

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA  
DELL'ENERGIA ELETTRICA

# Valutazione del ciclo di vita (LCA) per un'elettropompa

*Relatore:*

Ch.mo Prof. Renato GOBBO

*Co-relatore:*

Ch.mo Ing. Matteo CIPELLI

*Laureando:*

Matteo MAGNABOSCO  
MATRICOLA N. 1154969

Anno accademico 2018/2019



---

## Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>ISO 14001</b>	<b>8</b>
2.1	Introduzione . . . . .	8
2.2	La politica ambientale . . . . .	9
2.3	L'Analisi Ambientale . . . . .	10
2.4	Il programma ambientale e la pianificazione delle attività . . . . .	13
2.5	Implementazione del sistema di gestione . . . . .	13
<b>3</b>	<b>ISO 14040</b>	<b>16</b>
3.1	Introduzione . . . . .	16
3.2	Definizione degli obiettivi e dei limiti di valutazione . . . . .	17
3.3	Analisi di inventario . . . . .	17
3.4	Analisi degli impatti . . . . .	18
3.4.1	Classificazione . . . . .	18
3.4.2	Caratterizzazione . . . . .	21
3.4.3	Normalizzazione . . . . .	22
3.4.4	Pesatura . . . . .	23
3.5	Interpretazione e migliorie . . . . .	25
3.5.1	Identificazione dei punti chiave . . . . .	25
3.5.2	Valutazione della completezza, sensibilità e consistenza . . . . .	26
3.5.3	Requisiti della qualità dei dati . . . . .	27
3.5.4	Conclusioni e raccomandazioni . . . . .	27
<b>4</b>	<b>Confini di studio</b>	<b>28</b>
4.1	Input . . . . .	33
4.2	Produzione . . . . .	37
4.3	Output . . . . .	38
<b>5</b>	<b>Descrizione dei flussi</b>	<b>40</b>
5.1	Dati in primo piano . . . . .	40
5.2	Dati in secondo piano . . . . .	41
<b>6</b>	<b>Definizione aspetti ambientali</b>	<b>44</b>
6.1	Criterio qualitativo . . . . .	44
6.2	Scarichi idrici / approvvigionamento idrico . . . . .	49
6.3	Fanghi . . . . .	50
6.4	Gestione rifiuti . . . . .	51
6.5	Emissioni in atmosfera . . . . .	52
6.6	Impianti termici . . . . .	54
6.7	Energia elettrica . . . . .	54
6.8	Valutazione aspetti ambientali . . . . .	55

<b>7</b>	<b>Introduzione alla valutazione</b>	<b>57</b>
7.1	Raccoglimento dati . . . . .	58
7.1.1	Riferimenti normativi . . . . .	59
7.1.2	Progressione dell'elaborazione . . . . .	62
7.2	Considerazioni precedenti al calcolo delle emissioni . . . . .	68
7.3	Metodo di calcolo IPCC . . . . .	70
7.3.1	Trasporto . . . . .	74
7.3.2	Emissioni in atmosfera . . . . .	85
7.3.3	Emissioni in acqua . . . . .	91
7.3.4	Energia consumata . . . . .	93
7.4	Calcolo emissioni . . . . .	94
7.5	Global warming potential (GWP) . . . . .	99
<b>8</b>	<b>Implementazione metodo di calcolo</b>	<b>102</b>
<b>9</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>104</b>
<b>10</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>108</b>

## Elenco delle figure

1	Ciclo valutazione . . . . .	14
2	Esempio caratterizzazione . . . . .	22
3	Esempio pesatura . . . . .	24
4	Esempio simulazione impatto processi . . . . .	26
5	Diagramma dei flussi . . . . .	29
6	Elettropompa SV . . . . .	30
7	Rendimenti elettropompa SV . . . . .	31
8	Caratteristiche elettriche elettropompa SV . . . . .	32
9	Lista componenti . . . . .	36
10	Mix energetico . . . . .	38
11	Caratteristiche macchinari per lavorazione . . . . .	41
12	Lista fornitori . . . . .	42
13	Criterio gestionale . . . . .	45
14	Valutazione di probabilità . . . . .	46
15	Valutazione di gravità . . . . .	47
16	Calcolo della significatività . . . . .	48
17	Valutazione di significatività . . . . .	48
18	Riepilogo aspetti ambientali . . . . .	55
19	Agenda fasi di lavoro . . . . .	57
20	Grafico di Gantt . . . . .	58
21	Presentazione alcuni componenti . . . . .	62
22	Ciclo di valutazione . . . . .	65
23	Quantità componenti utilizzati . . . . .	66
24	Quantità sfridi prodotti . . . . .	68
25	Caratteristiche autoarticolato considerato . . . . .	69
26	Caratteristiche portacontainer considerato . . . . .	69
27	Categorie di gas valutate . . . . .	72
28	Decision tree per produzione di coke metallurgico . . . . .	73
29	Decision tree per emissione nei veicoli stradali . . . . .	75
30	Fattori di emissione CO <sub>2</sub> del trasporto su strada . . . . .	76
31	Potere calorifero dei carburanti stradali . . . . .	77
32	Decision tree per emissioni nei mezzi navali . . . . .	79
33	Fattori di emissione CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O per trasporto su strada . . . . .	81
34	Decision tree per emissioni con navigazione fluviale . . . . .	82
35	Fattore di emissione CO <sub>2</sub> per navigazione . . . . .	84
36	Fattore di emissione CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O per navigazione . . . . .	84
37	Valutazione navigazione domestica o internazionale . . . . .	85
38	Valori DOC di default . . . . .	88
39	Classificazione del sito di stoccaggio . . . . .	90
40	Valori parametro $k$ . . . . .	91
41	Fattori di emissione del mix energetico . . . . .	94
42	Tabella caratteristiche dei componenti . . . . .	95
43	Distanza specifica componenti . . . . .	96
44	Emissione dei trasporti . . . . .	97

## Elenco delle figure

---

45	Componenti degli sfridi . . . . .	97
46	Emissione degli scarti . . . . .	98
47	Caratteristiche dei liquami scaricati . . . . .	98
48	Emissione dei liquami . . . . .	98
49	Emissione dell'energia consumata . . . . .	99
50	Valori di GWP . . . . .	100
51	Confronto delle emissioni dei fattori considerati . . . . .	100
52	Grafico delle emissioni . . . . .	101

**Sommario**

L'attività di tesi si basa sullo studio eseguito presso l'azienda Xylem-Lowara di Montecchio Maggiore (Vi) finalizzata alla valutazione di impatto ambientale. L'obiettivo è quello definire uno studio completo sulle emissioni derivanti dalla produzione di un'elettropompa, utilizzando le linee guida fornite e descritte dalla normativa ISO 14001 e 14040. Lo studio ha trattato tutte le fasi di lavorazione di un'elettropompa, partendo dal arrivo dei componenti nello stabilimento, passando per i totalità dei processi subiti, fino alla vendita del prodotto finito e lo smaltimento dei pezzi di scarto. Dalla descrizione dei processi e delle lavorazioni, si è definito gli impatti inquinanti prodotti da ogni singola fase considerata, valutando prima la tipologia di inquinante emesso e poi, tramite conversione a indice unico, il confronto tra i vari stadi di lavorazione. Per il calcolo degli inquinanti ci si è avvalsi dal documento di valutazione degli impatti fornito dal gruppo scientifico IPCC. L'intero studio ha fornito la guida per la creazione di un foglio di calcolo con la capacità di valutare l'impatto ambientale derivante da ogni singola pompa uscente dal tale stabilimento. La volontà è stata quella di poter evidenziare i fattori i quali sono responsabili delle maggiori componenti di emissione così da poter prevedere delle azioni correttive.

---

# 1 Introduzione

Le elettropompe sono probabilmente uno degli oggetti più oscuri presenti all'interno delle nostre giornate. Nonostante siano di vitale importanza per la gestione e la distribuzione di un elemento così a noi caro come è l'acqua, ne ignoriamo la sua diffusione e molto spesso la sua funzione. Alcuni dei molteplici ambiti in cui sono impiegate le elettropompe sono quelli relativi all'acqua pulita, alle acque di scarico, alla gestione dei solidi, alle spa, alle fontane e alle piscine. Per dare un'indicazione dell'enorme utilizzo che ne viene fatto, si riportano le stime, basate su ricerche di mercato e su dati forniti dalle aziende, energia totale consumata relativa all'anno 2015: si stima un consumo pari a 225 TWh in un singolo anno con previsioni di arrivare ai 253 TWh nel 2025 e 261 TWh nel 2030. Come si può ipotizzare un settore così grande è in grado di influenzare non solo i dati di energia consumata, ma anche tutti i settori direttamente collegati, dal trasporto alla gestione del fine vita.

Secondo alcuni studi è possibile assumere che la distribuzione di tali pompe avviene al 70% attraverso trasporto su autoarticolati mentre il restante 30% su portacontainer, comprendente di circa 10000 km percorsi sulle strade e circa 3400 km via mare per pompa. Riguardo allo smaltimento delle pompe giunte al loro fine utilizzo, si stima che il 10% del suo peso venga inviato in discarica e il restante venga riciclato; se si considera però che in 60 anni essa abbia una frequenza di sostituzione di 5-6 volte si nota che quel 10% è un valore molto rilevante.

Lo scopo della valutazione risiede quindi nella possibilità di definire una metodologia di calcolo riguardando le emissioni prodotte durante tutte le fasi di produzione di tali elettropompe, basandosi sulle disposizioni prescritte all'interno della ISO 14001 e 14040.

La valutazione dei valori di emissione è un argomento molto trattato dalle normative nazionali, europee e internazionali, mentre la sua misurazione viene molto discussa a livello scientifico che ricerca una metodologia di facile utilizzo. Infatti è possibile ad oggi trovare, su numerose piattaforme, ricerche e relazioni le quali trattano valutazioni di impatti su numerosi ambiti, definendo inoltre parametri utili al loro corretto studio. Un gruppo internazionale chiamato IPCC, che basa i suoi studi sul cambiamento climatico e la valutazione degli impatti ambientali, ha conglobato in un'unica guida la maggior parte degli studi effettuati, proponendo diverse possibilità di calcolo a seconda dei casi di studio, raggruppando per ognuno di essi i parametri specificatamente studiati o misurati. La trattazione si baserà sulla risoluzione e soddisfazione, al meglio delle possibilità, dei requisiti richiesti all'interno della guida IPCC con lo scopo di ottenere una valutazione tanto più attendibile e precisa possibile.

Il capitolo iniziale tratta delle disposizioni descritte dalla normativa 14001 atte alla riduzione dell'impatto ambientale e per il raggiungimento di un continuo miglioramento attraverso la valutazione a ciclo chiuso di ogni sua fase. Si possono ritrovare al suo interno le istruzioni che la norma definisce come basilari per la definizione di un Sistema di Gestione Ambientale (SGA) e per la descrizione di un'appropriata politica ambientale.

---

Dalla descrizione della norma 14001 si passa a quella della norma 14040, anche questa considerata all'interno della nostra valutazione, con argomentazioni molto simili alla prima. Si tratta anche in questo capitolo delle valutazioni di impatto ambientale ma con confini molto più ampi, coinvolgendo fattori di input e output all'attività di produzione. Saranno descritte le attività e le considerazioni necessarie per fornire una valutazione come descritto all'interno della norma e si potranno notare le differenze tra le due.

Dal capitolo terzo, la trattazione segue le disposizioni delle ISO 14040, distinguendo le varie fasi della valutazione come richiede la norma e con la sua nomenclatura. Il primo argomento va a definire i confini di studio su cui saranno effettuate le misurazioni e i successivi calcoli, divisi in tre macro-zone quali input, produzione e output per una più agevole definizione. Saranno descritti tutti gli elementi che faranno parte della valutazione e le prime considerazioni effettuate. È inoltre fornita una breve descrizione riguardante l'argomento su cui sarà effettuata la valutazione, corredata dalla presenza di caratteristiche tecniche e campi di applicazioni.

Relativamente al capitolo "*Descrizione dei flussi*" si basa sulla richiesta da parte della norma 14040 di poter avere delle indicazioni riguardanti la provenienza delle informazioni e dei dati ottenuti e successivamente utilizzati all'interno dello studio. La norma stessa richiede di distinguere in tale sezione i dati ottenuti in primo piano, cioè attraverso misurazione diretta, da quelli in secondo piano, cioè attraverso consultazione di file o database.

Nel capitolo successivo i fattori finora solamente accennati, vengono descritti più specificatamente definendoli nel contesto relativo allo stabilimento. Sulla base di uno studio aspetti / impatti precedentemente effettuato in azienda, si va a rappresentare le caratteristiche di ognuno e a nominare le principali normative che li regolamentano. Ogni fattore viene inoltre valutato secondo un metodo qualitativo basato sulla gravità e sulla probabilità dell'avvenimento di eventi anomali o di emergenza.

Si passa quindi al punto centrale della valutazione, cioè il calcolo delle emissioni. Per ogni fattore vengono trattate le metodologie di calcolo e le considerazioni effettuate negli istanti precedenti alla valutazione. Vengono descritte le modalità di raccolta, le verifiche effettuate sui vincoli normativi, i parametri supposti basilari e precedenti al calcolo, fino alla pesatura di ogni elemento con la possibilità di confrontare i vari fattori.

Nell'ultimo capitolo si tratta della creazione del foglio di calcolo: vengono definite le modalità e le indicazioni utili per il corretto utilizzo del documento, completo di informazioni necessarie e eventuali limitazioni nel suo utilizzo.

---

## 2 ISO 14001

### 2.1 Introduzione

La norma si basa sulla definizione di un **Sistema di Gestione Ambientale (SGA)** come parte di un sistema complessivo di gestione di un'organizzazione. Esso deve comprendere una struttura organizzativa, un'attività di pianificazione, le responsabilità, le pratiche, le procedure, i processi, le risorse per sviluppare, mettere in atto, realizzare, riesaminare e mantenere la politica ambientale. Ovvero gli obiettivi e i principi generali di azione di un'organizzazione rispetto all'ambiente, compreso un impegno continuo e costante alla conformità nei vigenti ordinamenti sull'ambiente e al miglioramento del processo e delle prestazioni ambientali; la politica ambientale risulterà come principio su cui fissare e riesaminare gli obiettivi e i target ambientali.

La norma si sofferma su alcuni punti:

- Porre maggiore attenzione nell'indicazione da parte dell'organizzazione nel campo di applicazione del sistema ambientale;
- Rileva l'importanza dell'individuazione e valutazione degli aspetti ambientali, sia come aspetti diretti (quelli che l'azienda può tenere sotto controllo direttamente) sia quelli indiretti (quelli su cui l'azienda può solo esercitare un'influenza);
- Estende il concetto di personale coinvolto non solo a quelli intesi come personale dipendente ma comprende anche quelli che lavorano per conto di essa;
- Richiede il rispetto della legislazione cogente applicabile, introducendo come requisito l'obbligo da parte dell'organizzazione di individuare tali prescrizioni di legge e di eseguire una periodica verifica di tali conformità legislative, conservando i risultati di controllo;
- Devono essere documentate solo le procedure operative di sistema, mentre le altre procedure possono avere qualunque forma o tipo di supporto, purché sia possibile dimostrarne l'applicazione.

Un sistema di gestione ambientale si basa sul continuo miglioramento del ciclo, quindi nella definizione di un ciclo chiuso sul quale si basa il sistema operativo e su cui continuare il monitoraggio, andando a migliorare la situazione ambientale complessiva.

Il primo passo di un sistema di gestione ambientale riguarda la definizione di una **politica ambientale** come direzione che l'organizzazione si prefigge di seguire in quanto ad impegni presi e prospettive future rispetto alle azioni da mettere in atto e all'atteggiamento da tenere nei confronti delle problematiche ambientali.

Il secondo passo è l'esecuzione di un'approfondita **analisi ambientale** per evidenziare le proprie criticità ambientali sia dal punto di vista della conformità

normativa, sia dal punto di vista delle criticità strutturali e dei processi aziendali. Si richiede una verifica continua nel rispetto della normativa nazionale, regionale ed europea in quanto situazioni di non conformità possono compromettere la conformità in caso di ispezione relativa a tale certificazione.

Il passaggio successivo comporta un'analisi dettagliata delle attività svolte dall'azienda, al fine di individuare quali aspetti ambientali siano coinvolti e il livello quantitativo di coinvolgimento; nella schematizzazione complessiva dovranno essere considerate non solo le fasi del ciclo produttivo ma anche le attività considerate trasversali, come la gestione amministrativa, la gestione degli impianti di trattamento delle acque, la gestione dei depositi di materie prime, prodotti e rifiuti, ecc. Saranno poi raccolti i dati riguardanti i flussi di materia ed energia che daranno un'indicazione sul livello di controllo dell'azienda; l'elaborazione sui bilanci idrici, di massa e lo studio dei flussi di energia porterà alla costruzione di indicatori, ovvero parametri che permetteranno all'azienda di monitorare il sistema con il passare del tempo. Sarà necessario definire una graduatoria di priorità di intervento così da selezionare gli aspetti non significativi da quelli significativi, quelli sui quali si concentreranno gli obiettivi di miglioramento e quelli che possono essere controllati con un opportuno iter procedurale.

Il programma ambientale viene redatto con lo scopo di organizzare le azioni da mettere in atto per raggiungere gli obiettivi ambientali: esso dovrà essere completo di procedure riguardanti le azioni da eseguire, indicazioni riguardanti responsabilità, competenze e risorse (umane e economiche) e dovrà essere seguito per il raggiungimento delle successive tappe.

## 2.2 La politica ambientale

La definizione e l'assunzione di una politica ambientale è il requisito iniziale in un sistema di gestione. La direzione, o chi ha la responsabilità esecutiva dell'azienda, redige tale documento composto dagli impegni presi in carico e le prospettive future rispetto alle azioni da mettere in atto e all'atteggiamento da tenere nei confronti delle problematiche ambientali. Richiede, quindi, la conformità a tutte le pertinenti disposizioni legislative sull'ambiente e l'impegno ad un miglioramento continuo delle prestazioni ambientali.

Si può quindi definire la politica ambientale come:

- Il rispetto delle prescrizioni legali ambientali come presupposto fondamentale;
- Il perseguimento del miglioramento continuo delle prestazioni ambientali;
- La prevenzione alla generazione di inquinamento.

La politica deve essere scritta in forma semplice e chiara, così che sia comprensibile a tutti. La norma stessa non stabilisce criteri specifici riguardo alla prestazione ambientale ma richiede che essa sia adeguata ai problemi ambientali dell'organizzazione, ovvero appropriata alla natura, alla dimensione e agli

impatti ambientali delle attività, dei prodotti e dei servizi aziendali. Una cosa fondamentale è che la documentazione deve essere distribuita e diffusa a tutto il personale, oltre ad essere disponibile al pubblico.

Per la buona gestione del sistema possono essere adottate alcune attività:

- Promuovere tra i dipendenti di ogni livello un senso di responsabilità verso l'ambiente;
- Valutare in anticipo gli effetti derivanti dalle nuove attività, nuovi prodotti e/o processi;
- Valutare e controllare gli effetti delle attività sull'ambiente locale e esaminare le incidenze rilevanti;
- Adottare le disposizioni necessarie per prevenire, eliminare o ridurre al minimo possibile l'inquinamento e le emissioni inquinanti;
- Adottare le misure necessarie per evitare le emissioni accidentali;
- Introdurre le procedure di sorveglianza per controllare le conformità nell'applicazione della politica ambientale e identificazione di misure correttive;
- Assicurare la cooperazione con le autorità pubbliche per stabilire ed aggiornare le procedure di emergenza;
- Comunicare al pubblico le informazioni necessarie per comprendere gli effetti sull'ambiente derivanti dall'attività;
- Indicare al cliente le indicazioni da osservare per la manipolazione, uso e stoccaggio dei prodotti al fine di preservare l'ambiente;
- Predisporre misure per garantire che appaltatori e fornitori applichino misure ambientali equivalenti a quelle interne.

### 2.3 L'Analisi Ambientale

In seguito all'adozione di una politica ambientale è necessario stabilire la situazione ambientale dell'azienda, ovvero individuare gli aspetti ambientali e determinare il loro impatto sull'ambiente. La norma ISO 14001:2014 prescrive la valutazione di un'analisi ambientale iniziale, quindi di una valutazione complessiva dell'intero processo produttivo in modo da identificare gli impatti che l'azienda comporta nei confronti dell'ambiente. Partendo da tale analisi iniziale sarà possibile gestire le politiche ed i programmi per prevenire, ridurre o eliminare gli impatti ambientali delle attività svolte ma anche per evidenziare gli eventuali punti deboli del sistema, così da mettere in evidenza aspetti non ancora considerati.

In definitiva l'analisi ambientale comprende le seguenti quattro aree principali:

- Identificazione degli aspetti ambientali e valutazione di quelli significativi;
- Impostazione di un bilancio ambientale d'azienda;

- Esame delle procedure e delle prassi esistenti in campo ambientale (valutazione del sistema di gestione ambientale);
- Valutazione dell'esperienza derivante dall'analisi di incidenti già capitati (storia ambientale).

Vengono definiti aspetti ambientali quelli riguardanti:

- Emissioni in atmosfera;
- Scarico nei corpi idrici;
- Rilasci al suolo;
- Utilizzo delle materie prime e delle risorse naturali;
- Utilizzo dell'energia;
- Energia emessa, per esempio calore, radiazioni, vibrazioni;
- Rifiuti e sottoprodotti;
- Caratteristiche fisiche, per esempio dimensioni, forma, colore aspetto.

Devono essere presi in causa anche tutti gli aspetti che l'organizzazione può influenzare, per esempio relativi a beni e servizi, utilizzati dalla stessa, e prodotti e servizi, che essa fornisce.

Si ritiene utile cominciare l'analisi ambientale identificando i requisiti normativi vigenti, relativamente ai fattori considerati, da tenere in considerazione e a cui sottostare. L'obiettivo dell'analisi di conformità normativa è quello di delineare la situazione attuale dell'azienda evidenziando le non conformità ed i punti critici sui quali concentrarsi, in modo tale da ottenere dei riferimenti cui basarsi al termine dell'elaborazione dei dati ottenuti dall'analisi ambientale iniziale.

I riferimenti normativi sono quelli previsti, come precedentemente nominato, dalla legislazione nazionale e regionale in materia di:

- Adempimenti specifici dell'attività aziendale;
- Industrie insalubri;
- Gestione dei rifiuti e degli imballaggi;
- Gestione di sostanze pericolose (amianto, ozono e PCB/PCT);
- Contaminazione potenziale del suolo e gestione dei serbatoi interrati;
- Adempimenti relativi al rumore verso l'esterno;
- Inquinamento idrico;
- Gestione energetica;
- Emissioni in atmosfera.

Le verifiche necessarie si effettuano in parte visionando la documentazione in possesso dell'azienda (domande di autorizzazione, autorizzazioni vigenti e superate, report di verifiche analitiche periodiche, dichiarazione di conformità impianti, ecc.), in parte verificando la situazione delle strutture sottoposte agli adempimenti n° e tipologia emissioni, n° e tipologia scarichi/emungimenti

idrici, situazioni dei depositi di sostanze pericolose e di rifiuti, verifica presenza materiali contenenti amianti, ecc.), con particolare riferimento ad eventuali prescrizioni dei documenti di autorizzazione (presenza di depuratori/impianti di abbattimento e loro gestione/manutenzione, presenza analizzatori e registratori, strutture di contenimento nei depositi, presenza di pozzetti di controllo degli scarichi e la loro accessibilità, ecc.)

La procedura generalmente seguita durante l'analisi ambientale si compone di:

- Raccolta dati generali relativi all'azienda almeno per l'ultimo triennio:
  - Codice ISTAT dell'attività;
  - Anno di inizio attività;
  - N° addetti, suddivisi tra assunti e avventizi, operatori e amministrativi, dirigenti;
  - Fatturato;
  - Superficie, suddivisa in coperta e scoperta;
  - Caratteristiche organizzative dell'azienda: tipo di società, legami con altre aziende, presenza di soci, consorzi, ecc.;
- Caratteristiche fisiche della regione e dell'area locale:

Caratteristiche del territorio come caratteristiche del suolo, sottosuolo e acque superficiali, presenza di zone protette o di pregio naturalistico. Area locale definita come sito intorno ai 5 km (comune o provincia), necessaria per definire il contesto ambientale e territoriale in cui è localizzata l'azienda;
- Scomposizione dell'organizzazione in attività/fasi:

Individuazione della sequenza delle fasi e operazioni che rappresentano l'attività, suddivise in attività di ciclo e trasversali;
- Individuazione dei flussi di massa, idrici ed energetici delle varie attività dell'organizzazione/fasi del ciclo produttivo.
- Individuazione degli aspetti ambientali legati all'attività/fase e dei relativi impatti:

In ognuna delle fasi identificate/considerate si definisce gli aspetti ambientali che essi comportano. Tali aspetti vengono aggregati rispetto ad un certo parametro che può comparire in più fasi. Alla fine del processo si definirà un elenco di parametri da più fasi che insieme compongono l'insieme dell'impatto complessivo dell'attività.

Successivamente all'analisi ambientale è necessaria una valutazione degli aspetti ambientali e l'individuazione di alcuni obiettivi di miglioramento ambientale:

- Valutazione della significatività degli aspetti ambientali:

Gli aspetti individuati non hanno tutti lo stesso peso sotto l'aspetto ambientale. È quindi necessario definire una scala di importanza degli impatti,

---

## 2.4 Il programma ambientale e la pianificazione delle attività

---

in modo tale da poter ricavare le criticità a cui lavorare per poter ottenere un miglioramento. Gli aspetti a maggior priorità saranno quelli sottoposti a maggior studio e a cui saranno posti gli obiettivi di miglioramento, quelli invece a priorità intermedia saranno tenuti sotto osservazione tramite apposite procedure.

La valutazione della significatività degli aspetti individuati corrisponde con il passaggio fondamentale nel processo d'analisi;

- Individuazione di alcuni obiettivi ambientali da sottoporre all'analisi della Direzione:

Per quanto riguarda gli obiettivi a maggiore priorità sarà dedicato un programma di miglioramento, definito da una sequenza di attività/azioni da mettere in atto e per ogni azione, i responsabili della sua attuazione, i tempi di intervento, le risorse economiche e umane a disposizione e un responsabile di controllo.

## 2.4 Il programma ambientale e la pianificazione delle attività

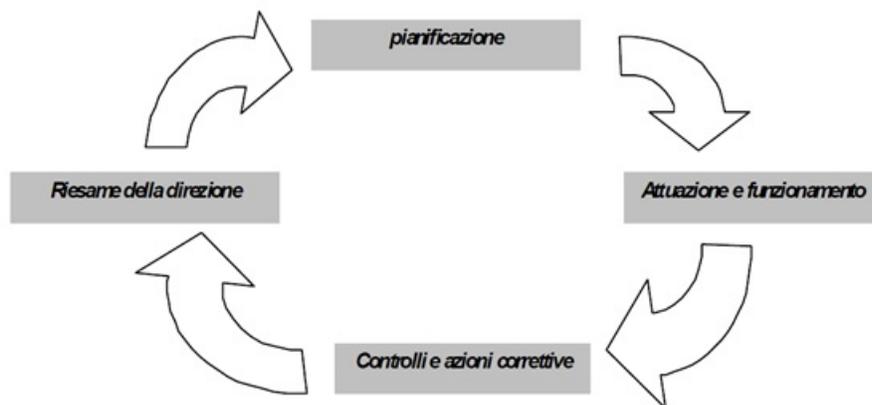
Una volta completata l'analisi degli impatti ambientali, l'azienda ha la capacità di definire gli obiettivi in campo ambientale. Tali obiettivi saranno poi inseriti in un programma ambientale dove saranno aggiunti e specificati le risorse, gli strumenti, i tempi, i poteri e le responsabilità.

Gli obiettivi devono essere misurabili e quantificabili, così da avere una verifica per il raggiungimento dell'obiettivo prefissato; devono essere indicate le responsabilità, ossia le persone indicate al raggiungimento degli obiettivi; per quanto riguarda le tempistiche, esse devono essere legate alla situazione riscontrata e alle priorità di intervento.

## 2.5 Implementazione del sistema di gestione

Come precedentemente accennato, il sistema si prefigge l'obiettivo di un continuo miglioramento del ciclo attraverso una continua valutazione di tutto il suo complesso, agendo attraverso azioni di correzione.

La Figura 1 seguente può rappresentare uno schema delle fasi componenti il sistema di gestione ambientale, comprensivo delle 4 parti: partendo dalla *pianificazione*, che comprende l'analisi iniziale, la valutazione degli aspetti, l'individuazione degli obiettivi e la redazione del programma, passando per l'*attuazione* del sistema, che comprende l'applicazione delle procedure ed il controllo dell'esecuzione del programma; la fase di *controllo* permette la verifica della funzionalità del sistema e della necessità di attuazione di azioni correttive. La direzione ha la capacità di supervisionare il sistema: dal *riesame* c'è la possibilità individuare nuove soluzioni utili per un miglioramento del programma, andando così a riavviare il ciclo.



**Figura 1:** Ciclo valutazione

La direzione nominerà un rappresentante con la funzione di gestione e supervisione del sistema e dovrà rispondere direttamente alla direzione relativamente allo stato di avanzamento del programma.

Un altro aspetto fondamentale è la formazione del personale, in quanto il loro lavoro può provocare impatti significativi. Si ritiene che tutti i collaboratori devono essere coinvolti nel processo di miglioramento continuo attraverso la possibilità di suggerire e di discutere azioni migliorative. La norma consiglia una formazione annuale così da garantire un continuo aggiornamento del personale sulle tematiche ambientali riguardanti l'organizzazione.

All'interno di un sistema di gestione ambientale si richiede siano presenti delle figure con la capacità di individuare, trattare ed analizzare le non conformità, in modo tale da porre rimedio tramite interventi immediati e azioni correttive. Una non conformità sussiste quando si verifica, concretamente o potenzialmente, una situazione anomala che porta, o potrebbe portare, a conseguenze in termini di impatto ambientale. Sarà quindi necessario che l'organizzazione predisponga di procedure atte a gestire le emergenze in modo preventivo. L'azione preventiva è un provvedimento tecnico/gestionale per eliminare le cause di una non conformità, adeguato alla rilevanza dell'impatto fronteggiato.

Le fasi fondamentali della gestione delle non conformità sono:

- Individuazione della situazione non conforme e del requisito non rispettato;
- Intervento immediato per attenuare le conseguenze negative verificatesi o potenziali;
- Analisi delle cause che hanno generato le non conformità;
- Scelta e pianificazione dell'azione correttiva: cosa fare, chi lo deve fare e con che tempi;

## 2.5 Implementazione del sistema di gestione

---

- Verificare l'efficacia dell'azione correttiva;
- Chiusura della non conformità.

Il passaggio finale, il riesame della direzione, valuterà, sulla base delle registrazioni e delle informazioni utili allo scopo, se la politica ambientale sia stata rispettata e gli obiettivi e i traguardi raggiunti, se si sono presentati dei miglioramenti delle prestazioni ambientali e se si ritengono necessarie delle modifiche al sistema di gestione ambientale. È utile la definizione dei documenti ed informazioni necessari alla revisione, un aggiornamento degli indicatori di prestazione definiti ed utilizzati. Il riesame deve riguardare l'intero processo e deve essere verbalizzato, includendo gli argomenti trattati, le informazioni esaminate e le decisioni adottate.

Si riscontrano dei vantaggi nell'adozione di un sistema di gestione ambientale (SGA) poiché si permette all'azienda di riorganizzare in modo efficiente tutta l'attività, definendo più distintamente le competenze dei dipendenti, organizzando un'attività di monitoraggio e controllo e definendo un programma nell'eventualità di situazioni di emergenza.

Tra i vantaggi a breve termine si riconosce:

- Migliore efficienza aziendale con possibile/probabile riduzione dei costi;
- Riduzione dei rischi (esposizione finanziarie da incidenti);
- Incremento del valore dell'azienda;
- Maggiore competitività sui mercati;
- Miglioramento relazioni con il pubblico;
- Miglioramento immagine aziendale.

Tra i vantaggi a lungo termine:

- Riduzione dei premi assicurativi;
- Facilitazione linee di credito;
- Gestione sistematica dei problemi ambientali;
- Facilitazione appalti.

Sono inoltre forniti dalle autorità nazionali incentivi di tipo economico e amministrativo alle imprese che intendono implementare il SGA.

---

## 3 ISO 14040

### 3.1 Introduzione

LCA è l'acronimo di Life Cycle Assessment che viene tradotto come valutazione del ciclo di vita. L'obiettivo di questo strumento, usato solitamente a supporto delle decisioni, è quello di seguire un prodotto, un processo, un'attività o una gestione, durante tutte le fasi della sua esistenza, allo scopo di identificare gli effetti che produce sull'ambiente.

La ISO 14040 definisce il LCA come "*compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto*". Tale processo è quindi un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici e ambientali relativi ad un processo o ad un'attività effettuato attraverso l'identificazione dell'energia, dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati in ambiente. La valutazione richiede la considerazione dell'intero ciclo di vita del processo o attività, cominciando dall'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso e infine il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale.

La norma definisce il processo come 4 fasi:

- Definizione degli obiettivi e dei limiti di valutazione;
- Analisi di inventario (LCI);
- Valutazione d'impatto (LCIA);
- Valutazione d'impatto (LCIA);
- Interpretazione e migliorie.

Un LCA, dipendentemente dalle finalità, possiede delle caratteristiche fondamentali, tra cui:

- L'ampiezza del ciclo di vita;
- Le eventuali alternative da considerare;
- L'integrazione con aspetti non ambientali;
- La qualità e l'affidabilità dei dati a disposizione;
- La scelta dei parametri ambientali con cui riassumere i risultati;
- Il livello di dettaglio.

La norma definisce sistema interessato come qualsiasi insieme di dispositivi che realizzano una o più precise operazioni industriali aventi una determinata funzione. Esso è delimitato da appropriati confini fisici rispetto al sistema ambiente e con questo scambia una serie di input e output.

### 3.2 Definizione degli obiettivi e dei limiti di valutazione

La norma richiede la definizione di scopi e obiettivi da raggiungere al termine dello studio. Essi devono essere basati su alcuni aspetti quali le motivazioni per il quale si effettua lo studio, l'area di applicazione dei risultati e la possibile clientela a cui può essere destinata.

Il primo passo è la definizione di tutti i processi a monte e a valle inclusi nel sistema. Questi includono tutti i componenti e i materiali di produzione, distribuzione, uso e smaltimento del prodotto. Si richiede inoltre i dati di trasporto e energia usata, non solo per quanto riguarda il prodotto ma per tutti gli elementi del sistema di produzione.

È necessario definire i confini del sistema sotto processo, cioè quali processi unitari tenere in considerazione. Idealmente andrebbero considerati tutti i processi ma questo non è possibile per la sovrabbondanza di dati e vincoli di costo. La regola decisionale solitamente utilizzata per i criteri di contribuzione tiene conto delle seguenti considerazioni:

- Se la frazione di massa o di energia del processo unitario è inferiore a  $x\%$  è possibile escludere tale processo;
- Se il processo è tuttavia considerato significativo dal punto di vista ambientale (ad esempio in presenza di sostanze tossiche), il processo viene incluso nel sistema del prodotto.

LCA è considerato un insieme di input e output da e per i processi unitari del sistema produttivo. In generale si può considerare gli input come l'insieme dei materiali grezzi e secondari e delle energie entranti nel processo. Per quanto riguarda gli output si considera come l'insieme dei prodotti, dei co-prodotti, dei sottoprodotti e delle emissioni in aria, in acqua e al suolo derivanti dal processo.

Definendo il processo di sistema tramite una schematizzazione ad albero è possibile ottenere un'idea più chiara riguardante gli input e gli output del processo unitario relativo al sistema di prodotto.

### 3.3 Analisi di inventario

In questa fase si procede alla costruzione di un modello della realtà in grado di rappresentare nel modo più fedele possibile tutti gli scambi tra le singole operazioni appartenenti alla catena produttiva effettiva.

Lo scopo principale è, quindi, quello di ricostruire la via attraverso cui scorre il flusso dell'energia e dei materiali che permette il funzionamento del sistema produttivo tramite tutti i processi di trasformazione e trasporto. Il modello operativo deve poter consentire campagne di simulazione con rapido riscontro dei risultati: la fase di interpretazione e miglioramento costituisce il momento in cui i tentativi per migliorare l'impatto ambientale del sistema analizzato passano attraverso una fase di simulazione e riscontro dei risultati per evitare effetti collaterali indesiderati.

I dati sono raccolti non attraverso i praticanti del LCA ma attraverso gli impiegati che lavorano nel sito; è quindi di vitale importanza l'aiuto che possono

fornire e l'assoluta certezza che essi siano attivamente coinvolti e comprendano esattamente quali dati sono necessari per la raccolta. Solitamente il periodo di riferimento per la raccolta dei dati è un anno e dovrebbe iniziare dai più importanti processi unitari, muovendosi verso i meno importanti.

Prima di eseguire una elaborazione sui dati raccolti, sarà necessario verificare la loro validità in relazione ad ogni processo produttivo o stages del life cycle. La verifica si può comporre di bilanci di massa e energia nei processi dati o, per esempio, con un confronto con i fattori di emissione per combustibili.

Solitamente i dati raccolti durante l'analisi di inventario sono spesso divisi tra "dati in primo piano" e "dati in secondo piano"; definiamo la prima categoria come i dati raccolti, la seconda quelli già presenti nel database.

### 3.4 Analisi degli impatti

Le informazioni ottenute dall'*Analisi di inventario* costituiscono la base di partenza per valutazioni ambientali cui è dedicata la fase della LCA definita Life Cycle Impact Assessment (LCIA).

L'analisi degli impatti ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci in ambiente e del consumo di risorse associati ad una certa attività produttiva. L'impatto è ciò che genera un effetto, il quale non è così semplicemente stimabile conoscendo l'impatto che esso ha sull'ambiente.

LCA si divide in fasi, tra cui:

- Definizione delle categorie di impatto;
- Definizione dei risultati LCI (classificazione);
- Calcolo indicatori di categoria (caratterizzazione);
- Confronto con un valore di categoria (normalizzazione);
- Raggruppamento;
- Pesatura.

Di questi elementi, normalizzazione, raggruppamento e pesatura sono considerate fasi opzionali mentre le prime tre sono definite come obbligatorie per la buona riuscita dello studio.

#### 3.4.1 Classificazione

Gli impatti sono stimabili attraverso la valutazione dell'analisi di inventario (studio input/output), mentre per definire gli effetti ambientali è necessario stimarli sulla base di ipotesi e convenzioni da stabilire. Una prima considerazione solitamente da fare è la porzione di territorio su cui questo impatto può avere effetto, cioè definire una scala di emissione, che può essere globale, regionale o locale.

Esempio:

Rumore -> effetto locale

Emissione CO<sub>2</sub> -> effetto globale

Viene dato un eventuale giudizio di valore sul significato ambientale solamente riguardante gli effetti globali, cioè quelli che si manifestano su scala planetaria o regionale.

Il tipo di impatti ambientali è considerato un altro punto chiave nella LCIA. A seconda della tipologia di analisi che si intende impostare è possibile effettuare una valutazione di approccio globale oppure specifico per un determinato sito. È necessario tener presente che molte sostanze rilasciate in ambiente possono subire trasformazioni chimiche, fisiche o biologiche. Nel caso che uno studio di LCA abbia un obiettivo ben specifico, si tratta ogni sostanza come stressor e si procede all'analisi considerando ogni possibile causa e gli effetti che da essa possono derivare.

Le categorie più comuni di impatti considerati all'interno di uno studio LCIA sono definite di seguito, in ordine di scala d'impatto, dal globale al locale:

- Esaurimento delle risorse abiotiche e antibiotiche;
- Riscaldamento globale (GWP);
- Riduzione dell'ozono presente nella stratosfera (ODP);
- Formazione fotochimica dell'ozono nella troposfera (POCP) o formazione di smog;
- Acidificazione (AP);
- Eutrofizzazione (NP);
- Tossicità per l'uomo (HTP);
- Eco-tossicità (ETP);
- Rifiuto solido, pericoloso o radioattivo.

Alcune di queste categorie di impatto sono ben definite ed è possibile stimare i loro effetti attraverso i parametri nelle categorie prima definite. Comunque molte di queste non sono così definite e poter stimare e valutare un impatto ambientale non è una cosa semplice.

#### **Acidificazione**

È il processo di ricaduta dall'atmosfera di particelle, gas e precipitazioni acide. Se il fenomeno avviene sotto forma di precipitazioni (pioggia, neve, nebbie, . . .) si parla di deposizione umida, in caso contrario di deposizione secca.

Le piogge acide sono causate principalmente da ossidi di zolfo SO<sub>x</sub> e da ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). Se tali ossidi vengono in contatto con l'acqua atmosferica danno luogo alla formazione di acidi prima delle precipitazioni con conseguente acidificazione delle precipitazioni (pH tra 2 e 5). La maggior parte dei composti a base di zolfo si deposita entro 3-4 giorni dalle emissioni: le conseguenti ricadute si verificano nelle regioni più prossime alle sorgenti. Gli ossidi di azoto tendono a restare in atmosfera più a lungo per cui in prossimità della zona di emissione si verifica un deposito in quantità relativamente inferiori, dovuto appunto al fatto che hanno il tempo di spostarsi.

#### Eutrofizzazione

Un rilascio in ambiente di sostanze nutrienti per gli organismi viventi es.  $N_2$  e P e la conseguente limitazione dell' $O_2$  riduce la limitazione alla crescita. L'uso agricolo di fertilizzanti, scarichi industriali e urbani ricchi di  $N_2$  e P sono le principali cause dell'eutrofizzazione.

L'effetto è diverso nel caso della flora e della fauna.

Si definisce domanda di ossigeno di un corpo idrico la quantità di ossigeno che esso richiede per giungere allo stato di purezza naturale e rappresenta la misura del suo inquinamento a opera di sostanze riducenti (si misura in Biological Oxygen Index,  $kgO_2$ , o in Chemical Oxygen Demand,  $kgO_2$ ).

#### Smog fotochimico

Lo smog fotochimico è un particolare tipo di inquinamento dell'aria che si produce in giornate di condizioni atmosferiche stabili e con forte soleggiamento in presenza di grandi quantità di azoto e di VOC. Le reazioni indotte dalla luce UV portano alla formazione di  $O_3$ , perossiacetilnitrito (PAN), perossibenzoilnitrito (PBN), aldeidi, . . . , con necessità di temperatura esterna di almeno  $18^\circ C$  (tipico delle nostre latitudini in stagione estiva).

I VOC (benzene, etanolo, tricloroetano, . . . ) costituiscono un gruppo di sostanze organiche che in condizioni normali di pressione e temperatura evaporano rapidamente in aria. La loro presenza è legata a combustioni fossili e di materiale vegetale oltre all'evaporazione di solventi.

Una volta decise le categorie scelte per lo studio, il prossimo passo è di collegare il life cycle al parametro dell'inventario corrispondente alla categoria di impatto, in base alla relazione causa-effetto. Tale passaggio richiede una maggiore conoscenza delle relazioni, in quanto un parametro ha la possibilità di influenzare più di una categoria di impatto. Un esempio è l' $NO_x$ , il quale può influenzare non solo la categoria acidificazione ma anche l'eutrofizzazione e/o la formazione di smog.

Esistono 4 casi in cui si verificano più impatti multipli da un singolo parametro di inventario; essi sono impatti paralleli, impatti seriali, impatti indiretti e impatti combinati.

Negli impatti paralleli, un singolo parametro di inventario causa più di due differenti e distinti impatti. Il prossimo passo, solitamente affrontato dopo il collegamento, riguarda l'assegnazione di un parametro di quantità ai singoli effetti in relazione al contributo in ogni categoria di impatto. La maggior parte delle volte non è possibile ricavare informazione riguardo tali parametri.

Nel secondo caso degli impatti seriali un parametro di inventario causa 2 o più differenti tipi di impatti in serie. Un esempio sono i metalli pesanti che causano eco-tossicità che quindi diventa tossicità per l'uomo. Prodotti chimici tossici rilasciati in ambiente infettano prima l'ecosistema e poi gli effetti sull'ecosistema vanno eventualmente ad infettare l'uomo. È necessario definire la "lunghezza" della catena di impatto.

Il terzo caso riguarda gli impatti indiretti, dove l'impatto è generato da un parametro di inventario, ma non causato dal parametro stesso. Un esempio è il caso della formazione dell'ozono nello smog foto-chimico dove l' $\text{NO}_x$  agisce come catalizzatore. La causa principale dello smog sono i composti organici volatili (VOC) e del monossido di carbonio.

Il caso finale è l'impatto combinato, dove l'emissione di sostanze ha una mutua influenza in ogni altro impatto, ad esempio impatti sinergici o antagonisti di miscele di sostanze tossiche, o  $\text{NO}_x$  e VOC, entrambi necessari per la formazione di fotossidanti.

#### 3.4.2 Caratterizzazione

Una volta che la classificazione è completata, come mostrato precedentemente, viene valutata la quantificazione degli impatti ambientali per ciascun parametro di inventario sulla categoria di impatto. Il fattore che caratterizza il contributo del parametro di inventario fornisce significati pratici per una quantificazione. Una volta che il contributo di ogni parametro viene quantificato, esso viene aggregato o aggiunto all'interno della stessa categoria di impatto perché tutti gli impatti individuali quantificati di una data categoria possano essere calcolati dai risultati dell'inventario sul life cycle del sistema produttivo.

Un punto chiave della quantificazione degli impatti ambientali, attraverso i parametri di inventario delle categorie di impatto, è l'utilizzo del fattore di caratterizzazione o del fattore di equivalenza. Il *fattore di caratterizzazione* utilizza lo stesso principio usato nella chimica. Con un esempio, si può prendere in considerazione  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ , entrambi responsabili del riscaldamento globale, ma in misura diversa. Ricerche atmosferiche hanno valutato che il contributo di 1 grammo di  $\text{CH}_4$  corrisponde a quello di 23 grammi di  $\text{CO}_2$ . Quindi si può affermare che 1 grammo di  $\text{CH}_4$  è equivalente a 23 grammi di  $\text{CO}_2$  in termini di impatto ambientale. Viene di solito riconosciuto 1 grammo di  $\text{CO}_2$  come l'unità fondamentale di riscaldamento globale, e questo va a identificare l'indice di riscaldamento globale (GWP).

Per quanto riguarda il *fattore di equivalenza*, esso possiede delle limitazioni e non tiene conto delle soglie, pertanto si presume che esista una relazione lineare tra la concentrazione dei parametri di inventario e il suo impatto sull'ambiente. Esso, inoltre, assume che una data emissione causa lo stesso impatto ambientale dovunque e comunque si verifica, in particolare non viene presa in considerazione l'impatto ambientale in funzione della velocità di emissione nel tempo. Mantiene comunque in considerazione gli effetti geografici in termini di zone di influenza, locali o regionali, e la sensibilità delle aree di emissioni.

Una volta che i fattori di caratterizzazione sono disponibili è possibile quantificare gli impatti nelle categorie date attraverso le seguenti equazioni:

$$CI_{i,j} = Load_j * eq_{i,j}$$

Dove,

$CI_{i,j}$ : la grandezza dell'impatto considerato del parametro  $j^{\text{th}}$  di inventario nella categoria  $i^{\text{th}}$  di impatto [g x-eq/fu];

[fu]: unità di misura relativa (functional unit);  
 Load<sub>j</sub>: la quantità del parametro j<sup>th</sup> di inventario [g/fu];  
 eqv<sub>i,j</sub>: il fattore di equivalenza (caratterizzazione) del parametro j<sup>th</sup> di inventario nella categoria i<sup>th</sup> di impatto [g x-eq/g].

Quando tutti i parametri di inventario sono sommati, j<sup>th</sup> parametri, allora il totale impatto ambientale delle i<sup>th</sup> categorie è misurato come mostrato nella seguente equazione:

$$CI_i = \sum CI_{i,j} = \sum Load_j * eqv_{i,j}$$

Alla Figura 2 si può notare un esempio pratico usando dati fittizi.

Parametro di inventario [j]	Load <sub>j</sub> [g/fu]	eqv <sub>i,j</sub> [g CO <sub>2</sub> eq/g]	CI <sub>i,j</sub> [g CO <sub>2</sub> eq/fu]
CO <sub>2</sub>	1,000	1	1,000
CH <sub>4</sub>	10	23	230
CFC 11	0,01	4,500	45
Sum(∑ CI <sub>i,j</sub> )	CI <sub>i</sub> =∑CI <sub>i,j</sub>		1,275

Figura 2: Esempio caratterizzazione

Nel momento in cui la caratterizzazione è completata, le informazioni quantitative riguardanti l'impatto ambientale per ogni singolo parametro, così come l'impatto totale, sono disponibili.

### 3.4.3 Normalizzazione

Il processo di normalizzazione è quello che divide il valore di caratterizzazione della categoria di impatto dalla categoria stessa. Il valore di normalizzazione, il quale è il risultato del processo di normalizzazione, rappresenta il contributo del sistema di produzione della data categoria in una specifica regione geografica per un determinato periodo di tempo, come definito nel riferimento di normalizzazione. Il riferimento di normalizzazione è un'altra forma di caratterizzazione, che si differenzia per i limiti geografici e temporali del sistema. La caratterizzazione si limita al sistema di produzione, mentre il riferimento di normalizzazione copre l'intera regione dove il sistema produttivo è situato. I limiti temporali, invece, cominciano dall'acquisizione del materiale grezzo fino allo smaltimento del prodotto finale; inoltre l'intervallo di tempo considerato del life cycle del prodotto può rivelarsi molto lungo, tipicamente maggiore di un anno. In un riferimento di normalizzazione, il limite di tempo è solitamente impostato in un anno.

Il riferimento di normalizzazione della categoria di impatto i<sup>th</sup> (N<sub>i</sub>) può essere calcolato nella stessa maniera del valore di caratterizzazione.

$$N_{i,k} = Load_k * eqv_{i,k}$$

Dove,

$N_{i,k}$ : la grandezza dell'impatto considerato del parametro  $k^{\text{th}}$  di inventario nella categoria  $i^{\text{th}}$  di impatto [g x-eq/yr];

$Load_k$ : la quantità del parametro  $k^{\text{th}}$  di inventario [g/yr];

$eqv_{i,k}$ : il fattore di equivalenza (caratterizzazione) del parametro  $k^{\text{th}}$  di inventario nella categoria  $i^{\text{th}}$  di impatto [g x-eq/g].

Quando tutti i parametri di inventario sono sommati,  $k^{\text{th}}$  parametri, allora il totale impatto ambientale delle  $i^{\text{th}}$  categorie è misurato come mostrato nella seguente equazione:

$$N_i = \sum N_{i,k} = \sum Load_k * eqv_{i,k}$$

Dove,

$N_i$ : riferimento di normalizzazione della categoria  $i^{\text{th}}$  di impatto [g x-eq/yr];

È solito definire il riferimento di normalizzazione come indice di persona equivalente (PE); questo fa sì che si tenga conto dell'impatto che ogni fattore possa avere in relazione alle differenti regioni geografiche. Le scale geografiche considerate sono globale, regionale e locale. Anche le categorie di impatto, come prima accennato, possono essere divise secondo la scala geografica. Infatti il riscaldamento globale, la riduzione dell'ozono presente nella stratosfera e l'esaurimento delle risorse abiotiche e antibiotiche sono considerate impatti globali, acidificazione e eutrofizzazione come impatti regionali e la formazione fotochimica dell'ozono nella troposfera come impatto locale.

Il riferimento di normalizzazione indice di persona equivalente viene calcolato come:

$$N_i = \frac{(\sum Load_k * eqv_{i,k})}{(\text{dimensione della popolazione nei limiti del sistema geografico})}$$

Dove,

$N_i$ : riferimento di normalizzazione della categoria  $i^{\text{th}}$  di impatto [g x-eq/(pe-yr)];

[pe-yr]: persona equivalente per anno.

#### 3.4.4 Pesatura

Il processo di pesatura è quello che assegna un significato relativo alle categorie di impatto. Esistono 2 approcci in pesatura, uno prospettico più ampio, dove il risultato è qualitativo, mentre in una prospettiva più ristretta è quantitativo, assumendo la forma di un singolo valore o impatto ponderato di un sistema di prodotto.

L'approccio qualitativo è spesso usato per uno studio comparativo tra 2 sistemi, prodotti, processi, materiali, design, ecc. Usando una matrice che descrive il life cycle, come mostrata di seguito, si effettua una valutazione tra il sistema

di riferimento e quello alternativo basato su un criterio di valutazione. I risultati di valutazione sono spesso espressi come linguaggio (migliore, peggiore, uguale, ...), segni (+, ++, -, ..., ...) o numeri (1, 2, ..., 10).

Si noti come le categorie di impatto presenti nella tabella di Figura 3 si riconducono a quelle più comuni precedentemente definite nel paragrafo *Caratterizzazione*.

Life cycle stage	Categorie d'impatto				
	GW	OD	AD	EU	ARD
Processi a monte					
Manifattura					
Distribuzione					
Uso					
Smaltimento					
Somma					

**Figura 3:** Esempio pesatura

L'approccio quantitativo è comunemente concepito come la fase di ponderazione dell'LCA. Tale approccio viene calcolato come:

$$WI_i = W_i * CI_i$$

Dove,

WI: impatto ponderato della categoria  $i^{\text{th}}$  di impatto;

$W_i$ : peso della categoria  $i^{\text{th}}$  di impatto;

$CI_i$ : impatto caratteristico della categoria  $i^{\text{th}}$  di impatto.

Nell'equazione precedente si assume che esista una relazione lineare tra il valore di impatto caratterizzato e il peso.

Una volta sommati tutti gli impatti di tutte le categorie, l'impatto ponderato del sistema di produzione è ottenuto, come mostrato nella successiva equazione:

$$WI = \sum (W_i * CI_i)$$

Si possono definire 3 categorie di ponderazione comunemente usata nel processo di ponderazione quantitativa. Essi sono il panel method, il metodo di monetizzazione e quello di destinazione.

Il *panel method* è simile al metodo qualitativo in quanto si chiede ad un gruppo di persone di esprimere la loro opinione relativamente all'impatto delle categorie considerate.

Il *metodo di monetizzazione* è simile al precedente, ma in questo caso si chiede al gruppo di persone di assegnare un valore monetario rispetto alle categorie di impatto.

Il *metodo di destinazione* è differente rispetto ai due precedenti trattati. Esso mette in relazione il significato relativo della categoria di impatto con una sorta

di obiettivo. Esistono differenze tra i vari metodi di destinazione che derivano principalmente dalla struttura dell'equazione che collega gli obiettivi al fattore di ponderazione ( $W_i$ ), dalla scelta degli obiettivi e dall'uso dei dati per gli obiettivi (cioè dati di impatto o di inventario caratterizzati).

### 3.5 Interpretazione e miglorie

I risultati dell'analisi di inventario e degli impatti sono quindi analizzati sotto vari aspetti quali completezza, sensibilità e consistenza. Si andrà, inoltre, ad identificare le problematiche chiave del sistema di produzione, quali, ad esempio, processi chiave, materiali, attività, componenti o anche fasi del life cycle. Da questa analisi, si va a definire le conclusioni e a definire delle raccomandazioni sugli aspetti ambientali del prodotto, sulle possibili aree di miglioramento o sulle informazioni ambientali chiave da comunicare ai clienti, tutto in relazione all'obiettivo che si è posto lo studio.

Questa fase si distingue per 3 fasi fondamentalmente:

- Identificazione dei problemi chiave;
- Valutazione (che comprende il controllo della completezza, sensibilità e consistenza);
- Sviluppo delle conclusioni.

Le quali fasi sono qui di seguito descritte.

#### 3.5.1 Identificazione dei punti chiave

Si possono considerare punti chiave le attività, i processi, i materiali, i componenti o le fasi del life cycle che possono avere un impatto significativo sul sistema di processo, di solito maggiore del 1%. Uno degli obiettivi dello studio sarà l'identificazione dei punti deboli del processo, andando poi a migliorare tali punti attraverso l'ecodesign del prodotto. Per tale fase viene solitamente usato un metodo chiamato "analisi dei contributi", generalmente usato per l'identificazione di punti deboli o di problemi chiave del sistema così da caratterizzare gli impatti, il loro peso o l'inventario dei risultati. I risultati di impatto caratteristici sono generalmente espressi in formato tabellare, dove le righe elencano gli articoli di inventario e le colonne identificano i processi unitari e le attività mostrate nel processo. La Figura 4 seguente mostra l'impatto sul riscaldamento globale di sistemi produttivi fittizi.

### 3.5 Interpretazione e miglorie

Parametri di inventario	Processi unitari e attività						Somma
	produzione vernici	Produzione alluminio	Produzione imballaggi	Trasporto	Uso	Smaltimento	
CO2	4	1,370	1,240	53	74	39	2,780
CH4	0,22	12,05	58,8	22,05	22,05	2,45	226
CFC 11	31,5	28,800	27,450	450	11,250	0	67,981
Somma	36	30,290	28,749	525	11,346	41	70,987

Figura 4: Esempio simulazione impatto processi

#### 3.5.2 Valutazione della completezza, sensibilità e consistenza

All'interno della prima fase dell'interpretazione dati del life cycle, le problematiche principali sono già state identificate. I risultati ottenuti durante questa fase si basano su premesse già definite precedentemente, come assunzioni, qualità dei dati e metodologie impiegate. È necessario sviluppare una valutazione sistematica dei risultati ottenuto in modo tale da definire il livello di completezza, sensibilità e consistenza dello studio. I tre elementi della valutazione saranno descritti qui di seguito.

##### Controllo della completezza

L'obiettivo del controllo completezza è quello di assicurarsi che tutte le informazioni e i dati necessari siano presenti. Il controllo punta ad assicurare che i problemi chiave precedentemente identificati siano sufficientemente e accuratamente descritti attraverso i risultati dell'analisi di inventario e di impatto. La mancanza o l'incompletezza dei dati dovrebbero portare ad una rivalutazione degli obiettivi e degli scopi inizialmente pronosticati.

##### Controllo della sensibilità

L'obiettivo del controllo della sensibilità è quello di valutare sensibilità e incertezze ottenute durante le fasi di analisi di inventario e di impatto. Le valutazioni generalmente trattano del metodo di allocazione, di incertezza dei dati di ingresso o delle assunzione effettuate nello studio di LCA. I risultati di tale valutazione danno un giudizio sul grado di affidabilità dei risultati, includendo i problemi principali identificati. L'influenza dei risultati nella variazione delle assunzioni o dei dati di un certo intervallo (ad esempio il 25%) viene attestata dall'analisi della sensibilità. I risultati ottenuti usando le diverse casistiche saranno successivamente comparati. La sensibilità può essere espressa come percentuale della variazione o della deviazione assoluta dal risultato. Si considera un cambiamento significativo quando presenta una variazione maggiore del 10%.

### Controllo della consistenza

L'obiettivo del controllo della consistenza riguarda la valutazione del metodo, della procedura, dei dati e delle assunzioni, utilizzate nello studio della LCA, in particolare se sono state applicate con consistenza durante tutto lo studio. In particolare, ogni inconsistenza tra come si è applicato e cosa è stato definito negli scopi è analizzato nel controllo di consistenza.

Le domande frequenti in un controllo di consistenza sono:

- Sono state applicate coerentemente le differenze regionali e/o temporali?
- Le regole di assegnazione e i limiti del sistema sono stati applicati in modo coerente a tutti i sistemi di prodotto, in particolare per il caso del riciclaggio a ciclo aperto?
- Sono stati applicati coerentemente elementi della valutazione d'impatto del ciclo di vita, come fattori e metodi di caratterizzazione?
- La qualità dei dati, come definita nella definizione dell'ambito, è coerente durante lo studio LCA?
- Il metodo e i fattori di ponderazione sono stati applicati in modo coerente?

### 3.5.3 Requisiti della qualità dei dati

I dati raccolti devono essere controllati con il rispetto dei requisiti impostati in precedenza, durante la fase di definizione di scopi e obiettivi. Nelle fasi successive, durante LCI e LCIA, la qualità dei dati deve essere controllata; in caso essi non rispettino i requisiti fissati sarà necessario raccoglierne di nuovi o modificare i requisiti. In altre parole, il controllo dei requisiti della qualità dei dati è un processo iterativo. La descrizione della qualità dei dati è molto importante in quanto definisce l'affidabilità dello studio svolto e permette una migliore interpretazione dei risultati ottenuti.

### 3.5.4 Conclusioni e raccomandazioni

L'obiettivo di questa sezione riguarda la definizione delle conclusioni dallo studio di LCA e successivamente effettuare delle raccomandazioni, basate sulle conclusioni stesse, indirizzate all'utente finale.

Si possono definire dei passaggi logici per definire le conclusioni. Primo identificare i problemi chiave del sistema produttivo, secondo valutare i risultati secondo completezza, sensibilità e consistenza. Terzo definire delle conclusioni preliminari dallo studio di LCA e accertarsi che siano in linea con le richieste definite in precedenza. Se le tre fasi sono rispettate, è possibile generare le conclusioni finali, fare delle raccomandazioni pertinenti e preparare una relazione LCA come suggerito nella norma ISO 14040.

---

## 4 Confini di studio

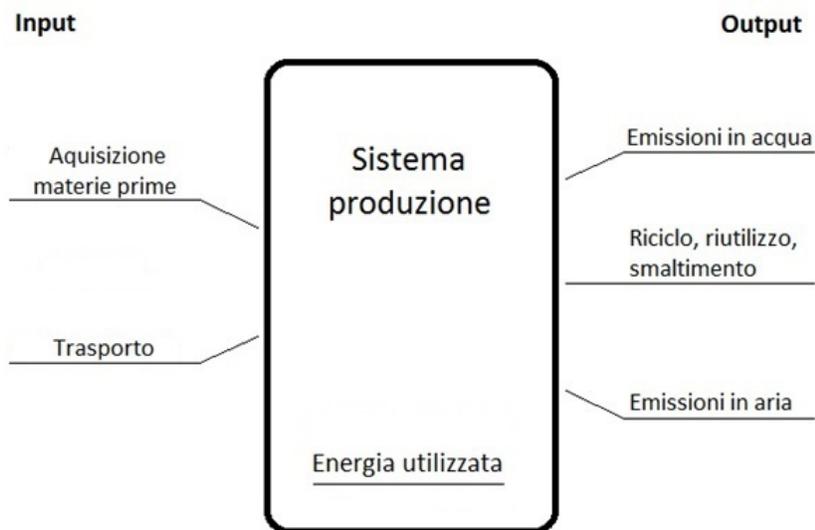
L'obiettivo della valutazione seguente si focalizzerà sullo studio e sulla realizzazione di elettropompe, elementi composti da una parte idraulica, costituita dalla pompa, e una parte elettrica, dal motore. Le pompe qui definite sono progettate e costruite dall'azienda Xylem-Lowara di Montecchio Maggiore, azienda multinazionale americana presente in tutto il mondo e che in Montecchio possiede una delle filiali. Lo stabilimento ha la capacità di progettare e produrre in loco modelli e prodotti diversi, dalle più comuni elettropompe per diverse tipologie di liquidi, a pompe funzionanti in immersione o a pompe comprendenti apparecchi, quali inverter, per il miglioramento delle proprie performance. L'azienda comincia la lavorazione dalla trasformazione dei materiali grezzi passando successivamente all'integrazione di questi ultimi, uniti ad altri prodotti d'acquisto, nella catena di montaggio. Il suo sito di produzione possiede, quindi, differenti modalità di lavorazione, che garantiscono la possibilità di ottenere più ampie possibilità di studio, che rendono la valutazione più completa ma allo stesso tempo più complessa.

La completezza delle richieste richiede quindi uno studio eseguito coinvolgendo settori differenti, quali quelli del processo produttivo, della logistica e quella qualità, dovendo così riunire informazioni provenienti da più uffici e con diversi sistemi di archiviazione. È stato necessario, in prima battuta, evidenziare tali settori interessati, e i soggetti in grado di soddisfare le richieste, per definire una linea guida da seguire durante lo svolgimento dei lavori, non prima della definizione di una lista dettagliata di informazioni necessarie da ottenere.

La linea guida mantenuta nello studio prende spunto maggiormente da quella tracciata dalla ISO 14040, seguendo, per quanto possibile e secondo le nostre necessità, le sue disposizioni e le sue schematizzazioni. L'obiettivo della prima parte dello studio è quindi la possibilità di ottenere una panoramica più possibile chiara e già suddivisa tra i diversi settori che si compone partendo dai prodotti in entrata alla linea di produzione e si conclude con la successiva vendita e smaltimento dei prodotti di scarto.

Come accennato, la norma richiede una iniziale distinzione dell'attività produttiva, cosa che da noi è stata divisa in macro-raggruppamenti quali input, produzione e output, costituiti e definiti tramite flussi o linee di flusso. Più nel dettaglio, è possibile descrivere l'organizzazione come componenti di ingresso e di uscita che entrano o escono dal sistema produzione, considerato come il settore in cui avviene la trasformazione degli elementi primari e il punto di partenza per i prodotti finiti, ma anche per gli scarti di lavorazione.

La figura 5 fornisce una prima panoramica, in anteprima, dell'organizzazione aziendale ottenuta e soprattutto dei componenti che successivamente verranno analizzati e affrontati, secondo i dettami descritti all'interno della ISO 14040.



**Figura 5:** Diagramma dei flussi

Ogni studio e ogni ricerca che viene effettuata ha inizio attraverso la definizione iniziale di un obiettivo o di un risultato da raggiungere alla fine di tutto il lavoro. La stessa norma chiarisce come la definizione di tale obiettivo o risultato sia predominante così da ottenere una valutazione maggiormente appropriata e completa. Anche in questo studio, l'inizio del lavoro si basa sulla definizione di scopi ed obiettivi, a cui è necessario riferirsi durante lo studio e su cui, come precedentemente accennato, si dovrà basare la redazione dei risultati conclusivi.

L'obiettivo finale al termine dello studio consiste nell'implementazione di un sistema o indice in grado di definire l'impatto ambientale che tale processo porta durante la sua esecuzione. Per quanto riguarda lo scopo è richiesto uno studio sull'impatto con possibilità di fornire, anche grazie al foglio di calcolo da implementare, delle conclusioni o semplicemente delle buone norme in grado di conseguire un miglioramento dello stesso, ottenendo un quadro generale sull'azienda con l'ottica di un progresso sempre rivolto all'implementazione di processi più possibili green o eco-sostenibile.

Il primo passo è stato la definizione dei confini, intesi come la quantificazione delle attività da valutare e quindi su quelle in cui era necessario concentrarsi. D'altronde la definizione dei suddetti confini, al cui interno è possibile "indagare", è più volte nominata all'interno delle due norme come parte fondamentale e non da tralasciare per l'esecuzione dello studio.

Per quanto riguarda l'inizio di tale studio si è deciso di concentrarsi su una definita serie di prodotto così da restringere la ricerca per poter definire più semplicemente una particolare linea di lavoro e solo successivamente ampliarla.

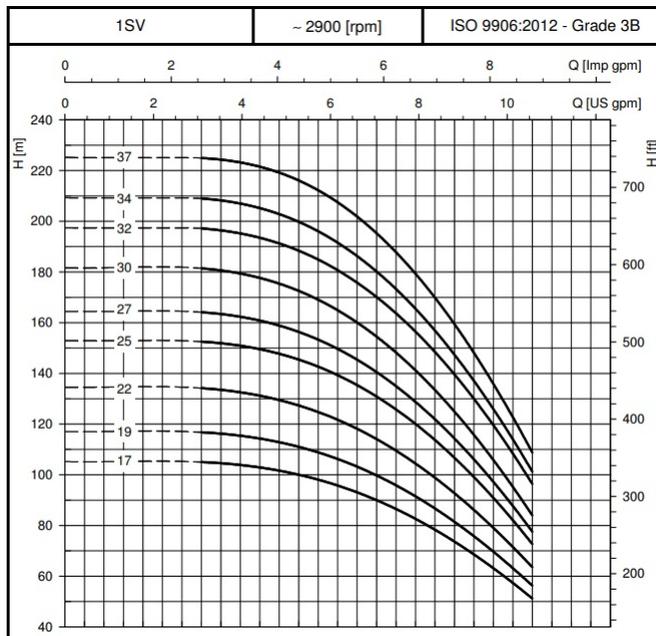
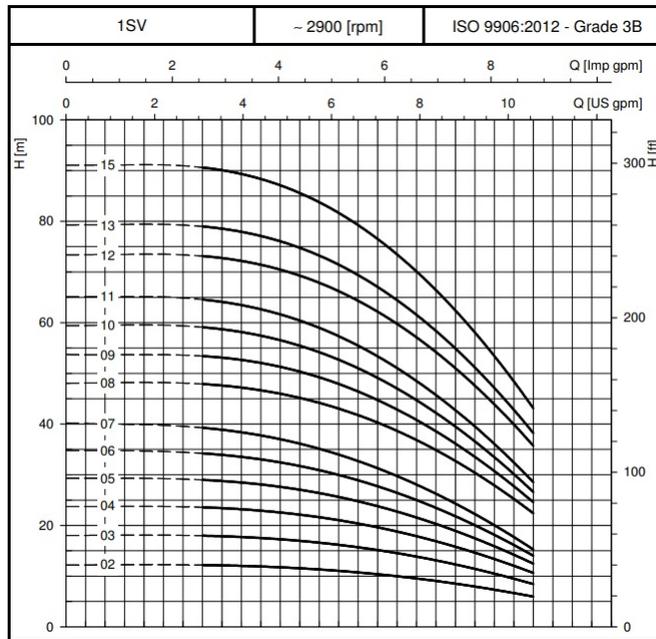
---

La scelta è ricaduta su una tipologia di pompe multistadio verticali chiamata e-SV, uno dei prodotti da più tempo commercializzato dell'azienda. Tale scelta è stata dettata dal fatto che la gran parte dei processi viene eseguita all'interno dell'azienda stessa, con un prodotto finale composto in buona parte da componenti derivati direttamente dal materiale grezzo e la restante minima parte da semilavorati. Il vantaggio nasceva dalla maggiore facilità nell'estrazione dei componenti e delle informazioni del prodotto stesso, ottenendo così uno studio più dettagliato senza grosse problematiche.

Come detto la serie scelta riguarda la tipologia delle SV, ma più specificatamente della famiglia delle 1SV. Tale famiglia si distingue per la portata nominale che la pompa fornisce, pari ad 1 m<sup>3</sup>/h, mentre varia per numero di giranti montate al suo interno (fino ad un massimo di 37) e per potenza nominale del motore collegato all'albero della pompa (da 0.37 a 2.2 kW).



**Figura 6:** Elettropompa SV



**Figura 7:** Rendimenti elettropompa SV

Sono montati motori di superficie monofasi a 50 Hz i quali, in accordo con il regolamento CE n. 640/2009, presentano un livello di efficienza minimo IE3. I motori sono equipaggiati con rotore a gabbia a ventilazione esterna (TEFC), presenta grado di protezione IP55 (involucro protetto contro polvere e getti d'acqua) e classe di isolamento 155 (F), quale temperatura massima appropriata nelle condizioni normali di esercizio.

P <sub>N</sub> kW	Motore tipo	Grandezza IEC	Corrente assorbita In(A) 220-240 V	Condensatore		Dati relativi alla tensione di 230 V 50 Hz						
				μF	V	min <sup>-1</sup>	Is/In	η%	cosφ	Tn Nm	Ts/Tn	Tm/Tn
0,37	SM71RB14/104	71R	2,79-2,85	14	450	2745	2,64	65,1	0,96	1,39	0,68	1,63
0,55	SM71RB14/105	71	3,76-3,99	16	450	2820	3,72	68,9	0,91	1,86	0,61	2,00
0,75	SM80RB14/107	80R	4,90-4,85	20	450	2765	3,42	70,1	0,96	2,59	0,58	1,75
1,1	SM80RB14/111	80	6,88-6,65	30	450	2800	3,89	74,7	0,96	3,75	0,46	1,72
1,5	SM90RB14/115	90R	9,21-8,58	40	450	2810	4,00	76,1	0,98	5,09	0,39	1,74
2,2	PLM90RB14/122	90	12,5-11,6	70	450	2825	4,47	82,4	0,97	7,43	0,53	1,87

**Figura 8:** Caratteristiche elettriche elettropompa SV

Le suddette pompe hanno svariati utilizzi e hanno la capacità di coprire diverse mansioni, ad esempio per:

- Approvvigionamento idrico e pressurizzazione:
  - Pressurizzazione in edifici, hotels, complessi residenziali;
  - Stazioni in aumento della pressione, alimentazione di reti idriche;
  - Gruppi di pressione autonomi.
- Trattamento delle acque:
  - Sistemi di ultrafiltrazione;
  - Impianti a osmosi inversa;
  - Addolcitori e demineralizzatori;
  - Sistemi di distillazione;
  - Filtrazione.
- Industria leggera:
  - Impianto di lavaggio e pulizia (lavaggio pozzi e sgrassaggio di componenti meccanici, tunnel di lavaggio auto e autocarri, lavaggio circuiti dell'industria elettronica);
  - Lavatrici commerciali;
  - Pompe per impianti antincendio.
- Industria alimentare e farmaceutica:
  - Impianti in cui sono richiesti specifici standard igienico sanitari.
- Irrigazione e agricoltura:
  - Serre;
  - Umidificatori;

- Irrigazione a spruzzo.
- Riscaldamento, ventilazione e climatizzazione:
  - Torri e impianti di raffreddamento;
  - Sistemi di controllo della temperatura;
  - Refrigeratori;
  - Riscaldamento a induzione;
  - Scambiatori di calore;
  - Caldaie, ricircolo e riscaldamento acqua.

Si vuole far notare la prima distinzione dei confini di studio vuole ripercorrere le distinzioni riportate nella norma 14040. Si effettuerà quindi la distinzione come descritto nel paragrafo “*Definizione obiettivi e limiti di valutazione*”, definendo una lista di processi presi in considerazione tra monte e valle del sistema produttivo, insieme ai riferimenti di trasporto del materiale, la provenienza dell’energia e delle emissioni ottenute.

### 4.1 Input

Relativamente alla schematizzazione effettuata, si sono considerati i fattori i quali apportano beni e servizi da un’ambiente esterno fino all’interno dell’azienda. In quest’ottica, non è stato considerato un processo direttamente collegato all’attività come quello relativo alla produzione effettiva del materiale grezzo, cioè il processo che porta alla produzione di barre, lamiere o materiali estrusi. La loro partecipazione all’interno dello studio eseguito si limita solamente al loro trasporto, come precedentemente definito, dallo stabilimento produttivo a quello Lowara di Montecchio. Un passaggio critico è stato la presenza di assemblaggi parziali eseguiti in stabilimenti esterni ma sempre facenti parte della stessa compagnia, la quale non ha comportato una decisione semplice. Si è stabilito che tali prodotti siano definiti come materiali d’acquisto, di conseguenza da valutare per il trasporto del componente, e non come componente assemblato all’interno dell’azienda, quindi non da valutare per la lavorazione che subisce.

Si è poi deciso di dare una definizione per quanto riguarda le tempistiche temporali su cui effettuare lo studio; come consiglia la norma, si è deciso di impostare il range su di un arco temporale pari ad un anno, precisamente si è preso in consegna lo studio del periodo che va dal 01/07/17 al 30/06/18, così da avere una panoramica sufficientemente ampia in grado di fornire una valutazione sufficientemente attendibile.

Il primo passo ha riguardato la definizione dei componenti presenti all’interno della serie di pompe considerate. Ad ogni tipologia di pompa che esce dallo stabilimento è associato un codice che ha la funzione di definirne la famiglia, la portata nominale, la quantità di giranti e altre descrizioni relative quali materiali di composizione, temperature di funzionamento, potenza del motore, numero di fasi, frequenza e numero di poli. Ogni codice possiede, inoltre, la propria descrizione inserita nel sistema gestionale interno in dotazione all’azienda, comprendente sia la descrizione delle sue qualità e performance sia la definizione

di tutti i componenti presenti al suo interno, con relativa indicazione di quantità. Oltre alle pompe, anche gli elementi semilavorati e grezzi sono provvisti di codice identificativo, cosa che li rende confrontabili e individuabili in modo semplice.

È stato quindi sufficiente ottenere la lista delle pompe vendute, con il loro rispettivo codice, e esploderlo, cioè ottenere la lista completa di tutti i componenti. Una volta ottenuta la lista completa si sono eliminati i duplicati, risultando la lista dei componenti univoci (Figura 9), composta da componenti semilavorati, comprati esternamente, e da materiali grezzi, lavorati internamente.

## 4.1 Input

Codice	Descrizione	Codice	Descrizione
002220410	ANEL TEN V-14A	002857627	NASTRO MYLAR/NOMEX 8X0,31XL
002220413	ANEL TEN V-20A	002857628	NASTRO MYLAR/NOMEX 9X0,31XL
002220415	ANEL TEN V-25A	002857630	NASTRO MYLAR/NOMEX 11X0,31XL
002221126	OR D34,6X2,62 NBR	002858761	PRESSAC.BIMED M20X1,5 6-12BM22
002221134	OR D47,3X2,62 NBR	002910007	GLICERINA LIQUIDA FU30BE
002221878	OR D123,42X3,53 EPDM-70SH-WRAS	002911015	GRASSO FLUOROCARBON GEL 880FG
002231255	TEN UN5K12 Q1BEGG WRAS	002980052	RESINA DOBECKAN MF 8001 NV
002312702	CUS NSK 6202 DDUC3E D A72SJ	003268156	N PS A304-2B 1X195
002312708	CUS NSK 6204 DDUC3E D A72SJ	003325231	RAME D 0,450 GR2 CL200
002312750	CUS 6204 T1XLZC3ER D EA2L HE	003325233	RAME D 0,475 GR2 CL200
002312751	CUS 6205 T1XLZC3ER D EA2L HE	003325240	RAME D 0,600 GR2 CL200
002611469	VITE PH M4X8 7687 A2-70 A304	003325242	RAME D 0,630 GR2 CL200
002613458	VITE M6X30 5931 12.9 TCCEI ZNT	003325248	RAME D 0,750 GR2 CL200
002616407	VITE M6X22 5739 8G TE ZNT	140170900	TAP CAR+SFI 1-22SV EPDM A304
002616507	VITE M8X25 5739 8G TE ZNT	140170920	TAP SCAR+SPL.1-5SV EPDM A304
002617831	VITE M8X16 5739 TE+PRO A316	140760150	VENT D110 MOT SM GR63-71
002619433	VITE D10X60 UNI704 AUTOF ZNT	140760160	VENT D130 MOT SM GR80
002619630	VITE D4,2X22 AUTOF PLAS NE ZNT	150102480	PACCO STAT D90X47X70 MOT SM
002619704	VITE M4X10 AUTOF NERA ZNT	150102570	PACCO STAT D110X55X70 MOT SM
002619718	VITE M6X15 AUTOF TORX T30 ZNT	150103000	PACCO STAT D125X65X70 PE
002619734	VITE M6X20 AF TCCE 8.8 BON ZNT	150103040	PACCO STAT D125X65X90 PE
002630656	DADO M6 ISO898-10 ZNT	150103080	PACCO STAT D125X65X110 PE
002630660	DADO M12 UNI 5588 6S ZNT	150703600	GIR 1SV A304
002635209	ROSETTA 10,5X20 ISO7089 5S ZNT	151302320	CRP 1-3SV F DN25 A304
002635211	ROSETTA 13X24 ISO7089 5S ZNT	151360200	SCAT MORS 102X130 NERO
002636903	ROSETTA SCHNORR D6,4X10	152802910	STADIO INIZIALE 1-3SV A304
002639514	ROND ANTISMARRIM 4,2X9X1,4	152803010	DIF FINALE 1-3SV A304
002641223	PERNO 5H8X20-1707-C40 RETTIF.	152803110	DIF 1-3SV A304
002651219	ANEL ELAS I 35 UNI7437 ACC.C70	152803210	DIF+BOCC 1-3SV A304
002651227	ANEL ELAS I 47 UNI7437 ACC.C70	154060270	COPRIMOR 102X130 NERO
002651232	ANEL ELAS I 52 UNI7437 ACC.C70	154060350	COPRIMOR 102X130 NEU NERO
002651507	ANEL COMPENS LMKAS 35S SP0,4	155508020	PACCO ROT D18X46,3X70 MOT SM
002651514	ANEL COMPENS LMKAS 47S SP0,6	155508200	PACCO ROT D18X54,3X70T MOT SM
002660000	RIVETTO A STRAPPO D2,4X5 AL	155508553	PACCO ROT D26X64,3X70T PE
002695161	BASE X IMB 255X255 SV	155508633	PACCO ROT D26X64,3X90T PE
002697001	IMB 260X260X700 1-22SV	155508713	PACCO ROT D26X64,3X110T PE
002697002	IMB 260X260X850 1-22SV	158160280	MORS TRIF MOT SM
002697003	IMB 260X260X1170 1-22SV	161030160	FLG GR71RB14 MOT SM
002697004	IMB 260X260X1370 1-22SV	161030170	FLG GR71 B14 MOT SM
002697509	TRECCIA POLIES Z.A 3	161030190	FLG GR80 B14 MOT SM
002698100	SACC POLIET NEU 400X500X0,1	161030200	FLG GR90RB14 MOT SM
002698113	BUSTA 27X35+2 ROTAIA	161330680	CM SM GR63 LVRT+VRNT
002699605	INSTAPAK TIPO A STD (KG 250)	161330690	CM SM GR71 LVRT+VRNT
002699610	INSTAFIL TIPO B (KG 213)	161330700	CM SM GR80 LVRT+VRNT
002699616	CONF FILM 1500SAC.H60 SIST.JTT	161431319	BASE 1-3-5SV ALTA GRZ
002699945	PUNTO METALLICO TIPO 560/22	161470705	LNT 1-3-5SV GR71 LVRT
002699946	PUNTO METALLICO BEA PNT 4235	161470725	LNT 1-3-5SV GR80 LVRT
002848610	PIASTRINA DI TERRA 0010108200	161470745	LNT 1-3-5SV GR90
002855920	TERMINALE INAR-RS F.0011386001	161660000	SPESS MONTAGGIO MOT/PMP SV
002857614	NASTRO MYLAR/NOMEX 86X0,25XL	162503350	CAM ALB 1-3-5SV
002857618	NASTRO MYLAR/NOMEX 106X0,25XL	162503410	DIST GIR 1-3SV A304
002857622	NASTRO MYLAR/NOMEX 126X0,25XL	162503832	DIST SOST GIR L20 1-3SV A316

## 4.1 Input

Codice	Descrizione	Codice	Descrizione
162801722	SCAT DIF FIN 1-3-5SV A316	166443470	CAM L620 1-3-5SV PN25 A304
164002300	COP ARR GIR 1-3-5SV A304	166443500	CAM L660 1-3SV PN25 A304
164208400	PROT GIUNTO 1-3-5SV GR71	166443540	CAM L700 1-3SV PN25 A304
164208410	PROT GIUNTO 1-3-5SV GR80	166443580	CAM L760 1-3SV PN25 A304
164208420	PROT GIUNTO 1-3-5SV GR90	167104040	TIR M12X185 1-3SV ZNT
164260800	COPRIVENT SM63 NERO	167104060	TIR M12X205 1-3SV ZNT
164260810	COPRIVENT SM71 NERO	167104070	TIR M12X225 1-3-5SV ZNT
164260820	COPRIVENT SM80 NERO	167104080	TIR M12X245 1-3SV ZNT
164260940	COPRIVENT SM80 NEU NERO	167104100	TIR M12X265 1-3SV ZNT
165046300	ALB MOT GR71RB NORM LVRT	167104120	TIR M12X285 1-3SV ZNT
165046360	ALB MOT GR71 NORM LVRT	167104140	TIR M12X305 1-3SV ZNT
165046420	ALB MOT GR80 NORM LVRT	167104150	TIR M12X325 1-3-5SV ZNT
165046450	ALB MOT GR90RB NORM LVRT	167104160	TIR M12X345 1-3SV ZNT
165050040	ALB L145 D12 1-3SV A304	167104180	TIR M12X365 1-3SV ZNT
165050060	ALB L165 D12 1-3SV A304	167104200	TIR M12X385 1-3SV ZNT
165050070	ALB L185 D12 1-3-5SV A304	167104230	TIR M12X425 1-3-5SV ZNT
165050080	ALB L205 D12 1-3SV A304	167104260	TIR M12X465 1-3SV ZNT
165050100	ALB L225 D12 1-3SV A304	167104300	TIR M12X505 1-3SV ZNT
165050120	ALB L245 D12 1-3SV A304	167104340	TIR M12X565 1-3SV ZNT
165050140	ALB L265 D12 1-3SV A304	167104390	TIR M12X625 1-3-5SV ZNT
165050150	ALB L285 D12 1-3-5SV A304	167104420	TIR M12X665 1-3SV ZNT
165050160	ALB L305 D12 1-3SV A304	167104470	TIR M12X725 1-3-5SV ZNT
165050180	ALB L325 D12 1-3SV A304	167104500	TIR M12X765 1-3SV ZNT
165050200	ALB L345 D12 1-3SV A304	167104540	TIR M12X805 1-3SV ZNT
165050230	ALB L385 D12 1-3-5SV A304	167104580	TIR M12X865 1-3SV ZNT
165050260	ALB L425 D12 1-3SV A304	167500290	LINGUETTA RIB 6604/A-5X2X23,5
165050300	ALB L465 D12 1-3SV A304	167500300	LINGUETTA RIB6604/A-6X2,5X30,5
165050340	ALB L525 D12 1-3SV A304	167500310	LINGUETTA RIB 6604/A-8X3X38,5
165050390	ALB L585 D12 1-3-5SV A304	167630010	COPPIA SEMIG 1-5SV GR71
165050420	ALB L625 D12 1-3SV A304	167630020	COPPIA SEMIG 1-5SV GR80
165050480	ALB L705 D12 1-3SV A304	167630030	COPPIA SEMIG 1-5SV GR90
165050520	ALB L745 D12 1-3SV A304	167860010	CUFFIA CONNESSIONI GR63 MOT SM
165050550	ALB L785 D12 1-3-5SV A304	167860020	CUFFIA CONNESSIONI GR71 MOT SM
165050600	ALB L845 D12 1-3SV A304	167860030	CUFFIA CONNESSIONI GR80 MOT SM
166408250	MANIC TAP CARICO 1-22SV A304	168202260	TARGA DATI 1-125SV
166443040	CAM L80 1-3SV PN25 A304	168275652	TARGA FREC.ROT ANTIOR.GRI/NERA
166443060	CAM L100 1-3SV PN25 A304	168276310	ETICHET.VELLUM BIANCA 23X6 5P
166443070	CAM L120 1-3-5SV PN25 A304	168276330	TARGA BARCODE IN CARTA 100X50
166443080	CAM L140 1-3SV PN25 A304	168276610	TARGA POLIEST.3M 7875UL 82X25
166443100	CAM L160 1-3SV PN25 A304	168276650	TARGA LOGO LOWARA PER SV-80X25
166443120	CAM L180 1-3SV PN25 A304	168276733	TARGA MARC WRAS 40X20 ED012016
166443140	CAM L200 1-3SV PN25 A304	168277710	TARGA MEI 0,70 55X25 POLIES
166443150	CAM L220 1-3-5SV PN25 A304	168280020	TARGA TEMP MAX 120°C
166443160	CAM L240 1-3SV PN25 A304	168280460	TARGA FRECCIA ROT MOT UL
166443180	CAM L260 1-3SV PN25 A304	168300950	ROND 8X14X2 1-3-5SV A316
166443200	CAM L280 1-3SV PN25 A304	168300980	ROND 12,3X18X1 1-5SV A316
166443230	CAM L320 1-3-5SV PN25 A304	168301000	ROND 25,2X35X2 A316L
166443260	CAM L360 1-3SV PN25 A304	168301562	DIST BOCC 1-3SV A316
166443300	CAM L400 1-3SV PN25 A304	168460000	TAP SALV.RP3/4" 7/1 D24,5 GIAL
166443340	CAM L460 1-3SV PN25 A304	168460420	TAP SCARICO CONDENSA
166443390	CAM L520 1-3-5SV PN25 A304	168601160	SEMIANEL ARRESTO 1-5SV A316
166443420	CAM L560 1-3SV PN25 A304		

Figura 9: Lista componenti

Il totale dei pezzi considerati è 207, composti da quelli facenti parte della parte idraulica, di quella elettrica e degli imballaggi.

secondo elemento considerato, cioè quello rappresentato dalle emissioni in aria, si riferisce alle emissioni prodotte durante il trasporto dei componenti, sia per quanto riguarda i trasporti stradali sia quelli via mare. Le considerazioni effettuate riguardano la definizione dei tragitti percorsi dai mezzi, considerati come quelli compiuti a più breve tratta, relativamente al trasporto stradale, mentre considerando un possibile itinerario di viaggio attraverso software di misurazione del percorso, per quanto riguarda il trasporto via mare.

### 4.2 Produzione

Si è deciso di inserire nello studio, relativamente alle attività interne allo stabilimento, quelle che influiscono direttamente sulla produzione del prodotto, considerando i macchinari di lavorazione e il loro consumo di energia, relativamente alla quantità di componenti prodotti. Si è, invece, deciso di estromettere dai calcoli effettuati quelli che riguardano il consumo, e le conseguenti emissioni, dovute alla presenza di impianti di riscaldamento e di illuminazione sia relativamente alla linea di assemblaggio sia per la parte destinata agli uffici, in quanto non è stato possibile definire un utilizzo/consumo specifico alla linea considerata. Inoltre, si è effettuata un'approssimazione riguardante i macchinari considerati durante il montaggio, più precisamente riguardante l'utilizzo e il consumo di elementi come avvitatori e carrucole motorizzate, presenti nella linea di assemblaggio e atti al sollevamento di componenti più pesanti dell'elettropompa come il motore o l'assemblaggio finale della parte idraulica. Si è ritenuta l'energia consumata durante il loro funzionamento irrisoria confrontata con gli altri macchinari presenti in linea per via della loro bassa potenza di funzionamento e del loro limitato tempo di utilizzo, così da portare un errore limitato, praticamente trascurabile, in caso di loro mancata considerazione.

Durante lo svolgimento delle ricerche richieste per le misurazioni e i calcoli di energia consumata si è venuti a conoscenza della presenza di un contratto energetico stipulato tra il consorzio energetico e l'azienda stessa, il quale garantisce una fornitura di energia 100% rinnovabile. La prima considerazione fatta è stata quella di definire l'energia consumata come ad impatto nullo, seguendo le indicazioni che il contratto definisce. Durante l'implementazione finale del programma è stato invece considerato un'emissione pari a quella dovuta ad un normale consumo di energia, cioè quella ottenuta sommando i vari contributi che formano il mix energetico italiano, come descritti dalla Figura 10.

Mix composizione energetica 2016		[%]
Termoelettrico (non rinnovabile)		54,2
di cui	Carbone	15,47
	Gas naturale	37,97
	Prodotti petroliferi	0,79
	Nucleare	3,78
	Altre fonti	3,14
Idroelettrica		13,9
Fotovoltaica		6,9
Bioenergie		5,7
Eolica		5,6
Geotermica		1,9
Eestero		11,8

**Figura 10:** Mix energetico

### 4.3 Output

Sotto la sezione output sono ricaduti diversi aspetti, che forniscono emissioni sotto differenti forme. Come richiesto dalla norma, oltre alle emissioni dovute ai componenti che escono dalla fabbrica, come i prodotti finiti e i suoi scarti, si è aggiunto le componenti delle emissioni in aria e acqua, effetti della lavorazione subita dai componenti durante il processo.

Il primo aspetto riguarda le emissioni in acqua, considerate come effetto di due fattori interni all'azienda: il primo dovuto alle lavorazioni che i componenti subiscono, o più precisamente al lavaggio che viene eseguito al componente stesso dopo una lavorazione specifica, e quindi riguardante i residui che rimangono al suo interno, seppur minimi, anche dopo trattamento tramite filtri e depurazione. Il secondo riguarda l'attività umana presente, in quanto si è tenuto conto delle misurazioni effettuate sui fanghi in uscita dai canali di scolo.

Sono state effettuate alcune considerazioni, sebbene molto sbrigative, riguardo alla fornitura di una parte dell'approvvigionamento idrico dalla falda presente nelle zone limitrofe allo stabilimento. Tale analisi è stata successivamente abbandonata in quanto l'approvvigionamento da falda è stato abbandonato in data recente, in quanto si sono riscontrate, al momento dell'ingresso, quantità di particelle inquinanti, note anche come PFAS, che non potevano poi essere sversate senza un precedente trattamento.

Il secondo aspetto riguarda le emissioni in aria; esse sono emesse attraverso i camini presenti su una buona parte dei macchinari della zona produzione, i quali presentano delle fuoriuscite di gas dovuti alla lavorazione. Ogni camino presente nello stabilimento è numerato e possiede una descrizione dei gas di uscita, periodicamente controllati. Ad ogni camino viene effettuata una misurazione con cadenza triennale, dove, ogni anno, si effettuano controlli su un terzo dei camini. Lo studio effettuato alle emissioni relative ha riguardato la verifica dei

riferimenti normativi corrispondenti, con parametri e componenti che variano a seconda della descrizione dei gas in uscita e quindi della lavorazione effettuata dal macchinario.

Come detto sopra ogni camino è numerato e associabile al macchinario corrispondente; ciò dà la possibilità di conoscere tutte le caratteristiche del camino, dalla portata alle dimensioni, dalla tipologia di emissioni ai riferimenti normativi corrispondenti.

Si è, poi, considerato la questione degli scarti e degli sfridi, secondo due aspetti collegati. Come prima considerazione si è trattata l'emissione dovuta alla degradazione degli scarti nei punti di stoccaggio, intesa come la generazione di gas, quale il metano, dovuto alla decomposizione del carbonio organico, contenuto all'interno di alcuni materiali, a seguito della deposizione in punti di raccolta. Lo stoccaggio richiede però un trasporto del materiale dal sito produttivo fino al luogo adibito per la raccolta e lo smaltimento dei rifiuti di scarto; si è così ritenuto opportuno che vengano considerate anche le emissioni consecutive al loro trasporto. Relativamente agli sfridi considerati, sono stati inseriti nello studio quelli a materia solida, tra cui gli acciai inossidabili A304 e A316, gli alluminio e gli acciai; per quanto riguarda i componenti non metallici sono stati aggiunti i componenti tessili, gommosi, carta e derivati della cellulosa e legno e i suoi derivati.

---

## 5 Descrizione dei flussi

Dopo una precedente distinzione di tutti i confini di studio e quindi la definizione dei limiti entro cui approfondire i fattori, si richiede una completa rappresentazione dei flussi di scambio tra le operazioni considerate così da poter definire i meccanismi presenti dall'inizio alla fine del percorso.

La distinzione effettuata qui di seguito ripercorre i dettami ritrovabili nel capitolo “*Analisi di inventario*”, come appunto descritto nella norma 14040, continuando con la schematizzazione lì operata. Si utilizzerà la partizione più sovente utilizzata, cioè la divisione dei dati raccolti come quelli ottenuti in maniera diretta o quelli in maniera indiretta.

### 5.1 Dati in primo piano

La norma definisce dati in primo piano quelli ottenuti direttamente in loco, attraverso misurazioni o tramite targhe dati.

Il primo dato misurato direttamente riguarda l'energia consumata dai macchinari considerati all'interno del sito produttivo, utilizzati nel nostro caso per mansioni quali tranciatura, piegatura, calandratura, rullaggio, tornitura, saldatura, stampaggio, imbutitura e lavaggio. Il consumo conseguito da ogni macchinario è stato calcolato mediante lo studio dell'energia specifica richiesta per la produzione di ogni singolo pezzo. Si è deciso l'utilizzo di due strade per il calcolo dell'energia, in funzione della possibilità di accesso ai collegamenti elettrici del macchinario. Nel caso maggiormente favorevole è stato possibile misurare direttamente il consumo reale durante le fasi di lavorazione, ottenendo valori medi di corrente e di tempo di lavorazione. Tali calcoli hanno permesso una misurazione molto precisa e accurata dell'energia consumata (Figura 11). Non sempre, però, si è potuto eseguire tali misurazioni; ciò è dovuto al fatto che tali macchinari o possiedono meccanismi di protezione che bloccano la lavorazione oppure sono macchinari eccessivamente grandi e composti sui quali non si è in grado di fornire delle misurazioni affidabili. In tali casi ci si è quindi affidati ai dati di targa presenti esternamente al macchinario, considerando tali come costantemente funzionanti a regime. L'assunzione molto probabilmente non risulta troppo lontana dalla realtà in quanto riguarda macchinari a sfornata continua, come i macchinari di stampaggio, oppure quelli che presentano interruzioni brevi, come i macchinari che eseguono imbutitura.

## 5.2 Dati in secondo piano

Denominazione macchinario	Descrizione lavorazione	N° componenti utilizzati per singola pompa	Potenza unitaria [kW]	Energia per pezzo [kWh/pz]	N° pezzi utilizzati in un anno	Energia totale linea SV [kWh]	Consumo linea in un anno [kWh]
Macchinario collaudo pompa	Collaudo	1	12	0,0780	3771	294,138	
Domino corpi	Stampaggio corpi	1	28	0,9361	3771	3530,159	
Nava 400 T new	Calandratura distanziale	2	17	0,0708	7542	534,011	
"C" linea formaz. camic. SV-SVI	Calandratura camicia	1	2,5	0,0706	3771	266,082	
"C" L. alberi MEC63-71-80 SMP	Lavorazione albero	1	8	0,2400	3771	905,040	39261,335
Linea TCS	Tornitura camera	1	12,8	0,2125	3771	801,262	
"C" PO tranciadischi TCN	Tranciaturo disco corpo	1	9	0,0450	3771	169,695	
L. taglio sviluppi	Tranciaturo sviluppo camicia	1	35	0,7000	3771	2639,700	
"C" PM 350T COLOMBO	Tranciat./lavag. prot giunto	2	112	0,4716	7542	3556,648	
"C" PM 500T COLOMBO	Stampaggio/saldatura DPT	1	634	7,0444	3771	26564,600	

Figura 11: Caratteristiche macchinari per lavorazione

Il calcolo è stato successivamente completato conoscendo i dati di produzione dei macchinari, intesi come i pezzi prodotti in un'ora o nel lasco di tempo di una lavorazione, a seconda dei tempi di misurazione effettuati. La conoscenza del numero di componenti utilizzati, tramite la conoscenza di numero di pompe vendute, ci fornisce la possibilità di misurare in maniera sufficientemente accurata l'energia consumata dalla linea.

Relativamente agli sfridi o agli scarti di lavorazione si sono effettuate delle valutazioni riguardo i tragitti del materiale e quindi i confini di "responsabilità" dell'azienda. Tali sfridi, dopo essere stati collezionati, sono posizionati all'interno di un cassone con dimensioni 2.5m x 6.2m x 2.5m, il quale viene portato via e scaricato senza cadenza fissa ma a necessità, cioè nel momento in cui viene a riempirsi. Secondo le informazioni che sono state richieste, si è scoperto che la concessione del trasporto e dello scarico degli sfridi è affidata ad una ditta specializzata allo smaltimento, che include successivamente un'attività di selezione e lavorazione dei materiali prima dello stoccaggio. Si è ritenuto, così, sufficiente calcolare l'emissione ottenuta dal trasporto di tali materiali solo fino al punto di lavorazione, adibito in comune di Altavilla Vicentina, tralasciando quella di trasporto nel punto di stoccaggio, in quanto non presenti informazioni sufficienti a riguardo.

## 5.2 Dati in secondo piano

Differentemente dal paragrafo precedente, qui di seguito si descriveranno i dati ottenuti tramite consultazione di database o sistemi di gestionale.

## 5.2 Dati in secondo piano

Denominazione	Indirizzo	Nazione	Mezzo usato		Km percorsi
			Camion	Nave	
ACCIAI SPECIALI TERNI SPA	V.le B.Brin, 218 – 05100 Terni	Italia	x		499
ACEBSA	s/n 17457 Riudellots de la Selva, Girona	Spagna	x	x	426(C)+566,8(N)
BALZARIN SILVERIO & C. SNC	Via Germania 11/b 37136, Verona (VR)	Italia	x		46,8
C.M.L. A & G SRL	Via Ugo Foscolo, 1 - 36030 Caldogno (VI)	Italia	x		18,7
C.R. SPA	Via Seconda Strada, 42 36071 Arzignano (VI)	Italia	x		6,8
CASTECH SRL	Via Enrico Mattei 5 • 36040 Brendola (VI)	Italia	x		5,1
CPC INOX SPA	Via Monza, 71 – 20060 Gessate (MI)	Italia	x		179
ELANTAS EUROPE GMBH	Via Antolini n. 1 43044 Collecchio (PR)	Italia	x		193
ELLEPI BOX S.R.L.	Via Vallà 20 31030 Altivole (TV)	Italia	x		66,7
ESSEX ITALY SPA	Via Circonvallazione 2 15028 Quattordio (AL)	Italia	x		293
F.LLI DAL FIOR SAS	Via Molino, 14 - 36027 - Rosa' (VI)	Italia	x		42,2
FILMCUTTER SRL	Via Giulio Natta 10 36075 Montecchio Maggiore (VI)	Italia	x		8,1
FONTANA FASTENERS ITALIA SPA	Via Fontana, 9 Veduggio con Colzano (MB) 20837	Italia	x		213
FREUDENBERG SEALING TECH. SAS	Corso Torino 10064 Pinerolo (TO)	Italia	x		375
G.M.S. SRL	Via Sesta Strada, 81 36071 Arzignano (VI)	Italia	x		7,4
INARCA SPA	Via Ca' Zusto, 35 35010 Vigodarzere (PD)	Italia	x		48,3
ITALGRAFICA SISTEMI SRL	Via del Progresso, 28/30 36070 Castelgomberto (VI)	Italia	x		10,3
ITALVITI SRL	Via Leonardo Da Vinci, 174 24040 - Barbata (BG)	Italia	x		143
ITW INDUSTRIAL COMPONENTS SRL	Via Oltrona, 23 21020 Barasso (VA)	Italia	x		253
LOWARA VOGEL POLSKA SP.Z.O.O.	Dawidy, ul. Warszawska 49 05-090 Raszyn	Polonia	x		1340
MACON RESEARCH SRL	Via Santa Lucia, 8/D 36056 Tezze sul Brenta (VI)	Italia	x		38,7
METALPRES SRL	Via dell'Industria 40, 36070 Vicenza	Italia	x		12,8
METALPRESS SPA	Via Cravasera, 22 - 10070 Villanova Canavese (TO)	Italia	x		345
MEVIS S.P.A.	Via Borgo Tocchi, 28/32 36027 Rosà (VI)	Italia	x		44,8
MITO SRL	Via Brescia 60/62 Lumezzane 25065 (BS)	Italia	x		129
NSK ITALIA SPA	Via Garibaldi 215 20024 Garbagnate Milanese (MI)	Italia	x		210
OLDRATI S.P.A.	Via Giacomo Quarenghi 24060 Villongo (BG)	Italia	x		142
OUTOKUMPU SPA	Via Giacomo Bortolan 9 A, 31050 Vascon di Carbonera (TR)	Italia	x		90,5
POSCO ITPC S.P.A.	Via Paracelso 6 20864 Agrate Brianza (MB)	Italia	x		182
QINGDAO GBS MACHINERY		Cina	x	x	426(C)+17880(N)
R.E.D. SRL	Via Mappano - 10071 Borgaro Torinese (TO)	Italia	x		327
RODACCIAI SPA SOCIO UNICO	Via Giuseppe Roda 1, 23842 Bosisio Parini (LC)	Italia	x		219
ROTEN SRL IND.ELETT.DI PREC.	Via Ortica, 6 - 20134 MILANO (MI)	Italia	x		190
SAN GIOVANNI SRL	Via Conte Girolamo Marazzi, 24/28 - 26017 Torlino Vimercati(CR)	Italia	x		167
SANDVIK TOOLING DE. GMBH	Via Varesina, 184 - 20156 Milano	Italia	x		201
SAVIPLAST S.N.C.	Via E. Fermi, 35 - 36045 Lonigo (VI)	Italia	x		17,4
SEALED AIR SRL	Via Trento, 7 - 20017 Passirana (MI)	Italia	x		207
T.P.I. TUTTO PER L'IMBALLO	Via A. Volta, 48 35010 Frazione Taggi di sopra Villafranca Padovana (PD)	Italia	x		50,6
TECNICA TARGHE SRL SOC.UNIPER.	Via Ravizza, 32 - 36075 Montecchio Maggiore (VI)	Italia	x		3,3
UGITECH ITALIA SRL	Via G. Di Vittorio, 34/36 20068 Peschiera Borromeo (MI)	Italia	x		187
UNICHIMICA SRL	Via Roma 292, 36040 Torri di Quartesolo, (VI)	Italia	x		18
XIAMEN MAINFENG SEAL PRODUCTS		Cina	x	x	426(C)+15053(N)
YANGZHOU GENYUAN REF.MAC.IND.		Cina	x	x	426(C)+17381(N)
ZOMA SRL	Via Postale Vecchia n° 18/h 36070 Trissino (VI)	Italia	x		8,1
VF S.P.A.	Via M. D'Azeglio 22/24, Altavilla Vicentina (VI)	Italia	x		3,7

Figura 12: Lista fornitori

È stata eseguita una ricerca relativa al numero di pezzi acquistati, inserendo nel programma Access i codici identificativi, così da ottenere i dati necessari. Sono state quindi richieste agli uffici competenti le liste di acquisto dei componenti che compongono la nostra tipologia di pompe, in modo da avere a disposizione, per l'arco di tempo considerato, il dettaglio comprendente data di arrivo del carico e quantità di lotti consegnati, così da ottenere l'intero ammontare di materiale utilizzato. Si è poi considerato tale dato non totalmente pertinente al nostro studio in quanto si è notato che tali componenti non sono unicamen-

te utilizzati per la serie di prodotti da noi prese in considerazione, ma hanno utilizzi multipli, cosa che non definisce tale dato come quello relativo ai valori d'acquisto relativi alla pompa 1SV.

Per ovviare alla problematica sorta, è stata variata la metodologia di calcolo, non più basata sui dati di acquisto dei singoli componenti ma bensì sui dati di vendita dei prodotti 1SV, comprendente tutte le tipologie prodotte, dalle basilari alle specialità. Grazie al numero di pompe vendute e alla quantità di componenti utilizzati si è quindi in grado di ottenere il reale numero di componenti utilizzati. Ogni componente acquistato è stato tracciato misurando il suo tragitto dall'azienda produttrice fino allo stabilimento Lowara in Montecchio (Figura 12). Grazie al sistema gestionale è stato possibile ricavare ogni indirizzo delle ditte produttrici, così da calcolarne il tragitto. Una volta ottenuto l'indirizzo, il software di Google Maps ha fatto il resto; i percorsi considerati sono sempre stati quelli più corti in lunghezza, ipotizzando una situazione ottimale di minor consumo. In relazione alla locazione di ogni fornitore si è definito il mezzo di trasporto considerato e la sua alimentazione.

Come si può notare nella definizione dei mezzi utilizzati per la locomozione è stata eseguita una distinzione tra trasporto stradale, utilizzando autoarticolati, o navale. Nelle descrizioni dei chilometri percorsi si hanno dei valori doppi per quanto riguarda le destinazioni che richiedono un trasporto doppio, con l'indicazione (C) per il trasporto su camion o autoarticolati e (N) per quello su navi o portacontainer.

---

## 6 Definizione aspetti ambientali

La norma richiede una capacità di definire i flussi di risorse, sia energetiche che di componenti necessari per la lavorazione, che entrano e che escono dal sito produttivo, allegata alla conoscenza degli obblighi di conformità a cui è necessario sottostare. Sono infatti prese in considerazione le norme nazionali, regionali e provinciali per quanto riguarda acqua, fanghi, gestione rifiuti, emissioni in atmosfera, impianti termici. Sarà necessaria una valutazione legata alla pericolosità e al rischio causati da eventuali situazioni di emergenza legati alla tipologia e alle modalità di lavorazione, agli scarti prodotti, e alla locazione del sito in modo tale da poter fornire una valutazione più completa possibile, sfruttando tutti i dati a nostra disposizione.

A tale proposito verranno proposti 2 metodi di valutazione molto comunemente utilizzati nello studio degli impatti; essi sono definiti metodo qualitativo e quantitativo. I due metodi si differenziano sostanzialmente per le modalità utilizzate nella raccolta dei dati. Il primo esegue una valutazione legata alle conseguenze che comporta la comparsa di una situazione di emergenza strettamente collegata a tale fattore, mentre la seconda richiede una comparazione numerica, cioè basata sulla quantificazione degli impatti. Il metodo qualitativo sarà di seguito presentato ma non sarà considerato come quello principale ma semplicemente come un metodo secondario, che farà da contorno alla nostra valutazione. Si riterranno quindi i dati numerici ottenuti come quelli su cui si eseguiranno le dovute considerazioni.

### 6.1 Criterio qualitativo

Per una prima valutazione, legata ad una conoscenza teorica dei rischi, verrà usata una metodologia già definita all'interno dell'azienda, presente in un file intitolato "*Metodologia e criteri di valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza e degli aspetti/impatti ambientali*", che descrive lo studio come composto da due fasi distinte. La prima, chiamata **criterio gestionale, legislativo, tecnico**, richiede la soluzione di una serie di 5 domande con lo scopo di definire il contesto legato al fattore considerato e all'importanza attribuita alla ricerca di soluzioni legate ad eventuali problematiche riscontrate; mentre la seconda, chiamata **criterio valutativo**, definisce una valutazione attribuibile al fattore, considerando la probabilità e la gravità in situazioni definite anomale o di emergenza. Tale parametro verrà definito come il valore di uscita ricavabile attraverso una tabella a doppia entrata, la quale indicherà, confrontando tale dato con una scala predefinita, la significatività attribuita al fattore stesso.

#### Fase 1

Attraverso la seguente fase si cerca di conoscere meglio la situazione che si andrà ad affrontare, portando alla luce le problematiche sorte fino a quel momento, comprendendo le disposizioni normative vigenti e definendo l'importanza che l'azienda, ma anche la popolazione, pone sulla risoluzione del problema.

Si va quindi ad effettuare una valutazione preliminare degli aspetti ambientali attraverso un criterio definito gestionale che si basa sulla risoluzione della check-list riportata di seguito in Figura 13.

Quesiti	
1	Esistono prescrizioni legislative/regolamentari di settore per l'aspetto in esame? SI--> al Quesito 2; NO--> al Quesito 3
2	Sono stati superati la soglia di preallarme (area rossa), o si è rischiato di non rispettare le prescrizioni legislative?
3	L'aspetto è ritenuto strategico (anche per motivi di immagine) e la sua gestione è di rilievo per l'Organizzazione? Ci sono delle opzioni tecnologiche migliorative?
4	Ci sono state lamentele fondate, anche occasionali, o preoccupazioni da parte della popolazione locale o da parte dei dipendenti? NO--> al Quesito 5
5	L'andamento delle performance ambientali evidenzia un peggioramento o sono state rilevate NC relative alla gestione per l'aspetto in esame?

Figura 13: Criterio gestionale

Come si può notare, è necessario poter disporre delle informazioni riguardanti tali fattori nel momento della valutazione ma anche la possibilità di aver accesso ad una memoria storica riguardante avvenimenti o cambiamenti collegati.

## Fase 2

Come prima accennato l'obiettivo di questa seconda fase riguarda il raggiungimento di un coefficiente legato alla significatività, relativamente all'impatto ambientale, del fattore in questione così da poter definire un indice in grado di dare un valore e un peso alle decisioni che in seguito potranno essere prese.

Tale valore di significatività viene calcolato tramite l'utilizzo di altri due fattori definiti come la probabilità di avvenimento (P) e la gravità del fattore (G).

Il rating di probabilità viene calcolato attraverso la tabella di valutazione del rating di probabilità, il quale conferisce un valore da 1 a 5 relativamente alla probabilità di comparsa di un evento considerabile come anomalo o di emergenza.

All'interno della valutazione sono presenti criteri relativi a:

- Conformità con requisiti legali e di altro tipo – Legislazione ambientale, OHS, ecc;
- Procedure di controllo – smaltimento rifiuti, DPI, procedure di blocco/esclusione (lockout/tagout), ripari di protezione dei macchinari, consumo energetico da illuminazione e apparecchiature);
- Conformità con le procedure di controllo ambiente, salute e sicurezza;
- Controllo ambientale – apparecchiature di movimentazione, tecnologia di abbattimento;

## 6.1 Criterio qualitativo

- Controlli in materia di salute e sicurezza – DPI, ripari di protezione dei macchinari;
- Conoscenza di un impatto o rischio;
- Manutenzione di macchinari associati o DPI;
- Documenti relativi a un impatto ambientale;
- Documenti relativi all’analisi dei pericoli sul posto di lavoro;
- Formazione sulla consapevolezza ESH;
- Formazione su incidenti ed emergenze;
- Monitoraggio di aspetti e impatti, valutazione di rischi e pericoli.

Valore della probabilità	Livello di Probabilità/controllo	Definizioni e criteri
1	RARO Alto livello di controllo	L’evento potrebbe verificarsi solo in circostanze eccezionali. Tutti i criteri citati (e procedure necessarie, i controlli di gestione e le migliori prassi) sono attuati e la conformità con tali procedure e le migliori prassi è elevata. L’impatto/rischio è stato ridotto al minimo in misura molto significativa.
2	IMPROBABILE Livello di controllo medio	L’evento è probabile non si verifichi in circostanze normali. Esiste un controllo significativo dell’aspetto/pericolo mediante procedure, controllo di gestione e controlli fisici. Le parti interessate sono consapevoli di tali controlli che, in generale, sono applicati in modo efficace.
3	POSSIBILE Moderato livello di controllo	L’evento potrebbe anche verificarsi-un solo precedente. Esiste un controllo riconoscibile sull’aspetto o sul pericolo. Ciò può includere procedure, controlli di gestione o controlli fisici, ma essi non risultano del tutto efficaci e la loro implementazione-utilizzo non è completo.
4	PROBABILE Leggero grado di controllo	L’evento potrebbe probabilmente verificarsi in qualsiasi circostanza – precedenti conosciuti. Esistono controlli parziali (procedure o controlli fisici) oltre ad una parziale consapevolezza della necessità di un controllo. Tali controlli hanno un effetto limitato sulla riduzione dello specifico impatto ambientale o sui rischi per la salute e la sicurezza sul posto di lavoro.
5	QUASI CERTO Trascurabile o assenza di controllo	L’evento potrebbe verificarsi in qualsiasi circostanza. Il controllo dell’aspetto/pericolo è inesistente o del tutto inefficace. Non esistono controlli e la conoscenza dell’impatto/rischio è scarsa.

**Figura 14:** Valutazione di probabilità

Verranno trattati i fattori considerati tramite la descrizione del loro utilizzo e delle condizioni del loro rilascio, se presenti, comprendenti di norme relative.

Il rating della Gravità è determinato dai criteri definiti dalla propria tabella di valutazione, la quale definisce un punteggio da 1 a 5. Nel processo di valutazione si considerano i seguenti criteri:

- Quantità (volume e/o percentuale di emissioni o consumi);
- Tossicità (ad esempio, minaccia ambientale);
- Esistenza di legislazione applicabile;

## 6.1 Criterio qualitativo

- Frequenza di accadimento (solo in condizioni operative normali);
- Probabilità di accadimento (solo situazioni anomale / di emergenza);
- Percezione pubblica di aspetti ambientali e pericoli per salute e sicurezza;
- Numero di reclami ricevuti (interni / esterni);
- Completamento di programmi di miglioramento;
- Infortunio o malattia di dipendenti;
- Impatto finanziario / perdita di occasioni di lavoro (reale o percepita);
- Attività ripetitiva;
- Esposizioni;
- Atti non sicuri;
- Condizioni non sicure;
- Eventi (Incendi/Inondazioni);
- Cadute (dallo stesso o da un altro livello);
- Persone colpite da oggetti.

Valore della gravità	Entità della gravità	Definizioni e criteri
1	IRRILEVANTE	Nessuno dei parametri di pericolo rilevanti esiste a un livello tale da causare lesioni, malattie o, perdite finanziarie. Le lesioni non prevedono interventi di primo soccorso.
2	BASSA	Alcuni dei parametri di pericolo esistono a livello tangibile e possono provocare lesioni o malattie che richiedono interventi di primo soccorso, ma non causino la perdita di una giornata lavorativa, perdite economiche superiori a €2K, ma meno di €20K, o un danno che non comporti la violazione delle leggi di riferimento.
3	MODERATA	Esistono dei parametri di pericolo a livelli tangibili e possono causare lesioni o malattie professionali con conseguente perdita di uno o più giornate lavorative e/o il trattamento medico necessario, una perdita economica superiore a €20K, ma meno di €200K o, danni controllabili senza la violazione di leggi o regolamenti, dove possono essere attuate attività di mitigazione o di ripristino.
4	ELEVATA	Esistono dei parametri di pericolo a un livello tale da tradursi in lesioni o malattie professionali che possono provocare il ricovero del personale, una perdita economica superiore a €200K, ma meno di €1 milione, o di un danno reversibile ma che comporta una violazione delle leggi di riferimento.
5	GRAVE	I parametri di pericolo sono relativamente elevati e sono associati ad azioni che possono provocare la morte, l'invalidità permanente, una perdita economica superiore a €1 milione, o associati a gravi danni ambientali irreversibili che violino le leggi di riferimento.

**Figura 15:** Valutazione di gravità

Quindi il punteggio di valutazione della significatività, o definita anche scala di impatto / rischio, è determinata dal prodotto tra il rating di Probabilità e quello di Gravità, per un punteggio massimo di 25.

## 6.1 Criterio qualitativo

Probabilità/ Controllo (P)	Gravità (G)				
	1 Irrilevante	2 Bassa	3 Moderata	4 Elevata	5 Grave
5 Quasi certo	5	10	15	20	25
4 Probabile	4	8	12	16	20
3 Possibile	3	6	9	12	15
2 Improbabile	2	4	6	8	10
1 Raro	1	2	3	4	5

Figura 16: Calcolo della significatività

Dopo l'applicazione dei criteri di valutazione, gli aspetti che saranno "indicativi" saranno determinati e concordati dall'EH&3S manager, dal datore di lavoro o da altro rappresentante nominato, e saranno riportati nel documento di *Valutazione di aspetti e impatti ambientali, e dei rischi e pericoli*.

La valutazione porta alla classificazione dell'aspetto secondo 4 livelli che sono riportati nella tabella seguente:

Entità della significatività	Azione di prevenzione e protezione
Bassa	Non desta preoccupazione in quanto il livello di impatto è basso o irrilevante. Non ci sono aspetti legislativi da ottemperare.
Moderata	L'organizzazione deve definire: 1) Delle modalità di controllo operativo e di sorveglianza e misurazione per tale aspetto e/o 2) Programmi di miglioramento nel <u>medio-lungo periodo</u> . Sono attuate delle azioni di monitoraggio e sorveglianza in caso di presenza di limiti di legge o disposizioni ambientali applicabili.
Alta	L'organizzazione deve intervenire per risolvere la situazione <u>in tempi rapidi</u> . L'organizzazione deve intervenire con programmi di miglioramento nel breve-medio periodo.
Molto alta	L'organizzazione deve intervenire IMMEDIATAMENTE con AZIONI DI CONTENIMENTO e di MONITORAGGIO per gestire e tenere sotto controllo la situazione <u>in tempi rapidi</u> . Tali azioni una volta attuate devono portare la situazione ad una SIGNIFICATIVITA' ALTA per una gestione alla radice del problema.

Figura 17: Valutazione di significatività

Come illustrato nella descrizione presente ad inizio capitolo, si sono considerati particolari fattori riscontrati all'interno dell'azienda, definiti come aspetti ambientali applicabili. Sarà fornita di seguito una lista contenente tali elementi e una breve descrizione:

- Acqua di scarico

- Approvvigionamento idrico
- Fanghi
- Gestione rifiuti
- Emissioni in atmosfera
- Impianti termici
- Energia elettrica

### 6.2 Scarichi idrici / approvvigionamento idrico

La premessa iniziale riguarda il rischio idraulico relativo al sito Xylem - Lowara di Montecchio Maggiore; secondo la Carta di Rischio Idraulico della provincia di Vicenza approvata con il DGR 708/2012, il territorio su cui risiede il sito produttivo non rientra in zona di Rischio pericolosità Idraulica, e di Rischio Idraulico ai fini del piano provinciale di emergenza né di Aree esondabili o ristagno idrico escludendo anche aree di casse di espansione e bacini di laminazione.

Le acque di scarico sono autorizzate attraverso il provvedimento AUA N. 12/2015 del 05/08/2015 ad uso industriale stipulato in accordo con la provincia di Vicenza, mentre si richiede di sottostare, per quanto riguarda i limiti allo scarico, al D.Lgs. 152/06, come disposizioni generali, e al provvedimento sopra citato in quanto impone limiti più restrittivi, tra cui:

- Entro 120 gg presenza pozzetto campionamento reflui per campionamento a monte immissione;
- Denuncia approvvigionamento idrico autonomo e quantità acqua attinta entro 31/01;
- Invio copia MUD annuale entro 30/06 all'ente gestore;
- Rispetto dei limiti definiti in Allegato I Reg. fognatura e depurazione acque reflue urbane;
- Volume acque reflue industriali, meteoriche, dilavamento e assimilate ammesse in fognatura urbana è di 200 m<sup>3</sup>/giorno con P=12 m<sup>3</sup>/ora.

Le analisi sono svolte con cadenza mensile da Integra S.r.l. laboratorio accreditato.

Riguardo a tale aspetto sono state riscontrate delle problematiche riguardanti la composizione degli scarichi rilevata. Infatti fino alla data 1/07/2018 si provvedeva all'approvvigionamento idrico tramite pozzo e tramite acquedotto. La presenza di azoto nitroso e PFAS nell'acqua prelevata dalle falde presenti nella zona dove sorge il sito, faceva riscontrare valori non consentiti per lo sversamento della stessa acqua nella rete fognaria, a meno di montaggio di appositi filtri atti alla eliminazione di tale contaminante. L'azienda ha così deciso di eliminare l'approvvigionamento da pozzo, responsabile di tale problematica, mantenendo solo quella da acquedotto.

L'analisi effettuata riguarderà quindi i valori di idrocarburi totali, tensioattivi, tensioattivi anionici/non ionici, pH, solidi sospesi, C.O.D., fosforo tot, cloruri, fluoruri, azoto ammoniacale, nitrico, ferro.

Si è quindi attuata l'interruzione di approvvigionamento da pozzo per l'eliminazione dei residui di PFAS in data 01/07/2018.

Per un minor utilizzo di acqua è stata installata una vasca di raccolta da 193 m<sup>3</sup> con la funzione di accumulo dell'acqua di acquedotto (MM1) a servizio del processo produttivo, comprendente di pulizia e trattamento di tenuta interna. Relativamente alla valutazione dell'aspetto ambientale, si è ritenuto di assegnare un valore pari a 3 sia per la probabilità sia per la gravità, che porta ad una significatività media. Vengono ritenute condizioni di anomale, e da monitorare, situazioni di temperature esterne elevate, mentre condizioni anomale eventuali perdite dell'impianto di approvvigionamento/ distribuzione dell'acqua potabile, un'emergenza incendio e un impatto sulla salute relativa ad un'emergenza ambientale o di inquinamento. Le azioni da attuare per una corretta gestione del fattore sono un monitoraggio periodico dei consumi e della potabilità dell'acqua.

### 6.3 Fanghi

L'impianto di depurazione, presente in azienda, gestisce le acque reflue industriali il cui processo genera fanghi industriali secondo le seguenti fasi:

- Decantazione;
- Vasca di stoccaggio;
- Presse fanghi (trattamento piastre per disidratazione meccanica - filtro pressa).

La produzione media annua dei fanghi di depurazione è di circa 20.000 kg. Il monitoraggio del rifiuto è gestito attraverso analisi annuali richieste dallo smaltitore del rifiuto.

La legislazione relativa allo sversamento dei fanghi è riferita al D.Lgs. 152/06 parte III titolo IV capo II - art. 127 e D.Lgs. 99/1992, e come precedentemente autorizzazione AUA N. 12/2015 del 05/08/2015 con scadenza nel 2030.

Le valutazioni effettuate, relativamente al criterio qualitativo, associano dei parametri diversi per le acque di scarico e per i fanghi, definiti come separati. Riguardo alle acque di scarico è stato attribuito un valore pari a 5 per la probabilità mentre un valore 3 per la gravità, che porta ad una significatività alta. Esso richiede di effettuare delle valutazioni in caso di anomalie dell'impianto di depurazione, in caso di cambio di sostanze chimiche utilizzate e di anomalie negli impianti di processo. Si definiscono condizioni di emergenza quelle situazioni in cui si ha un superamento dei limiti dovuti al malfunzionamento dell'impianto di depurazione oppure al superamento dei limiti di scarico per emergenza ambientale o per inquinamento dell'ambiente esterno. È ritenuta una corretta gestione delle acque di scarico l'esecuzione di una pulizia periodica dell'impianto di depurazione, la sostituzione del flocculante nell'impianto di depurazione, un periodico monitoraggio interno dei parametri di azoto nitroso e un monitoraggio dei parametri inquinanti allo scarico.

Per quanto riguarda i fanghi si è definito un valore pari a 1 per la probabilità e 3 per la gravità, ottenendo quindi una valutazione di significatività

definita come bassa. Sono così definite condizioni anomale quelle dovute al malfunzionamento dell'impianto di depurazione oppure ad un cambio delle sostanze chimiche utilizzate nei processi. Si ritengono azioni per la corretta gestione quelle che comportano l'esecuzione di analisi periodiche e la definizione di procedure per la corretta gestione dei rifiuti.

### 6.4 Gestione rifiuti

L'azienda Lowara S.r.l. produce rifiuti industriali pericolosi e non, assimilabili agli urbani "Rifiuti RSU" (vetro, plastica, umido, secco). Lo smaltimento e la gestione dei rifiuti pericolosi sono strettamente regolamentati e ogni informazione viene catalogata su fogli elettronici contenenti le descrizioni e la lista dei rifiuti pericolosi trattati, le date di analisi, la lista delle società addette allo smaltimento di tali rifiuti insieme al dettaglio delle quantità di scarto prelevate a scadenza trimestrale.

Tali rifiuti si definiscono come:

- Rifiuti metallici (ferro alluminio, limatura e trucioli);
- Rifiuti ferrosi (acciaio, ferro);
- Vernici;
- Cavi;
- Apparecchiature fuori uso rimosse;
- Fanghi di depurazione;
- Rifiuti riciclabili (carta, cartone, imballaggio misto, legno);
- Emulsione oleosa-oli esausti;
- Bombolette spray;
- Tubi fluorescenti;
- Solventi (alcool denaturato);
- Fusti contaminati;
- Filtri contaminati d'olio;
- Stracci contaminati;
- Rifiuti sanitari pericolosi e non.

La legislazione riguardante lo smaltimento dei rifiuti si rifà al D.Lgs. 152/06 parte IV art. 177-266, che rimanda a particolari disposizioni per quanto riguarda le società addette al trasporto di tali rifiuti, la regolazione di carico e scarico (DM 1/04/1998 n. 148), il trattamento dei rifiuti di amianto (DM 29/07/2004 n. 248) e alla gestione dei rifiuti da apparecchiature elettriche o elettroniche o RAEE (D.Lgs. n. 151/2005).

Gli addetti alla gestione rifiuti identificano gli scarti con apposita etichetta. Tutti i rifiuti sono raccolti nei reparti in idonei contenitori secondo i criteri della raccolta differenziata. Gli AGR sono gli addetti alla raccolta e al deposito

temporaneo con cadenza giornaliera; è loro compito la compilazione del modulo di comunicazione rifiuto indicando stima di peso/quantità di rifiuto, principalmente per quelli non pericolosi. Per quelli non pericolosi viene effettuato un sopralluogo periodico da parte di SPP per la verifica delle quantità prodotte in deposito per rifiuti metallici. È presente una programmazione settimanale di conferimento da parte del responsabile di reparto. Per i rifiuti riciclabili SPP effettua una programmazione mensile.

Si è arrivati poi ad una variazione della normativa riguardante i RAEE in data 15/08/2018 la quale cambia i parametri di definizione di tali rifiuti, ampliando tali confini. Infatti se precedentemente i prodotti Lowara non erano considerati parte dei RAEE, ora essi ne sono inclusi, per cui si ha la necessità di dividerli dai restanti rifiuti. Dalla definizione fornita dal ministero, si considerano dispositivi RAEE tali “*apparecchiature che dipendono, per un corretto funzionamento, da correnti elettriche o da campi elettromagnetici* “. Secondo tale norma lo smaltimento va a carico del venditore finale che, in questo caso non è onere di Lowara in quanto azienda definita come B&B cioè business to business, non venditrice ad utente finale.

Riguardo alla gestione dei rifiuti, i punteggi ottenuti assegnano un valore di significatività media al fattore, dato da un valore di 2 alla probabilità e uno di 4 alla gravità. Si ritengono, quindi, condizioni anomale quelle dovute all'aumento dei rifiuti per interventi straordinari e di quelli non stoccati secondo una corretta gestione. Le condizioni di emergenza riguardano situazioni che comportano la contaminazione dovuta all'incendio e all'inquinamento provocato dal dilavamento dei rifiuti stoccati in maniera non idonea. Le azioni da effettuare per una corretta gestione si basano sull'attuazione delle procedure e delle istruzioni di gestione del rifiuto, l'aggiornamento degli indicatori di monitoraggio, una corretta formazione del personale e nella presenza di aree dedicate al conferimento dei rifiuti.

## 6.5 Emissioni in atmosfera

Lowara ha censito i punti di emissione in un inventario chiamato “Mappatura dei punti di emissione” comprendenti camini interni ed esterni. I camini esterni (n° 50), relativi ai processi di produzione, sono inseriti in una matrice che identifica il tipo di emissione, il reparto, la portata del camino stesso, il prodotto utilizzato e altre caratteristiche. Sono effettuate analisi dei fumi con rotazione triennale. Per quanto riguarda i camini interni (nebbie oleose, vapori da vernici, fumi di saldatura/ tornitura, fumi di lavaggio) è indicata tipologia dell'aspiratore, reparto di lavoro, tipologia di filtrazione, filtro, sostanza aspirata e nome prodotto.

La legislazione relativa alle emissioni in aria si riferiscono al D.Lgs. 152/06 parte V art. 267-298 (art. 262 comma 2), con autorizzazione riferita al AUA N. 12/2015 del 05/08/2015 della provincia di Vicenza.

Si indica qui di seguito alcune considerazioni a margine della prova. Per quanto riguarda la prova di portata si precisa che:

- La prova è stata determinata direttamente nel sito del prelievo;
- Il prelievo è stato eseguito durante il funzionamento dell'impianto nelle condizioni di esercizio più gravose;
- La temperatura dell'effluente, il tenore di ossigeno e l'umidità sono parametri di corredo della prova;
- Il coefficiente di taratura del tubo di Pitot è pari a 0.821;
- Qualora sia indicato un valore di riferimento sul parametro portata, lo stesso si ritiene rispettato a fronte di un valore misurato con un range di variabilità di +20% (v. Decreto autorizzativo);
- Qualora il valore di portata riscontrato sia oltre il 20% del valore di riferimento, il valore di emissione va modulato proporzionalmente, secondo la formula dell'art. 271 comma 13.

Per quanto riguarda la prova delle polveri si precisa che:

- Il campionamento soddisfa la conformità ai requisiti del punto 5.2 della norma di riferimento;
- Sono stati utilizzati filtri in fibra di quarzo con porosità 0.8 m e diametro 47 mm ed un ugello da 6 mm;
- La temperatura di filtrazione corrisponde alla temperatura dell'effluente;
- La temperatura di condizionamento pre-campionamento è impostata a 180°C, quella di post-campionamento a 160°C;
- Il valore in concentrazione delle polveri è dato dalla somma delle polveri raccolte sul filtro e nella soluzione di risciacquo;
- Le registrazioni riguardanti le prove/fasi di prova vengono conservate presso il laboratorio;
- La prova di tenuta ha avuto esito positivo;
- Il valore di bianco complessivo risulta < al limite di rilevabilità, pari a 0,82 mg/Nm<sup>3</sup>;
- Il prelievo è stato eseguito in condizione isocinetiche.

Si definisce poi che la misurazione delle emissioni dei camini viene mappata ed eseguita con cadenza triennale, il che vuol dire che ogni anno si misurano i valori di 1/3 dei camini fino a completa mappatura dopo i 3 anni. La misura sarà successivamente specificata per il camino considerato e soprattutto per la funzione ad esso preposta. Infatti i parametri misurati varieranno a seconda che lo stesso sia destinato ad un macchinario di lavaggio, di saldatura, di cataforesi, ecc.

Per le valutazioni effettuate preliminarmente si è attribuito al fattore "emissioni in atmosfera" probabilità pari a 1 e gravità pari a 5, che moltiplicati tra loro definiscono un valore di significatività medio. Vengono così considerate condizioni anomale quelle che portano al malfunzionamento dell'impianto di abbattimento dei fumi e successivamente, condizioni di emergenza, quelle che

hanno come conseguenza l'emissione di sostanze inquinanti. Si ritiene opportuno effettuare una periodica analisi dei fumi, una manutenzione preventiva dei camini e degli abbattitori, la mappatura dei punti di emissione e una corretta gestione delle sostanze chimiche, così da attuare una corretta gestione.

### 6.6 Impianti termici

Nell'impianto sono presenti:

- impianti termici n° 10 alimentati a metano, con mappatura delle emissioni in atmosfera su file elettronico;
- impianti termici per il riscaldamento costituiti da aerotermi mappati in layout aziendale.

È presente inoltre una serie di termostati per la regolazione automatica del riscaldamento in area di produzione.

La legislazione pertinente riguardante gli impianti termici si rifà al DPR 74/2013 e al D.Lgs. 152/2006 che regolamentano la gestione di tali impianti.

Relativamente agli impianti termici si è ottenuto dei valori di probabilità pari a 1 e di gravità pari a 3, così da ottenere un livello di significatività descritto come basso. Le condizioni anomale si presentano in caso di malfunzionamento degli impianti, mentre vengono definite condizioni di emergenza quelle che portano ad emissioni per incendio. Si ritiene necessario effettuare una mappatura degli impianti termici e le dovute manutenzioni agli impianti.

### 6.7 Energia elettrica

I consumi presenti nei dati forniti da Lowara riguardano i settori MM1, MM2, IDC (produzione, uffici, magazzino), relativi ai reparti produttivi, macchine, impianti, zona uffici e illuminazione interna/esterna.

Lowara ha stipulato un contratto, tramite consorzio, che garantisce il miglior prezzo sul mercato con fornitura 100% rinnovabile (certificato con garanzia di origine-100% Green Energy). Tale contratto ha validità anche per l'anno a seguire, cosa che conferisce all'azienda dei valori di impatto molto contenuti.

Per i riferimenti normativi ci si riferisce alla L. 10/1991 e ai D.Lgs. 192/2005 e 102/2014.

Al risparmio energetico viene conferito un livello di significatività pari a medio, composto da un valore di probabilità pari a 2 e uno di gravità pari a 3. Sono considerate condizioni anomale quelle che portano al malfunzionamento degli impianti oppure quelle dovute a temperature esterne troppo calde o fredde, che potrebbero sovraccaricare il sistema. Come azioni consigliate si richiede la definizione di un audit energetico, la continuazione dell'investimento in un contratto che comporta 100% Green Energy e la definizione di interventi e investimenti volti al risparmio.

## 6.8 Valutazione aspetti ambientali

Qui di seguito (Figura 18) si è aggiunto una tabella riepilogativa riguardo le azioni consigliate per una corretta gestione e un contenimento delle emergenze, come precedentemente elencate nella descrizione dei singoli fattori.

Aspetto ambientale	Probabilità (P)	Gravità (G)	Significatività (S)		Azioni per corretta gestione
Approvv. Idrico	2	2	4	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoraggio consumi;</li> <li>• Analisi potabilità acqua.</li> </ul>
Fanghi	1	3	3	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentata pulizia impianto di depurazione;</li> <li>• Sostituzione flocculante nell'impianto di depurazione;</li> <li>• Monitoraggio interno parametri di azoto nitroso;</li> <li>• Gestione deroghe allo scarico;</li> <li>• Monitoraggio parametri inquinanti allo scarico;</li> <li>• Formazione personale.</li> </ul>
Gestione rifiuti	2	4	8	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedura/ istruzioni di gestione del rifiuto;</li> <li>• Indicazioni di monitoraggio;</li> <li>• Formazione personale;</li> <li>• Aree dedicate per conferimento rifiuti.</li> </ul>
Emissioni in atmosfera	1	5	5	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisi periodiche;</li> <li>• Manutenzione preventiva camini/ abbattitori;</li> <li>• Mappa dei punti di emissione;</li> <li>• Gestione sostanze chimiche.</li> </ul>
Impianti termici	1	3	3	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mappatura degli impianti termici;</li> <li>• Manutenzioni.</li> </ul>
Risparmio energetico	2	3	6	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Audit energetico;</li> <li>• 100% acquisto Green Energy;</li> <li>• Definizione interventi/ investimenti.</li> </ul>

Figura 18: Riepilogo aspetti ambientali

## 6.8 Valutazione aspetti ambientali

---

Si ricorda inoltre che i valori assegnati ai fattori considerati e le relative azioni consigliate sono stati ricavati dal documento di valutazione aspetti / impatti ambientali e rischi / opportunità realizzato da un ente specializzato, ed effettuato nell'anno stesso di redazione di questo documento.

Come inizialmente accennato tale tipologia di considerazioni riguardano un ambito puramente qualitativo, cioè tenendo in considerazione solamente le cause e gli effetti di tali fattori. Tale modalità sarà successivamente accantonata nel momento in cui si disporrà delle misurazioni e dei calcoli basati su rilievi e su dati ottenuti con la seconda metodologia di calcolo.

## 7 Introduzione alla valutazione

La prima scelta effettuata è stata quella di effettuare una semplificazione precedentemente all'inizio del nostro studio: la scelta iniziale è stata di diminuire il numero di prodotti presi in causa, limitandolo ad una serie, ma mantenendo invariate le disposizioni descritte precedentemente riguardanti il diagramma di flusso in entrata e in uscita. Tale scelta ha portato ad una definizione più semplice di una linea guida da tenere durante le fasi di lavoro, dovuto in primo luogo alla presenza di una quantità di dati più limitata da gestire. Strada facendo è stata così facilitata l'individuazione di una serie di passaggi atti alla definizione dei processi e alla raccolta dei dati necessari al corretto svolgimento dello studio. Di pari passo è stato portato avanti il compito di gestire un calendario di lavoro comprendente la definizione delle attività richieste, il tempo necessario per il loro completamento e le persone interessate.

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names
1	MC	Analisi ciclo 15V	24 days	Thu 11/10/18	Tue 13/11/18		
2	MC	Definizione obiettivi e limiti di valutazione	8 days	Thu 11/10/18	Mon 22/10/18		
3	MC	Descrizione componenti utilizzati	6 days	Thu 11/10/18	Thu 18/10/18		
4	MC	Acquisizione distinta parte elettrica/idraulica	2 days	Thu 11/10/18	Fri 12/10/18		Gestionale (BPCS)
5	MC	Quantità componenti per pompa	1 day	Mon 15/10/18	Mon 15/10/18	4	Gestionale (BPCS)
6	MC	Peso componenti	1 day	Tue 16/10/18	Tue 16/10/18	5	Gestionale (BPCS); Libreria digitale (Global Vault)
7	MC	Composizione chimica componente	2 days	Wed 17/10/18	Thu 18/10/18	6	
8	MC	Fattori ambientali	2 days	Fri 19/10/18	Mon 22/10/18	7	
9	MC	Definizione fattori ambientali	1 day	Fri 19/10/18	Fri 19/10/18		M. Cipelli (R&D)
10	MC	Individuazione soggetti coinvolti	1 day	Mon 22/10/18	Mon 22/10/18	9	M. Cipelli (R&D)
11	MC	Analisi di inventario	10 days	Tue 23/10/18	Mon 05/11/18	2	
12	MC	Definizione ciclo di lavoro	1 day	Tue 23/10/18	Tue 23/10/18		Gestionale (BPCS)
13	MC	Acquisizione dati di acquisto/scarto	2 days	Wed 24/10/18	Thu 25/10/18	12	G. Pangallo (Logistica)
14	MC	Trasporto	2 days	Fri 26/10/18	Mon 29/10/18	13	
15	MC	Definizione fornitore per componente	1 day	Fri 26/10/18	Fri 26/10/18		Gestionale (BPCS)
16	MC	Calcolo tragitto per fornitore	1 day	Mon 29/10/18	Mon 29/10/18	15	Google Maps
17	MC	Energia	2 days	Tue 30/10/18	Wed 31/10/18	14	
18	MC	Energia consumata per linea	2 days	Tue 30/10/18	Wed 31/10/18		L. Gamba, E. Palusco (Manutenzione)
19	MC	Emissioni in acqua	1 day	Thu 01/11/18	Thu 01/11/18	17	
20	MC	Consumi acqua (scarichi fognari)	1 day	Thu 01/11/18	Thu 01/11/18		A. Rudefo (ESH)
21	MC	Emissioni in aria	2 days	Fri 02/11/18	Mon 05/11/18	19	
22	MC	Parte aria (infiltri staccati)	1 day	Fri 02/11/18	Fri 02/11/18		G. Pangallo (Logistica)
23	MC	Smaltimento sfidi	1 day	Mon 05/11/18	Mon 05/11/18	22	
24	MC	Analisi degli impatti	4 days	Tue 06/11/18	Fri 09/11/18	11	S.Schiavo (Logistica interna)
25	MC	Valutazione obblighi di conformità	1 day	Tue 06/11/18	Tue 06/11/18		A. Rudefo (ESH)
26	MC	Definizione indicatori di impatto ambientale	1 day	Wed 07/11/18	Wed 07/11/18	25	Guida IPCC 2006
27	MC	Calcolo emissioni per fattore	2 days	Thu 08/11/18	Fri 09/11/18	26	
28	MC	Valutazione risultati	2 days	Mon 12/11/18	Tue 13/11/18	24	
29	MC	Definizione miglioramenti	2 days	Mon 12/11/18	Tue 13/11/18		M. Cipelli (R&D)

Figura 19: Agenda fasi di lavoro

## 7.1 Raccoglimento dati

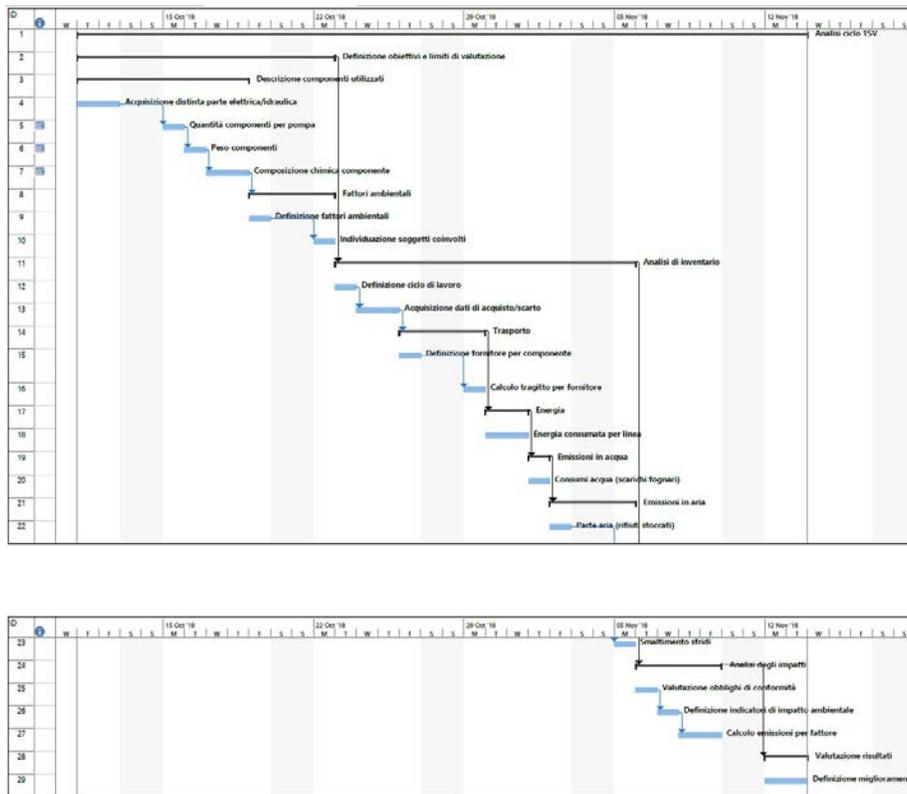


Figura 20: Grafico di Gantt

## 7.1 Raccoglimento dati

Le operazioni di raccoglimento dati sono state, nonostante le limitazioni dei prodotti effettuate, quelle che hanno richiesto il maggior tempo vista comunque l'enorme mole di dati richiesti, l'appartenenza degli stessi a più uffici e alla necessità di ricercarle presso più persone all'interno dello stesso ufficio; è stato, in alcune circostanze, necessario raccogliere i dati richiesti attraverso misurazioni dirette effettuate in loco, nel caso non ci fosse stata traccia negli archivi o su precedenti ricerche.

Il sistema gestionale interno dava la possibilità di definire più nettamente i meccanismi di lavorazione che subisce il prodotto finale ma anche i singoli componenti, la composizione del prodotto e la provenienza dei singoli componenti. La variazione dei codici descrittivi dei componenti al variare delle lavorazioni effettuate si è rivelata, con il passare del tempo, utile per il miglioramento della conoscenza dei componenti, ampliando la quantità di dati disponibili. Al suo interno è stato possibile ottenere una descrizione dei macchinari utilizzati, arrivando all'individuazione del componente padre o grezzo e della quantità o del peso utilizzati per la realizzazione del prodotto finito.

I dati relativi a liste di acquisti, restituzione e scarti sono risultati registrati e archiviati nei database presenti all'interno dell'azienda. La loro consultazione ha richiesto l'aiuto di alcuni dipendenti in quanto fruibili attraverso il software Access e listati con causali numeriche specifiche e conosciute solo dagli uffici dedicati alla logistica.

In caso di informazioni incomplete, un esempio su tutti la mappatura dei dati caratteristici dei macchinari atti alla produzione, si è provveduto alla verifica di tali valori direttamente sul macchinario considerato, andando a recapitare le informazioni tramite misurazione del parametro richiesto o, in caso di impossibilità, dai dati di targa presenti esternamente allo stesso.

Altre informazioni, come per esempio le rilevazioni delle acque di scarico o delle emissioni in aria, sono state ottenute consultando le relazioni inviate dalle società competenti successivamente alle analisi, riportando al suo interno, inoltre, indicazioni riguardanti la verifica di tali misurazioni con le disposizioni normative provinciali e/o nazionali in vigore.

### 7.1.1 Riferimenti normativi

Saranno qui descritte le principali normative nazionali o provinciali a cui l'azienda deve sottostare nel campo degli sversamenti idrici e dei fanghi, delle emissioni in aria e degli impianti termici, così da mostrare una panoramica delle restrizioni che sono state verificate nel corso della valutazione.

La prima norma presentata riguarda gli sversamenti idrici ed è descritta dal decreto legge 152/06 per quanto riguarda gli scarichi fognari, il decreto legge 99/1992 allegato IA per quanto riguarda sempre gli scarichi fognari mentre il decreto legge 31 del 2001 relativamente all'approvvigionamento in acquedotto.

Il decreto legge 152/06 definisce i limiti di sversamento o scarichi delle acque reflue nel sottosuolo, specificando le sostanze per cui esiste l'assoluto divieto di scarico, tra cui:

- Composti organo alogenati e sostanze che possono dare origine a tali composti nell'ambiente idrico;
- Composti organo fosforici;
- Composti organo stannici;
- Sostanze che hanno potere cancerogeno, mutageno e teratogeno in ambiente idrico o in concorso dello stesso;
- Mercurio e i suoi composti;
- Oli minerali persistenti e idrocarburi di ordine petrolifera persistente;
- Cianuri;
- Materie persistenti che possono galleggiare, restare in sospensione o andare a fondo e che possono disturbare ogni tipo di utilizzazione delle acque;
- Zinco Rame Nichel Cromo;
- Piombo Selenio Arsenico Antimonio;
- Molibdeno Titanio Stagno Bario;

- Berillio Boro Uranio Vanadio;
- Cobalto Tallio Tellurio Argento;
- Biocidi e loro derivati non compresi nell'elenco del paragrafo precedente;
- Sostanze che hanno effetto nocivo sul sapore ovvero sull'odore dei prodotti consumati dall'uomo derivati dall'ambiente idrico, nonché i composti che possono dare origine a tali sostanze nelle acque;
- Composti organosilicati tossici o persistenti e che possono dare origine a tali composti nelle acque ad eccezione di quelli che sono biologicamente innocui o che si trasformano rapidamente nell'acqua in sostanze innocue;
- Composti inorganici del fosforo e fosforo elementare;
- Oli minerali non persistenti ed idrocarburi di origine petrolifera non persistenti;
- Fluoruri;
- Sostanze che influiscono sfavorevolmente sull'equilibrio dell'ossigeno, in particolare ammoniaca e nitriti.

La norma specifica che tali sostanze si intendono assenti quando sono in concentrazioni non superiori ai limiti di rilevabilità delle metodiche di rilevamento in essere all'entrata del presente decreto.

Essa, oltre a definire la quantità limite relativamente allo specifico componente, fornisce dei limiti per i determinati componenti differenziando per processo produttivo considerato.

Per quanto riguarda il decreto legge 99/1992 allegato IA, che si occupa degli scarichi fognari, definisce dei valori limite di concentrazione dei metalli pesanti presenti al suo interno, indicato in [mg/kg SS]. Gli elementi considerati in questo decreto sono:

- Cadmio;
- Mercurio;
- Nichel;
- Piombo;
- Rame;
- Zinco.

La gestione dei rifiuti è regolamentata attraverso il D.Lgs 152/06 parte IV il quale fornisce delle indicazioni riguardanti lo stoccaggio e il trasporto dei materiali di scarto. In particolare l'articolo 190 richiede la presenza e l'aggiornamento di un registro di carico e scarico, completo di informazioni riguardanti le caratteristiche qualitative e quantitative dei rifiuti.

Il trasporto di tali rifiuti (art. 193) richiede la presenza di un formulario di identificazione corredato dai seguenti dati:

- Nome e indirizzo del produttore e del detentore;
- Origine, tipologia e quantità del rifiuto;

- Impianto di destinazione;
- Data e percorso dell'istadamento;
- Nome e indirizzo del destinatario.

Relativamente alle emissioni in atmosfera si hanno due normative di riferimento, quali il D.Lgs 152/06 parte V art. 267-298 (art. 262 comma 2) e il AUA n. 12/2015 del 05/08/2015 relativo all'accordo tra l'azienda Xylem-Lowara e la provincia di Vicenza.

Per quanto riguarda il decreto legge 152, esso fornisce due valori limite stabiliti a seconda della composizione del materiale emesso. I due valori definiti sono un valore di rilevanza, espresso come flusso di massa, in [g/h] e un valore di emissione, espresso come valore di concentrazione, in [mg/N m<sup>3</sup>]. La norma differenzia la tipologia di materiale emesso tramite la suddivisione in categorie, quali:

- Sostanze ritenute cancerogene e/o tossiche per la riproduzione e/o mutagene;
  - \* Sostanze di tossicità e cumulabilità particolarmente elevate;
- Sostanze inorganiche che si presentano prevalentemente sotto forma di polvere;
- Sostanze inorganiche che si presentano prevalentemente sotto forma di gas o vapore;
- Composti organici sotto forma di gas, vapori o polveri;
- Polveri totali.

L'azienda Lowara ha poi definito un accordo congiuntamente con la provincia di Vicenza e il comune di Montecchio Maggiore riguardo le emissioni massime misurabili, differenziando ogni valore in relazione al singolo macchinario da cui parte ogni camino. Per ogni lavorazione considerata è stato associato un valore limite della polvere o fumi emessi dal camino stesso. In quanto tali vincoli sono considerati maggiormente restringenti, essi vengono imposti come valori di riferimento al momento delle misurazioni di controllo.

Il Dpr 74/2013 definisce i valori minimi consentiti del rendimento di combustione degli impianti di riscaldamento degli edifici pubblici e privati con alimentazione a metano e differenziando tra le varie tipologie di lavoro dell'impianto e la sua data di installazione. Il D.Lgs 152/06 definisce, attraverso l'articolo 286, i valori di emissione consentiti in relazione alla potenza termica nominale dell'impianto. Richiede inoltre una verifica annuale dello stesso da parte del responsabile della manutenzione con annessa analisi di emissione degli impianti; i dati misurati, compresi delle date di rilevazione, dei metodi di misura utilizzati e del nominativo del responsabile che ha effettuato la prova devono essere allegati al libretto di centrale previsto dal decreto del Presidente della Repubblica del 26 agosto 1993, n. 412.

## 7.1.2 Progressione dell'elaborazione

Una parte importante del lavoro è stata la verifica di quelli che potevano essere i dati di ingresso richiesti, cioè quali tipologie di dati era possibile ottenere e quali l'azienda gestiva e catalogava. Si è riscontrata una difficoltà nel momento in cui è stato necessario creare un indice di codici, quindi definire la descrizione dei componenti; il quesito riguardava se prendere come indice base i componenti semilavorati o quelli grezzi. L'ostacolo riguardava il fatto che uno stesso pezzo, successivamente ad una lavorazione, cambia il suo codice di descrizione. Risultava così che una serie di informazioni utili, riguardanti lo stesso componente, fossero reperibili con codici descrittivi diversi. La possibilità di usufruire del sistema di gestionale interno ha garantito la possibilità di poter consultare più piani di lavorazione, quindi stessi prodotti con codici differenti, con maggiore semplicità. La decisione finale è stata quella di listare tutti gli elementi tramite il codice descrittivo relativo al componente finale, il quale permetteva l'accesso ai dati più utilizzati, quali il peso a fine lavorazione, le dimensioni del pezzo o il volume degli imballi.

Come accennato nel capitolo “*Confini di studio*”, il primo passo ha riguardato la creazione di una lista di componenti, i quali costituiscono l'intera pompa. Ad ogni componente è stata associato un codice di riconoscimento, correlato dai corrispondenti valori di quantità per ogni pompa e peso, inizialmente distinguendo tra pompa, motore e imballaggi. Tale ricerca è stata successivamente filtrata così da ottenere una lista comprendente solo pezzi unici e non doppi. È stato definito per ogni pezzo il suo materiale di composizione e il fornitore corrispondente, così da porre le basi su un calcolo di quantità/peso per ogni materiale considerato e di distanza di trasporto.

Di seguito è fornito un esempio di alcuni componenti.

Codice	Descrizione componente	Fornitore	Materiale	Peso [kg]
002231255	TEN UN5K12 Q1BEGG WRAS	ROTEN SRL IND.ELET.DI PREC.	A316	0,05
002221878	OR D123, 42X3,53 EPDM-70SH-WRAS	XIAMEN MAINFENG SEAL PRODUCTS	EPDM	0,004
002611469	VITE PH M4X8 7687 A2-70 A304	ITALVITI SRL	A304	0,00168
002611469	VITE M6X30 5931 12.9 TCCEI ZNT	FONTANA FASTENERS ITALIA SPA	Acciaio	0,0086

**Figura 21:** Presentazione alcuni componenti

Nella prima lista effettuata i componenti sono stati estrapolati da tutti i codici di pompe vendute e sono stati identificati come materiali d'acquisto, come viti o rondelle, o come pezzi semilavorati. Nel caso tali pezzi semilavorati avessero subito una precedente lavorazione all'interno dell'azienda, è stato necessario ricercare il codice del pezzo grezzo, la sua descrizione e la sua lavorazione.

Si sono quindi ritrovati componenti che hanno subito una trasformazione:

## 7.1 Raccoglimento dati

Codice	1° stadio di lavorazione	Quantità [kg]		Codice	Pezzo grezzo	Quantità [kg]
161470700	LNT 1-3-SSV GR71 VRNT	2,79	←	161470705	LNT 1-3-SSV GR71 LVRT	3,21

o anche più di una:

Codice	2° stadio di lavorazione	Quantità [kg]		Codice	1° stadio di lavorazione		Codice	Pezzo grezzo	Quantità [kg]
161303020	CRP 1-3-SSV FT A304	0,749	←	166503550	DISCO TRAN A304-2B	←	003268599	COIL A304-2B 2X1250	0,991

Lo stesso procedimento è stato effettuato per tutti i componenti, che essi appartenessero alla componente pompa, o alla componente motore o alla componente imballaggi.

Come si può notare stadi diversi di lavorazione forniscono differenti valori di peso, dando la possibilità di fare una prima valutazione sull'entità della trasformazione eseguite sul pezzo. Tali considerazioni saranno successivamente alla base dei calcoli eseguiti relativamente agli sfridi che vengono prodotti in fase di lavorazione.

Oltre al sistema gestionale si è avuto a disposizione un altro mezzo per la definizione dei componenti: infatti è stato possibile consultare una libreria elettronica, interna all'azienda, comprendente i disegni tecnici di un gran numero di componenti, con indicazioni di dimensione e materiale di fabbricazione del pezzo considerato.

Nel momento in cui si è avuto accesso alla lista di componenti utilizzati e delle loro caratteristiche, il lavoro si è diramato tra differenti mansioni, quali:

- Definizione del tragitto effettuato dai componenti;
- Descrizione del ciclo di lavorazione;
- Calcolo della quantità di componenti totali utilizzati;
- Numero di tragitti effettuati dai fornitori e il loro peso nella totalità dei pezzi utilizzati;
- Richiesta della lista delle quantità di componenti acquistati;
- Richiesta delle quantità di componenti rifiutati o danneggiati;
- Calcolo degli scarti prodotti in linea.

Cominciando dal primo punto in elenco, si è associato ad ogni componente il rispettivo fornitore che rifornisce l'azienda, con indirizzo di partenza del prodotto e i chilometri percorsi. Si è quindi definita la tratta percorsa da ogni componente utilizzando Google Maps, in modo tale da poter ipotizzare il percorso più attendibile tra lo stabilimento produttore e lo stabilimento Lowara, andando ad considerare il percorso più corto tra quelli proposti. Ovviamente tutta la misurazione è stata riportata al mezzo utilizzato; nei casi degli stabilimenti italiani e di quello polacco si è considerato il trasporto effettuato per via stradale, mentre per quelli spagnoli e quelli cinesi un mix tra stradale e navale.

Per il collegamento con lo stabilimento spagnolo si è ipotizzata la partenza dal porto di Barcellona con arrivo in quello di Genova, con successivo trasporto stradale fino allo stabilimento di Montecchio Maggiore; per gli stabilimenti cinesi si è ipotizzato l'arrivo in tutti e tre i casi nel porto di Genova, partendo dai porti di Qingdao (provincia dello Shandong), di Xiamen (provincia del Fujian) e di Sunzhou (provincia di Jiangsu), considerando sempre un successivo trasporto stradale fino allo stabilimento di Montecchio Maggiore.

Durante le fasi di lavoro è stato fondamentale avere una panoramica pratica e immediata sul ciclo di lavorazione e sulle trasformazioni che i componenti subiscono all'interno dello stabilimento. È stato creato un foglio il quale descrive tutte le fasi di lavorazione, dividendo i componenti negli stadi di lavorazione, dove si va dal primo stadio, composto da componenti finiti o semilavorati, fino ad un quarto stadio, dove sono presenti solo materiali grezzi, nella forma in cui entrano in azienda. È stata poi definita una catena di appartenenza tra componenti: componenti presenti in stadi più bassi vanno a comporre (in caso di più componenti) o realizzano (in caso di lavorazione successiva) il componente a stadio di lavorazione più alto, presente nella riga superiore.



Nella sezione “Note” è stata poi aggiunta una descrizione dei trattamenti effettuati nella lavorazione di passaggio tra il componente padre (quello di stadio inferiore) e quello figlio (di stadio superiore). È stato utile anche per avere una conoscenza della composizione degli elementi e delle sue dimensioni.

Una conoscenza della tipologia di componenti utilizzata non dava però sufficiente idea della quantità di pezzi realmente utilizzata. Infatti tra gli ordini presenti nella lista, sono stati ritrovati molti modelli definiti “customizzati”, cioè pompe che presentano delle variazioni dal modello base, modificate a seconda dell’utilizzo e delle necessità del cliente. Per cui il calcolo dei componenti utilizzati non risultava più così immediato. La decisione è stata quindi quella di esplodere tutte le tipologie di pompe vendute (345), sino ai singoli componenti, così da ottenere il calcolo esatto dei pezzi utilizzati. Della serie 1SV presa in considerazione sono stati calcolati, nel tempo di un anno di produzione, la somma di questi componenti utilizzati, come rappresentati in Figura 23:

Elemento	Quantità	U.m.
N° pompe vendute	3771	pezzi
Componenti d'acquisto	670886	pezzi
Film protettivi, nastri	30,27	kg
Glicerina, resina, grasso	22,99	kg
A304	9770,58	kg
Rame	239,61	kg
PR80	295,30	kg

**Figura 23:** Quantità componenti utilizzati

Un aspetto decisamente più laborioso è stato il calcolo della distanza specifica corrispondente ai singoli componenti utilizzati relativamente al loro trasporto. La problematica è sorta nel momento in cui ci si è accorti che era necessario fare un calcolo relativo delle emissioni da trasporto e non quello emesso dall’intero autoarticolato. È stato pensato che nel momento in cui l’autoarticolato effettua un tragitto per il trasporto di materiale, la sua emissione può essere suddivisa tra i singoli componenti al suo interno. In questa maniera è come se si considerasse ogni componente responsabile di una parte delle emissioni totali. In quanto i componenti sono confezionati in lotti di un certo quantitativo di componenti, si è andati a definire il volume occupato da ogni confezione. L’obiettivo era quello di, considerando il volume di carico dell’autoarticolato costante, stimare la quantità di lotti e di componenti presenti all’interno dell’autoarticolato stesso. Si è deciso in questa maniera di rendere il conto effettuato indipendente dal peso e dalla grandezza della motrice, ma dipendente solamente dal volume di carico del rimorchio. Il valore di volume dei lotti è stato ritrovato all’interno del gestionale, comprendente inoltre di numero di pezzi all’in-

terno dello stesso. Si è così potuto implementare il calcolo della distanza relativa ad ogni singola categoria di prodotti, ampliando tale valutazione per il numero totale di pezzi utilizzati, calcolati precedentemente. Infatti conoscendo l'emissione specifica per ogni singolo pezzo è stato sufficiente moltiplicare tale dato per il numero di pezzi utilizzati.

Non è stato possibile ricavare il valore del volume di una serie di componenti specifica in quanto non presente. Tale tipologia di componenti è quella che comprende nastri e barre di materiali metallici, i quali non vengono imballati per volumi specifici ma sono venduti a peso. Si è così deciso, per tali componenti, di cambiare modalità di calcolo, non più considerando il volume ma il peso. Si è ricavata la capacità massima di carico dell'autoarticolato prescelto e quindi considerato il calcolo in relazione a tale dato.

I dati dei componenti utilizzati sono stati successivamente confrontati con i dati di acquisto degli stessi. È stata richiesta quindi la lista relativa agli acquisti di ogni singolo componente effettuati nell'arco di tempo considerato, comprendente la quantità presente in ogni consegna e il giorno di consegna. Il numero di componenti acquistati, presenti all'interno delle liste, evidenziavano il fatto che i componenti da noi considerati fossero montati su altre tipologie di pompe differenti. Infatti si è notato che i valori presenti al suo interno erano maggiori di quelli calcolati da noi come numero totale di pezzi utilizzati; la cosa ha confermato la scelta di utilizzare per i calcoli di tragitto gli effettivi pezzi utilizzati e non quelli acquistati.

È stata poi la volta dei componenti prodotti come scarti di produzione, o meglio definiti sfridi. Sono stati presi in causa tutti i componenti che subiscono una qualsiasi lavorazione che causa un'asportazione di materiale o che comunque produce del materiale di scarto. Si è così calcolata la quantità di materiale che viene asportata, semplicemente facendo una differenza di peso del singolo pezzo tra il prima e il dopo la lavorazione, come mostrato nel capitolo 6, paragrafo "*Progressione dell'elaborazione*". L'obiettivo, come nel punto precedente, è stato quello di definire le emissioni dovute allo smaltimento di tali sfridi, inteso come il trasporto dallo stabilimento di produzione fino a quello atto alla lavorazione e allo smaltimento. Tramite visione diretta, si è misurato il volume del cassone utilizzato per lo stoccaggio degli sfridi. È stato successivamente misurato il volume occupato dagli scarti, relazionando tale valore con il volume specifico del materiale. Si è così potuto ottenere l'ingombro degli sfridi in relazione al volume del cassone di stoccaggio. Secondo i calcoli effettuati si è ottenuto un contributo di scarto pari a quello in Figura 24:

## 7.2 Considerazioni precedenti al calcolo delle emissioni

---

Tipo sfrido	Sfrido tot [kg]	Peso spec. [kg/dm <sup>3</sup> ]	Ingombro sfrido [m <sup>3</sup> ]
Alluminio	116,749	7,85	0,014872484
PR80	78,096	7,85	0,009948535
A304	912,601	7,93	0,115082129
A316	5,44	7,98	0,000681704

Figura 24: Quantità sfridi prodotti

È necessario definire che i dati sugli ingombri ottenuti tramite il peso specifico sono sottostimati in quanto tali sfridi presentano forme di trucioli o lastre tagliate, in cui la maggior parte dello spazio è riempito dall'aria. Il valore da noi trovato definisce un valore indicativo ma senza dubbio al di sotto delle effettive quantità prodotte.

## 7.2 Considerazioni precedenti al calcolo delle emissioni

Nel momento in cui si è deciso di usufruire della metodologia di calcolo fornita dall'IPCC 2006, di cui verrà parlato nello specifico successivamente, si è cominciato a impostare la valutazione con l'impostazione fornita, quindi ricercando i dati e le informazioni necessari per l'esecuzione del calcolo. È stato, inoltre, necessario eseguire delle valutazioni e acquisire delle informazioni non reperibili internamente all'azienda.

Saranno qui in seguito descritti tutti i dati acquisiti e assunti attraverso consultazione di documenti, recuperati attraverso internet, o presenti in file o documenti già esistenti; essi riguardano i seguenti fattori:

- Il trasporto dei componenti;
- Le emissioni in acqua;
- Le emissioni in aria.

Per il calcolo del trasporto si sono ricercati i valori necessari alla conversione del percorso effettuato, misurato in km, in quantità di carburante utilizzata per effettuare tale percorso, in Gigagrammi, così da ottenere il parametro iniziale di partenza. Tale conversione è stata effettuata considerando i valori di consumo medio, definendo precedentemente la tipologia di carburante utilizzato nella locomozione. In quanto i mezzi di trasporto considerati sono stati due, è stata effettuata una ricerca sia riguardante il carburante stradale che navale.

Cominciando da quello stradale, si è considerato il carburante diesel come quello più comune nella locomozione degli autoarticolati. Il valore di consumo medio di diesel in un autoarticolato è stato reperito in un documento pubblicato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) denominato “*Costo chilometrico medio relativo al consumo di gasolio delle imprese di autotrasporto per conto terzi*” considerando un mezzo con peso

## 7.2 Considerazioni precedenti al calcolo delle emissioni

compreso tra le 11,5 e le 26 tonnellate, come prevedibilmente utilizzato nei nostri casi per il trasporto merci. Per ottenere il valore, in unità di peso, del diesel consumato nel trasporto si è quindi andati a ricercare un valore medio di peso per litro dello stesso. Tale operazione è stata necessaria in quanto i valori di conversione forniti dalla documentazione dell'IPCC richiedevano i dati in Gg di carburante utilizzato.

Caratteristiche autoarticolato 11,5 - 26 ton		U.m.
Consumo medio	4	km/l
Peso diesel/ gasolio	825	g/l
Volume di carico	82	m <sup>3</sup>
Capacità di carico	20000	kg

**Figura 25:** Caratteristiche autoarticolato considerato

Come si può notare che sono state inoltre aggiunte le misure di riferimento dell'autoarticolato tipo, quali quelle del volume e della capacità di carico, utilizzate nei calcoli con le modalità precedentemente descritte.

Relativamente al trasporto via mare è stata anche qui necessaria la ricerca di fattori di conversione per poter utilizzare appropriatamente i criteri di calcolo. Nello specifico si è cercato il consumo medio di una nave da trasporto merci. I valori utilizzati sono stati ricavati da uno studio del porto di Venezia, intitolato "*L'impatto del trasporto intercontinentale delle merci*" relativamente al consumo delle navi portacontainer con tragitti interni al Mediterraneo o intercontinentali. Il documento forniva così due valori di consumo per navi di diversa dimensione e capacità, tra cui la più grande (9000 TEU) utilizzata per il trasporto intercontinentale mentre la più piccola (7500 TEU) per quello interno al Mediterraneo. L'unità di misura TEU, definita anche unità equivalente a venti piedi, viene identificata come "*la misura standard di volume nel trasporto dei container ISO*". Ne definisce le dimensioni, pari 6.1m x 2.4m x 2.6m, la sua capacità, pari a 33 m<sup>3</sup>, e il suo carico massimo, pari a 21.600 kg; anche tali parametri saranno successivamente presi in considerazione nei calcoli effettuati.

Caratteristiche portacontainer		U.m.
Consumo medio (9000 TEU)	36,82	g/(km*TEU)
Consumo medio (7500 TEU)	37,49	g/(km*TEU)
Volume di carico (1 TEU)	33	m <sup>3</sup>
Capacità di carico (1 TEU)	21600	kg

**Figura 26:** Caratteristiche portacontainer considerato

Non è stata necessaria la ricerca di un parametro di conversione da litri in grammi, come precedentemente, in quanto il valore di consumo fornisce già un risultato in grammi.

Non sono state fatte particolari assunzioni riguardo alle emissioni in acqua, in quanto tutte le informazioni necessarie sono state fornite direttamente dalle relazioni consegnate successivamente ai prelievi effettuati. I fattori considerati sono stati la portata degli scarichi e le indicazioni di nitrati presenti in mg/l, così da definire un valore relativo alla quantità di inquinante sversato. Si ritiene necessario definire un concetto: relativamente alle emissioni in acqua, si è riusciti ad ottenere un dato relativo allo scarico dell'azienda e non specifico al macchinario considerato, in quanto non presenti contatori in uscita da ogni macchinario ma solamente uno in uscita dall'azienda, così come le rilevazioni vengono effettuate nel canale di scolo esterno all'azienda.

La lista degli scarti richiesta ha fornito la situazione completa della quantità di pezzi che vengono smaltiti durante il processo produttivo. Tale dato, però, non riguarda solamente la linea SV a cui si stava lavorando ma tutto lo stabilimento. È stato deciso di effettuare un'interpolazione del dato considerando le percentuali di categorie di materiali scartati come costanti. Nello specifico la categoria a cui eravamo interessati era quella dei materiali cartacei, i quali sono soggetti ad una degradazione organica; la percentuale di carta misurata nel totale degli scarti presenti nella lista (pari allo 0.005024% del totale) è stato ritenuto costante variando l'ammontare di rifiuti prodotti. Il passaggio successivo è stato quello di calcolare un coefficiente riduttivo che desse un'approssimazione migliore della quantità di scarti effettivamente prodotta: è stato eseguito un rapporto tra il peso del materiale acquistato (confrontabile con l'ammontare totale di rifiuti prodotti) e il peso del materiale utilizzato in linea (confrontabile con la quantità di rifiuti prodotta specificatamente in quella linea). Si è, in questa maniera, calcolato l'ammontare dello scarto stoccato, come prodotto tra quello ritrovato totale nelle liste e il coefficiente di riduzione precedentemente descritto.

Per ogni fattore considerato nella valutazione è stata necessaria l'identificazione del percorso di calcolo più adeguato, tenendo in considerazione la tipologia di dati a disposizione. Infatti all'inizio di ogni capitolo della guida dedicato al calcolo richiesto, è presente un "*decision tree*", cioè uno schema fatto a diramazioni che indirizza verso la sezione di calcolo più appropriata, scegliendo fino ad un massimo di tre modalità di valutazione diversa, chiamati Approcci, che si differenziano per la quantità di dati e coefficienti richiesti e per le incertezze associate ai calcoli effettuati.

### 7.3 Metodo di calcolo IPCC

All'interno della norma 14040 si richiama ad una valutazione dei fattori considerati nello studio o meglio in un confronto attraverso un indice a pari unità di misura, il quale possa dare un'indicazione sul peso ambientale dei vari processi. Nonostante tale passaggio sia di fondamentale importanza,

la norma non definisce un modello da seguire e nemmeno delle tabelle di calcolo o dei parametri cui fare riferimento.

Si è quindi cercato un processo o una modalità che consentisse tale conversione, da fattore considerato a indice comune. Sfogliando all'interno di pubblicazioni le quali trattavano dell'applicazione della norma 14001 o comunque di valutazione del processo produttivo si è notato che la maggior parte dei calcoli si basa sul metodo fornito dall'IPCC 2006, che gestisce un sistema di calcolo che si basa su 4 punti, in grado di coprire la maggior parte della produzione industriale ed agricola sia a livello nazionale che a livello aziendale.

I 4 macro-settori trattati dal documento sono:

- Energia (di cui tutti i processi per la sua produzione);
- Processi industriali e uso del prodotto;
- Agricoltura, silvicoltura e altri usi del suolo;
- Rifiuti.

L'associazione IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) si presenta come il corpo internazionale addetto alla valutazione della scienza relativa al cambiamento climatico. L'IPCC nasce nel 1988 dall'Organizzazione Mondiale Meteorologica (WMO) e dal Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP) con l'obiettivo di fornire una politica di valutazione, con basi scientifiche, del cambiamento climatico, il suo impatto, i futuri rischi e le opzioni per l'adattamento e la mitigazione di tale fenomeno. IPCC non effettua una sua ricerca scientifica ma classifica e sviluppa pubblicazioni già esistenti; le sue valutazioni puntano su aree di conoscenza consolidata e di comprensione in evoluzione, nonché dove esistono più prospettive in letteratura. Il meccanismo di valutazione viene rilasciato dopo una serie di revisioni così da garantire chiarezza, comprensione e una valutazione trasparente in relazione allo stato di conoscenza in essere.

La creazione di questa libreria, quindi, si deve al lavoro di un team di esperti da tutto il mondo che hanno collaborato, mettendo a disposizione il loro lavoro e le loro conoscenze per definire un metodo di calcolo quantitativo, basato sulle condizioni di produzione e lavorazione presenti durante tutto il processo produttivo, con numerose variabili e possibilità così da rendere il calcolo più possibile vicino alla realtà. Un altro grande vantaggio è la possibilità di utilizzo di più metodi di calcolo in relazione alla quantità di informazioni che l'utilizzatore è in grado di raccogliere oppure utilizzando diversi parametri di partenza. Ovviamente la conoscenza di maggiori parametri possibili, relativi al calcolo considerato, dà la possibilità di definire con maggiore precisione le reali emissioni. Sono inoltre resi disponibili dei fogli Excel di calcolo (per esempio nella valutazione dello stoccaggio dei rifiuti o dei processi produttivi) i quali è necessario fornire solo i dati d'ingresso conosciuti per ottenere i valori desiderati. Sono anche disponibili tabelle con valori di default classificati in base alla località climatica o zona di appartenenza, completata da collegamenti a database che riportano i valori di interesse per il calcolo.

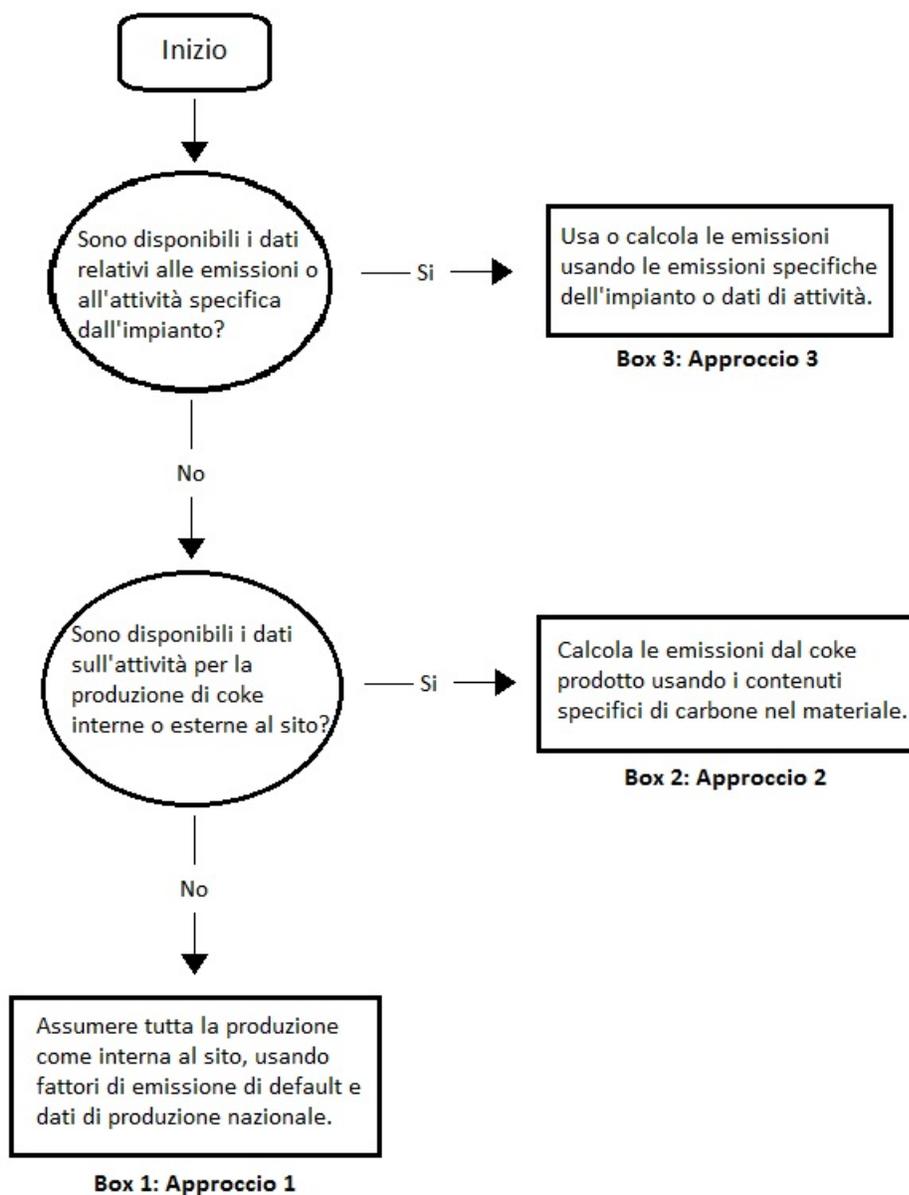
### 7.3 Metodo di calcolo IPCC

Il sistema di calcolo ha la possibilità di valutare non solo la quantità di diossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) emesso, ma anche quella di metano (CH<sub>4</sub>) e di ossido di diazoto (N<sub>2</sub>O) corrispondentemente ai processi che la guida definisce come produttori. Il documento fornisce questa definizione per tutte le categorie che esso è in grado di calcolare; qui si mostrano solamente le categorie che sono state utilizzate per la nostra valutazione. Per ogni tipologia di emissione qui di seguito definita, il documento è in grado di fornire delle tipologie di calcolo differenti, quindi specifica delle formule differenti oppure dei parametri differenziati a seconda della specifica emissione.

Livello di analisi suggerito		
Categorie di fonti da valutare nelle analisi delle categorie chiave	Gas da valutare	Note
Titolo categoria		
Attività di combustione del carburante - Trasporto stradale	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>	
Attività di combustione del carburante - Trasporto navale	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub>	Divisibile per tipologia di carburante.
Stoccaggio di rifiuti solidi	CH <sub>4</sub>	Se questa è una categoria chiave, il compilatore dell'inventario deve determinare quali sottocategorie sono significanti.
Trattamento e scarico delle acque reflue	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Determinare se le acque reflue domestiche o industriali sono una sottocategoria significativa.

**Figura 27:** Categorie di gas valutate

Come si è accennato precedentemente, la guida fornisce un'indicazione riguardante il metodo più giusto di calcolo a seconda della quantità di dati disponibili e dell'importanza (se è considerato un fattore chiave o meno) del fattore considerato. Infatti esso definisce i passaggi e le informazioni fondamentali per ottenere il miglior calcolo possibile, definendo per ogni emissione valutabile, che sia di CO<sub>2</sub>, di CH<sub>4</sub> o di N<sub>2</sub>O, un "decision tree" all'inizio di ogni capitolo. Verrà rappresentato uno schema esemplificativo riguardante, in questo specifico caso, la produzione di CO<sub>2</sub> di coke metallurgico.



**Figura 28:** Decision tree per produzione di coke metallurgico

dove gli Approcci 1,2,3 sono le modalità di calcolo disponibili.

In questo paragrafo verranno illustrate le scelte effettuate che hanno por-

tato all'individuazione della migliore modalità di calcolo in relazione alla tipologia di dati a nostra disposizione. Relativamente alle capacità di valutazione offerte dal documento, le categorie prese in considerazione in questo calcolo sono:

- Trasporto dei componenti;
- Emissioni in aria;
- Emissioni in acqua.

### 7.3.1 Trasporto

All'interno del capitolo “*Mobile combustion*” della guida nominata in precedenza è possibile ritrovare i metodi di calcolo per la valutazione delle emissioni prodotte dai mezzi di locomozione; esso divide il trasporto in varie categorie a seconda della macrotipologia di mezzo considerato, quali:

- Trasporto su strada;
- Trasporto fuori strada;
- Trasporto ferroviario;
- Trasporto navale;
- Trasporto aereo.

Attraverso i dati e le informazioni da noi ottenute si è potuto riscontrare la presenza di due mezzi di locomozione principali nel trasporto dei materiali d'acquisto e dei pezzi grezzi. Tali tipologie ricadono nella definizione di “Trasporto su strada” e di “Trasporto navale”, a seconda della provenienza del materiale.

Si è, così, iniziata la valutazione partendo dal *trasporto su strada*: all'interno di tale definizione si può includere ogni tipologia di veicoli leggeri, quali automobili o camioncini leggeri, veicoli pesanti, tra i quali autoarticolati e corriere, e motociclette stradali, quali ciclomotori, scooter e motocicli a tre ruote. Le distinzioni effettuate nel corso di tale valutazione porteranno alla richiesta di scelte relative alla tipologia di carburante utilizzato per la locomozione e al calcolo di differenti gas emessi quali CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Come visto precedentemente, per il trasporto dei componenti vengono comunemente utilizzati degli autoarticolati, quindi appartenenti alla categoria dei veicoli pesanti. Le emissioni stimate tramite il trasporto su strada si possono basare su due set di dati indipendenti: il carburante venduto / consumato o i chilometri percorsi. In entrambi i casi è possibile effettuare i calcoli richiesti ma il documento specifica che l'approccio del carburante venduto si applica meglio al calcolo della CO<sub>2</sub> mentre quello del tragitto percorso per il calcolo della CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Non essendo disponibili i dati riguardanti il carburante venduto, tutte le tipologie di emissioni saranno calcolate tramite i chilometri percorsi.

La prima emissione considerata sarà quella della CO<sub>2</sub>; per questa valutazione si era in possesso di 2 possibili approcci disponibili i quali hanno

portato all'utilizzo del decision tree mostrato in seguito per scegliere il più appropriato, tenendo conto delle informazioni fin qui descritte.

Decision tree per le emissioni di CO<sub>2</sub> da combustione di carburante nei veicoli stradali.

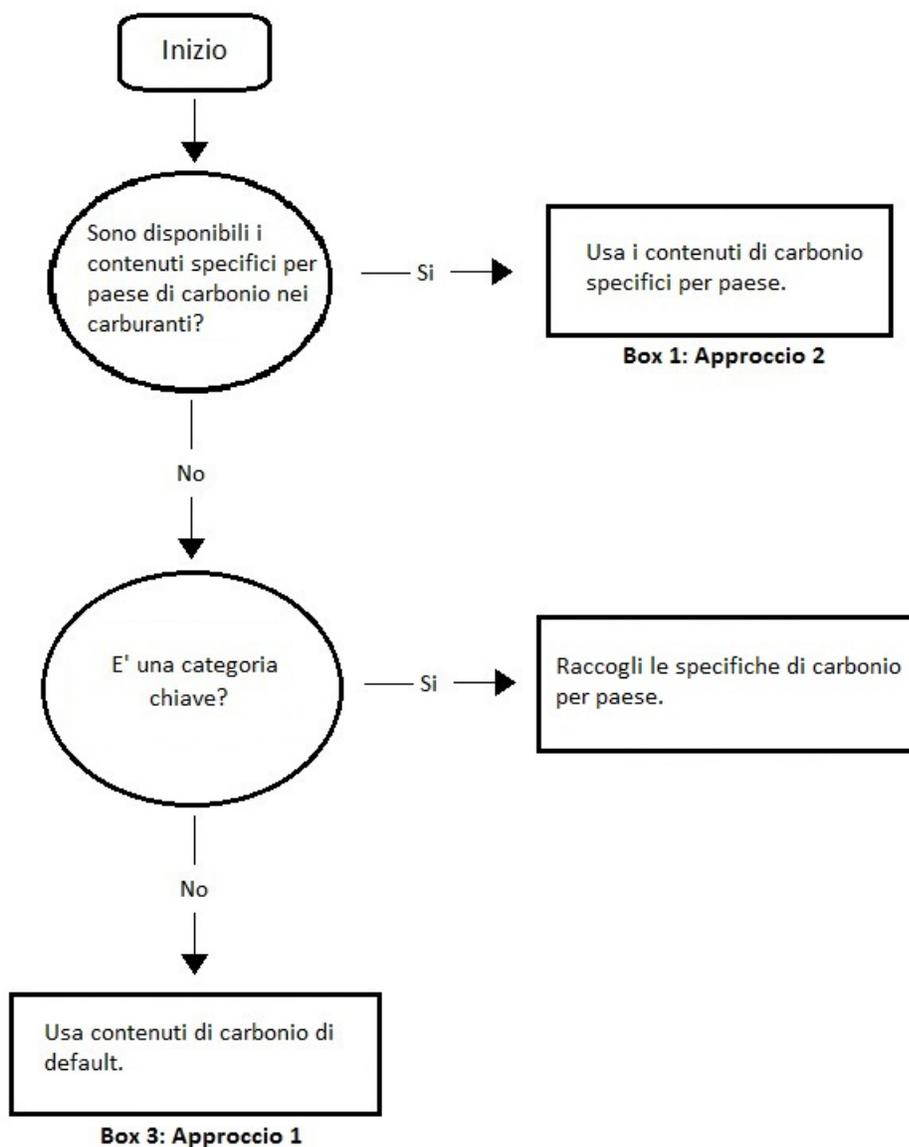


Figura 29: Decision tree per emissione nei veicoli stradali

La scelta è ricaduta quindi sul metodo di Approccio 1 in quanto è conosciuto solo il numero di chilometri percorsi dagli autoarticolati, e non si è riusciti ad avere informazioni sulla composizione del combustibile utilizzato. Viene fornita la formula di calcolo relativa all'Approccio 1, così definita:

#### Emissione di CO<sub>2</sub> da trasporto su strada

$$Emissione = \sum_a [Carburante_a * EF_a] \quad (1)$$

dove:

- Carburante<sub>a</sub> è il parametro che definisce il dato di carburante venduto, espresso in [TJ];
- EF<sub>a</sub> è definito come il fattore di emissione, in [kg/TJ]. Esso equivale al contenuto di carbonio presente nel carburante moltiplicato per 44/12.
- *a* riguarda la tipologia di carburante, che può essere benzina, diesel, gas naturale ecc. Nel nostro caso solo diesel.

La differenza tra i due approcci presentati riguardava la possibilità di utilizzo all'interno della formula di fattori di emissione specifici al paese di appartenenza, il quale porterebbe ad un risultato maggiormente attendibile, mentre per il nostro caso sono stati usati quelli forniti di default. Infatti all'interno del documento è possibile reperire una tabella la quale contiene tali parametri, divisi per tipologia di carburante utilizzato, e di valori di intervalli massimi e minimi.

I valori di emissione di CO<sub>2</sub> sono basati sul contenuto di carbonio presente nel carburante e dovrebbe rappresentare il 100% del carbonio che viene ossidato durante o successivamente al processo di combustione (per ogni tipologia di carburante e di veicolo) indipendentemente se la CO viene emessa come CO<sub>2</sub>, come CH<sub>4</sub> o come particolato.

Fattori di emissione di default e range di incertezza del trasporto su strada			
Tipo carburante	Default [kg/TJ]	Inferiore	Superiore
Benzina per motori	69300	67500	73000
Gas/ gasolio	74100	72600	74800
Gas di petrolio liquefatto (GPL)	63100	61600	65600
Kerosene	71900	70800	73700
Lubrificanti	73300	71900	75200
Gas naturale compresso	56100	54300	58300
Gas naturale liquefatto	56100	54300	58300

**Figura 30:** Fattori di emissione CO<sub>2</sub> del trasporto su strada

### 7.3 Metodo di calcolo IPCC

Nel nostro caso è stato utilizzato il valore definito di default nella casella “Gas / gasolio” quale carburante ritenuto più idoneo al nostro calcolo e maggiormente utilizzato come combustibile; si è così considerato il valore di 74100 kg/TJ.

Come si può notare il coefficiente richiede un input in TJ ma il nostro valore di carburante è espresso in kg. All’interno della guida compare una tabella che definisce il coefficiente di conversione, definito come potere calorifico, il quale trasforma i kg di carburante in energia, espressa in TJ.

Potere calorifero netto e limiti superiore e inferiore del 95% degli intervalli di confidenza				
Descrizione del tipo di carburante	Potere calorifero netto [TJ/Gg]	Inferiore	Superiore	
Olio crudo	42,3	40,1	44,8	
Gas naturale liquido	44,2	40,9	46,9	
Gasolio	Gasolio motore	44,3	42,5	44,8
	Gasolio per aviazione	44,3	42,5	44,8
	Gasolio per jet	44,3	42,5	44,8
Kerosene per jet	44,1	42,0	45,0	
Altro kerosene	43,8	42,4	45,2	
Scisto bituminoso	38,1	32,1	45,2	
Gas / gasolio	43,0	41,4	43,3	
Olio combustibile residio	40,4	39,8	41,7	
Gas di petrolio liquefatto (GPL)	47,3	44,8	52,2	
Etano	46,4	44,9	48,8	
Nafta	44,5	41,8	46,5	
Bitume	40,2	33,5	41,2	
Lubrificante	40,2	33,5	42,3	
Coke di petrolio	32,5	29,7	41,9	
Materie prime di raffineria	43,0	36,3	46,4	

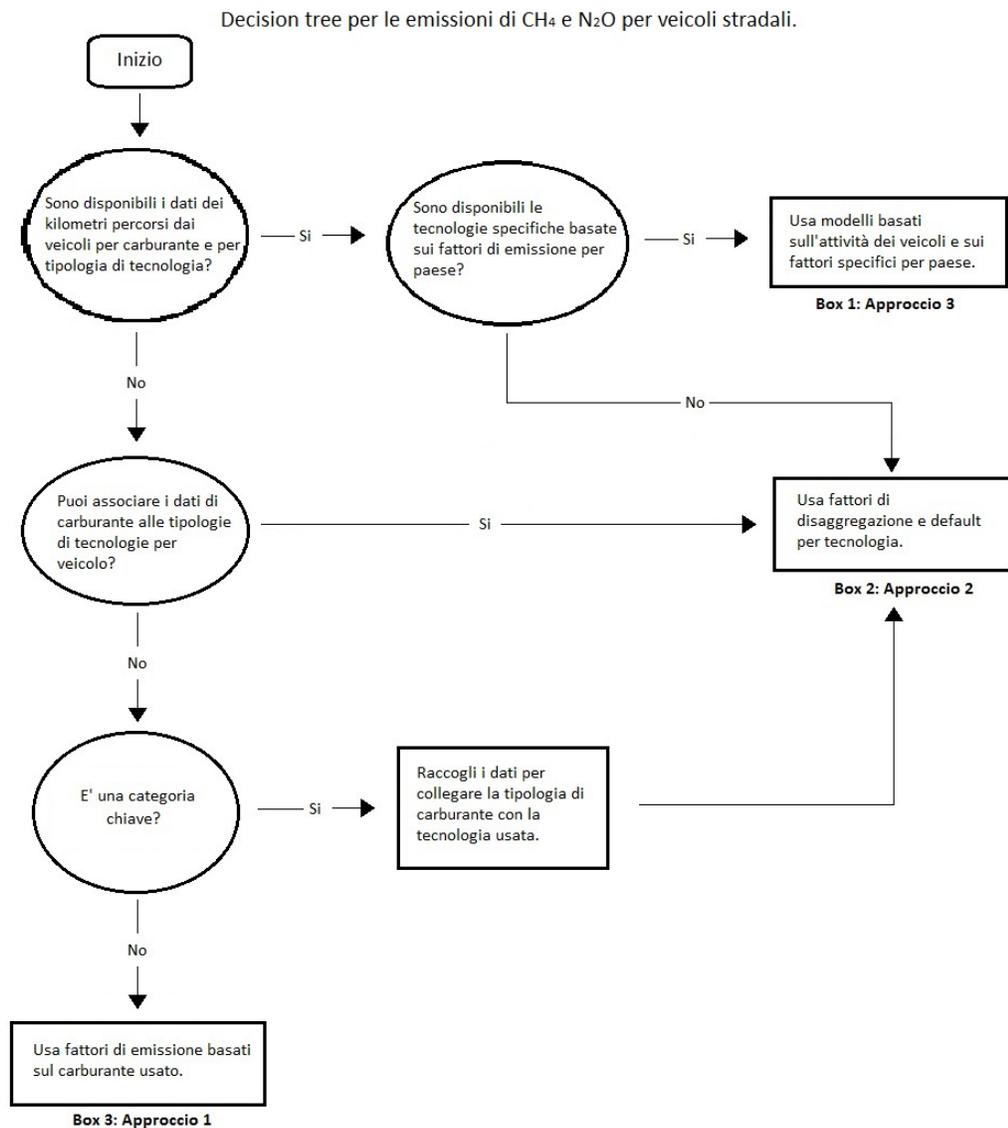
**Figura 31:** Potere calorifero dei carburanti stradali

Utilizzando il parametro relativo al Gas / gasolio, cioè 43.0 TJ/Gg, si hanno così tutti i parametri necessari per eseguire correttamente il calcolo. Tale valore sarà successivamente utilizzato anche per i calcoli riguardanti le emissioni di metano e di ossido di diazoto, relativamente al trasporto su strada, sia per i calcoli del trasporto via mare.

Il calcolo delle emissioni di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O è ritenuto più difficile da stimare in quanto i fattori di emissione sono dipendenti dalla tecnologia di veicolo, dal carburante e dalle caratteristiche operative. Sono esposti tre differenti approcci che possono essere utilizzati per il calcolo di tali emissioni: il primo basato sui chilometri percorsi e gli altri due sulla quantità di carburante venduto. Sia la metodologia utilizzando i chilometri percorsi dai mezzi di

trasporto che quella della disaggregazione del carburante consumato possono essere considerati meno attendibili rispetto a quella del complesso del carburante venduto. L'Approccio 3 richiede dettagliati dati specifici per paese così da generare fattori di emissione basati per subcategorie di veicoli, con la possibilità di coinvolgere modelli nazionali. L'Approccio 2 usa fattori di emissione basati sul carburante specifico della subcategoria di veicolo. Per quanto riguarda l'Approccio 1, esso utilizza fattori di emissione basati sulla tipologia di carburante e viene utilizzato nel caso non sia possibile stimare il consumo di carburante per categoria di veicolo.

È quindi esposto il decision tree relativo alla scelta del processo utilizzato in questo calcolo, che è:



**Figura 32:** Decision tree per emissioni nei mezzi navali

La scelta è quindi ricaduta sull'utilizzo del Approccio 1, nonostante il fattore possa essere considerato una categoria chiave, dettata dall'impossibilità di ritrovare il consumo effettivo di carburante dovuto ai veicoli. Nelle nostre assunzioni è stato deciso di ipotizzare l'utilizzo di autoarticolati con capacità intorno alle 20 tonnellate, alimentati a diesel (trasporto più co-

mune), senza definire differenti tipologie o modalità di alimentazione. La scelta di utilizzare il riquadro “*Gas / gasolio*” è stata supportata dallo stesso documento il quale consiglia l’utilizzo di tale alimentazione per gli autoarticolati (o heavy duty trucks).

Come in precedenza si è provveduto a convertire i dati a nostra conoscenza, quindi i chilometri percorsi, in potere calorifero relativo alla quantità di carburante utilizzato, in TJ, considerando i valori di conversione precedentemente ricavati.

Come detto si è utilizzata la metodologia 1, la quale viene descritta come:

#### Emissioni di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O secondo l’Approccio 1

$$Emissione = \sum_a [Carburante_a * EF_a]$$

dove:

- Carburante<sub>a</sub> riguarda il carburante consumato o venduto, espresso in TJ;
- EF<sub>a</sub> definito come il fattore di emissioni, in kg/TJ, che verrà definito successivamente tramite una tabella con entrata le varie tipologie di alimentazione;
- *a* definisce i calcoli relativamente alla tipologia di carburante, tra cui diesel, benzina, gas naturale, ecc.

Tale equazione implica i seguenti step:

**Step 1:** determinare l’ammontare del carburante consumato per il trasporto su strada usando i dati a disposizione (tutti i valori devono essere riportati in terajoule);

**Step 2:** per ogni tipo di carburante, moltiplicare la quantità di carburante consumato per l’appropriato fattore di emissione di CH<sub>4</sub> e di N<sub>2</sub>O il quale può essere reperito nella tabella relativa ai fattori di emissione;

**Step 3:** le emissioni di ogni inquinante sono calcolati sommando le varie tipologie di carburante prese in considerazione. I fattori di emissione relativi al CH<sub>4</sub> e al N<sub>2</sub>O sono stati ricavati dai valori di default ottenuti nelle tabelle presenti all’interno del documento. Qui in seguito verrà mostrata la tabella considerata.

### 7.3 Metodo di calcolo IPCC

Fattori di emissione di default e range di incertezza relativi a N <sub>2</sub> O e CH <sub>4</sub> per il trasporto su strada						
Tipologia del veicolo / categoria del veicolo rappresentativa	CH <sub>4</sub> [kg/TJ]			N <sub>2</sub> O [kg/TJ]		
	Default	Inferiore	Superiore	Default	Inferiore	Superiore
Gasolio per motore - Incontrollato	33	9,6	110	3,2	0,96	11
Gasolio per motore - Catalizzatore ossidante	25	7,5	86	8	2,6	24
Gasolio per motore - Veicolo leggero a basso chilometraggio, anno 1995 o precedente	3,8	1,1	13	5,7	1,9	17
Gas / gasolio	3,9	1,6	9,5	3,9	1,3	12
Gas naturale	92	50	1540	3	1	77
Gas di petrolio liquefatto (GPL)	62	na	na	0,2	na	na
Etanolo, autoarticolati, US	260	77	880	41	13	123
Etanolo, automobili, Brasile	18	13	84	na	na	na

**Figura 33:** Fattori di emissione CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O per trasporto su strada

I valori utilizzati saranno i valori di default riguardanti la riga Gas / gasolio, per cui in entrambi 3.9 kg/TJ.

Le emissioni di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O dipendono largamente dalla combustione e dalla tecnologia di controllo delle emissioni presenti nel veicolo; è il motivo per cui i fattori di emissione basati solo sulla tipologia di carburante e che non specificano la tecnologia utilizzata dal veicolo sono altamente incerti.

Per una valutazione sufficientemente appropriata il documento richiederebbe la presenza di tali informazioni per sviluppare dei fattori di emissione attendibili:

- Tipologia di carburante (benzina, diesel, gas naturale,...) considerando, quando possibile, la composizione del carburante (studi hanno mostrato che una diminuzione del livello di solfuri all'interno del carburante può portare ad una riduzione significativa delle emissioni di N<sub>2</sub>O);
- Tipologia di veicolo (per esempio automobile per passeggeri, veicoli leggeri, veicoli pesanti e motociclette);
- Tecnologie di controllo delle emissioni considerando la presenza e la performance del catalizzatore;
- L'impatto delle condizioni operative (per esempio velocità, condizioni della strada, modello di guida, i quali influenzano il consumo di carburante e la performance del veicolo);
- Considerazione che eventuali stime di fattori di emissione per carburanti alternativi tendono ad avere un alto grado di incertezza data l'ampia gamma di tecnologie del motore e le piccole dimensioni dei campioni associate agli studi esistenti.

La categoria relativa al *trasporto via mare* comprende tutte le tipologie di trasporto fluviale, dalle imbarcazioni da diporto fino alle navi portacontainer da navigazione oceanica, alimentate da grandi, medi e piccoli motori diesel e occasionalmente da vapore o turbine a gas; si considerano parte integrante anche gli hovercraft e gli aliscafi. La navigazione fluviale causa

### 7.3 Metodo di calcolo IPCC

emissioni di diossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), di metano (CH<sub>4</sub>) e da ossido di diazoto (N<sub>2</sub>O), così come monossido di carbonio (CO), composto organici volatili, diossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), particolato e ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). In tale sezione si va a stabilire le emissioni relative a CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O.

Sono presenti due metodologie di calcolo per la valutazione di tali gas, e entrambe applicano i fattori di emissione al consumo di carburante. Sarà mostrato il decision tree utilizzato in questa sezione.

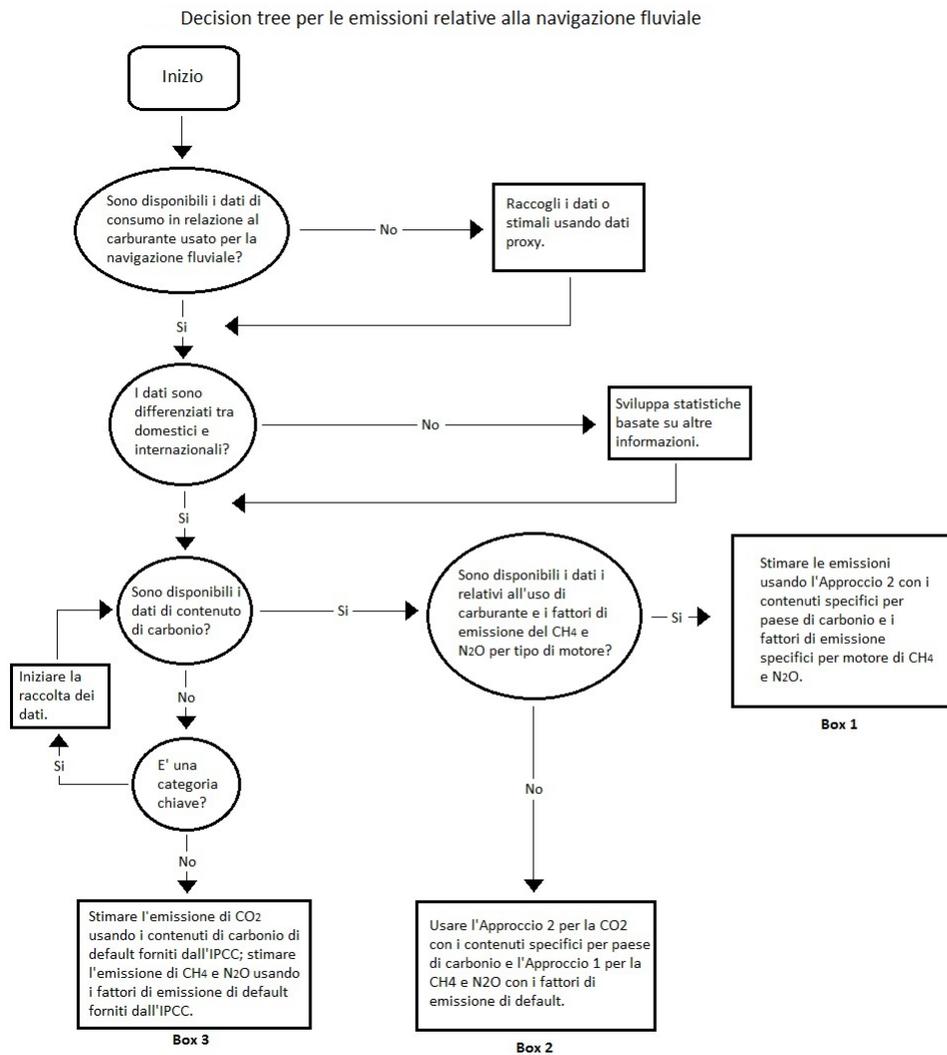


Figura 34: Decision tree per emissioni con navigazione fluviale

Anche in questo caso i dati a nostra disposizione riguardano il percorso effettuato dalle navi portacontainer nel loro viaggio dal porto di partenza a quello considerato di arrivo, definito in quello di Genova. Il calcolo del tragitto effettuato è stato fatto attraverso un software di calcolo delle distanze su cartine geografiche, ipotizzando un percorso maggiormente attendibile possibile, partendo dal porto industriale più vicino allo stabilimento localizzato come quello produttore. Non sono disponibili dati relativi al contenuto di carbonio presenti nel carburante, né i fattori di emissione del  $\text{CH}_4$  e del  $\text{N}_2\text{O}$ : saranno usati i valori di default presenti all'interno dell'IPCC.

La differenza tra i due approcci riguarda l'utilizzo o meno dei valori di emissione relativi al paese di appartenenza. L'Approccio 1 è il più semplice e può essere applicato sia con i valori di default sia con quelli specifici. Il dato di consumo del carburante e il fattore di emissione in tale approccio sono specifici al tipo di carburante e dovrebbe essere applicato corrispondentemente ai dati ritrovati (per esempio gas / gasolio utilizzato per la navigazione). Il calcolo si basa sull'ammontare di carburante consumato e sui fattori di emissione dei gas considerati. L'equazione utilizzata verrà mostrata di seguito con le indicazioni dei fattori di emissione successivamente.

#### Equazione per la navigazione fluviale

$$Emissione = \sum [Carburante consumato_{ab} * EF_{ab}] \quad (3)$$

dove:

- $a$  differenzia la tipologia di combustibile, tra diesel, gasolio, ecc;
- $b$  riguarda la tipologia di navigazione (nave o barca e le possibili combinazioni di motore).

L'Approccio 2 utilizza il consumo di carburante per tipologia di carburante, ma richiede valori di emissione specifici per il paese considerato, con un'importanza maggiore sulla classificazione del modello (per esempio portacontainer oceanica o nave), sul tipo di carburante (per esempio benzina) e sulla tipologia di motore.

Per i fattori di emissione sono presenti due tabelle che saranno illustrate di seguito.

### 7.3 Metodo di calcolo IPCC

Fattore di emissione CO <sub>2</sub>				
Carburante	Default [kg/TJ]	Inferiore	Superiore	
Gasolio	69300	67500	73000	
Altro kerosene	71900	70800	73600	
Gas/ gasolio	74100	72600	74800	
Residuo di carburante	77400	75500	78800	
Gas di petrolio liquefatto	63100	61600	65600	
Altro olio	Gas raffinato	57600	48200	69000
	Cere di paraffina	73300	72200	74400
	White spirit & SBP	73300	72200	74400
	Altri prodotti petroliferi	73300	72200	74400
Gas naturale	56100	54300	58300	

**Figura 35:** Fattore di emissione CO<sub>2</sub> per navigazione

Relativamente alle emissioni di CO<sub>2</sub> e proporzionali all'alimentazione considerata. Verrà utilizzato il valore di default riguardante il *Gas / gasolio*, che, come visibile nella tabella, riporta 74100 kg/TJ.

Per gli altri due gas inquinanti si ha:

Fattori di emissione di default di CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O per la navigazione fluviale		
	CH <sub>4</sub> [kg/TJ]	N <sub>2</sub> O [kg/TJ]
Nave oceanica*	7 ±50%	2 +140% -40%
* valori di default relativi a motori diesel utilizzanti olio combustibile pesante.		

**Figura 36:** Fattore di emissione CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O per navigazione

Come si può notare il calcolo riguarda l'utilizzo di motori diesel utilizzanti olio combustibile pesante, la quale è perfetta per i nostri calcoli.

Il documento definisce, inoltre, il concetto di navigazione domestica e internazionale, la quale molto brevemente viene spiegata nella seguente tabella.

Criterio per definire se una navigazione fluviale sia internazionale o domestica		
Tipo di viaggio tra 2 porti	Domestica	Internazionale
Partenza ed arrivo nello stesso stato	Si	No
Partenza in uno stato e arrivo in un altro	No	Si

**Figura 37:** Valutazione navigazione domestica o internazionale

Il documento consiglia la distinzione tra domestica e internazionale in quanto, in molti paesi, tasse e dazi doganali vengono prelevati sulla quantità di carburante nel serbatoio per la tratta domestica mentre per la tratta internazionale sono esentati da tali dazi. Tale informazione può essere utilizzata per distinguere tra le due tipologie di tratta, in eventuale assenza di altri fonti dirette di ricerca.

Il diesel usato per i motori marini è il più classico carburante utilizzato all'interno dell'industria marina sia per la propulsione sia per la generazione di energia. Alcune navi sono motorizzate usando impianti a vapore. Tale metodo di calcolo dovrebbe essere tenuto d'acconto anche per la parte relativa all'energizzazione ausiliaria come, per esempio, per gli impianti di refrigerazione, per le pompe di carico e per i boiler presenti a bordo dei cargo.

### 7.3.2 Emissioni in atmosfera

La seconda tipologia di calcolo è quella relativa alle *emissioni in aria* dovute ai rifiuti. Tale capitolo si può ritrovare nella categoria dello stoccaggio dei rifiuti solidi e la motivazione è subito spiegata. Il trattamento e lo stoccaggio di rifiuti municipali, industriali o altre tipologie di solidi produce una quantità significativa di metano ( $\text{CH}_4$ ). In aggiunta al  $\text{CH}_4$ , i siti di stoccaggio di rifiuti solidi (SWDS) producono anche diossido di carbonio ( $\text{CO}_2$ ) e composti organici volatili, così come piccole quantità di ossidi di diazoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ), di ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) e di monossido di carbonio ( $\text{CO}$ ). Secondo alcuni studi, i siti di stoccaggio producono all'incirca il 3-4% dell'emissione globale di gas effetto serra. Negli ultimi 10 anni, è molto variata la gestione dei rifiuti nei paesi industrializzati. Infatti è stata introdotta una pratica di gestione e minimizzazione dei rifiuti e un incremento del riciclo e del riutilizzo, così da ridurre la quantità di rifiuti prodotti. Si è, in questa maniera, incrementato il sistema di gestione dei rifiuti solidi anche al fine di ridurre il suo impatto sull'ambiente. Inoltre il recupero dei gas nelle discariche è un sistema che ha trovato una buona diffusione come metodo per la riduzione delle emissioni.

La decomposizione dei materiali organici deriva principalmente da fonti di biomassa (per esempio colture o boschi), i quali rilasciano  $\text{CO}_2$  attraverso i loro rifiuti. In questo caso non sarà calcolata la quantità di  $\text{CO}_2$  in quanto

relativa più specificatamente alla decomposizione di alberi o materiale agricolo. Per quanto riguarda l' $N_2O$  non è prevista una valutazione in quanto tali emissioni non sono significative. La guida descrive, invece, due metodi per la stima del  $CH_4$  dai siti di stoccaggio; il primo metodo viene definito dell'*equilibrio di massa* (Approccio 1) mentre il secondo del *decadimento di primo ordine* (Approccio 2). La stessa guida scoraggia, però, l'utilizzo del primo metodo in quanto produce risultati non confrontabili con il secondo, il quale fornisce risultati maggiormente accurati. Per facilitare l'utilizzo della seconda tipologia di approccio, il documento mette a disposizione un file Excel il quale è in grado di fornire una valutazione completa seguendo una guida passo dopo passo; si richiede di essere in possesso dei parametri richiesti ma viene fornita inoltre la possibilità di trovare valori di default, in caso di mancata reperibilità degli stessi.

Tale metodo sarà qui spiegato più specificatamente in quanto più complesso degli altri finora esposti.

#### Decadimento di primo ordine

Il metodo del “decadimento di primo ordine”, introdotto qui, è definito come il metodo di default per il calcolo delle emissioni di metano ( $CH_4$ ) dei siti di smaltimento dei rifiuti solidi (SWDS).

La guida IPCC basa il calcolo del  $CH_4$  prodotta dai siti di stoccaggio sul metodo di decadimento di primo ordine. Questo metodo assume che tutti i componenti organici degradabili decadono lentamente in un paio di decenni, durante i quali vanno a produrre  $CH_4$  e  $CO_2$ . Nel caso si abbia a che fare con condizioni costanti, il tasso di produzione di  $CH_4$  dipende solamente dalla quantità di carbonio rimanente nei rifiuti. Di conseguenza, le emissioni di  $CH_4$  provenienti dai rifiuti depositati in un sito di smaltimento sono più elevate nei primi anni dopo lo stoccaggio, quindi diminuiscono gradualmente quando il carbonio degradabile viene consumato dai batteri responsabili del decadimento. La trasformazione del materiale degradabile di  $CH_4$  e  $CO_2$  è conseguenza di una catena di reazioni. Si ritiene l'intero modello complesso e variabile con le condizioni presenti nel sito. Osservazioni sul campo e in laboratorio suggeriscono che la generazione di  $CH_4$  e la successiva decomposizione sia rappresentabile attraverso un sistema del primo ordine.

La potenziale generazione di  $CH_4$  dai rifiuti, come detto, diminuisce gradualmente in una certa quantità di anni; la guida fornisce, grazie ad un fattore esponenziale, la possibilità di descrivere la frazione di materiale organico che ogni anno si degrada in  $CH_4$  e  $CO_2$ . Uno dei punti chiave all'interno della nostra valutazione riguarda la definizione dell'ammontare di materia organica degradabile (DOC<sub>m</sub>) stoccata nel sito. Esso va stimato basandosi sulle informazioni derivanti dalle categorie dei rifiuti (rifiuto solido municipale, deposito di fognatura, rifiuto industriale, ecc.), dalle dif-

ferenti tipologie di materiale (cibo, carta, legno, tessile, ecc.) oppure come valore di materia organica media nei rifiuti sfusi smaltiti.

DDOC<sub>m</sub> è definita come la parte organica del carbonio che si degrada in condizioni anaerobiche. Essa equivale al prodotto dell'ammontare dei rifiuti (W), della frazione di carbonio organico degradabile nei rifiuti (DOC), della frazione di carbonio organico degradabile che si decompone in condizioni anaerobiche (DOC<sub>f</sub>) e della parte di rifiuto che si decompone in condizioni aerobiche (prima che la condizione diventi anaerobica) nel sito, che viene interpretato con il fattore correttivo del metano (MCF).

La formula è quindi così espressa:

#### Parametro DDOC dai valori di stoccaggio rifiuti

$$DDOC_m = W * DOC * DOC_f * MCF \quad (4)$$

dove:

- DDOC<sub>m</sub> definito come il DDOC<sub>m</sub> stoccato, [Gg];
- W come la massa di rifiuti stoccati, [Gg];
- DOC è la frazione organica nel materiale stoccato, [Gg C/Gg rifiuti];
- DOC<sub>f</sub> definita come la frazione del DOC che si decompone in condizioni anaerobiche all'interno del sito;
- MCF è il fattore di correzione di CH<sub>4</sub> per anno di materiale stoccato.

Nel nostro caso la componente DOC non è semplicemente calcolabile. DOC è la sigla per carbonio organico degradabile (*degradable organic carbon*) ed è definito come la frazione di carbonio organico che si presta alla decomposizione biochimica. Il parametro DOC è stimato sulla base della composizione dei rifiuti stoccati e può essere calcolato dal peso medio del contenuto di carbonio degradabile nei vari componenti (tipologia o materiale dei rifiuti) del flusso di rifiuti.

Si è utilizzato, secondo la tipologia di stima scelta, la seguente equazione usando come parametri i contenuti di default di carbonio:

#### Stima parametro DOC usando i valori di contenuto di carbonio di default

$$DOC = \sum_i (DOC_i * W_i) \quad (5)$$

dove:

- DOC è la frazione di carbonio organico degradabile nella massa dei rifiuti, [Gg C/Gg rifiuto];
- DOC<sub>i</sub> è la frazione di carbonio organico degradabile nel rifiuto *i* (per esempio il valore di default della carta è 0.4);
- W<sub>i</sub> definisce la frazione di rifiuto *i* per categoria di rifiuto.

I valori di default del DOC sono definiti in una tabella, espressa successivamente; anche la parte inerte dei rifiuti (vetro, plastica, metallo e altri rifiuti non degradabili) è importante quando di va a stimare tale coefficiente.

Valori di default DOC e contenuti di carbone fossile nei rifiuti industriali (percentuale in rifiuto umido prodotto)				
Tipologia di industria	DOC	Carbone fossile	Carbone totale	Contenuto d'acqua
Cibo, bevande e tabacco	15	-	15	60
Tessile	24	16	40	20
Legno e prodotti del legno	43	-	43	15
Cellulosa e carta	40	1	41	10
Prodotti petroliferi, solventi, plastiche	-	80	80	0
Gomma	39	17	56	16
Costruzioni e demolizioni	4	20	24	0
Altro	1	3	4	10

Figura 38: Valori DOC di default

In quanto il nostro componente sottoposto a degradazione è la parte cartacea, si è definito il valore DOC come quello composto dalla frazione di carta presente nei rifiuti e il suo valore DOC specifico, definito come 0.4 (su tabella è espresso in valore percentuale). Per quanto riguarda le altre componenti, il loro valore DOC è nullo essendo essi componenti inerti e che non sono sottoposti a degradazione.

Il  $DDOC_m$  reagisce in periodo di tempo definito  $dt$  e descritto dalla seguente equazione differenziale:

**Equazione differenziale per il decadimento del primo ordine**

$$d(DDOC_m) = -k * DDOC_m * dt \tag{6}$$

- $DDOC_m$  è la massa del carbonio organico degradabile (DOC) nel sito di smaltimento al tempo  $t$ ;
- $k$  definisce la costante di decadimento medio, [anni<sup>-1</sup>].

Definendo una reazione di primo ordine, l'ammontare del prodotto è sempre proporzionale all'ammontare del materiale reattivo. Questo significa che l'anno in cui il rifiuto viene depositato è irrilevante ai fini della valutazione, mentre è solamente la massa totale di materiale decomposto presente in sito che conta. Questo significa inoltre che, conoscendo la quantità di materiale stoccato ad inizio anno, ogni anno nuovo può essere definito come il numero 1 e le equazioni base che regolano il metodo di decadimento di primo ordine possono essere semplicemente definite nelle due seguenti, considerando l'inizio della reazione di decadimento al primo di gennaio dell'anno successivo alla deposizione.

**Equazione di decadimento del primo ordine**

$$DDOC_m = DDOC_{m_0} * e^{-kt} \tag{7}$$

dove:

- $DDOCm$  è definito dalla massa degradabile del carbonio organico che si decomporrà in condizione anaerobiche nel sito di stoccaggio al tempo  $t$ ;
- $DDOCm_0$  è la massa del  $DDOCm$  nel sito di stoccaggio a tempo 0, quando la reazione comincia;
- $k$  definisce la costante di decadimento medio, [anni<sup>-1</sup>];
- $t$  è il tempo, [anni].

Si può quindi definire il  $DDOCm$  decomposto in  $CH_4$  e  $CO_2$  alla fine del primo anno effettivo ( $DDOCm_{decomp}$ ) come:

**$DDOCm$  decomposto dopo 1 anno di decadimento A  $t=1$ ,**

$$DDOCm_{decomp} = DDOCm_0 * (1 - e^{-k}) \quad (8)$$

In conclusione si è in grado di calcolare l'ammontare di  $CH_4$  generato dal  $DDOCm$  in decomposizione, il quale è calcolato come:

**$CH_4$  generato dal  $DDOCm$  decomposto**

$$CH_4_{generato_T} = DDOCm_{decomp_T} * F * 16/12 \quad (9)$$

dove:

- $CH_4_{generato_T}$  definito come l'ammontare di  $CH_4$  generato dalla parte di materiale stoccato durante la decomposizione;  $m_{decomp_T}$  il quale è definito come il  $DDOCm$  decomposto nell'anno T, [Gg];
- F è la frazione di  $CH_4$ , per volume, generato all'interno dei siti di stoccaggio;
- 16/12 come il peso molecolare del rapporto tra  $CH_4/C$ .

Il metano ( $CH_4$ ) generato in ogni categoria di rifiuto stoccato è sommato in modo da avere il valore finale di  $CH_4$  prodotto ogni anno.

La frazione di carbonio organico degradabile che si decompone ( $DOC_f$ ) è una stima della frazione di carbonio che si è definitivamente degradato e rilasciato, proveniente dal sito di stoccaggio. Esso riflette inoltre il fatto che alcuni componenti di carbonio organico che, nella teoria dovrebbero degradarsi, nella realtà non lo fanno o degradano molto lentamente, sempre considerando condizioni anaerobiche.  $DOC_f$  è un valore che dipende da molti fattori quali temperatura, umidità, pH, composizione dei rifiuti, ecc. Non viene considerato, nel fattore  $DOC_f$ , la quantità di DOC che viene dilavata durante il trattamento degli scarti in quanto la quantità dello stesso che viene perduta a seguito del trattamento è minore dell'1%, il che rende trascurabile tale considerazione. Il valore utilizzato al momento dei calcoli (pari a 0.5) è un valore raccomandato dalla guida stessa.

Lo stoccaggio dei rifiuti varia in fattori quali controllo, collocamento dei rifiuti e gestione del sito. Il fattore correttivo di CH<sub>4</sub> tiene conto del fatto che un sito non gestito produce meno CH<sub>4</sub> mantenendo costante la quantità di rifiuti considerata, rispetto ad un sito gestito anaerobicamente. Nei siti non gestiti, la gran parte dei rifiuti si decompone aerobicamente nella parte alta. Più specificatamente, in quelli non gestiti e scavati in profondità (>5 metri), la frazione che si decompone è minore di quelli situati in superficie. Il fattore MCF in relazione alla gestione dei rifiuti solidi è specifica per l'area e dovrebbe essere interpretata come se il fattore rifletta la situazione in questione.

Classificazione del sito di stoccaggio e del fattore correttivo di metano (MCF)	
Tipo di sito	Valore di default del MCF
Gestito - anaerobico <sup>1</sup>	1
Gestito - semi aerobico <sup>2</sup>	0,5
Non gestito <sup>3</sup> - profondo e/o alto (>5m rifiuti)	0,8
Non gestito <sup>4</sup> - superficiale (<5m rifiuti)	0,4
Sito non classificato <sup>5</sup>	0,6

<sup>1</sup> **Sito di stoccaggio gestito e anaerobico:** Deve essere presente un sito controllato (per esempio rifiuti diretti a specifiche aree di deposizione, con sistema di controllo del fuoco) e include una caratteristica delle seguenti: (i) materiale coperto; (ii) compattatore meccanico; (iii) livellamento dei rifiuti.

<sup>2</sup> **Sito di stoccaggio gestito e semi aerobico:** Deve essere un sito controllato e includere uno delle seguenti strutture per introdurre aria: (i) copertura del materiale permeabile; (ii) sistema di dilavazione drenante; (iii) regolazione della pondera; (iv) sistema di ventilazione dei gas.

<sup>3</sup> **Sito di stoccaggio non gestito - profondo e/o alto:** Tutti i siti che non sono inclusi nei precedenti criteri e che hanno profondità maggiori o uguali a 5 metri.

<sup>4</sup> **Sito di stoccaggio non gestito - superficiale:** Tutti i siti che non sono inclusi nei precedenti criteri e che hanno profondità minori di 5 metri.

<sup>5</sup> **Sito non classificato:** Solo se i paesi non hanno una caratterizzazione dei siti tra gestito/ non gestito, può essere usato questo MCF.

**Figura 39:** Classificazione del sito di stoccaggio

Gran parte dei rifiuti nei siti genera gas composto approssimativamente dal 50% di CH<sub>4</sub>. Solamente materiale che include un contenuto sostanziale di grasso o olio genera una componente maggiore del 50% di CH<sub>4</sub>. La guida consiglia l'utilizzo di un valore di frazione di CH<sub>4</sub> generato nei gas (F) pari a 0.5.

## 7.3 Metodo di calcolo IPCC

Il valore di emivita ( $t_{1/2}$ ) è il tempo per il quale il  $DOC_m$  decade di metà della sua massa iniziale. Nelle equazioni precedenti è utilizzato il valore  $k$  definito come  $k=\ln(2)/t_{1/2}$ . Il valore di emivita varia secondo molti fattori quali la composizione dei rifiuti, le condizioni climatiche dove è localizzato il sito, le caratteristiche del sito, le pratiche di smaltimento, ecc. Si può passare dal valore più rapido ( $k=0.2$ , emivita a 3 anni) associato ad alta umidità e rapida degradazione in presenza di rifiuti quali cibo, a ben più lenti ( $k=0.02$ , emivita a circa 35 anni) che associa un sito con temperature secche e materiali lentamente degradabili quali il legno o la carta.

Valori di default riguardanti la generazione media di metano ( $k$ )									
Tipo di rifiuto		Zona climatica							
		Boreale e temperato (MAT $\leq 20^\circ\text{C}$ )				Tropicale (MAT $> 20^\circ\text{C}$ )			
		Secco (MAP/PET $< 1$ )		Bagnato (MAP/PET $> 1$ )		Secco (MAP $< 1000$ mm)		Umido e bagnato (MAP $\geq 1000$ mm)	
		Default	Range	Default	Range	Default	Range	Default	Range
Rifiuti lentamente degradanti	Carta / tessile	0,04	0,03 - 0,05	0,06	0,05 - 0,07	0,045	0,04 - 0,06	0,07	0,06 - 0,085
	Legno / paglia	0,02	0,01 - 0,03	0,03	0,02 - 0,04	0,025	0,02 - 0,04	0,035	0,03 - 0,05
Rifiuti moderatamente degradanti	Altro (non cibo) organico / rifiuti da giardino	0,05	0,04 - 0,06	0,1	0,06 - 0,1	0,065	0,05 - 0,08	0,17	0,15 - 0,2
Rifiuti velocemente degradanti	Cibo / fanghi di depurazione	0,06	0,05 - 0,08	0,185	0,1 - 0,2	0,085	0,07 - 0,1	0,4	0,17 - 0,7
Rifiuto misto		0,05	0,04 - 0,06	0,09	0,08 - 0,1	0,065	0,05 - 0,08	0,17	0,15 - 0,2

Figura 40: Valori parametro  $k$

Come accennato precedentemente, la guida IPCC fornisce un foglio di calcolo ad hoc progettato per il calcolo di tale valore, variando richieste e istruzioni a seconda della tipologia di rifiuto (municipale, industriale, rifiuto vario) che si sta trattando. Il requisito fondamentale è la conoscenza della tipologia di rifiuto che si sta trattando e la sua percentuale nella quantità totale.

### 7.3.3 Emissioni in acqua

L'ultima tipologia di calcolo riguarda le *emissioni in acqua* causate dallo scarico dei fanghi nel depuratore e nella rete fognaria. Le acque di scarico possono essere fonte di  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  quando trattate e disposte anaerobicamente. Le acque di scarico hanno origini differenti, in quanto possono essere domestiche, commerciali e industriali e possono essere trattate direttamente in sito (non raccolte), indirizzate ad un impianto centrale (raccolte), o raccolte non trattate e scaricate liberamente. Le acque sono definite domestiche quando derivanti da usi domestici mentre industriali quando derivanti da usi industriali.

Nelle zone più sviluppate, il trattamento più comune delle acque di scarico consiste in impianti di depurazione aerobica centralizzata sia per le utenze

domestiche che per le utenze industriali. In alcune occasioni, magari per evitare tariffe elevate di scarico o per soddisfare standard normativi, alcune industrie eseguono un pre-trattamento antecedente al rilascio in fognatura. I trattamenti che vengono effettuati negli impianti centralizzati possono essere classificati come primari, secondari e terziari. Nel primario, delle barriere rimuovono le componenti più grandi all'interno delle acque. Le particelle rimanenti hanno ora la possibilità di sedimentarsi. Il trattamento secondario consiste nella combinazione di processi biologici volti al biodegradamento dei micro organismi. Questi possono essere composti da stagni di stabilizzazione aerobica, filtri percolatori o processi a fanghi attivi, per fare alcuni esempi. Nel terziario si gestisce la purificazione di quello che è rimasto da agenti patogeni, contaminanti e nutrienti rimanenti come composti di azoto e fosforo. Ciò è ottenuto utilizzando una serie di processi che possono includere vasche di stagnatura / lucidatura, processi biologici, filtrazione avanzata, assorbimento di carbonio, scambio ionico e disinfezione.

La produzione di metano avviene successivamente alla degradazione anaerobica delle acque di scarico. L'estensione della produzione dipende principalmente dalla quantità di composto organico presente, dalla temperatura e dal tipo di trattamento subito. La temperatura ha la capacità di influenzare prepotentemente la produzione di  $\text{CH}_4$  in quanto con un suo aumento si ha un aumento sostanziale di emissione, ma con una temperatura minore di  $15^\circ\text{C}$  si assiste ad un congelamento della produzione. I parametri principali per misurare l'ammontare di composti organici sono la Biochemical Oxygen Demand (BOD) e la Chemical Oxygen Demand (COD), indici delle quantità di microrganismi aerobi (nel primo caso) e di composti organici e inorganici (nel secondo caso), i quali vengono riportati anche nelle relazioni dei rilievi effettuati.

La guida specifica il fatto che in caso di impianti di depurazione e fognature chiuse e sotterranee, tali acque non possono essere considerate fonte significativa di  $\text{CH}_4$ . In quanto tale situazione rispecchia il nostro caso, si può ritenere che le emissioni di metano siano considerabili nulle.

Per quanto riguarda la produzione di ossido di diazoto, essa si associa alla decomposizione dell'azoto nelle acque. Tale emissione può essere generata durante i processi di nitrificazione e denitrificazione del azoto presente. La nitrificazione è un processo aerobico che converte l'ammoniaca e altri composti di azoto in nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ), mentre la denitrificazione avviene in condizione anossiche (senza ossigeno libero), e produce la conversione dei nitrati in gas di azoto ( $\text{N}_2$ ). Quindi l'emissione può succedere in entrambi i processi ma essa si associa molto di più con la denitrificazione.

In quanto il sistema presente in azienda comprende il direzionamento di tali scarti verso un sistema di depurazione, chiuso e interrato. Tale condizione definisce una situazione per cui l'emissione di metano ( $\text{CH}_4$ ) si ritiene quasi teoricamente nulla, in quanto si va a chiudere l'uscita di tali emis-

sioni, successivamente filtrate attraverso l'impianto di depurazione che ne contiene l'uscita verso l'esterno.

Per quanto riguarda l'emissione di  $N_2O$  non sono forniti decision tree in quanto presente un unico approccio. Tali emissioni devono essere stimate solo per paesi che effettuano trattamenti di nitrificazione e denitrificazione sulle acque di scarico.

Si definisce, quindi, l'emissione indiretta di  $N_2O$  dagli effluenti per il trattamento delle acque reflue, che è scaricato negli ambienti acquatici, come:

### Emissione di $N_2O$ dalle acque di scolo

$$Emissione\ N_2O = N_{EFFLUENTE} * EF_{EFFLUENTE} * 44/28 \quad (10)$$

dove:

- Emissione  $N_2O$  sono le emissioni di  $N_2O$  nell'anno considerato, [kg  $N_2O$ /anno];
- $N_{EFFLUENTE}$  come il nitrogeno negli effluenti sversato negli ambienti acquatici, [kg N/anno];
- $EF_{EFFLUENTE}$  pari al fattore di emissione per le emissioni di  $N_2O$  presenti nell'acqua di scarico, [kg  $N_2O$ -N/ kg N];
- 44/28 è il fattore di conversione da kg  $N_2O$ -N a kg  $N_2O$ .

La guida fornisce di default il fattore di emissione, pari a 0.005 kg  $N_2O$ -N / kg N (range da 0.0005 – 0.25), il quale è basato su dati raccolti sul campo e su specifiche assunzioni, a seconda della tipologia di sistema usato per il trattamento. L'assunzione effettuata per i sistemi chiusi e interrati riguarda le modalità di emissione dell'azoto, le quali vengono considerate scaricate con l'effluente.

Il documento indica tuttavia tale settore, quello del calcolo delle emissioni di ossido nitroso dalle acque di scolo, come quello con maggiori incertezze in termini di valori calcolati in quanto non si è tuttora in possesso di sufficienti informazioni in grado di migliorare tale sistema di misurazione.

#### 7.3.4 Energia consumata

Si è affrontato anche il fattore dell'energia consumata per i processi produttivi nelle varie fasi precedentemente illustrate. Come si può ricordare precedentemente, si era accennato alla presenza di un contratto 100% rinnovabile siglato tra l'azienda e il fornitore; ebbene in ottica di procedere alla costruzione del foglio di calcolo si è deciso di affrontare anche questo fattore così da poter definire una metodologia per la sua misurazione. Si era già in precedenza misurato e calcolato i kWh consumati per singolo pezzo da ogni macchinario adetto alla lavorazione per questa serie di prodotto. Durante le ricerche per la definizione di una linea di studio ci si è imbattuti su dei fattori di conversione per il calcolo dei gas inquinanti

misurati dall'ENEA (Agenzia Nazionale Efficienza Energetica), la quale riporta i parametri relativi ai quattro processi inquinanti più comuni nella produzione di energia elettrica.

Emissioni CO <sub>2</sub>	
Vettori energetici	[kg CO <sub>2</sub> / kWh]
Carbone	0,37
Gas naturale	0,21
Gasolio	0,28
Olio combustibile	0,29

**Figura 41:** Fattori di emissione del mix energetico

Ogni vettore energetico è stato confrontato con le percentuali calcolate di mix energetico fornite da Terna e mostrate nella tabella 41. E' necessario effettuare una precisazione in quanto nella tabella appena citata è presente la voce "Prodotti petroliferi": nel foglio consultato si definisce tale come comunemente composta da un 50% di gasolio e un altro 50% di olio combustibile.

Come si può notare in questa situazione non si è utilizzato la guida fornita da IPCC in quanto sono state ritrovate indicazioni più precise, calcolate direttamente da una società nazionale e quindi ritenibili più affidabili rispetto a quelle indicate sul documento.

Una volta calcolata l'energia consumata durante il processo è stato sufficiente suddividerla per vettore energetico e moltiplicare per ogni fattore di conversione relativo.

#### Emissione CO<sub>2</sub> nella produzione di energia elettrica

$$Emissione\ CO_2 = En.\ consumata * (\%Carb. * EF_{Carb.} + \%Gas\ nat. * EF_{Gas\ nat.} + \%Prod.\ petrol./2 * EF_{Gasolio} + \%Prod.\ petrol./2 * EF_{Olio\ comb.}) \quad (11)$$

#### 7.4 Calcolo emissioni

I dati ricavati dall'inizio della valutazione sono stati quindi:

- Codice descrittivo dei componenti;
- Quantità di pezzi utilizzati;
- Fornitore del componente;
- Mezzo di trasporto del componente;

- Consumi relativi al mezzo;
- Tragitto effettuato dal componente;
- Volume degli imballaggi (sia trasporto stradale che marittimo);
- Macchinari di lavorazione;
- Consumi dei macchinari;
- Mix energetico italiano;
- Scarti di produzione;
- Sfridi dovuti alla lavorazione;
- Volume dei cassoni per lo stoccaggio degli sfridi;
- Misurazioni sugli scarichi fognari;
- Misurazioni sui camini di emissione in aria;
- Scelta dei fattori di emissione appropriati.

Si è così richiesta una profonda conoscenza della composizione del prodotto finito, di tutti i passaggi di lavorazione e delle trasformazioni subite dei materiali, delle emissioni sia per quanto riguarda l'aria che l'acqua e degli scarti che la linea produce.

Il primo punto riguarda la misura del tragitto effettuato dai singoli componenti, dividendo tra tipologie di mezzo utilizzato. È stata creata una tabella comprendente i componenti considerati e le loro caratteristiche utili al calcolo, quali nome del fornitore, distanza del tragitto, numero di pezzi e volume per lotto e si fornisce come risultato il valore di distanza specifica per singolo componente e per singolo fornitore.

Codice	Descrizione componente	Fornitore	Distanza tragitto [km]	N° pezzi per lotto	Volume lotto [m <sup>3</sup> ]	Distanza specifica [km]	Distanza specifica fornitore [km]
002220410	ANEL TEN V14A	FREUDENBERG SEALING TECH. SAS	375	6000	0,0252	0,00371	0,007318
002220413	ANEL TEN V20A	FREUDENBERG SEALING TECH. SAS	375	3000	0,0252	0,00361	
002630660	DADO M12 UNI 5588 65 ZNT	FONTANA FASTENERS ITALIA SPA	213	500	0,00142	0,272	0,275
002635209	ROSETTA 10,5X20 ISO 7089 55 ZNT	FONTANA FASTENERS ITALIA SPA	213	1000	0,000785	0,00302	
140760160	VENT D130 MOT SM GR80	SAVIPLAST S.N.C.	17,4	100	0,640	0,168	0,168

**Figura 42:** Tabella caratteristiche dei componenti

Come nella tabella esemplificativa si può notare, si è raggruppato i vari componenti per fornitore corrispondente in modo tale da ottenere un'indicazione di distanza effettuata da ogni singolo fornitore più facilmente calcolabile.

Precedentemente il valore di distanza specifica per singolo pezzo è stato calcolato come:

$$Distanza\ specifica = \left[ \frac{\sum pezzi\ utilizzati}{pezzi\ per\ lotto} \right] * \left[ \frac{V\ lotto}{V\ camion} \right] * Distanza\ tragitto \quad (12)$$

riguardante i componenti in cui è presente l'indicazione di volume, mentre:

## 7.4 Calcolo emissioni

$$Distanza\ specifica = \left[ \frac{pesi\ pezzi\ usati}{capacita'\ kg\ camion} \right] * Distanza\ tragitto \quad (13)$$

per quelli in cui è presente solo la quantità di peso utilizzata.

La distanza specifica per fornitore è semplicemente la sommatoria di tutti i componenti che provengono appunto dallo stesso fornitore.

Fornitore	Quantità acquistata [pz] / [kg]	Dist. specifica [km]	
		Autoartic.	Portacont.
ACCIAI SPECIALI TERNI SPA	6400,611	32,965	-
ACEBSA	141,070	1,407	0,024
BALZARIN SILVERIO & C. SNC	135497	0,260	-
C.M.L. A & G SRL	4939	0,000	-
C.R. SPA	562	0,066	-
CASTECH SRL	0,812	0,000	-
CPC INOX SPA	44,320	0,967	-
ELANTAS EUROPE GMBH	21,502	0,207	-
ELLEPI BOX S.R.L.	274	1,462	-
ESSEX ITALY SPA	98,539	2,028	-
F.LLI DAL FIOR SAS	321	0,043	-
FILMCUTTER SRL	7,393	0,003	-
FONTANA FASTENERS ITALIA SPA	184796	5,930	-
FREUDENBERG SEALING TECH. SAS	337	0,009	-
G.M.S. SRL	330	0,131	-
INARCA SPA	4284	0,091	-
ITALGRAFICA SISTEMI SRL	29818	0,021	-
ITALVITI SRL	44445	0,019	-
ITW INDUSTRIAL COMPONENTS SRL	255	0,336	-
LOWARA VOGEL POLSKA SP.Z.O.O.	149550	11092,868	-
MACON RESEARCH SRL	0,989	0,012	-
METALPRES SRL	4024	0,953	-
METALPRESS SPA	164	0,115	-
MEVIS S.P.A.	9882	0,096	-
MITO SRL	4936	0,603	-
NSK ITALIA SPA	658	5,559	-
OLDRATI S.P.A.	330	0,002	-
OUTOKUMPU SPA	1295,129	2,464	-
POSCO ITPC S.P.A.	211,020	1,661	-
QINGDAO GBS MACHINERY	4914	42,548	107,945
R.E.D. SRL	328	0,327	-
RODACCIAI SPA SOCIO UNICO	295,304	3,234	-
ROTEN SRL IND.ELETT.DI PREC.	4779	0,149	-
SAN GIOVANNI SRL	324	4,223	-
SANDVIK TOOLING DE. GMBH	9908	51,812	-
SAVIPLAST S.N.C.	14442	0,493	-
SEALED AIR SRL	40,736	0,700	-
T.P.I. TUTTO PER L'IMBALLO	12625	1,334	-
TECNICA TARGHE SRL SOC.UNIPER.	9745	0,000	-
UGITECH ITALIA SRL	1819,503	17,012	-
UNICHIMICA SRL	0,494	0,000	-
XIAMEN MAINFENG SEAL PRODUCTS	9724	2,122	16,264
YANGZHOU GENYUAN REF.MAC.IND.	9152	0,147	0,221
ZOMA SRL	19543	2,926	-
VF S.P.A.	-	0,017	-
<b>Totale</b>		<b>11277,326</b>	<b>124,454</b>

Figura 43: Distanza specifica componenti

Si è aggiunto alla tabella il valore relativo alla quantità di pezzi acquistati, sia come numero di pezzi sia come quantità in kilogrammi di materiale (valori decimali).

Il valore risultante del tragitto percorso, diviso tra i due mezzi, è stato successivamente utilizzato come base per il calcolo delle emissioni relative. Tramite le formule esposte nel paragrafo 3 precedente si è arrivati alla definizione di tali valori.

Fattore	CO <sub>2</sub> [kg]	CH <sub>4</sub> [kg]	N <sub>2</sub> O [kg]
Trasporto stradale	7411,1694	0,3901	0,3901
Trasporto navale	131404,2298	12,4134	3,5467

Figura 44: Emissione dei trasporti

Si arriva così al calcolo delle emissioni dovute allo smaltimento degli scarti, definito come il degradamento della parte organica presente nei materiali. In questa situazione si è diviso gli scarti come da categorie proposte all'interno della guida nella sezione rifiuti industriali, definendo per ognuna la quantità, espressa in kg, e la percentuale sullo scarto totale.

Categoria	Peso [kg]	%
Metalli	3141274	99,88
Prodotti petroliferi, solventi, plastica	3478,659	0,1106
Cellulosa e carta	158,0047	0,005024
<b>Totale</b>	<b>3144911</b>	<b>100</b>

Figura 45: Componenti degli sfridi

Come definito nei paragrafi precedenti, i materiali che sono sottoposti a degradazione sono, in questa situazione, gli scarti composti da carta e cellulosa. Più precisamente tali componenti sono parti che compongono gli imballaggi, in poche parole i cartoni che formano l'involucro esterno atto all'imballaggio.

Due parametri presenti in questa tabella vengono utilizzati per i nostri calcoli: il primo è la parte percentuale di materiale che si degrada, la componente di carta e cartone, nella definizione del parametro DOC, alla formula 5 come parametro  $W_i$ , mentre il secondo è la quantità complessiva di scarto calcolato che va inserito all'interno della formula 4, come parametro  $W$ . Successivamente a tali misurazioni e considerazioni, è possibile definire le emissioni di metano (CH<sub>4</sub>) ad essi dovute, tramite le formule precedentemente illustrate.

Quantità scarti [kg]	CH <sub>4</sub> [kg]
3144911	0,5948

**Figura 46:** Emissione degli scarti

Il prossimo fattore considerato riguarda la definizione delle emissioni derivanti dallo sversamento a depuratore delle acque di scolo. Dalla denuncia di approvvigionamento idrico autonomo dell'anno 2017 si possono ritrovare i parametri che caratterizzano tali scarichi, come di seguito indicati:

Caratteristiche chimico fisiche dei liquami scaricati		
Parametro	Valore	U.M.
Scarico in depuratore	27781	m <sup>3</sup>
C.O.D.	100	mg/l
Materiale in sospensione	9,75	mg/l
Ammoniaca (NH <sub>4</sub> )	0,375	mg/l
Nitrati (N)	4,35	mg/l
Fosforo tot (P)	0,93	mg/l

**Figura 47:** Caratteristiche dei liquami scaricati

Da questi componenti è ora possibile ricavare le emissioni, prendendo il parametro rilevato di nitrati e quello del valore di scarico nel depuratore. Una volta calcolato la quantità di nitrati scaricati, moltiplicando la quantità sversata per il valore specifico dei nitrati, effettuato convertendo i m<sup>3</sup> in litri e ipotizzando una conversione pari a quella dell'acqua, è stato sufficiente sostituire tale parametro nella formula 10 teorizzata precedentemente.

Quantità di nitrati scaricati [kg]	N <sub>2</sub> O [kg]
120,8474	0,9495

**Figura 48:** Emissione dei liquami

In quanto al calcolo delle emissioni provenienti dalla produzione di energia elettrica si posseggono già tutti i dati necessari, come identificati nel paragrafo precedente, quali il consumo di energia espresso in kWh, le per-

## 7.5 Global warming potential (GWP)

centuali di vettori energetici che compongono la produzione e i fattori di conversione per ogni vettore espressi in kg CO<sub>2</sub> / kWh. Si avrà quindi:

Emissioni CO <sub>2</sub> da produzione di energia elettrica					
	Carbone	Gas naturale	Gasolio	Olio combustibile	Totale
Energia [kWh]	6073,729	14907,529	155,082	155,082	39261,335
Emissioni CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]	2247,280	3130,581	43,423	44,974	5466,258

**Figura 49:** Emissione dell'energia consumata

Analizzando la tabella, nella riga dell'energia consumata, si può notare come la sommatoria dei quattro componenti indicati non corrisponde all'energia totale consumata. Infatti nel mix energetico si indica come energia termoelettrica non rinnovabile il 54,2% della totale consumata. Facendo un rapido conto si può dimostrare che tale sommatoria indica un valore di 21291,42 kWh che è pari proprio al 54,2% della totale.

## 7.5 Global warming potential (GWP)

Come si è potuto notare i calcoli effettuati hanno portato alla definizione delle varie tipologie di emissioni a seconda dei fattori considerati e delle condizioni al contorno in cui essi sono stati ipotizzati. Si è quindi potuto ottenere un'indicazione specifica dei valori di emissioni riguardanti l'ossido di diazoto (N<sub>2</sub>O), l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e il metano (CH<sub>4</sub>). Allo stato dei fatti non si è in grado di dare un peso univoco alle varie componenti, essendo gas che generano effetti diversi sull'ambiente. La stessa guida tratta tale problematica con diverse soluzioni, descritte anche nel capitolo relativo alla ISO 14040.

Si è deciso di seguire la strada indicata nel paragrafo “*Caratterizzazione*”, capitolo 3: al suo interno si descrive il processo per cui è possibile fornire un'indicazione unica, tramite unico parametro, che riguardi i diversi fattori in campo e i rispettivi gas emessi. Il parametro comune è definito nella componente di CO<sub>2</sub>: ciò significa che i valori di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O saranno convertiti in valori equivalenti di CO<sub>2</sub>, attraverso una semplice equazione. Tutto ciò è possibile attraverso l'utilizzo di un fattore, detto di *caratterizzazione*, con la funzione di convertire i valori misurati. La ricerca di tali fattori non si è dimostrata complicata in quanto è stato sufficiente associare il gas ricercato con il fattore di conversione corrispondente tramite una tabella completa già fornita all'interno della guida stessa, come nell'esempio qui in seguito. La stessa tabella fornisce informazioni riguardanti il valore di emivita del gas (t<sub>1/2</sub>), espresso in anni necessari al gas per dimezzare la sua massa, e di due valori di Global Warming Potential (GWP) riferiti ad un arco temporale di 20 e 100 anni. Il fattore di caratterizzazione da noi ricercato è il parametro di GWP riferito a 100 anni.

## 7.5 Global warming potential (GWP)

Valori di Global Warming Potential (GWP) relativo alla CO <sub>2</sub>				
Gas	Formula chimica	Valore di emivita (t <sub>1/2</sub> )	GWP (20 anni)	GWP (100 anni)
Diossido di carbonio	CO <sub>2</sub>	-	1	1
Metano	CH <sub>4</sub>	12,4	84	28
Ossido di diazoto	N <sub>2</sub> O	121	264	265

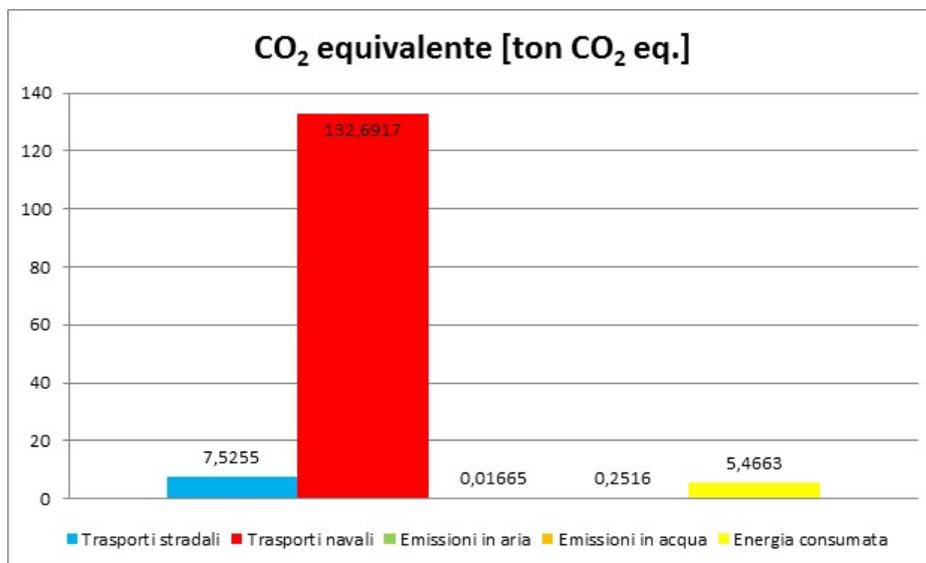
**Figura 50:** Valori di GWP

Il calcolo di CO<sub>2</sub> equivalente si ottiene facilmente moltiplicando la massa del gas serra preso in considerazione per il parametro GWP, precedentemente definito, per il quale vale il confronto tra gli effetti del gas serra e dell'anidride carbonica.

Conversione GWP					
Tipologia fattore	Gas	GWP	Quantità gas [kg]	Quantità CO <sub>2</sub> eq. specifica [ton CO <sub>2</sub> ]	Quantità CO <sub>2</sub> eq. per fattore [ton CO <sub>2</sub> ]
Trasporto stradale	CO <sub>2</sub>	1	7411,1694	7,4112	7,5255
	CH <sub>4</sub>	28	0,3901	0,01092	
	N <sub>2</sub> O	265	0,3901	0,1034	
Trasporto navale	CO <sub>2</sub>	1	131404,2298	131,4042	132,6917
	CH <sub>4</sub>	28	12,4134	0,3476	
	N <sub>2</sub> O	265	3,5467	0,9399	
Emissioni in aria	CH <sub>4</sub>	28	0,5948	0,01665	0,01665
Emissioni in acqua	N <sub>2</sub> O	265	0,9495	0,2516	0,2516
Energia consumata	CO <sub>2</sub>	1	5466,2576	5,4663	5,4663

**Figura 51:** Confronto delle emissioni dei fattori considerati

Da questo momento è possibile effettuare una valutazione dei fattori tramite confronto, con la possibilità di graficare i risultati e di poter esprimere anche un giudizio visivo.



**Figura 52:** Grafico delle emissioni

Il risultato in questa circostanza è molto chiaro e lascia poco spazio ai commenti. Le emissioni prodotte dalla combustione che avviene all'interno degli enormi motori che trainano le navi portacontainer sono di gran lunga le più elevate confrontate con gli altri fattori che sono stati valutati. Già effettuando una semplice ricerca si può ottenere una conferma dei dati calcolati: i gas di scarico delle navi sono considerate un importante fonte di inquinamento atmosferico che, secondo alcuni dati, è responsabile del 18-30% della contaminazione da ossido di azoto e del circa 9% da ossido di zolfo. Si ritiene poi che l'olio combustibile utilizzato per alimentare i motori diesel, che forniscono la locomozione a quelle navi, contenga alti quantitativi di zolfo ma, per via del suo basso costo, viene largamente utilizzato. La combustione di tale carburante porta allo sprigionamento di grandi quantità di diossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e polveri sottili, insieme a monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e idrocarburi. Per portare un raffronto tangibile, si stima che una nave emetta circa 50 volte maggiori quantità di zolfo rispetto ad un camion, relativo a tonnellata di carico trasportato.

---

## 8 Implementazione metodo di calcolo

Nell'ultimo punto dello studio si richiedeva di affrontare la creazione di un programma di calcolo in grado di definire separatamente e congiuntamente l'impatto dovuto alla produzione di un elettropompa. Si è manifestata l'intenzione di utilizzare le fasi studiate precedentemente con la possibilità che vengano implementate su di un file Excel in grado di valutare ogni prodotto che esce dallo stabilimento. Si riteneva che la sfida risiedesse nella capacità di farlo fornendo in ingresso al foglio di calcolo il minor numero possibile di informazioni, rendendolo capace di scegliere autonomamente i parametri necessari per una corretta valutazione. Si è deciso di prendere come punto di partenza i codici componenti che formano il prodotto finale in quanto tramite loro si ha la possibilità di fornire una chiara descrizione delle caratteristiche, dei cicli di lavorazione e dei macchinari utilizzati. Come si è potuto intuire, la richiesta principale per il corretto funzionamento del foglio è la definizione di tutti i componenti d'acquisto o semilavorati (non quelli grezzi) che compongono l'elettropompa che vuole essere analizzata.

Il foglio si compone di 6 facciate che dovranno essere visionate e completate nei punti mancanti per permettere la valutazione. La prima tratta una breve introduzione: molto riassuntivamente si definiscono i criteri di valutazioni utilizzati e i fattori analizzati al suo interno. Sono presenti nella parte bassa del foglio alcune precisazioni e informazioni fondamentali per il calcolo. La prima richiede sia definito il periodo di tempo su cui si basa l'attività di studio, con il consiglio di prendere come riferimento tempistiche maggiori dell'anno o tutt'al più di un anno, come definito dalla guida IPCC. Si è posizionato, poco più in basso, una lista di informazioni da ricavare, divise per argomento trattato, che dovranno essere inserite in quanto relative a particolari situazioni o a parametri che possono variare nel tempo. Una volta a conoscenza di tali informazioni si ha la possibilità di cominciare la valutazione.

In quanto alla seconda facciata si presenta il primo fattore da analizzare: il *trasporto*. Nella lista delle informazioni mancanti presente nella prima facciata si richiede la conoscenza degli elementi che compongono il prodotto finale, ovvero i loro codici descrittivi, e il valore che identifica il numero di pezzi utilizzati. Inserendo nelle apposite caselle le informazioni richieste, compaiono le indicazioni principali che descrivono il componente: si ottiene il nome sotto cui è archiviato il pezzo, il fornitore e le modalità di trasporto, completate dall'alimentazione dello stesso. Si avrà in uscita il valore, espresso in tonnellate di CO2 equivalente, di gas inquinanti emessi specifici per ogni componente sottoposto a valutazione.

La terza facciata affronta lo studio del fattore *energia consumata*: in questa sezione si verifica l'energia consumata durante le fasi di lavorazione dei pezzi singoli per la realizzazione del prodotto finito. Secondo la lista fornita nell'introduzione, si richiede una conoscenza del ciclo produttivo così da avere la capacità di riconoscere eventuali errori dovuti alla mancanza

---

nell'indicazione di processi di lavorazione. Non è necessario, invece, inserire nessuna tipologia di valori in quanto ogni informazione viene ripresa dalla sezione “*trasporto*” e i componenti vengono successivamente associati al macchinario che li lavora. Anche in questo caso viene fornito come valore di uscita il valore di emissione di gas inquinante specifico per ogni singolo componente.

La quarta sezione è relativa alle *emissioni in acqua*, quelle dovute agli scarichi delle acque di scolo. In questa situazione si richiede la ricerca di due informazioni basilari: il volume di liquido scaricato in m<sup>3</sup> e la componente di nitrati misurata durante i rilievi effettuati. In questa situazione è possibile, nel caso di disponibilità del valore, misurare le emissioni specifiche di qualsiasi linea o macchinario. Anche qui il risultato è l'emissione specifica di CO<sub>2</sub> equivalente proveniente dalle acque di scarico.

La quinta sezione tratta degli sfridi e degli scarti prodotti durante tutte le fasi di produzione, definita *emissioni in aria*. In questo caso la valutazione si divide in due parti: la parte scarti e la parte sfridi. Per la parte scarti si richiede la conoscenza della quantità totale di materiale che viene messo da parte, dividendola in categorie quali tessile, legno e suoi prodotti, cellulosa e carta e gomma. Questa sarà successivamente sommata alla parte sfridi, la quale non richiede l'aggiunta di informazioni ma si associa al codice componente corrispondente presente nelle pagine precedenti; il codice fornirà dei valori di sfridi solo nel caso esso abbia subito delle trasformazioni che ne abbiamo asportato materiale. In uscita si ottengono due valori derivanti da due aspetti legati a questa attività: la prima è l'emissione prodotta dalla degradazione del materiale organico presente all'interno del materiale, mentre la seconda è l'emissione dovuta al trasporto di tali scarti nel sito delegato alla loro lavorazione.

L'ultima è la facciata conclusiva la quale riporta il confronto tra le sezioni trattate precedentemente, con la possibilità di ottenere un giudizio visivo di tale studio tramite grafico. Si può così avere una valutazione complessiva di tutte le fasi di lavorazione sottoposte a valutazione, per qualsiasi linea produttiva e per diverse quantità prodotte.

---

## 9 Conclusioni

Si è così definita la metodologia esposta dalla guida IPCC 2006, e successivamente impostata la valutazione secondo i dettami della norma 14040, riguardo alla valutazione di impatto ambientale nella produzione di un elettropompa nello stabilimento Xylem-Lowara di Montecchio Maggiore. Lo scopo di tale studio era quello di definire una valutazione quantitativa delle emissioni inquinanti prodotte durante tutto il processo fin qui descritto, con la creazione di un foglio di calcolo che fosse in grado di poter allargare tale studio a qualsivoglia tipologia di pompa uscente dallo stabilimento. Lo studio effettuato, comprendente tutti gli aspetti trattati, ha avuto la possibilità di essere esaminato da un consulente incaricato alla certificazione dell'azienda relativamente alla normativa ISO 14001. Tale studio è stato presentato e discusso, mostrando risultati e possibili scenari di miglioramento, incontrando infine un parere positivo sul lavoro effettuato.

Si riconoscono tuttavia alcune limitazioni relative sia allo studio effettuato sia alla stesura del programma di calcolo. Infatti è necessario considerare che l'esempio analizzato riguarda solo una delle numerose serie di pompe prodotte da tale stabilimento e non si può nascondere la possibilità che possano presentarsi alcune problematiche nella valutazione di altre serie. Si ritiene che sia ancora possibile ampliare la quantità di informazioni ottenibili in una successiva valutazione, in quanto si è ritenuto, all'inizio di questo percorso, di scegliere la situazione che possa comprendere il maggior numero di fattori da vagliare ma anche quello con minori punti oscuri in quanto trattato da molti anni. D'altronde le situazioni in cui possono sorgere delle differenze nei fattori analizzati sono molteplici, come ad esempio da variazioni dei processi produttivi o da mezzi di trasporto non considerati. Si richiederà quindi in un secondo momento l'approfondimento di tale questione, con uno studio di eventuali variazioni da apportare.

Un altro aspetto importante che non si è avuto modo di trattare con la dovuta accuratezza riguarda la ricerca o il calcolo dei parametri, come per esempio i fattori di emissione, specifici per i fattori analizzati, secondo il contesto e le condizioni da cui essi dipendono. Tali valori sono frutto di studi approfonditi, ottenuti tramite misurazioni o osservazioni dirette del fenomeno e delle sue conseguenze, cosa che in questa valutazione non è stata possibile per mancanza di tempo e di conoscenze. Quindi non deve sorprendere l'utilizzo ripetuto dei valori standard presenti all'interno della guida; durante la loro selezione si è seguito diligentemente le istruzioni per una corretta individuazione del parametro ricercato, quindi possono essere supposti come sufficientemente attendibili ai fini del calcolo. Si riporta anche la mancanza di valori precisi nelle informazioni reperite all'interno dell'azienda, come ad esempio i dati di pezzi scartati, in quanto catalogati complessivamente secondo il codice descrittivo e non secondo la linea produttiva; si è quindi ricorso ad un'interpolazione che avvicina al risultato esatto ma difficilmente lo centra.

---

Un altro limite che si può contestare allo studio riguarda la mancanza nella considerazione di altri due fattori che però possono non essere considerati direttamente collegati al processo di produzione dell'elettropompa. Tali fattori sono quelli relativi al consumo energetico della zona uffici e all'emissione dovuta all'utilizzo di impianti termici per il riscaldamento sia della zona uffici che di quella produzione. Essi possono essere comunque considerati produttori di gas inquinanti, a causa del consumo di energia e della combustione di gas come il metano per la produzione di calore. Una motivazione per cui tali aspetti non sono stati considerati risiede nel fatto che non è possibile definire la quota parte relativa alla linea produttiva specifica ma sarà possibile implementare tali aspetti solo nel momento in cui lo studio andrà a coinvolgere l'intero stabilimento. Saranno, in questo specifico caso, altri aspetti, molto probabilmente significativamente impattanti, che dovranno essere presi in causa.

Durante le ricerche effettuate, in molteplici relazioni lette e su numerose liste di possibili miglioramenti ritrovate si è colta un'indicazione che si è ripetuta più e più volte e che è sempre stata indicata come una delle basi per diminuire l'emissione dei gas inquinanti. Esso è un fattore che non dipende né dai macchinari né da condizioni ambientali o di locazione del fattore stesso: esso è il fattore umano. In gran parte degli articoli un punto chiave per il miglioramento è indicato nell'istruzione e nella sensibilizzazione delle persone affinché siano in grado di prendere decisioni sempre più ecosostenibili; affinché tali studi abbiano realmente significato è necessario che tutto il personale, e non solo le persone addette a tali studi, siano informate e attivamente partecipanti per il raggiungimento di un obiettivo che possa portare ad un bene comune.

Tutte queste difficoltà nel reperimento dei parametri o di misurazione dei valori si potrebbero evitare implementando le misure di monitoraggio delle attività interne all'azienda. Si richiederebbe che ogni linea possa avere un autonomo sistema di misurazione e di monitoraggio per ogni fattore qui definito. Un esempio molto semplice è l'energia consumata: potendo monitorare direttamente la linea di produzione si avrebbe accesso diretto ai valori di consumo. Un monitoraggio per ogni linea darebbe la possibilità all'azienda stessa di ottenere informazioni importanti riguardo alle linee più energivore, potendo pensare a soluzioni migliori.

Lo stesso si può dire riguardo alle emissioni provenienti dai camini montati sui macchinari e sugli scarichi di acqua provenienti dai processi di lavorazione. Dei sistemi di misurazione nei camini consentirebbero un maggiore controllo delle emissioni, eliminando l'attuale sistema di rilevazioni presente tutt'oggi che viene eseguito ogni 3 anni. Lo stesso scarico di acqua dopo le lavorazioni dovrebbero essere monitorati per le stesse motivazioni ricavate per l'energia consumata: l'acqua è un elemento che deve essere preservato e per la quale si richieda che il suo utilizzo venga monitorato in ottica di un abbassamento del suo consumo. Ritengo indispensabile che tutto l'intero sistema possa essere monitorato direttamente da un compu-

---

ter, cioè che esso sia informatizzato e che abbia la possibilità di trasmettere i parametri misurati così da rendere più semplice ed immediata la sua consultazione. Si avrebbe con più immediatezza anche la misurazione delle emissioni tramite la metodologia spiegata in questo studio, con dati più accurati, in fatto di tempistiche di acquisizione, e precisi, come loro misurazione.

---

## Ringraziamenti

Questo scritto termina un lungo percorso di più di 18 anni di studio che mi ha portato al conseguimento di questo risultato. La strada che ho intrapreso mi ha portato in altri paesi, a confrontarmi con altre realtà e ad incontrare persone a cui devo molto e che hanno avuto la capacità di accompagnarmi lungo il tragitto e di sostenermi. Un primo pensiero va a chi mi ha sempre sostenuto, fin dal primo giorno, a chi, anche se in silenzio, è sempre stato pronto ad appoggiarmi nelle scelte che si sono presentate, a gioire nei momenti felici ma anche a dare conforto nei momenti delicati o in quelli in cui sembrava che le cose dovessero complicarsi: dovrò sempre ringraziare la mia famiglia, a mamma, papà e Greta, dove senza di loro tutto ciò sarebbe stato sicuramente più difficile.

Ovviamente è necessario nominare una lunghissima serie di amici che mi hanno accompagnato, da quelli vicini a quelli in giro per l'Europa. I primi sono quelli che da più tempo sono sempre al mio fianco, da Daniele, Mattia e Francesca, Filippo e Francesca, Paolo e Anna, a quelli che hanno fatto questo cammino con me, Matteo De Grandi, Enrico Tusini, Mattia Piazza, Kristian Gazvoda, Mirko Piazza, Pietro Priante, Alberto Capitanio, Nicolò Spagnuolo, Thomas Dametto, Andrea Luison, Enrico Arlango e tutti i ragazzi che ho conosciuto in università. Non voglio dimenticare gli amici, molto più che colleghi, con cui ho lavorato in 5 anni di servizio in pizzeria, partendo dal capo Andrea, e i tanti colleghi come Rachele, Michela, Lidia, Chiara, Viviana, Zoran, Gianmaria e tutti gli altri. Una menzione speciale va agli amici con cui ho trascorso il periodo in Portogallo, Filippo, Vasiliki, Eszter, Gaia, Tiago, che hanno allietato il mio tempo lontano da casa. Ultimi, ma non ultimi, i colleghi che sono stati un supporto fondamentale nello svolgimento e nella scrittura di questo documento, sempre disponibili e attenti alle mie richieste; una nomina speciale va quindi anche al mio co-relatore, l'ingegner Matteo Cipelli, all'ingegner Valentina Freddo e all'ingegner Federico Sessa, oltre a tutta l'azienda Xylem-Lowara con cui ho collaborato.

Sono stati anni duri ma grazie a loro tutto è sempre trascorso più semplicemente. GRAZIE

---

## 10 Bibliografia

### Riferimenti bibliografici

- [1] Confindustria Vicenza, *Sistemi di gestione ambientale: guida pratica ai requisiti della norma ISO 14001 ED. 2004 e del regolamento EMAS II*, 2010
- [2] Romagnoni, Piercarlo, *Valutazione del ciclo di vita LCA*, Università IUAV di Venezia
- [3] Kun-Mo Lee, Atsushi Inaba, *Life cycle assessment, best practices of ISO 14040 series*, 2004
- [4] Xylem-Lowara, *Metodologia e criteri di valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza e degli aspetti/impatti ambientali*, 2013
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory*, 2006
- [6] Viegand Maagoe, Van Holsteijn, *Ecodesign pump review*, Study of Commission Regulation N. 547/2012 , 2018

