto, infatti, la Società Masol ha in progetto la realizzazione di una nuova linea di produzione (linea 3) e la dismissione dell'attuale linea A. La caldaia attualmente a servizio di quest'ultima linea sarà utilizzata come caldaia di backup.

Con l'introduzione della linea 3 sarà installata una nuova centrale termica (punto di emissione E10bis).

Per valutare le ricadute si è fatto uso del software WinDimula3, che ha consentito di simulare gli effetti della ricaduta al suolo degli inquinanti mediante la concentrazione delle sostanze emesse, in funzione degli scenari meteorologici, in un'area di studio quadrato di lato pari a 5 km.

La determinazione del quantitativo di NO_x emesso dal punto di emissione E10, attualmente attivo in stabilimento, è stata condotta sulla base del valore di concentrazione limite indicata in autorizzazione. Per valutare il quantitativo di CO emesso dall'attuale caldaia è stata presa in considerazione la concentrazione di progetto relativa alla nuova centrale, in quanto le due tecnologie risultano essere del tutto paragonabili. La determinazione dei quantitativi delle sostanze emesse dal nuovo punto di emissione E10bis correlato alla futura centrale termica, è stata condotta sulla base dei dati di progetto.

Le simulazioni sono state condotte utilizzando il modello EPA, set predefinito di dati meteorologici in grado di valutare il massimo di ricaduta. La versione short-term del modello ha quindi permesso di calcolare la distribuzione spaziale sul territorio delle concentrazioni degli inquinanti considerati.

Lo studio diffusionale ha permesso il confronto dei livelli di concentrazione risultanti dal codice di calcolo con i limiti di qualità dell'aria imposti dalla normativa vigente (D.Lgs. 155/2010). Da tale confronto è emersa una completa conformità ai limiti vigenti, come sintetizzato dalla tabella seguente.

	MASSIMA RICADUTA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		STANDARD NORMATIVO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	STATO ATTUALE	STATO FUTURO	
VALORE DI CONCENTRAZIONE MASSIMO ORARIA DI NO₂	28,4	12,9	200
VALORE DI CONCENTRAZIONE MASSIMO ANNUALE DI NO₂	10,9	6,01	40
VALORE DI CONCENTRAZIONE MASSIMO GIORNALIERA SU 8 ORE DI CO (mg/m^3)	$2,58 \cdot 10^{-2}$ (concentrazione massima oraria)	$2,15 \cdot 10^{-2}$ (concentrazione massima oraria)	10

Massime ricadute e confronto con i limiti normativi



Le simulazioni modellistiche hanno evidenziato come le ricadute siano inferiori di diversi ordini di grandezza ai limiti normativi.



ALLEGATO 1

**Planimetria di stabilimento con indicazione del
dominio di calcolo ed ubicazione dei recettori e punti
di emissione**