

APAT
Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici

Tesi di stage
I sessione 2005

METODOLOGIE PER L'ANALISI DEI CICLI PRODUTTIVI

Ing. Alessia Bianchi

Tutor: Ing. Giorgio Grimaldi
CoTutor: Dott.ssa Paola Sestili

PREFAZIONE

L'analisi dei cicli produttivi ha lo scopo di valutare l'impatto sull'ambiente delle attività umane tecniche e tecnologiche, finalizzate alla produzione di beni e servizi.

I cicli produttivi sono parte essenziale e determinante dei comparti produttivi, dal punto di vista delle analisi ambientali.

La metodologia sviluppata dal "Gruppo di lavoro nazionale APAT¹/ARPA² per le analisi dei comparti produttivi" (costituito nel 1997) si è andata man mano arricchendo di nuovi elementi, ed è stata validata in campo attraverso l'applicazione a comparti produttivi diversi. In particolare, dopo le prime esperienze a livello regionale, si è passati ad analisi multiregionali, tendenzialmente a livello di filiera su base nazionale. Tale impostazione consente anche una valutazione comparativa delle differenti soluzioni tecnologiche adottate nelle diverse realtà territoriali ed un confronto con le migliori tecnologie (BAT – Best Available Techniques) impiegate a livello europeo.

Negli anni passati, allo scopo di uniformare l'approccio alle analisi delle diverse Agenzie ambientali operanti sul territorio, si è fatto riferimento ad un "indice tipo" che definiva gli argomenti da trattare, senza però definire organicamente e col necessario dettaglio l'approccio metodologico e le procedure operative.

Più recentemente il GdL ha avviato la raccolta organica degli elementi metodologici sviluppati in passato; sullo stesso argomento è stato anche attivato uno stage APAT.

Il documento prodotto, disponibile al momento in revisione 0 del 24 marzo 2005, affronta l'intera materia e definisce in maniera organica e completa le fasi di analisi (contestualizzazione del comparto nel territorio, individuazione delle diverse fasi di lavorazione, consumi di risorse primarie e di materie prime, emissioni in aria ad acqua, rifiuti, effetti ambientali indiretti) ed i necessari dettagli operativi.

Esso costituisce innanzitutto un riferimento operativo per gli esperti delle ARPA impegnati nelle analisi tecniche. Inoltre il carattere di trasversalità delle analisi, basate su dati reali raccolti in campo, consente di maturare elementi di conoscenza tecnica dei comparti, utili anche per altre attività ambientali (programmazione di attività di monitoraggio e controllo, Integrated Prevention Pollution Control (IPPC), Valutazioni di Impatto Ambientale (VIA), promozione di sistemi certificativi). Infine le analisi di comparto consentono molto spesso l'ottimizzazione dei cicli produttivi in termini di riciclo delle risorse primarie ed

¹ Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici

² Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente

energetiche impiegate, che consentono riduzioni dei costi di produzione. Ciò rende ancor più interessante l'approccio metodologico proposto per i partners delle aziende.

L'attività di tesi è stata integrata organicamente nella preparazione del documento, contribuendo sia all'elaborazione diretta di parti della metodologia, in particolare per quanto riguarda i sistemi di depurazione in aria ed in acqua, sia alla definizione della struttura dell'intero documento ed alla revisione editoriale ed all'integrazione dei contributi dei diversi autori, finalizzata ad evitare sovrapposizioni e disomogeneità tipiche di un elaborato prodotto da più mani.

Il documento prodotto è stato utilizzato come materiale didattico per il corso di formazione "Progettazione eco-compatibile, metodologie e strumenti per l'innovazione ed il miglioramento dei cicli produttivi", organizzato dall'APAT nel periodo febbraio-marzo 2005, nell'ambito delle proprie attività di formazione ambientale.

Versione successive saranno prodotte, anche dopo la conclusione dello stage, sulla base di ulteriori esperienze di analisi, tuttora in fase di sviluppo.

ABSTRACT

L'analisi dei cicli produttivi nasce dall'esigenza di monitorare in termini qualitativi e quantitativi le diverse fasi dei processi tecnologici. Lo scopo dell'analisi è di individuare e misurare gli elementi di criticità ambientale dei comparti produttivi al fine di valutarne l'impatto sull'ambiente e la congruenza con la normativa applicabile.

Le analisi ambientali finora svolte sono state condotte di concerto tra l'APAT e le varie ARPA dei territori interessati senza una metodologia definita formalmente, ma utilizzando un "indice tipo" assunto come modello di riferimento.

A fronte della mancanza di un lavoro di inquadramento metodologico formale per effettuare l'analisi dei cicli produttivi, nasce l'iniziativa del gruppo di lavoro di colmare tale assenza, con la realizzazione di un documento che possa aiutare ad affrontare l'analisi in tutti i suoi aspetti.

In particolare, l'analisi dei cicli produttivi può costituire un utile elemento di base soprattutto per:

- attività di programmazione delle risorse e del territorio;
- interventi di sorveglianza mirata, sulla base di criticità emerse dalle analisi;
- analisi ambientali integrate (IPPC e VIA) e sviluppo di sistemi certificativi

Nell'approccio di una metodologia di analisi integrata per lo studio di un ciclo produttivo, è necessario considerare in fase preliminare tutte le possibili interazioni fra il comparto produttivo oggetto di analisi e il territorio nel quale esso opera.

Nel descrivere l'inquadramento territoriale del comparto produttivo bisogna considerare la posizione geografica del sito, il tipo di territorio (rurale, urbano, periferico), i dati sulla popolazione residente e fluttuante.

La caratterizzazione del comparto comporta poi l'individuazione di elementi tecnici specifici, quali numero di imprese e dimensione, tipologia di aziende e dati di produzione.

Successivamente, dall'analisi dello schema del ciclo produttivo, si ricavano i dati di funzionamento delle singole fasi degli impianti, e, per ciascuna fase, i fattori significativi, in condizioni normali di esercizio (consumi di materie prime e di risorse naturali, consumi energetici, emissioni nelle diverse matrici ambientali, rifiuti prodotti, impatto sul territorio), allo scopo di valutarne l'impatto sull'ambiente e la congruenza con la normativa applicabile.

Vengono valutati anche i fattori di rischio ambientale, in particolare, vengono approfonditi i problemi inerenti lo stoccaggio ed il trasporto di sostanze ed i sistemi di depurazione dei reflui liquidi e gassosi, trasversali a tutte le attività industriali.

Le criticità ambientali dei singoli impianti vengono poi esaminate nell'ottica di analizzare e promuovere miglioramenti dei processi e della loro gestione, sulla base del confronto con le migliori tecnologie disponibili a livello nazionale ed europeo.

Successivamente vengono analizzati gli impatti che si possono determinare in situazioni di malfunzionamento, errore o altro avvenimento anomalo, e i sistemi di controllo e prevenzione relativi.

Dal punto di vista operativo, vengono proposti degli indicatori ambientali per avere una indicazione quali-quantitativa degli effetti ambientali del comparto.

Nel valutare i cicli produttivi è più rappresentativo fare riferimento a tre famiglie di indicatori:

- indicatori di contabilità ambientale, che descrivono qualità e quantità delle risorse ambientali;
- indicatori di risposta, che valutano l'efficienza e l'efficacia delle politiche o dei comportamenti adottati per affrontare i problemi ambientali;
- l'ecobilancio dei flussi che descrive input e output dei principali cicli ecologici (materie prime, acqua, energia).

Un approccio corretto alla valutazione di un processo o di un ciclo produttivo non può non tener conto anche delle tecnologie esistenti, sperimentate in processi simili. Nella descrizione dei processi dovranno essere incluse le varianti di processo, le tendenze di sviluppo ed i processi alternativi.

Nel documento metodologico sviluppato vengono descritte, in particolare, anche le tecniche per la depurazione delle acque e per l'abbattimento degli inquinanti aeriformi, suddivise per tipologia di agente inquinante.

I tipi di trattamento da adottare per prevenire o almeno per ridurre i danni ambientali, ed i processi di depurazione necessari, devono essere scelti in funzione delle caratteristiche degli inquinanti e del corpo ricettore, e dei limiti di accettabilità definiti nella normativa applicabile.

Per un approccio integrale completo dello studio dei comparti produttivi e nell'ottica della conoscenza del territorio, è utile avere anche una visione d'insieme del territorio, dei suoi aspetti paesaggistici e degli effetti indiretti dell'insediamento produttivo sull'ambiente circostante.

Il primo passo è quello della suddivisione del paesaggio in singole "unità tipologiche", che rendono conto dei caratteri compositivi, comportamentali e vocazionali.

Le unità tipologiche (Unità di paesaggio), rappresentano degli ambiti spaziali omogenei per proprie e intrinseche caratteristiche di modello.

I sistemi e i sottosistemi di paesaggio possono essere descritti in base alla frequenza delle caratteristiche prevalenti relative a clima, litologia, rilievo, uso del suolo e caratteristiche del paesaggio. Nel documento vengono forniti alcuni indicatori tipo per i vari elementi di paesaggio considerati, quali acque superficiali e sotterranee, aree naturali, agricoltura, suolo e sistema urbano. Inoltre viene approfondita l'attività di trasporto di merci, persone e servizi.

Infine l'ultimo capitolo è dedicato ai sistemi di monitoraggio e controllo, grazie ai quali è possibile la rilevazione sistematica delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica di emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o misura tecnica.

Le informazioni ed i dati ottenuti dal monitoraggio risultano utili sia per migliorare le prestazioni ambientali dell'impianto, sia per consentire agli organismi preposti la necessaria attività di verifica.

INDICE SOMMARIO

INTRODUZIONE 8

1 METODOLOGIA 10

2 CORPO DELLA TESI 11

2.1 SCOPO E OBIETTIVI..... 11

2.2 RISULTATI..... 13

3 CONCLUSIONI 22

4 BIBLIOGRAFIA 23

5 ALLEGATI 23

INTRODUZIONE

L'analisi dei cicli produttivi nasce dall'esigenza di monitorare in termini qualitativi e quantitativi le diverse fasi dei processi tecnologici, al fine di apportare continue modifiche migliorative in termini di efficienza produttiva ed economica; ma soprattutto lo scopo "nobile" dell'analisi è di individuare e misurare gli elementi di criticità ambientale dei vari comparti produttivi allo scopo di valutarne l'impatto sull'ambiente e la congruenza con la normativa applicabile.

Alla base dei concetti sopraesposti, c'è un'idea importante che sta prendendo lentamente piede nella realtà produttiva italiana, cioè che migliorando l'efficienza ambientale dei processi produttivi si hanno indirettamente vantaggi sia in termini di produttività, per esempio impiegando le migliori tecnologie disponibili a livello nazionale ed europeo, sia in termini gestionali, con una minore probabilità di incidenti o guasti.

Per quanto riguarda il territorio italiano, attualmente sono state già concluse analisi ambientali nei seguenti comparti produttivi:

- Acciaierie ed elettriche
- Biomedicale
- Industria cartaria
- Rubinetteria e valvolame

Sono in fase di completamento le analisi relative ai comparti:

- Concia
- Falegnamerie e segherie artigianali
- Fonderie di ghisa di seconda fusione
- Produzione di olio di oliva

Sono, invece, in fase di avvio studi nei seguenti settori produttivi:

- Cementifici
- Poliuretano per calzature
- Produzione di energia
- Tessile – Lavorazione lana

Infine è in fase di studio un progetto per l'analisi ambientale, su tutto il territorio nazionale, della filiera agro-alimentare.

Le analisi ambientali finora svolte sono state condotte di concerto tra l'APAT e le varie ARPA dei territori interessati, basandosi su dati reali di funzionamento raccolti in campo.

L'APAT, infatti, è integrata in un sistema a rete, il Sistema delle Agenzie Ambientali, che conta oggi la presenza sul territorio nazionale di 21 tra le Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) costituite con apposita Legge Regionale.

Il sistema agenziale APAT – ARPA si propone l'obiettivo di coniugare la conoscenza diretta del territorio e dei problemi ambientali locali con le politiche nazionali di prevenzione e protezione dell'ambiente, così da rappresentare il riferimento tecnico-scientifico e istituzionale per il territorio italiano.

Al fine di portare avanti una proficua collaborazione nel campo dei cicli produttivi, è stato costituito sin dal 1997 il gruppo di lavoro APAT-ARPA “Analisi ambientale per comparto produttivo”, che sviluppa annualmente analisi di comparti selezionati, coinvolgendo anche gli operatori dei comparti analizzati, sia direttamente, sia attraverso le loro organizzazioni di categoria, come fornitori dei dati provenienti dal campo e come uno dei destinatari dei risultati delle analisi.

Il ruolo delle ARPA è per molti versi complementare del ruolo dell'APAT, che come organismo centrale assicura un approccio uniforme alle analisi e alle valutazioni in tutto l'ambito nazionale, ed il ruolo di imparzialità rispetto alle istanze locali.

Fino ad oggi i rapporti di analisi sono stati elaborati senza una metodologia formalizzata, ma facendo riferimento ad un “indice tipo” assunto dal gruppo di lavoro come modello di riferimento ed adattabile alle esigenze specifiche del comparto analizzato.

A fronte della mancanza di un lavoro di inquadramento metodologico formale per effettuare l'analisi dei cicli produttivi, nasce la volontà da parte del Gruppo di lavoro APAT-ARPA di colmare tale assenza, con la preparazione di un documento che possa aiutare ad affrontare l'analisi in tutti i suoi aspetti: dall'inquadramento dell'attività nel contesto territoriale e produttivo locale, allo studio dei fattori di impatto ambientale diretti ed indiretti fino ai sistemi di monitoraggio e controllo.

L'ottica non è quella di imporre un approccio rigido al lavoro di analisi, ma piuttosto di fornire uno strumento di supporto ovvero una linea guida, anche per facilitare il rispetto della normativa locale, nazionale e comunitaria in ambito ambientale.

1 METODOLOGIA

Alla base dell'elaborazione del documento "Metodologie per l'analisi dei cicli produttivi", cui si è contribuito nel periodo di stage, c'è una accurata e dettagliata fase preliminare di studio di tutti gli aspetti importanti presi in considerazione per la stesura del documento.

In particolare, sono state svolte le seguenti attività preliminari di studio:

- ricerca su internet,
- consultazione di libri,
- raccolta di contributi dei vari autori del gruppo di lavoro APAT-ARPA.

Tutta la documentazione è stata sottoposta ad un attento studio, al fine di integrare, laddove necessario, le singole parti, di evitare sovrapposizioni e di uniformare la struttura del documento.

In merito alla stesura, io sono autrice, in particolare, del § 6.3 "Sistemi di depurazione", e di parte del capitolo 8 "Sistemi di monitoraggio e controllo".

2 CORPO DELLA TESI

2.1 SCOPO E OBIETTIVI

L'analisi dei cicli produttivi si propone di esaminare i processi tecnologici connessi alle attività antropiche al fine di valutarne l'impatto sull'ambiente in termini principalmente di consumi di risorse e di emissioni nelle diverse matrici ambientali.

Le analisi vengono sviluppate con riferimento a comparti produttivi e tenendo in opportuna considerazione i rapporti fra questi ultimi e il sistema territoriale, nelle sue componenti naturali, sociali, infrastrutturali, al fine di valutare anche le interfacce socioeconomiche dell'insediamento produttivo e le sue relazioni con l'indotto.

L'obiettivo che ci si propone è di arrivare attraverso l'analisi dei cicli, a risultati che, per la loro specificità di analisi basate su dati reali raccolti in campo, possano costituire una base di conoscenza analitica utile per l'impostazione di altre attività riguardanti la protezione dell'ambiente.

In particolare, l'analisi dei cicli produttivi può costituire un utile elemento per:

- attività di programmazione delle risorse e del territorio;
- interventi di monitoraggio e controllo mirati, sulla base delle criticità emerse dalle analisi;
- analisi ambientali integrate (IPPC e VIA);
- sviluppo di sistemi certificativi (ISO³ 14000 e EMAS⁴);
- crescita della consapevolezza ambientale, sulla base di dati reali sia per i gestori degli impianti e sia per l'indotto.

E ancora, per:

- programmare interventi di verifiche ambientali mirate;
- informare su temi ambientali in ambito tecnico, specificatamente per gli addetti ai lavori;
- estrapolare ulteriori rapporti tecnici specifici, destinati ad utenti privilegiati o a non addetti ai lavori, da diffondere attraverso gli strumenti più moderni di diffusione di informazione, come tecnologie di informazione multimediali e di rete.

³ International Organization for standardization

⁴ Eco Management and Audit Scheme

Le analisi effettuate producono conoscenze di tipo orizzontale sul comportamento degli impianti, che consentono alle strutture preposte al controllo, ed in particolare alle ARPA, di:

- svolgere il loro compito ponendo particolare attenzione agli elementi di criticità individuati, con un approccio standardizzato su tutto il territorio nazionale;
- superare il sistema di controllo ambientale basato esclusivamente sulla definizione di norme (Command) e sulla verifica del loro rispetto (Control), puntando ad una strategia di miglioramento continuo delle performance ambientali. In tale ottica è determinante il coinvolgimento dei gestori degli impianti, in termini di crescita di sensibilità e di consapevolezza, ed in un'ottica di condivisione partecipata di obiettivi;
- fornire supporto alle imprese nella definizione di strategie di miglioramento continuo.

L'approccio in direzione di una partecipazione condivisa alle analisi da parte delle imprese del comparto, attraverso specifici accordi con le singole imprese o con organizzazioni di categoria, si muove anche verso una responsabilizzazione delle imprese e verso la crescita della capacità di intervento dei responsabili di impresa, mettendo a loro disposizione una metodologia consolidata di analisi e rapporti di analisi spesso stimolanti verso la conoscenza ed il confronto con soluzioni tecnologiche avanzate disponibili in ambito internazionale.

2.2 RISULTATI

Un ciclo produttivo è composto da fasi di lavorazione, combinate in cascata od in parallelo, ciascuna caratterizzata da propri parametri di ingresso e di uscita, che contribuiscono al bilancio ambientale dell'intero processo.

Nell'approccio di una metodologia di analisi integrata per lo studio di un ciclo produttivo, è necessario considerare in fase preliminare tutte le possibili interazioni fra il comparto produttivo oggetto di analisi e il territorio nel quale esso opera. L'inquadramento dell'attività economica è stato studiato con l'intento di esaminare tutti i possibili fattori che, pur non essendo strettamente legati al ciclo produttivo, possono determinarne i modelli organizzativi, le funzionalità e conseguentemente gli impatti specifici sul territorio. Come primo passo, è necessario recuperare dati ed informazioni generali attendibili per l'individuazione e definizione del comparto. Pertanto è opportuno privilegiare fonti istituzionali quali Regioni, Province e Comuni, ISTAT⁵, APAT, ARPA. Il problema invece della gestione di dati non omogenei può essere superato stabilendo a priori precisi criteri di standard di qualità dell'informazione, o rielaborando opportunamente i dati raccolti.

Nel descrivere l'inquadramento territoriale del comparto produttivo bisogna considerare non solo la posizione geografica del sito, ma anche altri importanti elementi quali:

- tipo di territorio (rurale, urbano, periferico);
- dati sulla popolazione residente e fluttuante;
- componenti naturali del territorio: quota altimetrica, bacini idrografici, condizioni climatiche, topografia del territorio, caratteristiche geologiche del terreno;
- componenti antropiche di interazione con quelle naturali: gli ATO Rifiuti, i comprensori di bonifica, l'area metropolitana.

La caratterizzazione del comparto in termini di inquadramento produttivo comporta, invece, l'individuazione dei seguenti elementi:

- numero di imprese e dimensione (media e range);
- tipologia di aziende;
- fatturato annuo;
- produzione annua;
- evoluzione (del comparto) e del mercato dei prodotti;

⁵ Istituto Nazionale di Statistica

Dall'analisi dello schema del ciclo produttivo, si ricavano i dati di funzionamento degli impianti, rilevati in campo in condizioni normali di esercizio (consumi di materie prime e di risorse naturali, consumi energetici, emissioni nelle diverse matrici ambientali, rifiuti prodotti, impatto indiretto sul territorio), allo scopo di valutarne l'impatto sull'ambiente e la congruenza con la normativa applicabile.

Le criticità ambientali dei singoli impianti vengono poi esaminate nell'ottica di individuare i fattori di impatto che creano alterazione nelle varie matrici ambientali e promuovere miglioramenti dei processi e della loro gestione, sulla base del confronto con le migliori tecnologie disponibili a livello nazionale ed europeo.

L'individuazione corretta delle fasi e di eventuali sottofasi costituenti il ciclo produttivo e delle relative relazioni, è il punto di partenza per l'analisi ambientale dell'intero ciclo.

Ogni fase può essere rappresentata dai seguenti elementi:

- **input**, in cui sono definiti i materiali in ingresso (compresi gli eventuali scarti di altre fasi riutilizzabili), gli additivi o sostanze necessarie allo svolgimento dell'operazione, le fonti energetiche;
- **processo/operazione**, in cui vengono descritti i macchinari utilizzati e le modalità operative che consentono la modificazione o la miscelazione delle materie prime;
- **output**, che tratta ciò che esce dalla fase, e specificamente il materiale lavorato, che può essere un intermedio di lavorazione o il prodotto finale a seconda che sia una fase intermedia del ciclo o l'ultima, e l'insieme degli scarti di lavorazione (emissioni liquide, gassose, sonore, produzione di rifiuti).

L'intero processo può essere semplificato con uno schema a blocchi, mediante il quale possono essere evidenziate le relazioni tra le varie fasi e facilitare l'analisi dei bilanci ambientali.

L'individuazione dell'output del processo fornisce anche i fattori di impatto, capaci di creare alterazioni dell'ambiente o delle sue caratteristiche di fruibilità.

Tali alterazioni possono coinvolgere tutte le matrici ambientali (aria, acqua, suolo, ambiente fisico) o un sottoinsieme di esse ed inoltre generare un consumo di risorse (acqua, energia, materie prime) o produrre rifiuti.

In tale contesto vengono analizzate anche le misure di prevenzione, che si possono suddividere in interventi di tipo primario, in cui possiamo annoverare tutte le misure che riducono o eliminano l'impatto alla fonte; e di tipo secondario che trattano gli inquinanti, una volta che non si sia riusciti ad evitarne la produzione, riducendone la quantità o

trasformandoli in sostanze a minor rischio ambientale. Nel documento vengono forniti esempi significativi per entrambi i tipi di intervento.

Vengono anche analizzati fattori accidentali che possono essere precursori di situazioni anormali di esercizio o di incidente.

I fattori di rischio ambientale, infatti, a differenza dei fattori d'impatto in condizioni di normale esercizio, non determinano elementi di pericolo per gli ecosistemi in cui è inserito il sito produttivo ma possono innescare, in caso di anomalia, eventi con effetti importanti e talvolta catastrofici.

Pertanto è necessario individuare nelle singole realtà produttive le situazioni di potenziale rischio e di definire gli interventi necessari.

Tali interventi si possono suddividere in due tipologie:

- interventi di prevenzione, tesi ad eliminare o ridurre, a valori accettabili, la probabilità del verificarsi dell'evento calamitoso;
- interventi di gestione del rischio, per le situazioni in cui gli accorgimenti preventivi non hanno funzionato adeguatamente o non sono stati realizzati compiutamente.

Nel documento, in particolare, vengono approfonditi i problemi inerenti lo stoccaggio ed il trasporto di sostanze ed i sistemi di depurazione di effluenti liquidi ed aeriformi, che sono attività trasversali a tutte le attività industriali.

Stoccaggio e trasporto sono in genere le attività che comportano maggiori rischi ambientali. Generalmente non sono di per sé pericolose, ma eventi accidentali possono produrre danni rilevanti.

A tal proposito, vengono descritti gli impatti che si possono determinare nelle situazioni di malfunzionamento, errore umano o altro avvenimento anomalo, e i sistemi di prevenzione e di gestione di tali eventi.

A titolo esemplificativo, si indicano di seguito alcuni interventi in questo ambito:

- preventivi, nella fase di carico/scarico di sostanze pericolose. Alcune delle soluzioni atte ad impedire la fuoriuscita accidentale di tali sostanze o la miscelazione con altre incompatibili sono:
 - raccordi e tubazioni dedicate per tipologia di sostanza;
 - valvole di sicurezza che garantiscano il flusso unidirezionale;
 - blocco del flusso in caso di anomalia o di riempimento del silos o dell'autobotte;
 - consenso gestito a livello informatico per l'avvio della procedura di carico e scarico;
 - controllo della pressione di deflusso con blocco in caso di anomalia.

- di gestione del rischio, sempre nella fase di carico/scarico oppure di stoccaggio. In questo caso, la soluzione da adottare, per impedire la dispersione delle sostanze pericolose movimentate o stoccate può essere rappresentata, ad esempio, dai sistemi di contenimento (cordoli, vasche).

Dal punto di vista operativo, si è suggerito di utilizzare degli indicatori ambientali per avere una indicazione quali-quantitativa degli effetti ambientali del comparto produttivo sul territorio nel quale opera.

Ad esempio, per valutare l'impatto ambientale di un sito produttivo è necessario operare una valutazione sia qualitativa che quantitativa, attraverso la raccolta e l'analisi dei dati riguardanti gli aspetti ambientali. A tale scopo si possono individuare degli indicatori che rendano la valutazione più semplice ed immediata. Un indicatore ambientale è dunque lo strumento attraverso cui l'azienda valuta i propri impatti sull'ambiente. La maggiore criticità deriva dal fatto che gli aspetti ambientali sono un fenomeno multidimensionale. E' allora impossibile descrivere un'azienda senza considerare un buon numero di indicatori e senza riferirsi al contesto in cui opera. La valutazione degli indicatori non ha comunque solo l'obiettivo di migliorare le prestazioni ambientali ma può rappresentare un momento di riesame per l'intera azienda, allo scopo di ridurre eventuali inefficienze e ottimizzare le risorse.

Nel valutare i cicli produttivi è più rappresentativo fare riferimento a tre famiglie di indicatori:

- indicatori di contabilità ambientale, che descrivono qualità e quantità delle risorse ambientali;
- indicatori di risposta, che valutano l'efficienza e l'efficacia delle politiche o dei comportamenti adottati per affrontare i problemi ambientali;
- l'ecobilancio dei flussi che descrive input e output dei principali cicli ecologici (acqua, energia, materie prime).

L'elaborazione di opportuni indicatori permette di quantificare le relazioni che intercorrono tra i flussi, mentre la rappresentazione grafica delle correnti permette di illustrare visivamente i percorsi e le trasformazioni subite dal flusso attraverso le fasi del processo produttivo.

L'illustrazione schematica e la quantificazione dei flussi forniscono lo strumento necessario per individuare eventuali anomalie, per costruire indicatori di performance ambientali e per identificare le incongruenze dei dati raccolti.

I bilanci dei flussi coinvolti in un ciclo produttivo sono elaborazioni attraverso le quali si analizzano e si quantificano le relazioni che legano le correnti, evidenziandone i percorsi e le trasformazioni subite nelle varie fasi produttive. L'importanza di descrivere con accuratezza i cicli produttivi e di monitorare i flussi di materia ed energia può rappresentare un valido aiuto per individuare le fasi critiche del ciclo in cui è possibile recuperare, riutilizzare e quindi ottimizzare le risorse. Questo approccio consente di ridurre le inefficienze, che incidono non solo sull'ambiente ma anche sul bilancio economico dell'azienda.

Per costruire un ecobilancio si può procedere secondo le seguenti tappe:

- studiare il ciclo produttivo nella sua globalità;
- individuare separatamente i diversi flussi (energia, acqua, rifiuti, materiali costituenti il prodotto);
- realizzare uno schema a blocchi delle singole fasi produttive identificando qualitativamente i flussi e rappresentandone i percorsi;
- individuare e quantificare input e output per ciascuna fase;
- verificare la congruenza del bilancio globale, ad esempio controllando che la sommatoria dei flussi in entrata eguagli la sommatoria dei flussi in uscita, ipotizzando che non ci siano accumuli di materiale interno o che l'acqua persa per evaporazione sia trascurabile o stimabile;
- nel caso in cui non si riscontri tale congruità, ricercarne le cause e rimuoverle.

Un approccio corretto alla valutazione di un processo o di un ciclo produttivo non può non tener conto anche delle tecnologie esistenti, sperimentate in processi simili. L'ottica può essere di tipo industriale-concorrenziale o di tipo ambientale, ma, alla lunga, quasi sempre i due approcci convergono.

Non è un caso che in ambito comunitario si sono dedicate, e si dedicano, risorse significative al censimento ed al confronto delle migliori pratiche disponibili ed alla diffusione dei relativi risultati.

Nella descrizione dei processi e delle tecniche correntemente applicate al settore o comparto produttivo in esame dovranno essere inclusi le varianti di processo, le tendenze di sviluppo ed i processi alternativi.

Inoltre occorrerà indicare:

- materie prime utilizzate (includendo le materie secondarie e da riciclo) e quelle di consumo, includendo l'energia;
- materiali e sostanze chimiche utilizzate;

- preparazione delle materie prime (inclusendo stoccaggio e movimentazione);
- processo del materiale;
- manifattura del prodotto;
- finitura del prodotto;
- stoccaggio e movimentazione del prodotto intermedio e finale;
- movimentazione dei co-prodotti e degli scarti.

Inoltre, l'informazione su ciascuna tecnica dovrebbe preferibilmente includere i seguenti elementi:

- breve descrizione tecnica con appropriate figure, diagrammi e flow-sheet;
- principali benefici ambientali raggiunti: vantaggi ambientali potenziali da raggiungere con l'implementazione della tecnica utilizzata, includendo dati su emissioni e consumi, se disponibili, e qualificazione degli stessi relativamente a misure ed unità utilizzate;
- dati operazionali: dati su prestazioni effettive (condizioni di riferimento e periodi di monitoraggio) per emissioni, rifiuti e consumi (materie prime, acqua ed energia) ed ogni altra informazione utile su operatività, manutenzione, controllo, ecc. riguardante la tecnica;
- interazione tra i vari comparti ambientali: effetti potenziali dovuti all'implementazione della tecnica (vantaggi e svantaggi supportati da dati) nei vari comparti ambientali:
 - consumo di energia e contributi al riscaldamento globale;
 - distruzione ozono stratosferico e potenziale formazione di ozono foto-chimico;
 - acidificazione risultante dalle emissioni in aria;
 - particolato (inclusendo micro-particelle e metalli);
 - eutrofizzazione di suoli ed acque risultante dalle emissioni in aria ed acqua;
 - potenziale esaurimento di ossigeno nelle acque;
 - componenti bio-accumulabili/tossici/persistenti in acqua o suoli (inclusendo i metalli);
 - formazione o riduzione dei residui (rifiuti);
 - abilità a riusare o riciclare residui (rifiuti);
 - rumore e/o odori;
 - rischio di incidenti;
 - consumo di materie prime ed acqua.

Pertanto, le tecnologie di processo e di depurazione dovrebbero essere valutate con riferimento alle migliori tecnologie in uso nei paesi avanzati, principalmente con riferimento al contesto europeo.

I tipi di trattamento da adottare per prevenire o almeno per ridurre i danni ambientali, ed i processi di depurazione necessari, devono essere scelti in funzione delle caratteristiche degli inquinanti e del corpo ricettore, e dei limiti di accettabilità definiti nella normativa applicabile.

Il primo passo per progettare un trattamento di depurazione è la caratterizzazione degli inquinanti.

Pertanto è indispensabile :

- conoscere le caratteristiche del flusso emissivo (p.e. continuo o discontinuo) ed i relativi parametri quantitativi (p.e. portata);
- definire le proprietà fisiche degli inquinanti: stato di aggregazione, viscosità, caratteristiche termiche, conducibilità, odore, colore, ecc.;
- analizzare i costituenti chimici e le rispettive concentrazioni;
- tener conto delle caratteristiche biologiche;
- studiare le possibili interazioni.

Nel documento allegato, in particolare, vengono descritte le tecniche per la depurazione delle acque e per l'abbattimento degli inquinanti aeriformi, suddivise per tipologia di agente inquinante.

Per un approccio integrale completo allo studio dei comparti produttivi e nell'ottica della conoscenza del territorio fisico, volta alla pianificazione e programmazione sia degli interventi produttivi che di risanamento e conservazione ambientale, è utile avere una visione d'insieme del territorio per quanto riguarda anche gli aspetti indotti dell'insediamento produttivo (ad esempio aspetti paesaggistici e traffico veicolare), procedendo attraverso vari livelli di scala, fino alle situazioni locali di cui è necessario un approfondimento.

Il primo passo è quello della suddivisione del paesaggio in singole "unità tipologiche", che rendono conto dei caratteri compositivi, comportamentali e vocazionali.

Le unità tipologiche (Unità di paesaggio), rappresentano degli ambiti spaziali omogenei per proprie e intrinseche caratteristiche di modello.

Nell'ambito dei sistemi di paesaggio è possibile distinguere vari "sottosistemi di paesaggio" che differiscono per posizione geografica o per particolari differenziazioni nella configurazione complessiva della litologia, della fisiografia e dell'uso del suolo. Essi

vengono definiti "sottosistemi" perché, di regola, sono costituiti da più unità di paesaggio diverse.

I sistemi e i sottosistemi di paesaggio possono essere descritti in base alla frequenza delle caratteristiche prevalenti relative a clima, litologia, rilievo, uso del suolo e caratteristiche del paesaggio.

Tra i metodi di analisi delle unità di paesaggio, la lettura delle immagini da foto aeree o da satellite permette una visione globale e sintetica degli elementi caratterizzanti, mentre per la comprensione delle interrelazioni e dei flussi esistenti fra ambiente, economia e comparto sociale, è necessario considerare la globalità degli elementi caratterizzanti il paesaggio, selezionando gruppi di indicatori sintetici in base ai diversi elementi di paesaggio.

Nel documento vengono forniti alcuni indicatori tipo per i vari elementi di paesaggio considerati, quali acque superficiali e sotterranee, aree naturali, agricoltura, suolo e sistema urbano.

Inoltre, viene fatto un approfondimento relativamente all'attività di trasporto di merci, persone e servizi, in quanto l'aumento del traffico è un riflesso della crescita economica e l'entità degli effetti negativi possono essere identificati in: perdite a livello economico, incidenti, impatto ambientale (rumore e inquinamento), impatto sociale (congestione), dando luogo a diversi tipi di costi indotti.

Si tratta dei costi derivanti dall'inquinamento atmosferico, che causa danni alla salute della popolazione, agli edifici e ai monumenti, ai boschi e all'agricoltura; dei danni legati all'effetto serra di origine antropica, che sono oggi al centro dell'attenzione della comunità scientifica internazionale; dei costi, in termini di tempo, dovute alla congestione del traffico e di quelli, molto ingenti e drammatici, dovuti agli incidenti stradali, che causano annualmente migliaia di morti e centinaia di migliaia di feriti; dei costi, tanto nocivi quanto insopportabili, causati dall'inquinamento acustico.

Infine, l'ultimo capitolo è dedicato ai sistemi di monitoraggio e controllo, grazie ai quali è possibile la rilevazione sistematica delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica di emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o, misura tecnica.

Vengono forniti gli step necessari per programmare al meglio il monitoraggio ed il controllo, per elaborare e gestire i dati e le incertezze, e per predisporre una relazione sull'esito del monitoraggio.

Le informazioni ed i dati ottenuti dal monitoraggio risultano utili sia per migliorare le prestazioni ambientali dell'impianto, sia per permettere le necessarie azioni di verifica da parte degli enti preposti.

3 CONCLUSIONI

A fronte degli obiettivi iniziali del lavoro, è stato prodotto il documento “Metodologie per l’analisi dei cicli produttivi”, che esamina tutti gli aspetti metodologici delle analisi. In particolare sono stati approfonditi i seguenti argomenti:

- inquadramento di un’attività economica relativamente al contesto territoriale e produttivo;
- analisi per fasi di un ciclo produttivo attraverso la schematizzazione a blocchi;
- analisi dei fattori di impatto;
- analisi dei fattori di rischio, in particolare sono state individuate le situazioni di rischio e le modalità di prevenzione nel caso di stoccaggio e trasporto di sostanze solide o liquide;
- indicatori di performance ambientali nelle attività produttive, in particolare vengono date informazioni su come analizzare il bilancio di materia, il bilancio idrico ed energetico;
- confronto con le migliori tecniche e tecnologie disponibili alla luce delle esperienze disponibili in ambito europeo;
- effetti ambientali indiretti;
- sistemi di monitoraggio e controllo.

I punti importanti su cui si è focalizzata l’attenzione, richiamati precedentemente, coincidono con gli aspetti fondamentali per l’esecuzione di una approfondita analisi di un comparto produttivo dal punto di vista del miglioramento delle performance ambientali e di miglioramento degli aspetti produttivi.

4 BIBLIOGRAFIA

Nelle parti del documento “Metodologie per l’analisi dei cicli produttivi”, sono stati inseriti i riferimenti in letteratura relativi alle parti specifiche.

5 ALLEGATI

Documento prodotto in sede di stage, “Metodologie per l’analisi dei cicli produttivi”, revisione 0 del 24 marzo 2005.

**Gruppo di lavoro nazionale APAT/ARPA per le
analisi di comparti produttivi**

METODOLOGIE PER L'ANALISI DEI CICLI PRODUTTIVI

*Rev. 0
30 Marzo 2005*

INDICE

<i>Introduzione</i>	27
<i>1. Inquadramento di un'attività economica</i>	28
1.1 Raccolta Dati	29
1.2. Contesto territoriale	29
1.2.1 Componenti del contesto territoriale	30
1.2.2 Area geografica e zonizzazioni di riferimento	31
1.3 Contesto produttivo	34
1.3.1 L'individuazione del comparto	35
1.3.2 Raccolta e organizzazione dei dati	35
1.3.3 Caratterizzazione del comparto	36
<i>2. Analisi di un ciclo produttivo</i>	37
2.1 Fase lavorativa	37
2.2 Schema a blocchi	41
2.3 Gli ecobilanci	45
2.3.1 Bilancio di materia	46
2.3.2 Bilancio idrico	50
2.3.3 Bilancio energetico	52
<i>3. Analisi dei fattori di impatto</i>	55
3.1 Prevenzione primaria	55
3.1.1 Alterazioni delle matrici ambientali	55
3.1.2 Consumo di risorse	56
3.1.3 Produzione rifiuti	56
3.2 Prevenzione secondaria	56
3.2.1 Fattori di impatto ambientale	56
<i>4. Analisi dei fattori di rischio</i>	58
4.1 Prevenzione e gestione del rischio	58
4.2 Impatti ambientali dello stoccaggio e del trasporto	59
4.2.1 Principali emissioni dello stoccaggio e del trasporto	61
4.2.2 Stoccaggio di liquidi e gas liquefatti	62
4.2.2.1 Trasferimento dei prodotti liquidi e gassosi	64
4.2.2.2 Strumentazione di controllo come misure di prevenzione	65
4.2.2.3 Passaggi preliminari per la messa in sicurezza di un serbatoio fuori uso	66
4.2.3 Stoccaggio di prodotti solidi	66
4.2.3.1 Sistemi di trasferimento di prodotti solidi e principali fonti di emissione	67
<i>5. Indicatori di Performance Ambientali nelle attività produttive</i>	68
5.1 Indicatori Ambientali	68
5.2 Indicatori nei cicli produttivi	69
5.2.1 Gli indicatori ECI	71
5.2.2 Gli indicatori MPI	71
5.2.3 Gli indicatori OPI	73
<i>6. Confronto con le migliori tecniche e tecnologie disponibili</i>	77
6.1 Migliori Tecniche e Tecnologie Praticabili e Disponibili (BAT)	77
6.2 Esperienze in ambito europeo	79
6.3 Sistemi di depurazione	83
	25

6.3.1 Sistemi di depurazione delle acque	83
6.3.2 Sistemi di abbattimento degli inquinanti aeriformi	89
6.3.2.1 Riferimenti normativi	90
6.3.2.2 Trattamenti di depurazione	90
<i>7. Effetti ambientali indiretti</i>	<i>95</i>
7.1 Paesaggio	95
7.2 Trasporti	101
7.2.1 Traffico veicolare indotto	103
<i>8. Sistemi di monitoraggio e controllo</i>	<i>108</i>
8.1 Monitoraggio e controllo	108
8.1.1 Le Ispezioni Ambientali	109
8.2 Pianificazione del monitoraggio	111
8.2.1 Perché monitorare un insediamento industriale	111
8.2.2 Cosa e come monitorare uno stabilimento industriale	111
8.2.3 Chi attua il monitoraggio	111
8.2.4 Parametri e modalità di misurazione	113
8.2.5 I tempi	115
8.3 La produzione del dato	118
8.3.1 La scelta del campionabile	118
8.3.2 Le incertezze e la valutazione della conformità	119
8.3.3 La rappresentazione dei risultati	120
8.4 Le tipologie di emissione	120
<i>Indice degli autori</i>	<i>123</i>
<i>Indice delle revisioni</i>	<i>123</i>

Introduzione

Le attività tecnico-scientifiche connesse con la protezione dell'ambiente, la tutela delle risorse idriche e la difesa del suolo comportano l'intervento di una molteplicità di soggetti, ciascuno con la propria specificità, che concorrono insieme alla maturazione delle conoscenze necessarie per affrontare correttamente ed organicamente le tematiche coinvolte ed alla promozione della cultura ambientale.

L'analisi dei cicli produttivi di attività umane con impatto sull'ambiente è uno degli elementi significativi del complesso sistema delle relazioni uomo-ambiente, per le sue potenzialità in termini di conoscenza qualitativa e quantitativa dei processi esaminati.

In tal senso i risultati delle analisi possono fornire utili indicazioni per lo sviluppo di ulteriori attività da parte di soggetti coinvolti, a vario titolo, nella programmazione delle risorse e dell'ambiente, sia per gli effetti immediati sull'ambiente e la salute, che per gli aspetti a lungo termine.

Un'analisi corretta dei processi sviluppati all'interno di un'attività tecnologica può contribuire non solo alla valutazione delle performance ambientali delle singole fasi del ciclo produttivo, ma anche all'ottimizzazione dei processi in termini di riciclo di risorse all'interno dei cicli produttivi, con effetti benefici in termini di costi di produzione.

I cicli produttivi sono parte essenziale e determinante dei comparti produttivi, dal punto di vista delle analisi ambientali.

Le analisi dei comparti produttivi sono state affrontate dal sistema agenziale in un'ottica di approccio integrato, omogeneo a livello nazionale, con la costruzione del "Gruppo di lavoro nazionale APAT/ARPA per le analisi dei comparti produttivi", costituito fin dal 1997.

Nel corso degli anni il GdL ha sviluppato lo studio di vari comparti produttivi, mettendo a punto anche una metodologia di analisi, per molti aspetti originale, che è stata impiegata di fatto, ma non è stata ancora formalizzata in un documento organico.

Il presente documento intende colmare tale lacuna, proponendosi come documento metodologico per le analisi di comparto, allo scopo di fornire una guida operativa per gli operatori delle Agenzie Ambientali, ed, in generale per i diversi attori del sistema di protezione e salvaguardia dell'ambiente e della salute.

In tal senso è un documento "living", in continuo aggiornamento, man mano che maturano nuove esperienze, ed è aperto al contributo di altri esperti delle materie trattate.

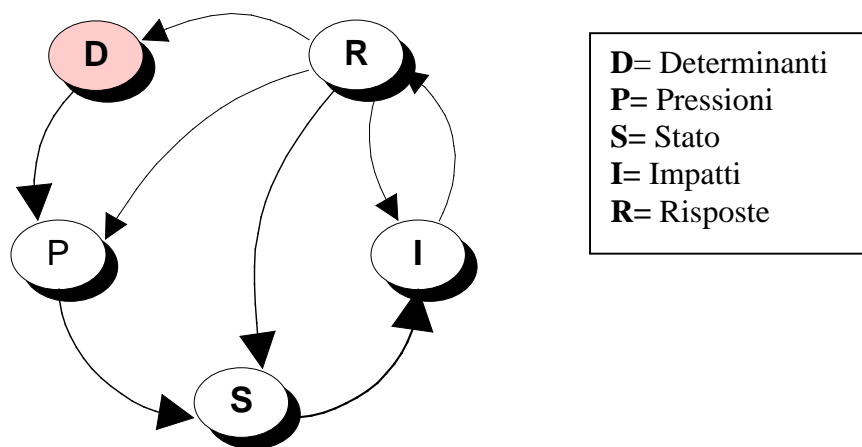
1. Inquadramento di un'attività economica

Il sistema produttivo italiano è composto, per il 96 per cento, da piccole imprese, le quali sono strettamente legate alla storia dell'Italia, al suo patrimonio culturale, agli insediamenti urbani, alla produzione e all'innovazione tecnologica.

La trattazione degli aspetti economici relativi ai comparti produttivi presuppone da un lato la definizione del comparto stesso e dall'altro l'analisi dei rapporti fra quest'ultimo e il sistema territoriale, nelle sue componenti naturali, sociali, infrastrutturali ed antropiche.

Quando si parla di comparto produttivo, si fa riferimento ad un settore circoscritto e specializzato di una attività economica, industriale, e similare, in cui c'è omogeneità nella produzione.

All'interno dello schema di analisi DPSIR⁶ (Determinanti Pressioni Stato Impatto e Risposte), ampiamente noto nel reporting ambientale, tutti gli elementi sopra ricordati, e anche gli stessi comparti produttivi, si ritrovano compresi sia fra i determinanti (ad



esempio le risorse naturali, lo sviluppo economico), che fra le pressioni (la popolazione, le aziende, le infrastrutture) e ad essi possono corrispondere indicatori specifici, scelti di volta in volta sulla base dell'obiettivo che si pone l'analisi (monitoraggio delle politiche ambientali o di sviluppo, descrizione delle preformances ambientali nelle attività produttive, etc...).

Il presente capitolo tratta l'inquadramento delle attività produttive, individuando e descrivendo le principali fonti di informazioni per la loro caratterizzazione in termini di:

- contesto territoriale;
- contesto produttivo.

Le finalità di questa parte dell'analisi ambientale sono quelle di considerare tutti i possibili fattori che, pur non essendo strettamente legati al ciclo produttivo, possono determinarne i modelli organizzativi, le funzionalità e conseguentemente gli specifici impatti sul territorio. Le principali criticità che si pongono al raggiungimento di tali obiettivi sono quelle relative alla individuazione sia delle informazioni che delle relative fonti. Si tratta infatti di indagare su ambiti che non sono di competenza del sistema agenziale, che si presentano complessi, che necessitano di prendere in esame molteplici elementi separatamente ed anche in relazione (ad esempio n° totale delle aziende del comparto ed anche densità territoriale). Tali criticità non si possono risolvere riferendosi semplicemente ai dati relativi

⁶ Approccio sviluppato dall'Agenzia europea per l'Ambiente (European Environment Agency Guidelines for Data Collection for Dobris +3 Report, 1996)

alle aziende indagate, il comparto dovrebbe, infatti, essere descritto prima di tutto complessivamente, per evidenziare il peso che la ricerca assume all'interno del settore.

1.1 Raccolta Dati

Il primo problema che si pone nella descrizione di un'attività economica è legato all'attendibilità delle fonti da utilizzare per la raccolta delle informazioni. E' buona pratica privilegiare fonti istituzionali quali Regioni, Province e Comuni, ISTAT, APAT, ARPA etc... per tutto ciò che concerne l'acquisizione dei dati generali utili alla individuazione e definizione del comparto.

La ragione per la quale è utile scegliere di restringere il campo ai dati di fonte ufficiale, è che ad esempio i censimenti ISTAT, della popolazione o delle attività economiche, sono sufficientemente omogenei negli anni, comparabili nello spazio ed in gran parte disponibili su base amministrativa comunale e, soprattutto, facilmente ottenibili – talvolta anche via Internet. L'ISTAT inoltre, spiega l'organizzazione e le finalità delle diverse forme di rilevazione statistica e orienta la lettura dei dati, illustrando il processo di raccolta, aggregazione e elaborazione, fino alla costruzione degli indicatori e alla interpretazione e presentazione dei risultati.

Si possono considerare accreditate anche altre fonti, per i dati ambientali fra cui: APAT, ARPA, IRSA, CNR, ecc., ed i soggetti accreditati ISO 9000 o ISO 14000.

In ogni caso, sarebbe auspicabile adottare i criteri utilizzati da APAT per precisare la qualità informativa dei dati utilizzati nell'ambito della specifica ricerca "Analisi ambientale per comparto produttivo". L'elenco dei criteri è riportato nella tabella sottostante.

1.2. Contesto territoriale

Benché la descrizione del contesto territoriale abbia l'obiettivo, in sintesi, di rispondere alla domanda: dove si colloca il comparto in analisi, sono numerose le informazioni e le fonti che dovrebbero essere raccolte e indagate per poter correttamente descrivere il contesto territoriale di riferimento.

Il termine territorio è utilizzato spesso con significati diversi in molti contesti specializzati, oltre che nel linguaggio corrente. Quando si parla di attività agricole, ad esempio, è soprattutto inteso come sinonimo di "terra", luogo e risorsa, più in generale come spazio e confine dell'economia o delle attività umane.

Tabella 1.1: Elementi per la definizione della qualità dell'informazione

Qualità dell'informazione	L'obiettivo del processo è valutare il livello di qualità dei dati. Questa informazione è importante per sviluppare un'esauriente valutazione degli indicatori presentati. Tutti gli elementi sono da considerarsi obbligatori.
Forza e debolezza del set dei dati	Descrive la forza del set di dati e la sua debolezza. Esempio del contenuto: La forza del set di dati è rappresentata dalla presenza di regole certe per la raccolta dei dati che lo producono. I dati sono armonizzati a livello nazionale. La debolezza del set di dati è rappresentata dalla

	differenti definizioni o metodologie usate nella raccolta dei dati. In questo caso il risultato non è completamente comparabile.
Affidabilità, accuratezza, precisione	Lo scopo è quello di registrare la qualità dei dati utilizzati, ciò che è noto e ciò che non lo è. Robustezza e Incertezza Esempio: (a livello dei dati) se un set di dati è basato su un'indagine della popolazione, e la rappresentazione per la popolazione totale è derivata da estrapolazioni, l'affidabilità dei valori dei dati viene a dipendere dalla grandezza del campione originale.
Elementi per l'assegnazione del punteggio	Rilevanza: aderenza dell'indicatore rispetto alla domanda di informazione relativa alle problematiche ambientali. Accuratezza: è data da elementi quali: comparabilità dei dati, affidabilità delle fonti dei dati, copertura dell'indicatore, validazione dei dati. Comparabilità nel tempo: completezza della serie nel tempo, consistenza della metodologia nel tempo. Comparabilità nello spazio: numero di regioni rappresentate, uso da parte di queste di metodologie uguali o simili unitamente all'affidabilità all'interno della regione stessa.

Fonte : APAT, *Annuario dei dati ambientali Edizione 2003 Volume I*

1.2.1 Componenti del contesto territoriale

Le componenti utili per l'analisi ambientale sono quelle naturali, infrastrutturali e antropiche.

Relativamente alle componenti naturali possiamo indicare le caratteristiche del territorio indipendentemente dal tipo di relazione che si instaurerà con il comparto (influenza delle componenti naturali sulla gestione del comparto e/o impatto del comparto sulle componenti naturali), descrivendo quindi la conformazione del territorio in termini di: quota altimetrica, ottenibile dalle zone altimetriche ISTAT⁷, bacini idrografici (previsti dalla L. 138/89), aree boschive, aree naturali e protette etc... attraverso l'utilizzo, laddove possibile, di cartografie tecniche di riferimento (CTR carta tecnica regionale, OFC ortofotocarta regionale, CAT mappe o mosaici catastali, IGM cartografia dell'Istituto Geografico Militare, IIM cartografia Istituto Idrografico della Marina).

Occorre individuare la presenza di eventuali criticità ambientali note che possono avere importanza per la definizione e regolamentazione degli impatti del comparto produttivo sulle matrici ambientali. Possono essere considerate criticità caratteristiche quelle della vulnerabilità degli acquiferi, la stabilità e/o diffusività atmosferica, la presenza di limiti di zonizzazione acustica etc...

⁷ La montagna è caratterizzata da altitudini non inferiori a 600 metri nel Nord e 700 metri nel Centro e nel Mezzogiorno; la collina da altitudini inferiori a 600 metri nel Nord e 700 metri nel Centro e nel Mezzogiorno; la pianura dall'assenza di masse rilevate [http://petra1.istat.it/cgi-bin/glossario/voce.pl?Zonaal_2]

Per quanto riguarda la descrizione della dotazione infrastrutturale del contesto territoriale in cui si colloca il comparto produttivo, è da segnalare, in particolare, l'importanza delle principali vie di comunicazione che attraversano il territorio e che garantiranno a secondo della loro tipologia (infrastrutture stradali e/o ferroviarie e/o portuali e aeroportuali) il livello di mobilità da e verso il comparto. Il trasporto di persone e di merci collegato alle aziende del comparto può infatti determinare effetti ambientali indiretti sul territorio, come descritto al capitolo 7.

Possiamo diversamente prendere in esame le azioni che l'ecosistema può esercitare sull'insediamento, sugli edifici e sulle sovrastrutture del sistema considerato, ai fini di verificare l'adeguatezza dell'insediamento e delle strutture ad esso connesse e, ove necessario, predisporre adeguati piani di intervento per la messa in sicurezza, il consolidamento, la protezione, ecc... e più in generale per la pianificazione delle emergenze. In questa ottica andrebbero segnalate le caratteristiche territoriali relative a:

- Sismicità;
- Subsidenza;
- Vulcanesimo;
- Bradisismo;
- Dissesti idrogeologici;
- Presenza di falde superficiali;
- Agenti meteo-marini;
- Ceraunicità.

Sarebbe altresì importante poter indicare gli indirizzi e/o i vincoli esistenti sul territorio che possono avere rilevanza per lo sviluppo del comparto produttivo e/o per le scelte in termini di sistemi di miglioramento tecnologico, quali quelli derivanti dalla pianificazione strategica (VAS, PTCP, ecc.)

Relativamente alle componenti antropiche di interazione con quelle naturali possiamo indicare, ad esempio:

- la copertura del suolo;
- le aree urbane e metropolitane;
- gli ATO Rifiuti,
- i comprensori di bonifica.

La completa descrizione delle componenti antropiche avviene attraverso lo sviluppo di catasti territoriali georeferenziati, relativamente ad entità d'interesse ambientale quali:

- scarichi idrici;
- pozzi e derivazioni;
- impianti di depurazione acqua;
- emissioni in atmosfera;
- bonifiche;
- impianti IPPC;
- siti contaminati;
- Aziende a Rischio di Incidente Rilevante.

1.2.2 Area geografica e zonizzazioni di riferimento

Le componenti individuate per la descrizione del contesto territoriale, vanno ricondotte ad un'area geografica compatibile sia con gli ambiti territoriali propri delle banche dati e delle

fonti informative a cui si accede per l'elaborazione dei vari aspetti dell'analisi ambientale, che con le caratteristiche intrinseche del fenomeno che s'intende rappresentare.

Uno degli aspetti più delicati dell'analisi territoriale può essere proprio quello della scelta dell'unità di riferimento territoriale minima.

La collocazione del comparto per area geografica comunale, ad esempio, permette di ottenere molte altre informazioni quali:

- la popolazione (demografia e stato di salute);
- le ASL - Zone sociosanitarie competenti nel territorio (e relative informazioni e indagini);
- altri dati (dai censimenti nazionali) relativi sia alla popolazione che alle attività produttive.

In riferimento alla popolazione, ci si collega da un lato all'uso del territorio in cui il comparto è posto (rurale od urbano), dall'altro al possibile target degli impatti sfavorevoli (diretti e indiretti) del comparto sulla salute dei residenti.

Per valorizzare il peso di questa componente possono essere utili dati relativi a:

- la densità di popolazione (abitanti/Km²) dell'area scelta come riferimento per il comparto;
- la popolazione residente totale per comune presente nell'area.

In entrambi i casi si può fare riferimento ai dati dell'ultimo censimento ISTAT disponibile e/o a dati intercensuali aggiornati da fonti istituzionali autorevoli (Regioni etc..⁸).

In casi specifici può essere opportuno considerare la popolazione non residente (equivalente, presente⁹) che accede o interagisce con uno specifico comparto, ad esempio i turisti per il comparto alberghiero, o quella localizzata entro una certa distanza dall'impianto produttivo o distretto, che può essere potenzialmente esposta a contaminazioni ambientali significative risultanti dall'impatto del comparto.

L'area geografica in cui si colloca il comparto potrà comprendere diverse unità amministrative di riferimento (Comuni, Province e Regioni) nonché specifiche zonizzazioni quali, le seguenti, per il livello subregionale.

Zonizzazioni istituzionali

- Province
- Comunità montane
- Circondari
- Area metropolitana

Zonizzazioni della programmazione negoziata

- Patti territoriali "generalisti" e "verdi"
- Accordi di programma quadro

Zonizzazioni intersettoriali Sistemi Economici Locali (SEL¹⁰)

⁸ La Regione Toscana emette con frequenza annuale stime della popolazione residente a partire dall'anagrafe sanitaria.

⁹ Per popolazione equivalente si intende la somma della popolazione residente, della popolazione presente per lavoro e di quella per motivi turistici.

La popolazione presente (ad una certa data o alla data del Censimento), per ciascun Comune, è costituita dalle persone presenti nel Comune ad una certa data (o alla data del Censimento) ed aventi in esso dimora abituale, nonché dalle persone presenti nel Comune alla stessa data (o alla data del Censimento), ma aventi dimora abituale in altro Comune o all'estero [Annuario Statistico Italiano ISTAT].

¹⁰ Sistemi Economici Locali definiti dall'Istituto Regionale di Programmazione Economica della Toscana IRPET [<http://www.regione.toscana.it/gestioniassociate/ambiti/sel.html>].

Zonizzazioni settoriali

- Distretti industriali
- Sistemi produttivi locali
- Aree svantaggiate
- Ambiti turistici
- ATO risorse idriche
- ATO rifiuti
- Bacini idrografici
- Aree protette
- Siti di interesse naturalistico
- Ambiti territoriali di difesa del suolo
- Comprensori di bonifica

La scelta delle unità territoriali e/o delle specifiche zonizzazioni dipende dalla dimensione e/o diffusione del comparto produttivo nel territorio, nonché dall'estensione geografica della ricerca.

L'analisi ambientale si applica infatti di volta in volta a comparti individuati tramite criteri non necessariamente univoci di dimensione e/o di territorialità. E' possibile trovarsi ad esaminare comparti inerenti attività produttive diffuse sul territorio regionale e/o provinciale, oppure comparti inerenti attività aggregate in precise realtà, come mostra la tabella 1.2 relativa alle analisi ambientali fin qui svolte¹¹.

L'inquadramento dell'attività economica, conseguentemente, potrà essere influenzato dalla diversa collocazione territoriale ed organizzativa. E' noto ad esempio, che lo studio dei fenomeni economici a livello nazionale o di grandi raggruppamenti geografici (macro-regioni) può anche essere condotto separando le grandezze economiche tipiche (occupazione, disoccupazione, produzione, consumi, investimenti ecc.) dalle caratteristiche della popolazione e della società. Entità territoriali con una tale estensione racchiudono, infatti, al loro interno realtà sociali fortemente diverse fra loro e, conseguentemente, le caratteristiche socio-demografiche medie rilevate non presentano relazioni forti con la struttura produttiva e l'agire economico degli operatori. Scendendo a livello locale la situazione si ribalta completamente e le caratteristiche sociali, demografiche e territoriali della comunità locale, da inquadrare altresì nella prospettiva della loro evoluzione storica, non possono essere separate dai meccanismi che sovrintendono al funzionamento economico di un luogo. La comunità di individui e di imprese che insistono sul medesimo territorio, che spesso rappresentano una stessa realtà guardata da punti di vista diversi, intrecciano fra loro un insieme di relazioni talmente fitto e ricco di influenze, dell'una verso l'altra e viceversa, che i fenomeni economici e sociali non possono più essere compresi se considerati separatamente.

Tabella 1.2: Caratteristiche dei comparti oggetto di analisi nel periodo 2000-2003.

Comparto	Modello territoriale	Aree coinvolte nella ricerca
Ceramico	Aggregato	Sassuolo- Scandiano comprensivo dei Comuni di Casalgrande, Castellarano, Castelvetro, Fiorano, Formigine,

¹¹ Il gruppo di lavoro (costituito nel 1997) APAT-ARPA "Analisi ambientale per comparto produttivo", ha sviluppato annualmente analisi di comparti selezionati, applicando una metodologia consolidata ormai da vari anni, e progressivamente affinata sulla base delle analisi di volta in volta effettuate.

		Maranello, Rubiera, Sassuolo, Scandiano, Viano (MO)
Cartone ondulato	Aggregato	Pistoia (Valdinievole), Lucca
Galvanico	Diffuso	Piemonte
Acciaierie elettriche	<i>In corso di pubblicazione</i>	-
Conglomerati Cementizi	Diffuso	Val d'Aosta
Biomedicale	Aggregato	Mirandola (MO) e il distretto di Saluggia (VC)
Fonderie di ghisa di 2° fusione	Diffuso	Toscana
Rubinerie e valvole	Aggregato/Diffuso	Distretto Cusiano Valsesiano (NO, VB, VC), Lumezzane (BS)
Lavorazione concia	Diffuso	Toscana, Veneto
Industria cartaria	Diffuso	Friuli Venezia Giulia
Produzione dell'olio d'oliva	Diffuso	Abruzzo, Liguria, Molise, Toscana, Puglia e Umbria

Sulla base di queste considerazioni, è opportuno distinguere ed utilizzare le informazioni più pertinenti, laddove possibile, per descrivere i contesti di riferimento.

Un esempio di descrizione territoriale adatta allo sviluppo economico locale è quello in uso in Toscana per i Sistemi Economici Locali (SEL).

In questo sistema sono messi a punto alcuni indicatori utili anche all'analisi ambientale per comparto, fra cui i seguenti:

- Rifiuti Solidi Urbani pro capite (kg/abit/a);
- Raccolta Differenziata/Rifiuti Solidi urbani (%);
- Carico inquinante organico scarichi (A_{eq}/km^2);
- Consumi idrici acquedotto pro capite ($m^3/abit/a$);
- Consumi di energia elettrica per usi civili pro capite (MWh/abit);
- Emissioni CO₂ eq. pro capite (tCO₂ eq/abit);
- Pressione turistica (presenza/abit);
- Aree protette per territorio (%);
- Veicoli circolanti per superficie (veicoli/km²);
- Consumo di suolo (% sup. urbanizzata/sup. totale);
- Densità della rete stradale (km/km²);
- Superficie percorsa da incendi (m²/km²).

1.3 Contesto produttivo

Il processo di individuazione delle aziende che costituiscono il comparto, non può prescindere dalle problematiche legate al reperimento delle informazioni indispensabili alla ricerca.

Si tratta di informazioni necessarie anche per altre attività delle Agenzie ambientali, (i comparti produttivi sono una delle principali pressioni ambientali territoriali) che possono tuttavia non essere disponibili a livello di sistema informativo regionale ambientale, bensì essere presenti in archivi settoriali non completamente validati e/o condivisi.

1.3.1 L'individuazione del comparto

A fronte della complessità crescente dovuta alla varietà delle discipline coinvolte e all'elevato grado di correlazione delle informazioni, ad oggi infatti, sono pochi gli esempi di razionalizzazione/integrazione dei sistemi informativi.

In questo contesto appare di fondamentale importanza, in aggiunta alla validazione delle fonti, utilizzare un "vocabolario" comune a tutti i soggetti coinvolti nell'azione di raccolta ed elaborazione, ma anche, soprattutto, nell'utilizzo dei dati, basato sull'utilizzo di codici che svolgano una funzione strategica nel processo di correlazione di banche dati non omogenee.

L'Istituto Nazionale di Statistica ha predisposto una nuova classificazione delle attività economiche (ATECO 2002) da adottare nelle rilevazioni statistiche correnti. Essa è la versione nazionale della classificazione (NACE Rev. 1.1) definita in ambito europeo ed adottata dalla Commissione Europea con Regolamento n. 29/2002 pubblicato su Official Journal del 10/1/2002.

La ATECO 2002 è stata sviluppata dall'ISTAT, con la collaborazione di esperti delle Pubbliche amministrazioni coinvolte nella attività di classificazione delle unità produttive e di esperti dei principali settori economici. Si è perseguito l'obiettivo di tenere conto delle specificità della struttura produttiva italiana rinnovando, rispetto alla ATECO 1991, il dettaglio a livello di "categoria" (5° cifra della classificazione), utile ad individuare attività particolarmente rilevanti nel nostro Paese. L'elenco delle voci della nuova classificazione, contiene 883 titoli di categorie di attività economica e i rispettivi codici.

L'individuazione del comparto avviene principalmente attraverso il riconoscimento della (o delle) codifica ATECO¹² migliore, quella cioè che descrive più esaustivamente possibile l'attività produttiva e/o il ciclo tecnologico entro il quale dovrà muoversi la ricerca.

Il codice ATECO permette anche di attuare link con altre banche dati che contengono informazioni sulle attività produttive quali ad esempio il Registro delle Imprese¹³, l'INAIL¹⁴ e MUD.

1.3.2 Raccolta e organizzazione dei dati

Oltre alle fonti istituzionali citate al paragrafo 1.1, per quanto concerne l'acquisizione dei dati generali utili alla individuazione e definizione del comparto, un contributo integrativo è dato dalle associazioni di categoria ed in generale dal mondo dell'associazionismo a vario titolo legato agli aspetti sociali, economici ed ambientali.

Il principale problema inerente la gestione dei dati in questa fase è dovuto principalmente alla loro non omogeneità, dovuta in particolare alla diversità delle fonti che si rendono disponibili al variare del comparto.

Se la normativa assicura, o dovrebbe, una omogeneità di base è comunque vero che l'analisi di comparto necessita di informazioni e dati ulteriori.

¹² ISTAT <http://www.istat.it/ateco/ateco2002/note.pdf>

¹³ <http://www.infoimprese.it>

¹⁴ <http://bancadati.inail.it/prevenzionale/>

1.3.3 Caratterizzazione del comparto

Gli elementi utili alla caratterizzazione del comparto sono relativi a:

- numero di imprese e dimensione (range e media);
- tipologia delle aziende (rispetto ad esempio al ciclo produttivo, indotto, conto terzi etc...);
- fatturato annuo;
- produzione annua;
- evoluzione del comparto e del mercato dei prodotti;
- consumi energetici, emissioni e rifiuti.¹⁵

Attraverso i codici ATECO dalla banca dati del Registro delle Imprese si ottiene il numero delle aziende presenti nell'area geografica e il numero di addetti. Le stesse informazioni sono anche reperibili all'ISTAT dai dati del censimento delle attività produttive. Il Registro delle Imprese consente però di avere l'elenco nominativo delle imprese del comparto con i relativi dati anagrafici, da cui partire per indagini mirate sul territorio.

Le altre informazioni si ottengono da indagini di settore condotte dai Ministeri, da associazioni di categoria, dall'ISPESL, dalle ASL, da APAT, dai sindacati, oppure attraverso indagini mirate svolte dall'Agenzia per l'ambiente nell'ambito della stessa analisi ambientale.

Per settori rilevanti possono essere riportati, già in questa fase descrittiva preliminare, alcuni indicatori¹⁶ che esprimono la pressione esercitata dal settore sull'ambiente e sul territorio, nonché la sua propensione alla riduzione di tale pressione:

- Consumi di energia Elettrica per usi industriali per addetto (MWh/add);
- Emissioni CO₂ eq. Per addetto (tCO₂ eq/add);
- Veicoli circolanti per superficie (veicoli/km²);
- Consumo di suolo (% sup. insediamenti/sup. totale);
- Suolo degradato;
- Trasporto merci (quantità, scelta modale);
- Numero di registrazioni EMAS;
- Numero di certificazioni ISO 14000, SA8000 ecc..

Bibliografia capitolo 1

ARPAT - ARPAT, 2003, *Progetto CLOSED il modello DPSIR applicato ai Distretti di Prato, Lucca, Pistoia* A cura di Daniela Dinelli, Sandro Garro, Luciano Giovannelli, Paola Querci, Firenze.

ARPAT - ARPAT, 2000, *Profili di rischio ambientale per comparto produttivo atti del 1° Seminario nazionale* A cura di Danila Scala, Giuseppe Banchi, Claudio Nobler, Firenze.

APAT, 2003, *Annuario dei dati ambientali*

REGIONE TOSCANA, 2004, *Segnali ambientali in Toscana 2003*, Firenze.

Georgescu-Roegen N. (1985), "Economia e degradazione della materia. Il destino prometeico della tecnologia umana", in *Economia e Ambiente* n. 4, pag. 5-29

APAT, 2003, *Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria*

<http://www.regione.toscana.it/pro/prs/quaderni/quaderni.htm>

¹⁵ Questi aspetti vengono ripresi nei capitoli 3 e 4

¹⁶ Le relative tematiche sono trattate nei capitoli 5 e 7

2. Analisi di un ciclo produttivo

In accordo con il vecchio detto "*There is no substitute to experience*", l'esperienza d'esercizio di un impianto può dare un contributo significativo al suo miglioramento, con conseguente riduzione dell'impatto sulla salute e sull'ambiente.

In tale ottica, l'analisi ambientale dei cicli produttivi si propone di individuare gli elementi di criticità ambientale delle diverse fasi di lavorazione di un settore tecnologico.

Vengono analizzati i dati di funzionamento dell'impianto rilevati in campo (consumi di materie prime e di acqua, consumi energetici, emissioni in aria ed in acqua, rifiuti prodotti, ecc.) allo scopo di valutarne principalmente l'impatto sull'ambiente e le azioni migliorative applicabili.

L'ottica non è tanto quella di evidenziare le carenze del singolo impianto, ma di analizzare il comparto produttivo nella realtà locale allo scopo di individuare possibili miglioramenti dei processi e della loro gestione, e di definire parametri funzionali utili per la valutazione delle possibili diverse soluzioni.

Particolare evidenza viene data, infatti, alle migliori tecnologie impiegate nei processi, su base comparativa e tenendo conto dei dati reali di funzionamento.

Le analisi sono riferite innanzitutto alle condizioni normali di esercizio, senza trascurare però l'obiettivo di prevenire anche situazioni anormali di esercizio.

Allo scopo di assicurare il collegamento con il territorio e di basare le analisi su dati reali di funzionamento raccolti in campo, le analisi sono condotte di concerto dall'APAT e dalle ARPA. In tale ottica è stato costituito¹⁷ sin dal 1997 il gruppo di lavoro APAT/ARPA "Analisi ambientale per comparto produttivo", che sviluppa annualmente analisi di comparti selezionati, applicando una metodologia consolidata ormai da vari anni, e progressivamente affinata sulla base delle analisi di volta in volta effettuate.

I rapporti di analisi vengono elaborati con riferimento ad un "indice tipo", assunto dal gruppo di lavoro come modello di riferimento minimo ed adattato alle esigenze specifiche del comparto analizzato.

Nelle analisi sono anche fortemente coinvolti gli operatori dei comparti presi in esame, sia direttamente che attraverso le loro organizzazioni di categoria, come fornitori dei dati provenienti dal campo e come uno dei destinatari dei risultati delle analisi.

2.1 Fase lavorativa

L'individuazione corretta delle fasi e di eventuali sottofasi costituenti il ciclo produttivo e delle relazioni che legano l'una all'altra, è il punto di partenza per l'analisi ambientale per comparto produttivo dell'intero ciclo.

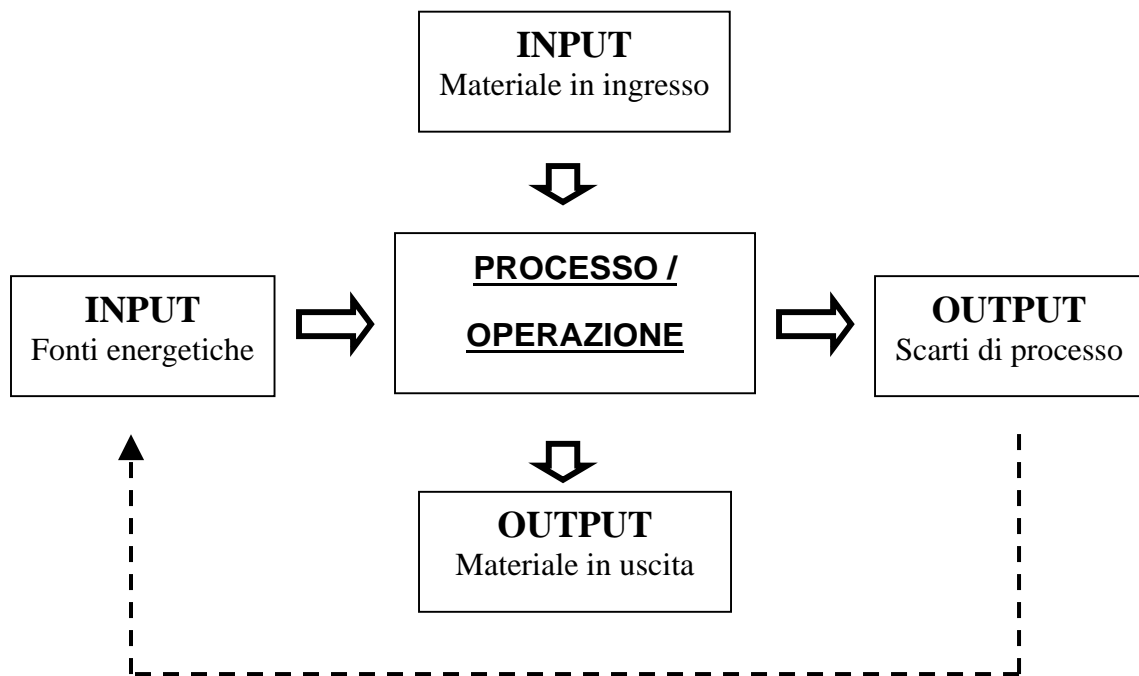
La fase costituisce l'unità elementare a cui si applica la metodologia d'indagine. L'analisi del comparto, per così dire, scaturisce dal collegamento delle varie analisi di fase; da qui il ruolo centrale e l'importanza della corretta definizione della fase.

La definizione più usuale ed utilizzata di fase è: parte del ciclo produttivo avente una finalità individuata e non scomponibile in fasi ulteriori aventi funzionalità differenziabili e/o conseguenze distinguibili per l'ambiente.

Nella schematizzazione sotto riportata viene esemplificata la struttura di una fase produttiva:

Struttura di una fase produttiva

¹⁷ Cfr. nota 7



- **INPUT:** sono compresi il *materiale in ingresso* (comprensivo degli eventuali scarti di altre fasi riutilizzabili), gli *additivi o sostanze* necessarie allo svolgimento dell'operazione, le *fonti energetiche*;
- **PROCESSO/OPERAZIONE:** vengono descritti i *macchinari* utilizzati e le *modalità operative* che consentono la modificazione o la miscelazione delle materie prime;
- **OUTPUT:** raggruppa ciò che esce dalla fase, e specificamente il *materiale lavorato*, che può essere un intermedio di lavorazione o il prodotto finale a seconda che sia una fase intermedia del ciclo o l'ultima, e l'insieme degli *scarti di lavorazione* (emissioni liquide, gassose, sonore, produzione di rifiuti). Occorre segnalare che alcuni scarti di lavorazione possono rientrare nel ciclo produttivo e ridiventare materie prime.

Un possibile approccio nell'individuazione della fase può essere il seguente:

1. **Definizione:** quali sono i “confini” che la definiscono all'interno del ciclo, dunque in cosa si distingue dalle altre fasi.

2. **Descrizione:**

- scopo (cosa deve produrre);
- soggetti coinvolti (mansioni);
- risorse richieste per il raggiungimento dello scopo;
- materie prime, energia impiegata, impianti coinvolti ed in generale tutto ciò che viene utilizzato nella fase ed in altre per assolvere al proprio compito;
- attrezzature e macchine coinvolte;

- individuazione qualitativa degli elementi che intervengono in ogni singola fase, relativamente a: energia, utilizzo di risorse idriche, rifiuti/residui di produzione (scarti, etc.) e di depurazione (fanghi, acque reflue, etc.).

3. **Relazioni:** esplicitazione dei legami con le fasi precedenti e successive.

Nella tabella 2.1 sono riportate le caratteristiche significative necessarie a caratterizzare l'assetto impiantistico di ogni fase che vanno dalla indicazione dei coefficienti di utilizzo (h/turno, turni/d,...) ai dati di targa e la vita residua di ogni macchinario. La tabella 2.2 fornisce invece, nel caso specifico del comparto ceramico, una visione quantitativa globale dell'influenza di ogni fase produttiva sugli aspetti ambientali significativi; in questo caso sono indicati sia i consumi di acqua ed energia, sia le emissioni ed il rumore prodotti. Questa ultima tabella fornisce dei dati utili per la composizione degli ecobilanci che è effettuata nel paragrafo 2.3.

Tabella 2.1: Assetto impiantistico della fase

Fase/Reparto					
Funzionamento	h/turno	turni/d	d/sett.	sett./anno	h/anno
IMPIANTO					
• Numero					
• Tipo					
• Denominazione					
• Marca/Modello					
• Dimensioni/ Capacità/Taglia					
• Anno installazione					
• Principali modifiche: descrizione (anno)					
• Vita residua (stima)					

Nella figura 2.1 è schematizzata una fase produttiva del comparto ceramico, in particolare la fase di preparazione dell'impasto tramite paste per estrusione, con indicazione degli ingressi, delle uscite e dei macchinari utilizzati.

In figura 2.2 è invece indicata una fase produttiva del comparto fonderia alluminio, con una indicazione completa dei flussi di materia coinvolti nel processo.

Tabella 2.2: Aspetti ambientali significativi del ciclo produttivo, comparto ceramico

Fase	Processo	Consumi - INPUT			Scarichi - OUTPUT			
		Acqua	Energia Termica	Energia Elettrica	Emissioni gassose	Acque reflue	Rifiuti solidi	Rumore
Preparazione materie prime supporto	Preparazione polveri Processo a secco							
	Preparazione polveri Processo a umido							
	Preparazione paste							
Formatura	Pressatura							
	Estrusione							

Essiccamento								
Preparazione smalti								
Smaltatura								
Cottura								
Scelta e confezionamento								

Figura 2.1: Fase produttiva del comparto ceramico

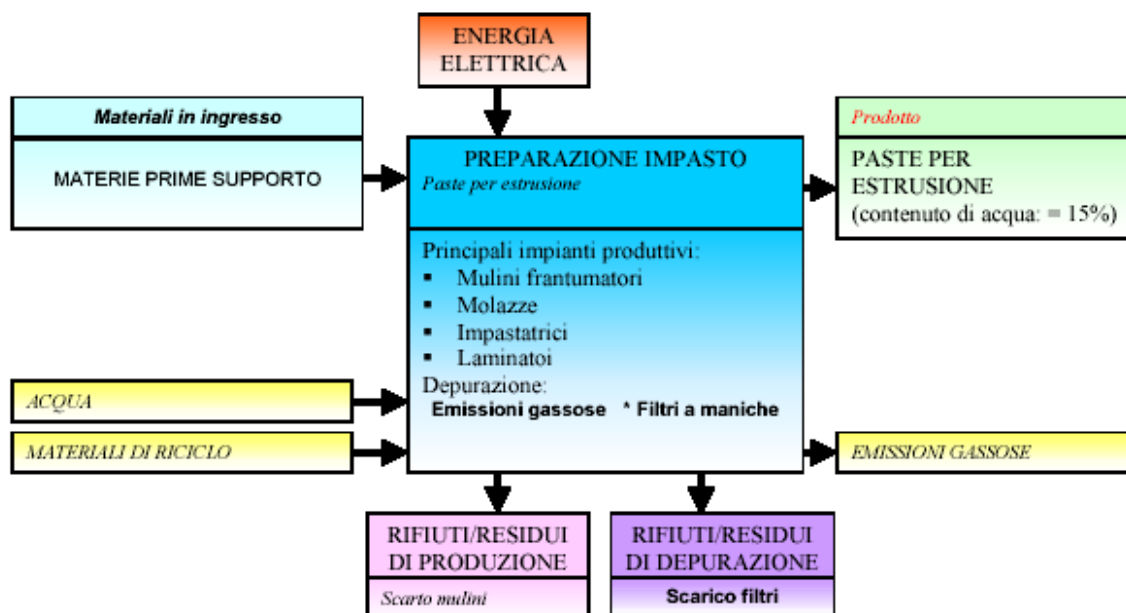
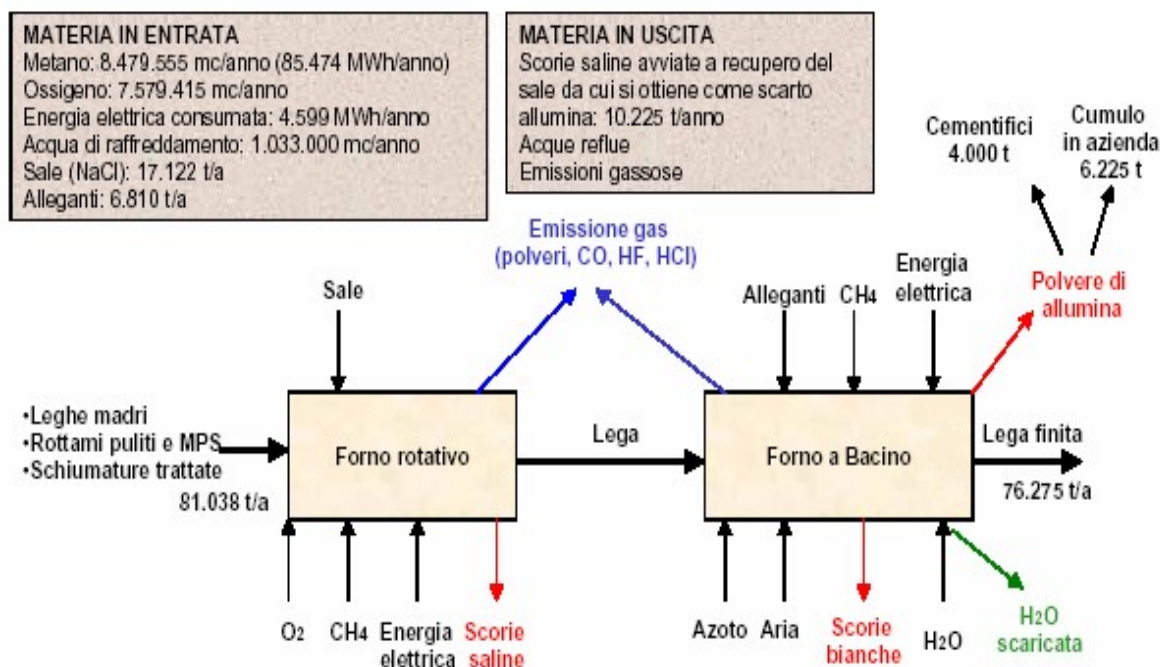


Figura 2.2: Fase produttiva del comparto fonderia alluminio



2.2 Schema a blocchi

Le fasi e le relazioni che fra esse intercorrono, costituendo il ciclo produttivo, vengono rappresentate mediante la costruzione di uno schema a blocchi. Lo schema a blocchi è un metodo rappresentativo di processi e flussi mutuato dall'ambito informatico, dove i flussi sono rappresentati da dati ed i processi sono azioni logiche che su tali dati agiscono.

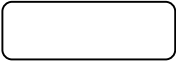
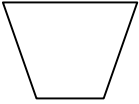
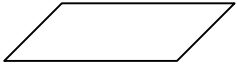

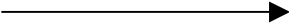

Analogamente, i flussi di un ciclo produttivo potranno essere le materie prime, i semilavorati, i lavorati in un processo industriale; come le richieste, le informazioni ed i servizi in comparti del terziario e così via. Individuate le fasi costituenti il ciclo e le relazioni, nella costruzione dello schema a blocchi è auspicabile l'utilizzo univoco dei simboli. Una possibile sintassi è quella riportata in tabella 2.3.

Come già detto, l'identificazione delle singole fasi e la definizione delle relazioni relative è alla base dell'analisi dei bilanci ambientali e più in specifico:

- bilancio di materia;
- bilancio idrico;
- bilancio di energia.

La metodologia per la predisposizione dei predetti bilanci è trattata nel paragrafo 2.3.

Tabella 2.3: Simboli di uno schema a blocchi.

	Punto d'inizio del ciclo.	Possono essere molteplici.
	Conclusione del ciclo	
	Bilanci	Ingressi e uscite relative alla fase.
	Fase nome	Individua la fase attraverso il nome assegnatole.
	Flussi	
	Fonti e dati	

Nella costruzione di un corretto schema a blocchi del processo produttivo è bene osservare le seguenti regole:

- Le fasi evidenziabili devono essere quelle che hanno una finalità individuata e non scomponibile.
- Le fasi evidenziabili dallo schema riportato devono essere le stesse cui si farà sempre riferimento.
- Deve essere chiaramente identificabile la connessione tra le diverse fasi e devono essere indicate per ognuna di esse le materie prime in ingresso, intermedie e in uscita.
- Oltre alle fasi di produzione, vanno considerate tutte le fasi trasversali che possano dare luogo ad impatti ambientali. Sono pertanto da considerarsi fasi del ciclo produttivo:
 - approvvigionamento delle materie prime;
 - stoccaggio materie prime;
 - trasporto e stoccaggio rifiuti;
 - laboratori interni (chimico microbiologico...).

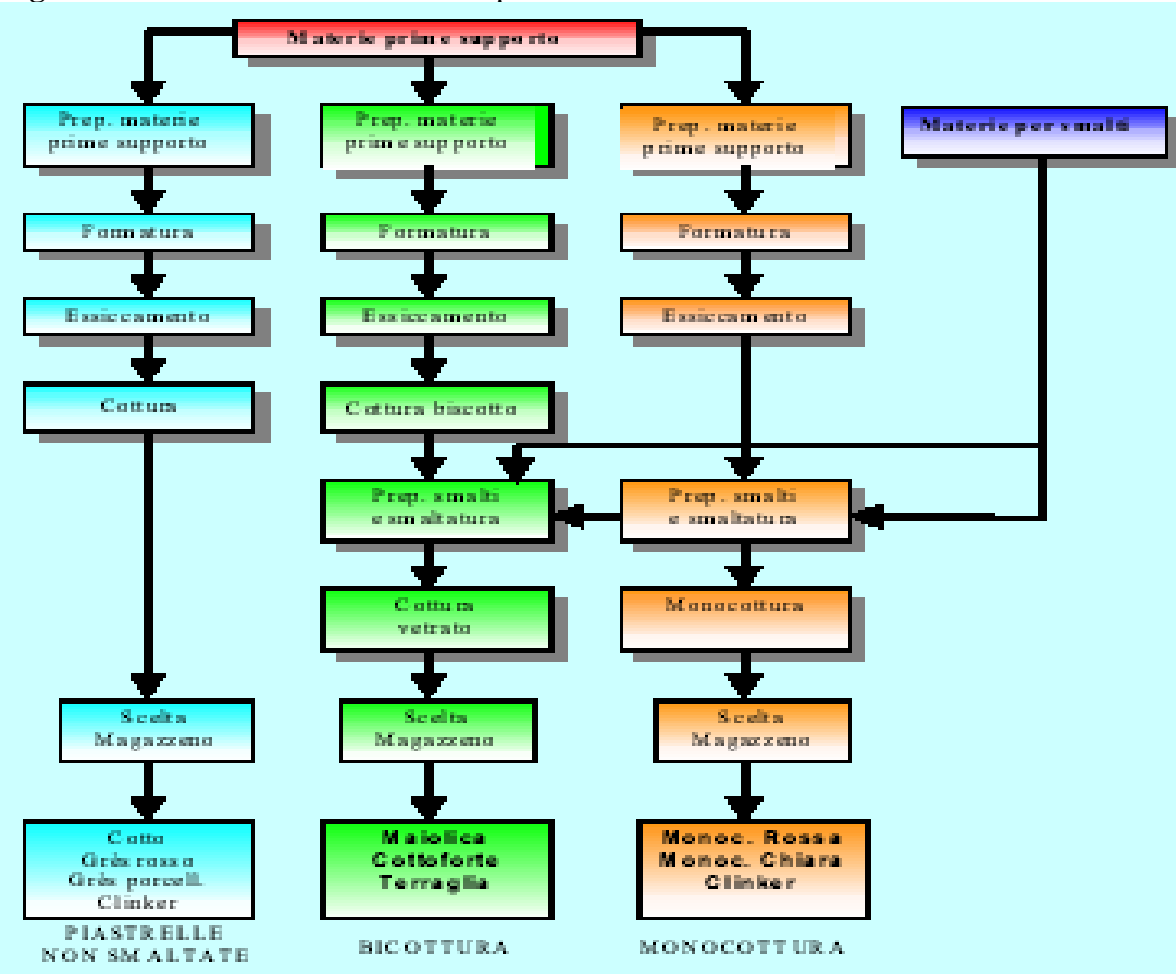
Per avere un quadro completo dell'attività del comparto nonché un utile strumento di verifica e vigilanza è possibile utilizzare la matrice dei prodotti. Essa indica le fasi di lavorazione per ogni tipologia prodotto, come si vede dalla figura 2.3 dove è riportata una matrice dei prodotti per il comparto ceramico.

A completare questo tipo di indicazione, lo schema a blocchi della figura 2.4 fornisce, sempre per il comparto ceramico, la visione d'insieme e la successione dei cicli di lavorazione.

Figura 2.3: Matrice dei prodotti del comparto ceramico

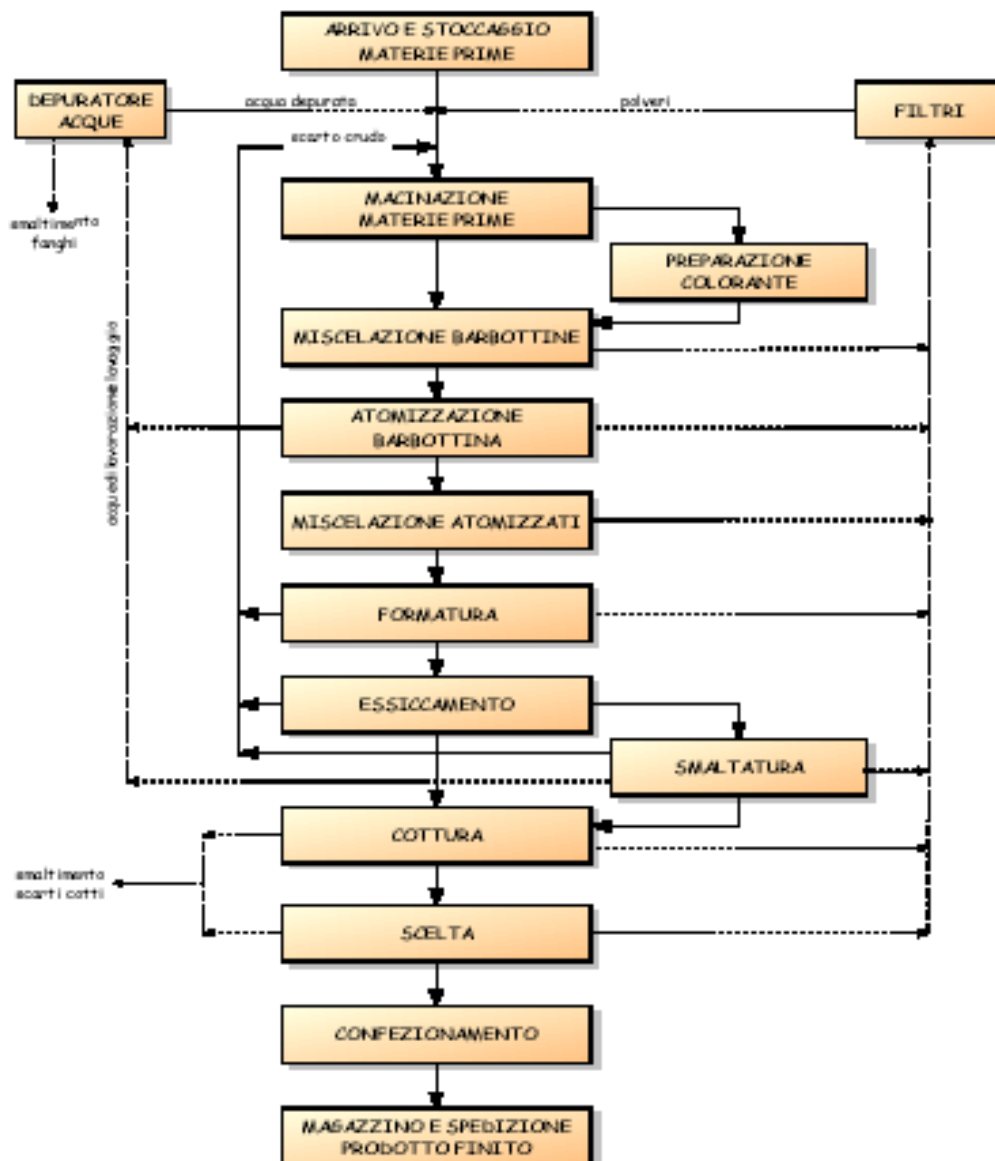
			PRODOTTI SMALTATI						PRODOTTI NON SMALTATI			
			Maiolica Cottoforte	Monocottura chiara	Monocottura Rossa	Grès porc. smaltato	Clinker smaltato	Cotto smaltato	Grès porc.	Grès rosso	Clinker	Cotto
Preparazione impasto	Polveri per pressatura	A. Processo a secco tradizionale	*							*		
		B. Processo a secco con granulazione			*							
		C. Processo a umido		*	*	*			*			
	Paste per estrusione						*	*			*	*
Formatura		A. Estrusione					*	*			*	*
		B. Pressatura	*	*	*	*			*	*		
Essiccamento			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cottura biscotto			*									
Preparazione smalti e smaltatura			*	*	*	*	*	*				
Cottura (finale)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Scelta - Confezionamento			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Figura 2.4: Schema a blocchi del comparto ceramico



In figura 2.5 è infine riportato il diagramma di flusso del ciclo di fabbricazione relativo al comparto ceramico. In esso sono indicati i flussi di materie utilizzati, riutilizzati o smaltiti all'interno del processo.

Figura 2.5: Diagramma di flusso del comparto ceramico



2.3 Gli ecobilanci

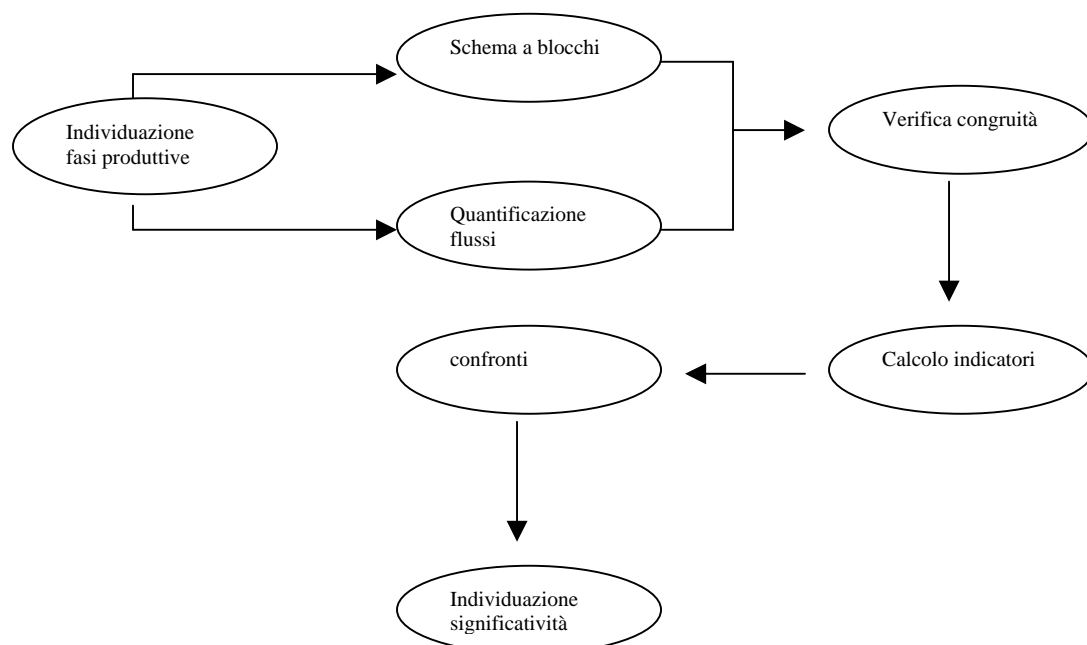
I bilanci dei flussi coinvolti in un ciclo produttivo sono elaborazioni attraverso le quali si analizzano e si quantificano le relazioni che legano le correnti, evidenziandone i percorsi e le trasformazioni subite nelle varie fasi produttive. L'importanza di descrivere con accuratezza i cicli produttivi e di monitorare i flussi di materia ed energia può rappresentare un valido aiuto per individuare le fasi critiche del ciclo in cui è possibile recuperare, riutilizzare e quindi ottimizzare le risorse. Questo approccio consente di ridurre le inefficienze che incidono non solo sull'ambiente ma anche sul bilancio economico dell'attività produttiva.

La rappresentazione grafica delle correnti permette di illustrare visivamente i percorsi e le trasformazioni subite dal flusso attraverso le fasi del processo produttivo, mentre l'elaborazione di opportuni indicatori permette di quantificare le relazioni che intercorrono tra i flussi. L'illustrazione schematica e la quantificazione dei flussi forniscono lo strumento necessario per individuare eventuali anomalie, per costruire indicatori di performance ambientali e per identificare le incongruenze dei dati raccolti.

Per costruire un ecobilancio si può procedere secondo le seguenti tappe, come già sottolineato nel paragrafo precedente:

- studiare il ciclo produttivo nella sua globalità;
- individuare separatamente i diversi flussi (energia, acqua, rifiuti, materiali costituenti il prodotto);
- realizzare uno schema a blocchi delle singole fasi produttive identificando qualitativamente i flussi e rappresentandone i percorsi;
- individuare e quantificare input e output per ciascuna fase;
- verificare la congruenza del bilancio globale, ad esempio controllando che la sommatoria dei flussi in entrata eguagli la sommatoria dei flussi in uscita, ipotizzando che non ci siano accumuli di materiale interno o che l'acqua persa per evaporazione sia trascurabile o stimabile;
- nel caso in cui non si riscontri tale congruità, ricercare le cause e rimuoverle.

Figura 2.6: Processo di definizione dei bilanci



Nello schema della figura 2.6 viene rappresentato il processo di definizione dei bilanci, dall'individuazione delle fasi alla costruzione di indicatori per valutare gli impatti ambientali ed i rischi più significativi.

Le informazioni ottenibili sono di due tipi:

- i bilanci di ciascuna fase, utili per individuare le fasi più critiche del processo;
- i bilanci relativi al processo complessivo, utili per calcolare i consumi totali del processo stesso e per confrontare i trend di andamento delle prestazioni nel tempo.

In funzione della tipologia di processo produttivo, occorre decidere la scala la temporale e l'unità di misura in modo che i dati ricavati siano coerenti con il processo e le sue caratteristiche intrinseche.

2.3.1 Bilancio di materia

Per costruire il bilancio dei materiali costituenti il prodotto, è necessario:

- realizzare uno schema a blocchi rappresentando e quantificando i percorsi dei flussi;
- inserire tra le correnti in ingresso non solo materie prime e semilavorati, ma anche materiali di recupero provenienti da altri siti;
- verificare la congruenza del bilancio seguendo il percorso delle diverse correnti, identificando gli eventuali ricicli, i flussi che rimangono indeterminati e quelli stimati o calcolati, ad esempio per differenza;

Nella figura 2.7 è rappresentato lo schema di bilancio dei materiali di un ciclo produttivo del comparto ceramico in cui sono indicati i flussi di materia coinvolti nell'intero processo. In figura 2.8 è riportato lo schema di un bilancio di materiali per una generica fase del comparto ceramico. E' da segnalare che la figura costituisce un esempio, applicabile a qualunque fase di un qualunque ciclo produttivo. Nelle applicazioni dovrà quindi essere tarata rispetto alle correnti che caratterizzano effettivamente il ciclo.

Figura 2.7: Bilancio di materia del ciclo produttivo del comparto ceramico

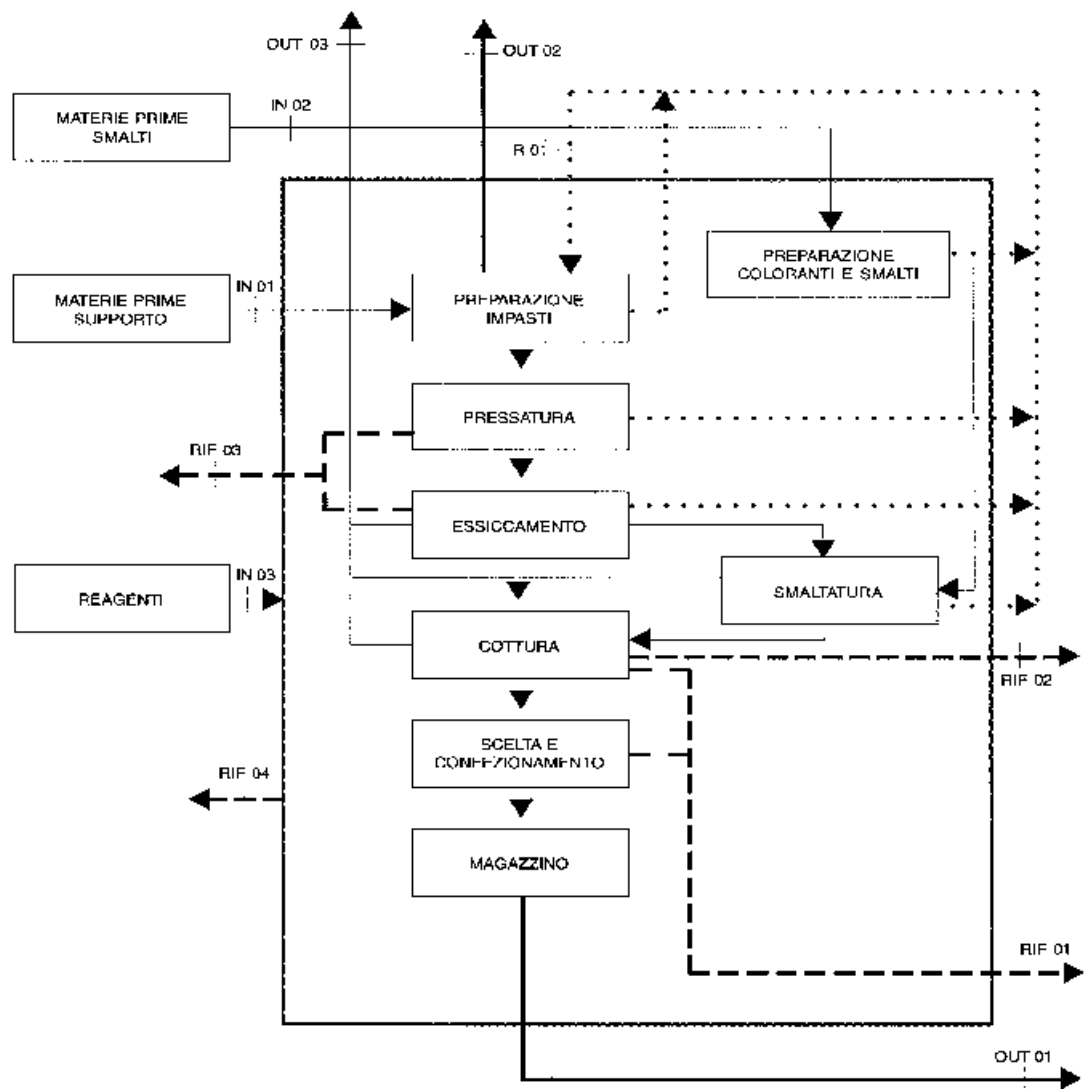
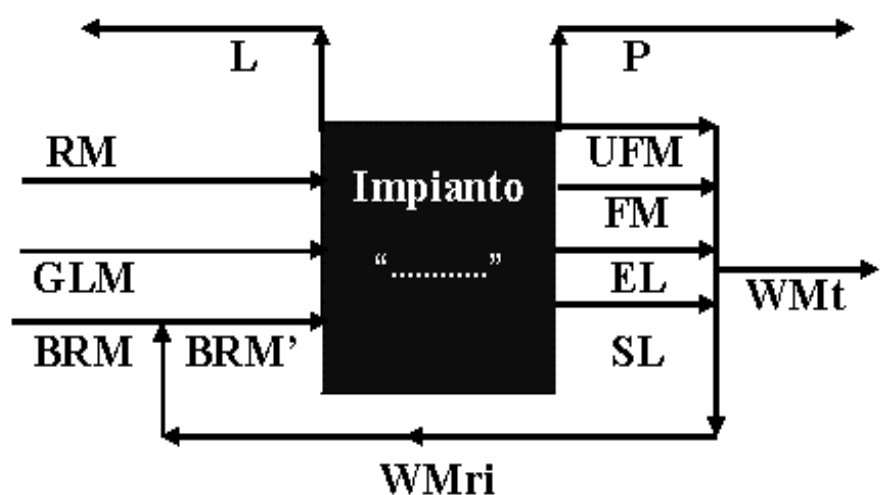


Figura 2.8: Bilancio di materia di una fase generica del comparto ceramico



I flussi in ingresso e in uscita dalla fase indicano:

- RM = Reagenti
- GLM = Materie prime per smalti
- BRM = Materie prime per supporto
- WMri = Materiali riciclati
- P = Prodotto finito
- UFM = Scarto crudo
- FM = Scarto cotto
- EL = Reagenti esausti
- SL = Fanghi (da trattamento acque)
- WMt = Materiali (rifiuti) in uscita totali =
= WMre, materiali riciclati esternamente + WMd, materiali destinati alla discarica)
- L = perdita al fuoco ed altre perdite (per differenza, con analisi di congruità)

La tabella 2.4 fornisce uno strumento in cui sono da riportare i valori dei flussi del bilancio di materia illustrato nello schema di figura 2.8, completi di indicazione delle registrazioni e dei calcoli eventualmente effettuati. In particolare, per tale bilancio, si possono definire:

- fattore di riutilizzo dei rifiuti/residui (MRr):
 $MRr = (100 * WMri) / (BRM + WMri)$;
- incidenza del materiale di riciclo sulla composizione dell'impasto (WMrr):
 $WMrr = (100 * WMri) / BRM$.

Ad ogni modo, i dati possono essere elaborati creando ulteriori indicatori della tipologia riportata in tabella 2.5.

Tabella 2.4: Flussi principali del bilancio di materiali

Flusso	Valore (t/anno)	Riferimento alle registrazioni o altri doc. del SG Eventuali calcoli
BRM Materie prime supporto		
GLM Materie prime smalti		
RM Reagenti		
P Prodotto finito		
UFM Scarto crudo		
FM Scarto cotto		
EL Reagenti esausti		
SL Fanghi		
WMri Materiali riciclati internamente		
WMre Materiali riciclati esternamente		
WMd Materiali a discarica		
WMt Materiali in uscita totali		$WMt = WMre + WMd$
L Perdite (per differenza)		

Tabella 2.5: Calcolo degli indicatori del bilancio di materia

Indicatore	Descrizione	Unità di misura e modalità di calcolo (specificare se il risultato è M, S, o C)
Flussi specifici di una corrente riferiti al prodotto versato a magazzino	Questo valore fornisce i dati sul consumo medio effettivo per 1 m ² o 1 kg di versato a magazzino, quindi maggiore è il valore dell'indicatore e maggiore sarà l'impatto o il rischio ambientale Es. 1: quantità materia prima pericolosa / quantità di versato a magazzino del prodotto finale.	n. (materia prima/ prodotto versato a magazzino)
	Questo parametro indica la capacità del prodotto e del processo di assicurare il reimpiego dei residui, riducendo il consumo di materie prime. Es. 2 : massa di residui riciclati per unità di massa versata a magazzino.	n. (residui riciclati/ prodotto versato a magazzino)
Incidenza percentuale delle correnti di scarti rispetto ad altri flussi	Possono indicare, ad esempio tramite un diagramma a torta, l'incidenza percentuale degli scarti rispetto a definite correnti	%
Rapporto di ricircolo	Indica il rapporto tra i residui riciclati e i rifiuti o i residui totali prodotti	n. (riciclati/rifiuti totali)

Noti i flussi di materiali per ogni fase del ciclo produttivo, sarà possibile valutare l'entità e la tipologia dei trasporti ad essi associati. Questa indicazione assume importanza sia perché il trasporto rappresenta una forma di effetto ambientale indiretto legato al comparto produttivo, sia perché è uno dei principali fattori di rischio ambientale. Queste due tematiche sono affrontate rispettivamente nel capitolo 8 e nel capitolo 4, mentre la tabella 2.6 fornisce uno strumento utile ad inquadrare la logistica di approvvigionamento delle materie prime.

Tabella 2.6: Trasporti associati ai flussi di materiali

	<i>Esterno all'impianto</i>		<i>Interno all'impianto</i>			
Progr. Mat. Prime	Mezzo di trasporto	Frequenza movimenti <input type="checkbox"/> Stimata <input checked="" type="checkbox"/> Misurata	Mezzo di trasporto	Frequenza movimenti <input checked="" type="checkbox"/> Stimata <input type="checkbox"/> Misurata	Riferimento Emissioni Diffuse/Fuggitive	
1	autocarro	1565	Pale mecc., nastri tr.	Più volte al giorno	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
2	autocarro	390	Pale mecc., nastri tr.	Più volte al giorno	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
3	autocarro	1960	Pale mecc., nastri tr.	Più volte al giorno	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
4	autocarro	360	carrelli elevatori	Più volte al giorno	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO

2.3.2 Bilancio idrico

Per costruire un bilancio idrico occorre:

- identificare e quantificare le fasi del ciclo produttivo rilevanti ai fini del bilancio idrico;
- la rispettiva provenienza (pozzo, acquedotto);
- la destinazione (fognatura, corpo idrico superficiale o altro sito per il riutilizzo);
- identificare e stimare/quantificare i flussi di acqua evaporata facendo riferimento anche a parametri tecnologici come l'umidità della fase considerata;
- identificare gli eventuali ricicli;
- elaborare una rappresentazione grafica;
- verificare la congruenza del bilancio e giustificare eventuali scostamenti, introducendo ad esempio un'ulteriore corrente in uscita (acque disperse).

Nella figura 2.9 è rappresentato lo schema di bilancio idrico di un ciclo produttivo del comparto ceramico in cui sono indicati i flussi entranti ed uscenti dell'intero processo. In figura 2.10 è riportato lo schema di un bilancio idrico per una generica fase del comparto ceramico.

Figura 2.9: Bilancio idrico del ciclo produttivo del comparto ceramico

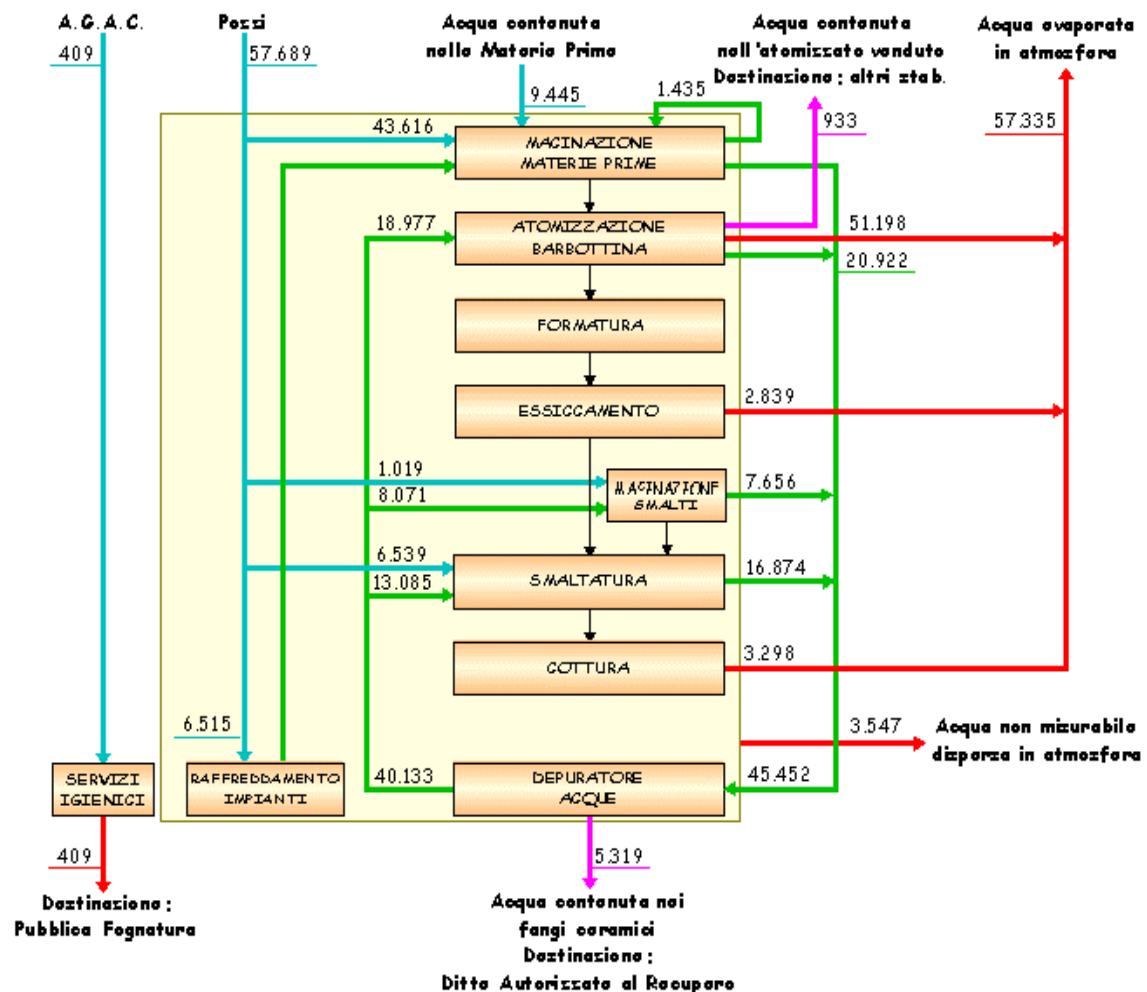
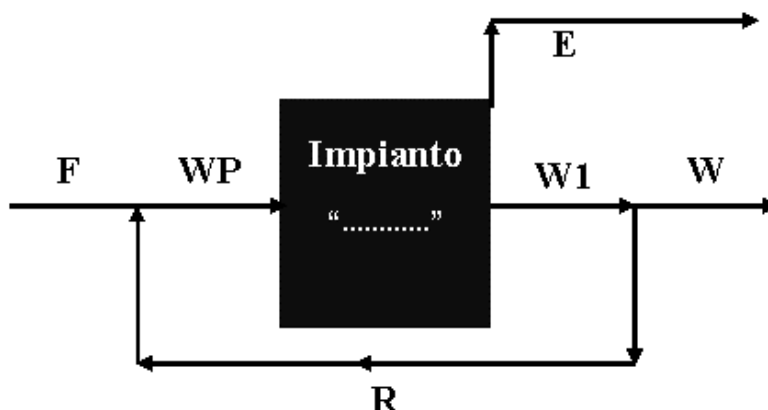


Figura 2.10: Bilancio idrico di una fase generica del comparto ceramico



I flussi in ingresso e in uscita dalla fase indicano:

- F = Consumo di acqua
- WP = Fabbisogno idrico complessivo
- W1 = Acque reflue prodotte
- W = Acque reflue destinate allo scarico
- R = Acque reflue riciclate
- E = Acqua evaporata

La tabella 2.7 fornisce uno strumento in cui sono da riportare i valori dei flussi del bilancio idrico illustrato nello schema di figura 2.10, completi di indicazione delle registrazioni e dei calcoli eventualmente effettuati.

In particolare per tale bilancio si possono definire:

- fattore di riutilizzo delle acque reflue (Rr):

$$Rr = (100 * R) / W1;$$
- fabbisogno idrico specifico (WPs):

$$WPs = WP / P \text{ [m}^3\text{/1000m}^2\text{]};$$
- grado di copertura del fabbisogno idrico con acque reflue (RWm):

$$Rr = (100 * R) / WP.$$

Ad ogni modo, i dati possono essere elaborati creando ulteriori indicatori della tipologia riportata in tabella 2.8.

Tabella 2.7: Flussi principali del bilancio idrico

Flusso	Valore (t/anno)	Riferimento alle registrazioni o altri doc. del SG Eventuali calcoli
F Consumo di acqua		
WP Fabbisogno idrico complessivo		
E Acqua evaporata(*)		
W1 Acque reflue prodotte		
W Acque reflue destinate allo scarico		
R Acque reflue riciclate		

(*) Questo flusso può essere calcolato per differenza, salvo poi procedere ad una valutazione di congruità ed attendibilità del risultato.

Tabella 2.8: Calcolo degli indicatori del bilancio idrico

Indicatore	Descrizione	Unità di misura e modalità di calcolo (specificare se il risultato è M, S, o C)
Fabbisogno idrico	Quantità di acqua necessaria per la fabbricazione del prodotto in esame. Questo indicatore è correlabile alla tecnologia di fabbricazione e alla modalità di gestione degli impianti e delle operazioni produttive.	m ³ /t
Consumo idrico del sito	Indica la parte del fabbisogno idrico per unità di prodotto soddisfatta mediante emungimenti da riserve idriche del territorio.	m ³ /t
Consumo effettivo percentuale di acqua	Esprime la percentuale di risorsa effettivamente consumata. Debolezze: per chi smaltisce l'acqua come rifiuto liquido risulta un consumo del 100%; nei processi in cui vi sono significative perdite di acqua per evaporazione il consumo è sovrastimato	$\frac{(m^3 \text{ prelevati} - m^3 \text{ scaricati})}{m^3 \text{ scaricati}} \times 100$
Rapporto consumo/fabbisogno	Permette di valutare in modo globale le prestazioni del sito in merito alla gestione delle acque. Un basso rapporto può derivare da un elevato rapporto di riciclo o dalla possibilità di impiegare reflui provenienti da altri siti, minimizzando il consumo di risorse idriche naturali.	$\frac{\text{consumo}}{\text{fabbisogno}} \times 100$

2.3.3 Bilancio energetico

Per costruire un bilancio energetico è necessario:

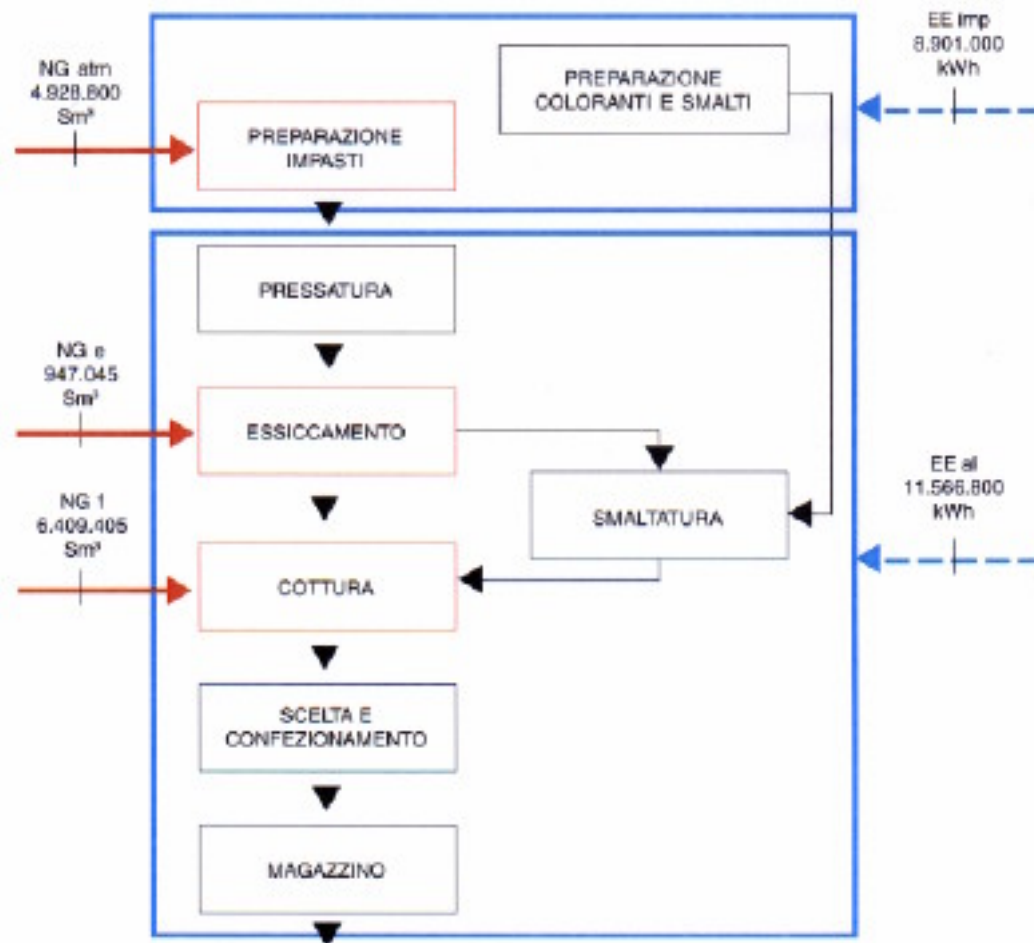
- identificare le fasi del ciclo produttivo rilevanti dal punto di vista energetico;
- quantificare i consumi globali di combustibile ed energia elettrica, considerando in ingresso al sistema i flussi di energia autoprodotta (es. caldaia a metano) e quelli acquisiti dall'esterno (es. energia elettrica) ed in uscita i consumi e le cessioni di energia all'esterno del sito (es. cessione di energia termica e/o elettrica);
- quantificare i consumi di energia elettrica e termica dettagliati per fase produttiva o impianto;
- costruire il bilancio entalpico delle principali macchine termiche (forni, essiccatoi) per quantificare il calore fornito a ciascuna macchina dalla combustione per riscaldare il materiale, per favorire reazioni chimiche o trasformazioni fisiche e per calcolare il calore disperso attraverso le pareti e quello disperso in atmosfera con le emissioni gassose.

Considerando i consumi globali dell'impianto per unità di prodotto, l'utilizzo di un indicatore permette di confrontare i dati annuali per costruire trend di andamento. I consumi globali del sito non sono però sufficienti a fornire un quadro rappresentativo della situazione energetica, poiché non permettono d'individuare le fasi più inefficienti dal punto di vista energetico, di mirare in modo specifico le azioni di miglioramento e di supportare

con dati oggettivi la progettazione di tali interventi. Pertanto, nel caso in cui non siano disponibili dati dettagliati per fasi, per la mancanza di contatori al servizio delle singole utenze o di campagne di rilevamento estemporanee, occorrerà procedere a stime dei consumi e produzioni di energia (termica nel caso di forni, essiccatoi) per permettere di fornire una base documentata per definire il programma di miglioramento.

In figura 2.11 è rappresentato lo schema del bilancio energetico dettagliato per fase/impianto del ciclo produttivo del comparto ceramico.

Figura 2.11: Bilancio energetico del ciclo produttivo del comparto ceramico



I flussi energetici in ingresso sono di gas combustibile e di energia elettrica:

- NG= Consumo totale annuo di gas naturale [Sm^3/anno]
- NG imp= Consumo annuo di gas naturale per reparto impasti [Sm^3/anno]
-
- EE= Consumo totale annuo di energia elettrica [kWh/anno]
- EE imp= Consumo annuo di energia elettrica per reparto impasti [kWh/anno]
-

Nella tabella 2.9 sono fornite le modalità di calcolo di degli indicatori relativi al consumo energetico, nella tabella 2.10 sono forniti ulteriori indicatori utili a valutare l'impatto energetico dell'impianto.

Tabella 2.9: Calcolo degli indicatori del bilancio energetico

Parametro / Definizione		Unità di misura	Formula di calcolo
NGj	Consumo specifico medio di gas naturale, riferito all'unità di massa di prodotto versato a magazzino	GJ/t	$NGj = (NG * 34,33 * 10^{-3}) / P$
EEj	Consumo specifico medio di energia elettrica, riferito all'unità di massa di prodotto versato a magazzino	GJ/t	$EEj = (EE * 3,6 * 10^{-3}) / P$
TEj	Consumo specifico totale medio di energia, riferito all'unità di massa di prodotto versato a magazzino	GJ/t	$TEj = NGj + EEj$

Tabella 2.10: Indicatori di impatto energetico

Indicatore	Descrizione	Unità di misura
Impiego di fonti combustibili	Permette di misurare l'impatto energetico dello stabilimento e di stimare la presenza massiccia di alcuni inquinanti emessi per l'impiego di oli combustibili e di combustibili BTZ	% di gas naturale, olio combustibile e fonti rinnovabili impiegati in un anno (tipo diagramma a torta)
Produzione di energia rinnovabile	Quota percentuale di energia prodotta da fonti rinnovabili sull'energia totale	%

Una importante indicazione ambientale che consente di fornire il bilancio energetico del ciclo produttivo è la valutazione delle emissioni di gas ad effetto serra associate alla combustione. Si introduce quindi il parametro Q_{yCO_2} relativo al flusso di massa annuo di gas serra (specificamente di CO_2) associato alla combustione di gas naturale:

$$Q_{yCO_2} = NG \cdot EF_{CO_2} \cdot 10^{-3} \quad [t/anno]$$

dove EF_{CO_2} = fattore di emissione di CO_2 dalla combustione di gas naturale = 1,981 kg/Sm³.

Per l'impianto in esame, si ha:

$$Q_{yCO_2} = * 1,981 * 10^{-3} = t/anno.$$

3. Analisi dei fattori di impatto

Dall'analisi dello schema per fasi produttive abbiamo evidenziato come l'output del processo, oltre agli intermedi di produzione o in fase terminale del prodotto finito, evidenzia la presenza di fattori indesiderabili.

Da ciò si evince che per fattori di impatto si intende quelle procedure o lavorazioni che creano

alterazione dell'ambiente o delle sue caratteristiche di fruibilità.

Tali alterazioni possono coinvolgere tutte le matrici ambientali (aria, acqua, suolo, ambiente fisico) o un sottoinsieme di esse ed inoltre generare un consumo di risorse (acqua, energia, materie prime) o produrre rifiuti.

Quindi i fattori di impatto si possono suddividere in tre ambiti:

- alterazione delle matrici ambientali;
- consumo di risorse;
- produzione di rifiuti.

Scopo di questo capitolo è quello di esaminare le modalità generali di prevenzione per i tre ambiti d'impatto.

Le modalità di prevenzione si possono suddividere in interventi di tipo primario, in cui possiamo annoverare tutte le misure che riducono o eliminano l'impatto alla fonte, e di tipo secondario che trattano gli inquinanti riducendone la quantità o trasformandoli in sostanze a minor rischio ambientale.

3.1 Prevenzione primaria

3.1.1 Alterazioni delle matrici ambientali

In questo ambito possiamo includere gli interventi con effetto su tutte le matrici o specifiche per singoli aspetti ambientali.

Per quanto attiene alla prima tipologia possiamo annoverare:

- sostituzione di sostanze con prodotti meno nocivi (solventi clorurati nella fase di grassaggio con detergenti);
- uso di tecnologie innovative (trattamenti superficiali con metodo PVD con eliminazione di emissioni gassose e liquide di cromo tipiche dei normali processi galvanici);
- captazione e riutilizzo delle sostanze pericolose (convogliamento dei fumi dalle vasche di trattamento galvanico allo scrubber con captazione del cromo e riutilizzo nel ciclo produttivo).

Per gli interventi specifici per singolo aspetto ambientale si può citare, a titolo esemplificativo, l'incapsulamento delle fonti di rumore per ridurre l'impatto acustico.

3.1.2 Consumo di risorse

E' sicuramente l'ambito dove si sono sviluppate le maggiori esperienze di prevenzione, ciò anche in relazione alla stretta ed immediata relazione tra l'obiettivo ambientale e il ritorno economico per l'azienda.

Anche in questo aspetto possiamo evidenziare tre tipologie di azioni preventive:

- riduzione, in rapporto al prodotto finito, del consumo di materia prima;
- recupero di risorse naturali già utilizzate per altri scopi nel ciclo produttivo;
- trasformazione della risorsa in un'altra fonte utilizzabile nel ciclo.

Per quanto attiene al primo aspetto si può agire riducendo gli scarti, valutando le non conformità ai requisiti tecnici, recuperandoli come materia prima ed infine riducendo la quantità di materia prima asportata nelle operazioni meccaniche di lavorazione.

In merito al recupero di risorse naturali già utilizzate nel ciclo produttivo, un tipico esempio sono le acque di raffreddamento che, riportate a temperatura compatibile con le lavorazioni in corso, sono riutilizzabili oppure le acque di lavorazione che contenendo le materie prime, anche se in forma diluita, possono essere reintrodotte nel ciclo di lavorazione.

Nell'ambito della trasformazione della risorsa in un'altra fonte utilizzabile nel ciclo, l'esempio più classico può essere individuato nell'energia termica prodotta in una fase produttiva (es. nei forni di fusione), la quale, oltre al riscaldamento di ambienti, può essere impiegata per produrre energia elettrica da utilizzare nella stessa realtà produttiva.

3.1.3 Produzione rifiuti

In questo settore di intervento si possono definire due modalità di intervento:

- adozione di tecnologie che consentano di non produrre o di ridurre la produzione di rifiuti;
- interventi sugli scarti prodotti per recuperare le materie prime presenti.

Per quanto concerne il primo aspetto si può riproporre la tecnologia PVD come tecnica sostitutiva del normale processo galvanico, in quanto non comporta la produzione né di reflui industriali né di rifiuti solidi, inoltre gli utensili ricoperti con tale tecnica risultano molto più resistenti. Le tipiche lavorazioni meccaniche di tornitura e fresatura non necessitano in tal caso di oli emulsionabili come refrigerante, evitando così la produzione di emulsioni esauste.

Per quanto riguarda la seconda modalità di intervento, si può portare ad esempio l'esperienza messa a punto in una azienda di tipo metalmeccanico, dove le melme di rettifica costituite da metallo ed emulsione oleosa sono state separate per via gravimetrica con l'utilizzo di una pressa, alla fine sono stati ottenuti dischi di acciaio con una purezza al 98,5% ed olio riutilizzabile.

3.2 Prevenzione secondaria

3.2.1 Fattori di impatto ambientale

Gli interventi di prevenzione secondaria hanno come obiettivo quello di ridurre l'impatto sull'ambiente dei reflui prodotti nel ciclo produttivo.

Annoveriamo in questo ambito le tecnologie depurative dei reflui sia allo stato gassoso che liquido.

Tali interventi determinano una riduzione degli inquinanti, un loro incapsulamento in altre matrici e una diminuzione della loro concentrazione quando sono diluiti in un solvente liquido.

Il limite importante di queste tecnologie, oltre al dispendio energetico necessario ai trattamenti, è quello di trasferire l'inquinamento da una matrice ad un'altra, con modificazione e produzione di altre tipologie di inquinanti.

Le migliori tecnologie al momento disponibili per operare una completa depurazione del refluo sono elencate e descritte nel paragrafo 6.3.

4. Analisi dei fattori di rischio

4.1 Prevenzione e gestione del rischio

I fattori di rischio ambientale, a differenza dei fattori d'impatto, in condizioni di normale esercizio non determinano elementi di pericolo per gli ecosistemi in cui è inserito il sito produttivo ma in caso di anomalia possono innescare eventi con effetti importanti e talvolta catastrofici.

Da ciò deriva l'importanza di individuare nelle singole realtà produttive le situazioni di potenziale rischio e di definire gli interventi necessari.

Tali interventi si possono suddividere in due tipologie:

- interventi di prevenzione tesi ad eliminare o ridurre, a valori considerati accettabili, la probabilità del verificarsi dell'evento calamitoso;
- interventi di gestione del rischio per le situazioni in cui gli accorgimenti preventivi non hanno funzionato o non sono stati realizzati compiutamente.

Le attività trasversali più comuni che rappresentano le classiche tipologie di rischio sono:

- carico/scarico di sostanze pericolose;
- trasporto interno delle stesse;
- stoccaggio;
- reti fognarie.

Tenuto conto che se ne parlerà compiutamente in seguito, a titolo esemplificativo ed introduttivo, si indicano di seguito alcuni interventi:

- preventivi, nella fase di carico/scarico di sostanze pericolose. Le soluzioni che impediscono la fuoriuscita accidentale di tali sostanze o la miscelazione con altre incompatibili sono:
 - raccordi e tubazioni dedicate per tipologia di sostanza;
 - valvole di sicurezza che garantiscano il flusso unidirezionale;
 - blocco del flusso in caso di anomalia o di riempimento del silos o dell'autobotte;
 - consenso gestito a livello informatico per l'avvio della procedura di carico e scarico;
 - controllo della pressione di deflusso con blocco in caso di anomalia.
- di gestione del rischio, sempre nella fase di carico/scarico oppure di stoccaggio, in questo caso, la soluzione da adottare, per impedire la dispersione delle sostanze pericolose movimentate o stoccate è rappresentata dai sistemi di contenimento (cordoli, vasche).

Lo stoccaggio ed il trasporto di sostanze sono attività trasversali a tutte le attività industriali, incluse le attività citate nell'articolo 1 della Direttiva IPPC 372/99.

Tali operazioni sono sicuramente quelle che comportano maggiori rischi ambientali, generalmente non sono di per sé pericolose ma eventi accidentali possono produrre danni molto rilevanti.

Nel capitolo successivo verranno descritti gli impatti che si possono determinare nelle situazioni di malfunzionamento, errore o altro avvenimento anomalo, e i sistemi di controllo e prevenzione di tali aspetti pericolosi dal punto di vista ambientale.

4.2 Impatti ambientali dello stoccaggio e del trasporto

L'impatto ambientale dello stoccaggio e trasporto dipende dalla potenzialità delle sostanze di inquinare l'ambiente circostante. Le sostanze possono, infatti, generare livelli di rischio molto diversi, a seconda delle loro caratteristiche chimiche e fisiche. Al fine di prevenire e gestire le emergenze è quindi necessario adottare un approccio basato sul rischio, ipotizzando possibili scenari di incidenti e misure di attenuazione dell'eventuale impatto ambientale. Un esempio di tale approccio riguarda lo stoccaggio dei solidi. Le sostanze solide, essendo immobili, sono potenzialmente meno pericolose dei liquidi per un'eventuale contaminazione della falda. Nel caso in cui si verificasse un incendio, però, i gas generati da sostanze solide potrebbero inquinare l'aria. Inoltre, l'impiego di acqua come mezzo estinguente potrebbe portare in soluzione sostanze pericolose contenute nel prodotto stoccato e contaminare quindi sia il suolo che le acque.

Numerosi prodotti chimici (sostanze, preparati, rifiuti) presentano un rischio molto alto di creare danni e incidenti durante le normali attività di trasporto e stoccaggio.

Alcuni tipi di rischi sono connessi alle proprietà intrinseche dei prodotti:

- l'infiammabilità è legata al loro stato fisico (liquidi, gas, polveri, solidi polverosi) e ciò può comportare maggiore o minore propensione ad incendi ed esplosioni;
- la reattività è l'affinità di due o più prodotto mescolati, che reagiscono liberando delle sostanze che possono risultare molto tossiche e che accrescono così la dispersione;
- la corrosività è la facilità con la quale un prodotto chimico attacca uno o più metalli.

Nel diagramma di flusso di figura 4.1 sono rappresentate le emissioni potenziali su acqua, suolo e aria dovute allo stoccaggio e al trasporto di sostanze. Nella tabella 4.1 sono riportate le caratteristiche, i rischi e gli interventi preventivi di tipo generale che si possono attivare per le varie tipologie di contenitori utilizzati nelle operazioni di stoccaggio.

Figura 4.1: Emissioni potenziali dovute allo stoccaggio e al trasporto di sostanze

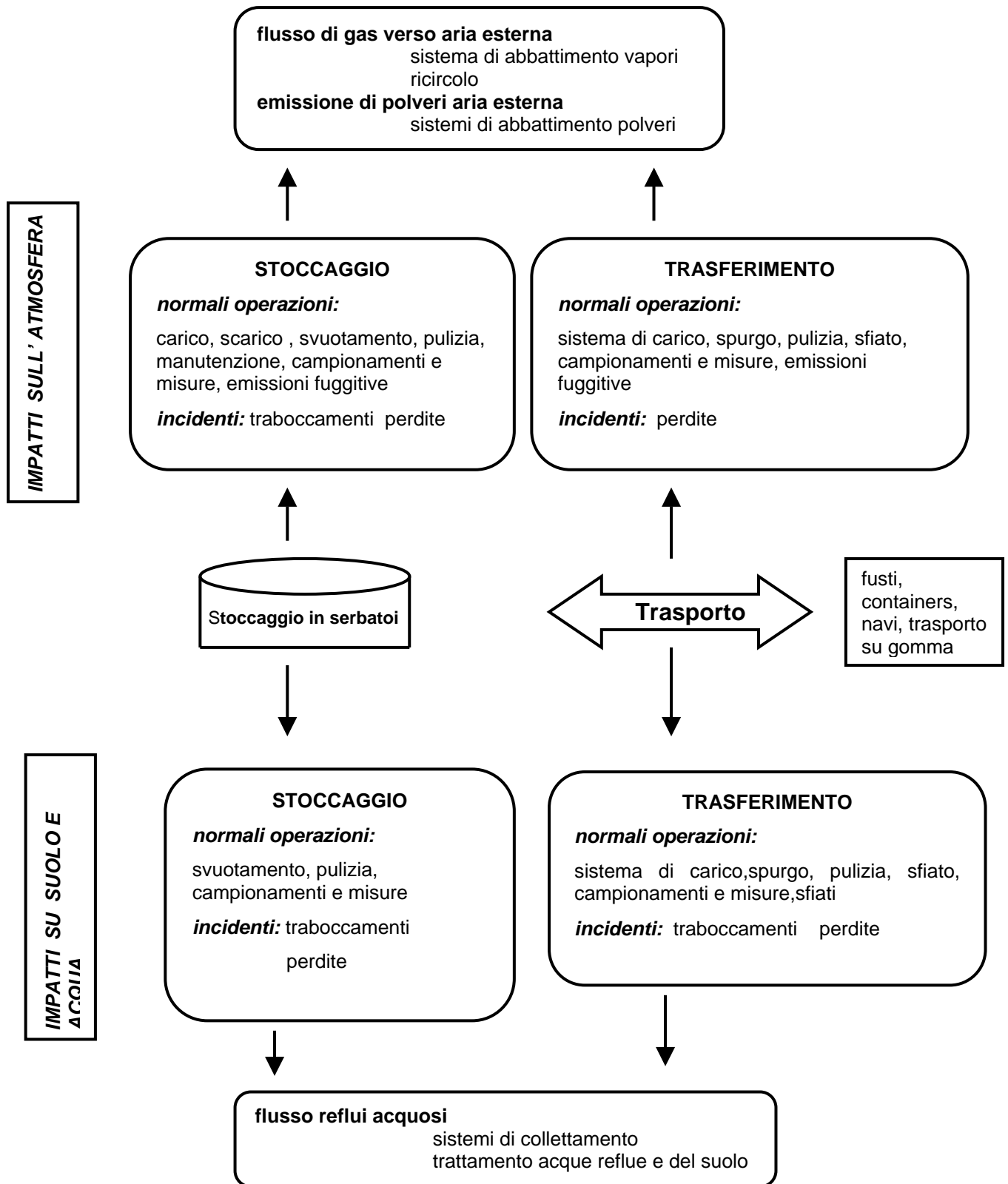


Tabella 4.1: Rischi ed interventi preventivi generali per le varie tipologie di stoccaggio

Tipologia	Caratteristiche	Rischi ed emissioni
Containers	Esistono containers di diverso materiale e capacità	Rischio ridotto durante le normali operazioni di stoccaggio; le emissioni potenziali derivano soprattutto da incidenti in fase di movimentazione
Celle di stoccaggio	Solitamente posizionate al piano terra, possono essere costruite come cella singola o come celle multiple suddivise in compartimenti	Rischio incendio ed esplosione; tutte le pareti sono in materiale non infiammabile e resistente alle sostanze stoccate; le sostanze che possono reagire provocando gas infiammabili ed esplosivi sono stoccate separatamente; ventilazione forzata. Le emissioni potenziali derivano soprattutto da incidenti
Stoccaggio esterno	I contenitori possono essere stoccati all'esterno	Rischio principale rappresentato dalle acque meteoriche per il dilavamento delle sostanze stoccate. E' possibile minimizzare tale rischio installando una copertura e un sistema di collettamento delle acque

4.2.1 Principali emissioni dello stoccaggio e del trasporto

Per garantire la sicurezza nello stoccaggio delle sostanze che possono essere inquinanti per l'ambiente, esistono norme molto severe e per questo i locali in cui tali prodotti sono conservati devono essere provvisti, per esempio di vasche di raccolta, che in caso di rottura dei contenitori impediscano alle sostanze nocive di penetrare nelle condutture dell'acqua, oppure di dispositivi in grado di rilevare eventuali fughe di gas.

In tabella 4.2 sono catalogate le operazioni che possono determinare effetti ambientali sui comparti aria e acqua, mentre in tabella 4.3 sono elencate le apparecchiature che generano rumore ed i rifiuti provenienti dallo stoccaggio.

Tabella 4.2: Operazioni che possono determinare effetti ambientali su aria e acqua

Aria	Acqua
Riempimento e svuotamento serbatoi	Reflui di lavaggio
Sfiato serbatoi	Acqua impiegata per estinguere incendi
Emissioni fuggitive da flange, pompe	contenuto residuo di serbatoi
Campionamento	Infiltrazioni
Pulizia	
Stoccaggio	

Tabella 4.3: Fonti rumore e rifiuti da stoccaggio

Rumore	Rifiuti
Pompe installate nei serbatoi	Containers dismessi
Aspiratori e ventilatori dei containers	Residui da serbatoi o prodotti fuori specifica
Automezzi	Rifiuti da installazioni per trattamento di gas esausti (carboni attivi)
Nastri trasportatori	

4.2.2 Stoccaggio di liquidi e gas liquefatti

I cicli produttivi industriali prevedono l'utilizzazione di serbatoi dove accumulare temporaneamente materie prime, combustibili, prodotti intermedi di lavorazione o prodotti finiti in attesa di essere commercializzati.

In base al tipo di prodotto accumulato possiamo distinguere:

- serbatoi di stoccaggio: vengono accumulati i prodotti finiti e le materie prime. Negli impianti industriali essi sono ubicati in aree apposite chiamate parchi serbatoi;
- serbatoi di processo: servono per l'accumulo temporaneo degli intermedi di lavorazione. Sono di dimensioni relativamente ridotte e vengono utilizzati per collegare un'apparecchiatura a funzionamento discontinuo con una a funzionamento continuo, oppure per ammortizzare oscillazioni di temperatura o composizione.

I serbatoi di stoccaggio per liquidi possono essere aperti, per lo stoccaggio di liquidi poco pregiati e non pericolosi, e possono essere interrati o sopraelevati, la maggior parte delle applicazioni comunque richiede serbatoi chiusi.

Per piccoli volumi e pressioni atmosferiche possono essere interrati a pianta rettangolare mentre per lo stoccaggio di grandi volumi a pressione atmosferica si impiegano serbatoi cilindrici ad asse verticale costruiti in acciaio con lamiere saldate e fondo piano direttamente poggiato sulla fondazione. Il tetto può essere conico, bombato o galleggiante mentre il fondo può essere piano o bombato.

Per lo stoccaggio di liquidi molto volatili possono essere impiegati serbatoi a tetto galleggiante, in cui il tetto, che poggia in una serie di galleggianti, è libero di traslare verticalmente, lasciando così un volume minimo tra il tetto e la superficie del liquido, in modo da evitare l'accumulo di vapore e l'eventuale ingresso di aria.

Per limitare le situazioni di rischio, tutti i tipi di serbatoi devono essere muniti di una serie di dispositivi che ne consentano l'esercizio, l'ispezione e la manutenzione. Per esempio sono necessari: indicatori di livello, valvole di respirazione, che consentono l'oscillazione libera del livello. A seconda del tipo di sostanza, possono essere necessari sistemi di agitazione, per evitare la sedimentazione di particelle pesanti o la stratificazione, e talvolta anche sistemi di scambio termico, per i liquidi che presentano una viscosità troppo alta alle basse temperature.

Per liquidi che formano miscele esplosive, bisogna mettere il serbatoio in leggera sovrappressione di azoto, in maniera da impedire l'ingresso dell'aria.

Nella tabella 4.4 sono riportate le principali situazioni di rischio durante lo stoccaggio di prodotti liquidi, in relazione al tipo di serbatoio e alle caratteristiche strutturali con cui viene realizzato.

Tabella 4.4: Situazioni di rischio durante lo stoccaggio di prodotti liquidi

Tipologia di serbatoio	Caratteristiche strutturali	Caratteristiche legate al rischio e alle fonti di emissione
Serbatoi circolari a cielo aperto	In acciaio con base rinforzata, impiegati per i fanghi	Data la ridotta pericolosità dei prodotti in essi contenuti, il rischio principale è rappresentato dal traboccamento
A copertura flottante	Cilindri con copertura mobile per seguire il livello del liquido in esso contenuto; spesso hanno tetto a cupola per evitare l'ingresso di acqua, ridurre il carico durante le nevicate ed il forte vento	Riduzione delle emissioni dovute al respiro del serbatoio
Serbatoi chiusi fuori terra	Possono essere di tre tipi: 1) serbatoi a pressione atmosferica; 2) serbatoi sotto vuoto; 3) serbatoi ad alta pressione. Nel secondo e nel terzo viene solitamente introdotto azoto (N ₂) nello spazio di testa, rimpiazzando la possibilità di creare miscele infiammabili tra il vapore generato dal prodotto stoccato e l'aria presente nello spazio di testa	Emissioni significative dovute al respiro del serbatoio: nel caso dei serbatoi 2 e 3, la contrazione ed espansione del vapore provocata da cambiamenti di temperatura e pressione genera l'espulsione di vapore Emissioni durante il carico: al crescere del livello di liquido la pressione interna eccede la P di sfogo ed i vapori sono espulsi dal serbatoio; emissioni durante la fase di svuotamento: l'aria entrante si satura dei vapori organici rendendo necessario lo sfiato
Sfere pressurizzate	Impiegate per grandi volumi (il limite costruttivo è circa 3500 m ³)	Per contenere le perdite è importante minimizzare il numero di ugelli
Seminterrati (sotto cumuli)	Contenitori cilindrici orizzontali per lo stoccaggio pressurizzato a temperatura ambiente di gas liquefatti di natura generalmente petrolifera; sono disposti a livello del terreno o parzialmente interrati e vengono coperti da adatto materiale di riempimento	Il rischio principale è rappresentato dalla corrosione: per evitare percolazione del prodotto attraverso il suolo si può dotare di bacino o griglia di contenimento
Serbatoi con spazio di testa variabile	Sono dotati di una riserva di vapore espandibile per accomodare le fluttuazioni di volume attribuibili a cambiamenti di temperatura e pressione	Riduzione delle emissioni dovute al respiro del serbatoio
Serbatoi orizzontali interrati	Capacità tipica inferiore a 50 m ³ impiegati per carburanti	La corrosione può generare infiltrazioni: necessaria la dotazione di detector per fughe, doppia parete o bacini di contenimento, strato catodico protettivo o strato isolante

		(bitume); se il prodotto contenuto è un combustibile si ricopre la parete esterna del serbatoio con uno strato di sabbia
Serbatoi refrigerati	Possono essere di tre tipi: 1) serbatoi ad una parete con cordolo di contenimento; 2) serbatoi a doppia parete; 3) serbatoi a contenimento totale, in cui il tetto è supportato dalla parete esterna	

4.2.2.1 Trasferimento dei prodotti liquidi e gassosi

La fase di immagazzinamento delle sostanze pericolose è sicuramente fondamentale nella gestione del rischio in una realtà produttiva.

Tale fase consta di due operazioni:

- il travaso delle sostanze dal mezzo di trasporto al contenitore per lo stoccaggio;
- lo stoccaggio prima dell'utilizzo o in caso di prodotto finito prima della sua commercializzazione.

Nella fase di travaso risultano fondamentali le modalità di collegamento tra il mezzo usato per il trasporto ed il contenitore utilizzato per lo stoccaggio, pertanto gli aspetti preventivi, esplicitati con valore crescente di protezione, che si debbono attivare per ridurre o eliminare i pericoli sono:

- tubazioni dedicate per singola sostanza con colori differenti che riducano gli errori;
- flangia di raccordo specifica per sostanza;
- valvole unidirezionali e con blocco del flusso in caso di anomalia;
- possibilità di avvio dell'operazione di travaso solo dopo consenso gestito da PC e con l'avvio manuale (con il consenso del responsabile che invia l'ordine attraverso il sistema gestionale dell'azienda).

Nella tabella 4.5 vengono riportati i principali metodi di trasferimento delle sostanze e le operazioni ad essi associati che possono concorrere alle emissioni di sostanze inquinanti e/o pericolose.

Tabella 4.5: Rischi principali dei principali metodi di trasferimento di sostanze pericolose

Sistema di trasferimento	Rischi ed emissioni
Tubature interrate	Le principali fonti di emissione derivano da perdite attraverso valvole e da operazioni di sfiato e pulizia
Condotte all'aperto	I rischi potenziali sono generati dalla raccolta delle acque meteoriche e dalla fuoriuscita di prodotto (per prodotti a bassa tensione di vapore)
Tubi flessibili e tubature rigide per lo scarico di prodotti	Le connessioni tra i serbatoi e il mezzo di trasporto (navi, articolati, treni) sono un punto debole del sistema di scarico. I tubi flessibili hanno un livello di sicurezza inferiore, ma possono essere rinforzati con prese in acciaio

4.2.2.2 Strumentazione di controllo come misure di prevenzione

Per evitare rischi durante la fase di stoccaggio di sostanze liquide e gas liquefatti, è necessario pianificare e programmare un sistema di controllo del serbatoio, sia manuale che automatico, in grado di rivelare anomalie o guasti prima che si inneschi irreparabilmente il danno.

A tal fine, possono essere previsti:

- controlli di livello: la loro installazione permette di evitare traboccamenti durante la fase di carico del serbatoio e di individuare variazioni di livello indesiderate. Per evitare il rischio di fuoriuscite durante la fase di carico del serbatoio, non è sufficiente controllare e registrare il livello di riempimento, ma è auspicabile dotare il serbatoio di un controllo automatico, in grado di interrompere automaticamente l'erogazione del prodotto prima di raggiungere il massimo livello consentito. Se la procedura di carico non avviene in automatico, un allarme sonoro può segnalare all'operatore il raggiungimento del livello in tempo per interrompere l'erogazione.
- rompi fiamma: lo stoccaggio a pressione atmosferica di prodotti volatili può generare vapori infiammabili sopra la fase liquida. Per prevenire l'innesco dei vapori da una sorgente esterna, le valvole di sfogo possono essere dotate di rompi fiamma. La manutenzione di questi dispositivi deve essere monitorata con attenzione, dato che le valvole di sfiato possono intasarsi per la presenza di polvere, ghiaccio e prodotti di polimerizzazione.
- Sistemi di detezione perdite:
 - controlli periodici del livello di sostanze stoccate;
 - controlli periodici sullo stato delle aree di stoccaggio;
 - verifica in pressione dei serbatoi a singola camicia;
 - verifica di perdite di pressione del gas inerte contenuto nei serbatoi a doppia camicia;
 - analizzatori portatili (per le fughe di gas) che giocano un ruolo importante nella riduzione dell'esposizione degli operatori;
 - sistema di manutenzione programmata per valvole ed apparecchiature.

Nella tabella 4.6 vengono riportate le principali tipologie di serbatoio con i sistemi di verifica associati.

Tabella 4.6: Principali tipologie di serbatoio e sistemi di verifica

Tipologia di serbatoio	Sistemi di verifica
Serbatoi fuori terra	Sistemi antitraboccamento dotati di segnali luminosi e/o sonori
Serbatoi interrati a camicia singola	Indicatori di livello Verifica della pressione a seguito dell'introduzione di un gas inerte all'interno del serbatoio
Serbatoi a doppia camicia	Indicatori di livello Verifica della tenuta in pressione del gas inerte contenuto tra la parete interna ed esterna

4.2.2.3 Passaggi preliminari per la messa in sicurezza di un serbatoio fuori uso

Le normali condizioni di utilizzo di un serbatoio devono essere gestite in modo da condurre in sicurezza le operazioni di manutenzione, pulizia e controllo. Non bisogna però dimenticare la corretta pianificazione della dismissione di un serbatoio. Questa operazione non solo può generare emissioni fortemente impattanti, ma può costituire un potenziale pericolo nel caso di prodotti infiammabili.

I passaggi preliminari per la messa in sicurezza di un serbatoio dismesso sono i seguenti:

- identificazione dei pericoli che possono insorgere, considerando il luogo, il tipo di impianto in cui è inserito e le caratteristiche chimico-fisiche del prodotto;
- isolamento dal resto dell'impianto;
- svuotamento;
- apertura per favorire lo sfiato;
- messa in sicurezza attraverso il riempimento con acqua o gas inerte (azoto.);

Nel caso di serbatoi destinati alla messa in fuori uso permanente, si possono individuare procedure aggiuntive, come:

- ogni accesso deve essere fisicamente impedito;
- campionamento del fondo scavo per verificare la possibile contaminazione del terreno secondo le procedure previste dal DM 25 ottobre 199, n. 471;

Nel caso di prodotti infiammabili la demolizione è un'operazione molto rischiosa poiché, durante la rimozione di vapori e residui, si possono innescare fenomeni esplosivi. E' quindi consigliabile affidarsi ad organizzazioni dotate di apparecchiature specializzate.

4.2.3 Stoccaggio di prodotti solidi

Anche la fase di stoccaggio di sostanze solide costituisce una situazione di pericolo, anche se inferiore a quella di prodotti liquidi.

Tale situazione di pericolo si configura perlopiù per i solidi polverulenti, per l'azione delle acque meteoriche o del vento, pertanto le azioni di prevenzione sono tese a proteggere il materiale dal dilavamento e dal trasporto delle polveri con il vento.

Nella tabella 4.7 vengono riportate le principali modalità di stoccaggio dei solidi.

Tabella 4.7: Principali modalità di stoccaggio dei solidi

Tipologia di stoccaggio	Caratteristiche
Cumuli	Sistema impiegato per ingenti quantitativi. Nel caso di stoccaggi all'aperto il luogo destinato allo stoccaggio è pavimentato per raccogliere l'acqua meteorica potenzialmente inquinata
Sacchi	Non genera emissioni durante lo stoccaggio. Le operazioni di apertura e chiusura possono provocare la dispersione di polveri e sono condotte in luoghi dotati di aspiratori
Silos e bunkers	Per i silos dotati di copertura l'unica fonte di emissione deriva da operazioni di carico e scarico, mentre per quelli privi di copertura risulta rilevante l'emissione generata dall'erosione del vento
Stoccaggio di materiale pericoloso	(vedi 4.2.2.1)

4.2.3.1 Sistemi di trasferimento di prodotti solidi e principali fonti di emissione

Tabella 4.8: Sistemi di trasferimento di prodotti solidi e fonti di emissione

Sistema di trasferimento	Rischi ed emissioni
Gru	Possibili perdite di materiale da gru (fortemente dipendente dall'operatore) per superamento della capacità di carico o insufficiente chiusura della morsa
Raccoglitori a tramoggia	Permettono una notevole riduzione delle emissioni poiché consentono di ottenere un flusso costante del materiale
Nastri trasportatori	Se incapsulati le emissioni sono poco significative
Autocarri con cassoni ribaltabili	Sono ottimali per grandi quantitativi di materiale ma generano polveri durante le fasi di carico e soprattutto scarico
Trasportatori pneumatici	Il trasferimento avviene in tubature chiuse per mezzo di un flusso d'aria. Questi sistemi hanno il vantaggio di minimizzare l'emissione di polveri, ma necessitano elevati consumi energetici
Draga a tazze	Impiegata per i trasporti verticali; l'emissione di polveri è potenzialmente elevata, ma si possono installare sistemi di aspirazione delle polveri
Carrelli elevatori	I rischi principali sono imputabili alle seguenti fasi: <ul style="list-style-type: none">- fase di aggancio del contenitore per la possibile rottura dello stesso e conseguente fuoriuscita del prodotto;- fase di carico e scarico per possibile ribaltamento del contenitore e sversamento del prodotto

5. Indicatori di Performance Ambientali nelle attività produttive

5.1 Indicatori Ambientali

Il termine “indicatore” deriva dal verbo latino indicare, che significa svelare o porre in rilievo per annunciare o rendere pubblicamente noto. Un indicatore fornisce elementi per la comprensione di un problema, o di una tendenza o di un fenomeno che non è direttamente percepibile.

Rispetto ad un dato grezzo, che rappresenta il momento empirico dell’osservazione e/o della misurazione, l’indicatore rappresenta un possibile modello teorico-concettuale con cui rappresentiamo la realtà. Nella definizione di un indicatore esiste pertanto un margine di soggettività ineliminabile che deriva sia dall’individuazione dei criteri con cui lo stesso viene definito, sia dalla scelta dell’oggetto da misurare. Un indicatore può dunque mostrare una corrispondenza biunivoca con l’entità a cui si riferisce, oppure può rappresentare una combinazione più o meno complessa e soggettiva.

Dalla molteplicità dei punti di vista possono quindi scaturire una molteplicità di indicatori e questo crea problemi di confrontabilità tra indicatori e di interpretazione dei fenomeni.

Gli indicatori di performance mettono a confronto le condizioni attuali con uno specifico set di indicatori di riferimento; misurano cioè la distanza tra le attuali condizioni ambientali e gli obiettivi prefissati.

A partire dagli anni settanta si è assistito ad un crescente sforzo per l’avvio di sistemi di monitoraggio dello stato dell’ambiente con l’elaborazione di indicatori sofisticati. La raccolta e l’elaborazione dei dati ambientali sono stati un passaggio fondamentale per individuare situazioni di insostenibilità e di rischio ambientale. Ora siamo in una situazione paradossale di data-rich and information-poor, cioè abbiamo in molti casi a disposizione una mole sostanziosa di dati, di cui però è problematico valutare la qualità analitica, la credibilità e la confrontabilità; gli indicatori diventano invece un utile strumento per selezionare le sole variabili che ci interessano e per descrivere i cambiamenti ambientali e le risposte in modo rappresentativo e sintetico.

Un’ altra criticità è costituita dalla difficoltà di ottenere valori numerici rappresentativi, specie se si hanno poche informazioni a disposizione. Per dare un’interpretazione corretta ai risultati sarebbe quindi necessario specificare se sono stati ottenuti attraverso una misura, attraverso ipotesi e supposizioni (il risultato sarà allora stimato) o calcolati attraverso bilanci di materia.

Si possono individuare due categorie che fanno uso di indicatori ambientali:

- le autorità di vigilanza, sia per controllare e monitorare i beni ambientali e i siti produttivi, che per informare e sensibilizzare i cittadini;
- le aziende, per effettuare autocontrolli e per dare evidenza a cittadini, clienti e fornitori delle proprie prestazioni ambientali.

Ad esempio, per valutare l’impatto ambientale di un sito produttivo è necessario operare una valutazione sia qualitativa che quantitativa, attraverso la raccolta e l’analisi dei dati riguardanti gli aspetti ambientali. A tale scopo si possono individuare degli indicatori che rendano la valutazione più semplice ed immediata. Un indicatore ambientale è dunque lo strumento attraverso cui l’azienda valuta i propri impatti sull’ambiente. La maggiore criticità deriva dal fatto che gli aspetti ambientali sono un fenomeno multidimensionale. E’ allora impossibile descrivere un’azienda senza considerare un buon numero di indicatori e senza riferirsi al contesto in cui opera. La valutazione degli indicatori non ha comunque

solo l'obiettivo di migliorare le prestazioni ambientali ma può rappresentare un momento di riesame per l'intera azienda allo scopo di ridurre eventuali inefficienze e ottimizzare le risorse.

Per l'azienda gli indicatori possono inoltre rappresentare un utile strumento per comunicare le proprie performance ambientali ai clienti ed ai cittadini.

Riassumendo le considerazioni fatte fino ad ora, le caratteristiche ideali di un indicatore si possono così schematizzare:

- essere semplice, sintetico e misurabile;
- permettere di identificare priorità di intervento;
- dare evidenza dell'evoluzione dei risultati ambientali dell'azienda;
- valutare il contributo alla conservazione del sito produttivo.

Esistono diversi schemi interpretativi per classificare gli indicatori e renderne più immediata la comprensione.

5.2 Indicatori nei cicli produttivi

Nel valutare i cicli produttivi è invece più rappresentativo fare riferimento a tre famiglie di indicatori:

- indicatori di contabilità ambientale, che descrivono qualità e quantità delle risorse ambientali;
- indicatori di risposta, che valutano l'efficienza e l'efficacia delle politiche o dei comportamenti adottati per affrontare i problemi ambientali;
- l'ecobilancio dei flussi che descrive input e output dei principali cicli ecologici (acqua, energia, materie prime).

L'importanza di descrivere con accuratezza i cicli produttivi e di monitorare i flussi di materia ed energia può rappresentare un valido aiuto per individuare le fasi critiche del ciclo in cui è possibile recuperare, riutilizzare e quindi ottimizzare le risorse. Questo approccio consente di ridurre le inefficienze che incidono non solo sull'ambiente ma anche sul bilancio economico.

Per costruire un bilancio di flusso si può procedere secondo le seguenti tappe:

- studiare il ciclo produttivo nella sua globalità;
- individuare separatamente i diversi flussi ecologici (energia, acqua, rifiuti, materie prime);
- estrapolare uno schema a blocchi delle singole fasi produttive per ciascun flusso;
- individuare input e output per ciascuna fase.

Le informazioni ottenibili sono di due tipi:

- i bilanci di ciascuna fase, utili per individuare le fasi più critiche del processo;
- i bilanci relativi al processo complessivo, utili per calcolare i consumi totali del processo stesso.

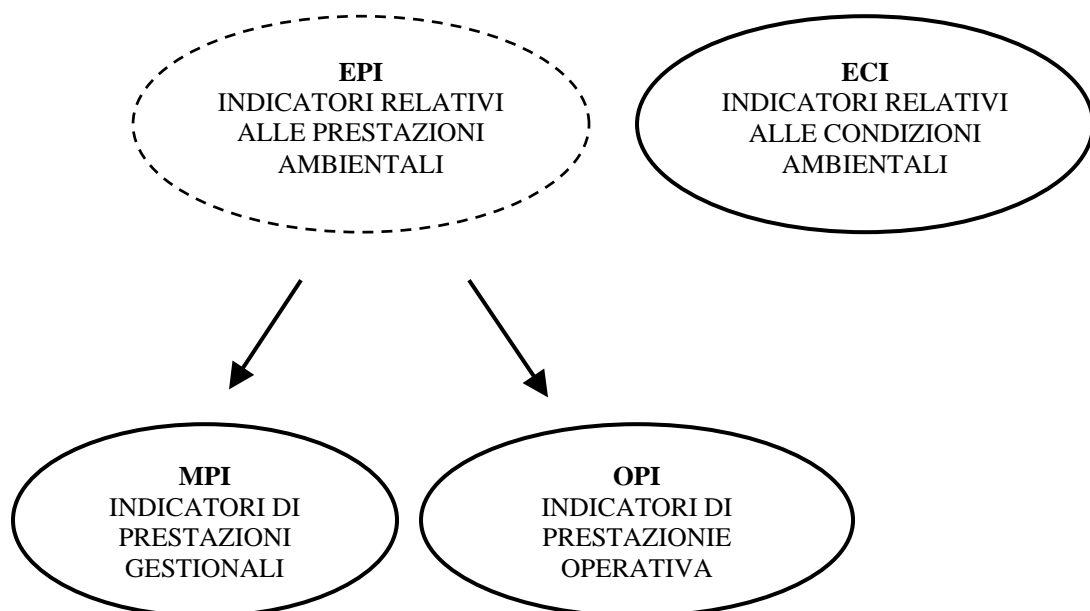
Il problema più critico è decidere la scala temporale su cui impostare il bilancio e l'unità di misura con cui esprimere il flusso. Se si riporta l'energia su scala annuale o l'energia in funzione dell'unità di prodotto si rischia di sovra o sottostimare l'effettivo andamento del ciclo. Procedendo in tal modo, non si terrebbero infatti in considerazione le effettive variazioni giornaliere o stagionali, che sono funzione della tipologia di processo produttivo (continuo costante, continuo variabile, discontinuo costante, discontinuo variabile).

Uno dei possibili strumenti nati proprio per misurare le prestazioni ambientali è la UNI EN ISO 14031, una guida per le imprese che vogliano valutare i propri risultati ambientali, indipendentemente dall'attuazione o meno di un Sistema di Gestione Ambientale.

La norma ISO 14031 segue un approccio definito e sistematico, individuando una serie di categorie di indicatori ambientali la cui introduzione ne è l'aspetto fondamentale. Essi sono suddivisi in:

- **EPI**: relativi alle prestazioni ambientali, suddivisi in:
 - **MPI**: indicatori di prestazione della direzione o gestionali;
 - **OPI**: indicatori di prestazione operativa;
- **ECI**: indicatori di condizione ambientale.

Figura 5.1: indicatori ambientali



L'utilizzo degli indicatori ambientali facilita la descrizione delle prestazioni ambientali perché consente di tradurre dati grezzi in informazioni di facile comprensione, in questo modo le organizzazioni possono facilmente quantificare le proprie prestazioni ambientali e gestire i loro aspetti e impatti sull'ambiente.

5.2.1 Gli indicatori ECI

Gli indicatori ECI danno indicazione sulle condizioni ambientali. Esempi di applicazione riguardano l'aria, l'acqua, il suolo, la flora, la fauna, il paesaggio, l'uomo:

- la frequenza di eventi di smog;
- l'odore misurato nei pressi del sito;
- la temperatura e la torbidità misurati nel corso d'acqua situato nei pressi dello scarico dei reflui dell'azienda;
- l'ossigeno disciolto;
- la misura dell'erosione del sito;
- la condizione del luogo dal punto di vista paesaggistico.

5.2.2 Gli indicatori MPI

Gli indicatori MPI sono mirati alla valutazione delle prestazioni gestionali, ovvero dell'influenza della struttura organizzativa, delle persone, della gestione delle risorse, dell'addestramento sui risultati ambientali delle attività.

Ecco alcuni esempi di indicatori MPI:

- Implementazione di politiche e programmi: indicatori utili a valutare l'implementazione di politiche e programmi ambientali
- Conformità: indicatori utili a valutare l'efficacia del sistema di gestione nel rispettare i requisiti stabiliti sia dalla normativa d'interesse sia dagli obiettivi aziendali
- Prestazioni finanziarie: indicatori utili a valutare la relazione tra prestazioni ambientali e finanziarie
- Pubbliche relazioni: indicatori utili a valutare la relazione tra prestazioni ambientali e rapporti con la comunità locale

Tabella 5.1: Implementazione di politiche e programmi

Indicatori Politiche e Programmi	Unità di misura
Obiettivi e traguardi conseguiti	n.
Unità interne che li hanno conseguiti	n.
Numero di iniziative di prevenzione dell'inquinamento realizzate	n.
Persone che partecipano a programmi ambientali	n.
Numero di fornitori con SGA implementato o certificato	n.
Prodotti con istruzioni per l'uso e dismissione sicuri	n.
Addestramento del personale (persone addestrate/totale x 100)	%

Tabella 5.2: Conformità

Indicatori Conformità	Unità di misura
Grado di rispetto della normativa	n. (non conformità rispetto ad un valore limite)
Grado di conformità dei fornitori rispetto ai requisiti contrattuali	n. (non conformità rispetto ad un valore limite)
Tempo di risposta in caso di emergenza	unità di tempo adeguata
Grado di preparazione e risposta alle esercitazioni di emergenza	n. (risposte sbagliate sul totale di risposte)
Numero delle esercitazioni di emergenza effettuate	n.
Grado di aggiornamento alle prescrizioni legislative di interesse	n. (non conformità relativo alle prescrizioni recenti non rispettate)
Numero e frequenza di audit	n.
Numero di fornitori con SGA implementato o certificato	n.
Numero o costo di sanzioni amministrative o multe	n. oppure €

Tabella 5.3: Prestazioni finanziarie

Indicatori Prestazioni finanziarie	Unità di misura
Costi associati ad aspetti ambientali di un prodotto o servizio	€
Ritorno di investimento per progetti di miglioramento ambientale	€
Risparmi conseguiti attraverso la riduzione dell'uso di risorse, la prevenzione dell'inquinamento ed il riciclo dei rifiuti	€
Aumento del fatturato riconducibile a prodotti o servizi con migliori prestazioni ambientali	%
Fondi per ricerca e sviluppo applicati a progetti ambientali	€
Numero di fornitori con SGA implementato o certificato	n.

Tabella 5.4: Pubbliche relazioni

Indicatori Pubbliche Relazioni	Unità di misura
Numero di reclami connessi con aspetti ambientali	n.
Numero di articoli di stampa connessi con le proprie prestazioni ambientali	n.
Numero di programmi ambientali rivolti al pubblico	n.

5.2.3 Gli indicatori OPI

Gli indicatori OPI sono mirati alla valutazione delle prestazioni ambientali delle operazioni dell'organizzazione, ovvero della progettazione, installazione, gestione e manutenzione e installazione delle attrezzature e degli impianti; dei flussi di materie prime, energia e servizi; delle emissioni dovute alle attività.

Ecco alcuni esempi di indicatori OPI:

- Materiali: indicatori utili a valutare le prestazioni inerenti ai materiali impiegati
- Energia: indicatori utili a valutare le prestazioni inerenti al risparmio energetico
- Emissioni: indicatori utili a valutare le prestazioni inerenti alle emissioni
- Rifiuti: indicatori utili a valutare le prestazioni inerenti ai rifiuti
- Servizi di supporto: indicatori utili a valutare le prestazioni inerenti i servizi di supporto
- Macchinari, impianti e attrezzature: indicatori utili a valutare le prestazioni inerenti ai suddetti beni dell'azienda
- Spedizioni: indicatori utili a valutare le prestazioni inerenti le spedizioni
- Prodotti: indicatori utili a valutare le prestazioni inerenti i prodotti

Tabella 5.5: Materiali

Indicatori Materiali	Unità di misura
Kg materiale usato/t di prodotto	Kg/t
Kg materiale riciclato/t di prodotto	Kg/t
Kg materiale da imballaggio da smaltire o riciclare/t di prodotto	Kg/t
Kg materie prime riusate nel processo produttivo/t di prodotto	Kg/t
m ³ di acqua usata nel processo/unità di prodotto	m ³ /unità di prodotto
Kg materiale pericoloso usato nel ciclo produttivo/t di prodotto	Kg/t

Tabella 5.6: Energia

Indicatori Energia	Unità di misura
Energia consumata annualmente o per unità di prodotto	MWh/a o MWh/unità prodotto
Energia consumata per servizi o clienti	MWh/servizio o MWh/numero clienti
Energia consumata annualmente o per unità di prodotto	MWh/a o MWh/unità prodotto
Energia consumata annualmente per tipologia	% MWh/a
Energia generata annualmente internamente	MWh/a
Energia risparmiata adottando programmi di risparmio	MWh/a

Tabella 5.7: Emissioni

	Indicatori Emissioni	Unità di misura
ARIA	Quantità di emissioni specifiche annuali	kg/a
	Quantità di emissioni specifiche per unità di prodotto	kg /unità prodotto
	Quantità di energia dispersa	kWh/a
	Quantità di emissioni potenzialmente causa di un cambiamento climatico	Kg/a
ACQUA	Quantità di materiale specifico scaricato annualmente	Kg/a
	Quantità di materiale specifico scaricato annualmente per unità di prodotto	Kg/a
	Quantità di energia dispersa	kWh/a
	Rumore misurato	dB(A)
	Quantità di radiazione rilasciata	Becquerel, Gray, Sievert

Tabella 5.8: Rifiuti

Indicatori Rifiuti	Unità di misura
Quantità di rifiuti per anno o unità di prodotto	kg / a o unità prodotto
Quantità di rifiuti per anno da smaltire	kg / a
Quantità di rifiuti per anno stoccati in sito	kg / a
Quantità di rifiuti per anno riutilizzati nel proprio ciclo produttivo	kg / a
Quantità di rifiuti pericolosi prodotti per anno	kg / a
Quantità di rifiuti oggetto di licenza	kg / a

Tabella 5.9: Servizi di supporto

Indicatori Servizi di supporto	Unità di misura
Quantità di materiale pericoloso usato da fornitori di servizi	kg / a
Quantità di materiale di pulizia usato da fornitori di servizi	kg / a
Quantità di materiale riusato o riciclato usato da fornitori di servizi	kg / a % relativa al tipo di rifiuto
Quantità e tipo di rifiuti generato da fornitori di servizi	kg / a

Tabella 5.10: Macchinari, impianti e attrezzature

Indicatori Macchinari, Impianti e Attrezzature	Unità di misura
Numero di parti che possono essere smontate, riciclate o riusate	n.
Numero di ore annue di operatività per parte	n./a
Numero di situazioni di emergenza o di mancato utilizzo per anno	n./a
Numero di automezzi con marmitta catalitica	n.
Consumo medio di carburante della flotta aziendale	l

Tabella 5.11: Spedizioni

Indicatori Spedizioni	Unità di misura
Numero di spedizioni giornaliere per tipologia di vettore	n. /d
Consumo medio di carburante della flotta aziendale	l
Numero di automezzi pesanti con tecnologia antinquinamento	n.
Numero di viaggi evitati attraverso mezzi di comunicazione	n./a
Numero di viaggi di lavoro per tipologia di vettore	% (viaggi per tipologia di vettore)

Tabella 5.12: Prodotti

Indicatori Prodotti	Unità di misura
Numero di prodotti con ridotta pericolosità introdotti sul mercato	n.
Numero di prodotti riusabili o riciclabili	n.
Percentuale del contenuto del prodotto che può essere riusata o riciclata	%
Percentuale di prodotti difettosi	%
Energia consumata durante l'uso del prodotto	kWh

6. Confronto con le migliori tecniche e tecnologie disponibili

6.1 Migliori Tecniche e Tecnologie Praticabili e Disponibili (BAT)

Le “Best Available Techniques” (BAT) possono essere identificate come le misure più efficaci e convenienti per raggiungere un elevato livello generale di protezione dell’ambiente contro le emissioni ed i consumi nei processi od impianti industriali.

Le tecniche devono includere sia la tecnologia usata che le modalità di progettazione, costruzione, manutenzione, esercizio e smantellamento dell’installazione impiantistica nonché, come già previsto da normative europee, si deve sottolineare della formazione/informazione del personale agli aspetti ambientali tipici del ciclo produttivo e delle procedure adottate per ridurre gli effetti.

Le tecniche disponibili sono quelle sviluppate su una scala che ne consenta l’applicazione, in condizioni economiche e tecniche idonee nell’ambito del pertinente settore industriale, prendendo in considerazione i costi ed i vantaggi, indipendentemente dal fatto che le tecniche siano applicate o prodotte nello Stato membro, e fino a che esse siano ragionevolmente accessibili al gestore.

Le tecniche migliori sono quelle considerate più efficaci per ottenere un elevato livello generale di protezione dell’ambiente nel suo complesso.

Nel contempo occorre ribadire come nel concetto di migliori tecniche, oltre all’innovazione tecnologica, particolare attenzione deve essere prestata alla manutenzione programmata degli impianti e dei sistemi di depurazione, alla formazione/ informazione delle maestranze e a tutti gli aspetti gestionali che indirizzino l’attività verso l’implementazione di un Sistema di Gestione Ambientale (SGA).

Le tecniche, le tecnologie ed i livelli o le variazioni di emissioni (NO_x, SO₂, CO₂, polveri, rifiuti, rumore, calore, odori, ecc.) e di consumo (materie prime, combustibili, acqua, ecc.) associati al settore produttivo, vengono valutati secondo un processo iterativo che comprende i seguenti punti:

- identificazione delle questioni ambientali fondamentali per ogni specifico settore produttivo, come ad esempio l’uso di energia, le emissioni in aria, gli scarichi in acqua e nel suolo, i materiali utilizzati, i rifiuti prodotti e/o riutilizzati in uno o più settori;
- analisi delle tecniche e tecnologie più appropriate per affrontare le questioni fondamentali di ogni settore produttivo;
- individuazione dei migliori livelli di efficienza ambientale sulla base dei dati disponibili nell’Unione Europea ed a livello mondiale;
- analisi delle condizioni in cui tali livelli di efficienza ambientale sono stati raggiunti; fra questi i costi, i benefici (es. riduzione del rischio), gli effetti, i principali fattori trainanti (“driving forces”) coinvolti nell’applicazione delle migliori tecniche, l’interazione tra i vari comparti ambientali;
- scelta delle migliori tecniche (BAT) e tecnologie praticabili (e disponibili) e dei relativi livelli di emissione e/o di consumo per ogni settore produttivo.

Sulla base di queste valutazioni le tecniche e le tecnologie, e per quanto possibile il livello delle emissioni e dei consumi associati con l’utilizzo delle BAT, vengono considerate o

meno come appropriate riflettendo anche sulla prestazione effettiva delle varie installazioni nei singoli settori produttivi.

I livelli delle emissioni e/o dei consumi “associati alle migliori tecniche disponibili” rappresentano i livelli di efficienza ambientale prevedibili tenendo presente che il bilancio equilibrato dei costi e benefici è intrinseco nella definizione di BAT. Tuttavia non si tratta di valori limite di emissione e/o di consumo e non devono essere intesi come tali.

In alcuni casi potrebbe essere tecnicamente possibile raggiungere i migliori livelli di emissione e/o di consumo ma a causa dei costi associati e delle implicazioni tra comparti ambientali, tali livelli potrebbero non essere considerati adeguati come BAT per il settore nel suo complesso. Tali livelli potrebbero però essere considerati giustificati in casi più specifici, laddove siano presenti fattori trainanti particolari.

I livelli di emissione e/o di consumo associati all’uso delle BAT devono essere considerati nel contesto di specifiche condizioni di riferimento (es. periodo di mediazione).

Il concetto dei “livelli associati con le BAT” va distinto da quello del “livello raggiungibile” utilizzando particolari tecniche o combinazione di tecniche con le quali il livello può essere raggiunto in un considerevole periodo di tempo in un processo produttivo od in un impianto che viene gestito e sottoposto a manutenzione correttamente e che applica le tecniche in questione.

I costi reali dell’applicazione di una tecnica dipenderanno in larga misura dalla situazione specifica, ad esempio in materia di imposte e tasse, nonché dalle caratteristiche tecniche dell’impianto interessato. In assenza di dati sui costi, le conclusioni sulla fattibilità economica delle tecniche derivano dalle osservazioni sugli impianti esistenti.

E’ chiaro che le BAT in senso generale sono da intendersi come parametri di riferimento per valutare l’efficienza e le prestazioni di un processo o di un impianto esistente oppure per giudicare le proposte per nuove installazioni impiantistiche.

Inoltre si prevede che le nuove installazioni impiantistiche possono essere progettate in modo da garantire prestazioni pari o superiori ai livelli delle BAT in senso generale; anche le installazioni impiantistiche esistenti potrebbero essere portate a tali livelli, o addirittura superarli, purché l’applicazione delle tecniche nei singoli casi sia possibile sul piano sia economico che tecnico.

Anche se i documenti di riferimento delle BAT (BREF¹⁸=Best available techniques reference document) non fissano standard obbligatori per legge, danno però informazioni all’industria, agli stati europei ed all’opinione pubblica sui livelli di emissione e consumo che possono essere conseguiti utilizzando specifiche tecniche.

I valori limite appropriati per ogni specifico caso dovranno essere determinati tenendo conto degli obiettivi fissati dalla Direttiva IPPC e delle considerazioni a livello locale.

Nella descrizione dei processi e delle tecniche correntemente applicate al settore produttivo dovranno essere inclusi le varianti di processo, le tendenze di sviluppo ed i processi alternativi.

Inoltre occorrerà indicare:

- materie prime utilizzate (inclusendo le materie secondarie e da riciclo) e quelle di consumo, includendo l’energia;
- materiali e sostanze chimiche utilizzate;
- preparazione delle materie prime (inclusendo stoccaggio e movimentazione);
- processo del materiale;
- manifattura del prodotto;
- finitura del prodotto;
- stoccaggio e movimentazione del prodotto intermedio e finale;
- movimentazione dei co-prodotti e degli scarti.

¹⁸ Cfr paragrafo 6.2

L'informazione su ciascuna tecnica dovrebbe preferibilmente includere i seguenti elementi:

- breve descrizione tecnica con appropriate figure, diagrammi e flow-sheet;
- principali benefici ambientali raggiunti:
 - vantaggi ambientali potenziali da essere raggiunti con l'implementazione della tecnica utilizzata ;
 - dati su emissioni e consumi, se disponibili, e qualificazione degli stessi relativamente a misure ed unità utilizzate.
- dati operazionali su prestazioni effettive (condizioni di riferimento e periodi di monitoraggio) per:
 - emissioni;
 - rifiuti e consumi (materie prime, acqua ed energia);
 - ogni altra informazione utile su operatività, manutenzione, controllo, ecc. riguardante la tecnica.
- interazione tra i vari comparti ambientali: effetti potenziali dovuti all'implementazione della tecnica (vantaggi e svantaggi supportati da dati) nei vari comparti ambientali:
 - consumo di energia e contributi al riscaldamento globale;
 - distruzione ozono stratosferico e potenziale formazione di ozono foto-chimico;
 - acidificazione risultante dalle emissioni in aria;
 - particolato (includendo micro-particelle e metalli);
 - eutrofizzazione di suoli ed acque risultante dalle emissioni in aria ed acqua;
 - potenziale esaurimento di ossigeno nelle acque;
 - componenti bio-accumulabili/tossici/persistenti in acqua o suoli (includendo i metalli);
 - formazione o riduzione dei residui (rifiuti);
 - abilità a riusare o riciclare residui (rifiuti);
 - rumore e/o odori;
 - rischio di incidenti;
 - consumo di materie prime ed acqua.

6.2 Esperienze in ambito europeo

L'Unione Europea ha istituito un apposito Ufficio per lo studio di metodologie e tecniche di Controllo Integrato della Prevenzione di Inquinamento Ambientale (IPPC: Integrated Prevention Pollution Control).

L'Ufficio ha il compito principale di catalizzare lo scambio di informazioni sulle tecniche migliori disponibili, nell'ambito di applicazione della Direttiva 96/61/CE e di elaborare i documenti di riferimento (BREFs) che devono essere tenuti in conto dalle autorità competenti degli stati membri nell'attività autorizzativa degli impianti soggetti a permessi IPPC.

La direttiva IPPC si applica ad una vasta gamma di attività industriali.

L'obiettivo dello scambio di informazioni, è di assistere i paesi membri nell'attuazione efficiente della direttiva.

I BREF si propongono di informare i decisori, coinvolti nei processi e nelle tecnologie industriali, su ciò che è tecnicamente ed economicamente disponibile per l'industria al fine

di migliorare le prestazioni ambientale dei propri impianti e di migliorare conseguentemente l'ambiente nel suo complesso.

Ciascun settore industriale soggetto alla direttiva IPPC viene indirizzato da uno specifico Gruppo di Lavoro Tecnico (TWG), che comprende esperti degli stati membri, dei paesi EFTA, dei paesi in procinto di entrare nell'U. E., di organizzazioni non governative dell'industria e dell'ambiente.

Ciascun gruppo di lavoro viene istituito per un periodo di tempo limitato, in relazione allo scopo di fornire informazioni e di rivedere documenti di riferimento in corso di elaborazione.

Per facilitare lo scambio di informazioni e l'accesso ai documenti, è stato creato un apposito sito web, con indirizzo: <http://eippcb.jrc.es/>.

In particolare, nella sezione "Activities" è accessibile la lista dei documenti disponibili: <http://eippcb.jrc.es/pages/Fmembers.htm>.

I BREF prodotti, in lingua inglese, insieme alla traduzione di parte di essi in lingue dei paesi membri, sono stati pubblicati su CD dall'Ufficio Pubblicazioni dell'Unione Europea. Il CD è intitolato "Reference Documents on Best Available Techniques (Council Directive 96/61/EC) : First edition (multilingual)" ISBN 92-894-3678-6.

Il CD viene distribuito, su richiesta, gratuitamente.

Le modalità per richiederne copia sono disponibili all'indirizzo web

<http://europa.eu.int/comm/environment/pubs/industry.htm>.

L'indice dei BREF disponibili al momento attuale è contenuto nella tabella che segue. I singoli documenti possono essere scaricati direttamente dal sito.

BREF disponibili in rete (ultimo aggiornamento febbraio 2005) sul sito <http://eippcb.jrc.es/pages/Fmembers.htm>

TWG & Members list (click on TWG name to see the list of members)	Documents available (see key below table)	Background material	Additional Information
Pulp and Paper manufacture	BREF (12.01)	List	Yes
Iron and Steel production	BREF (12.01)	List	Yes
Cement and Lime production	BREF (12.01)	List	Yes
Cooling Systems	BREF (12.01)	List	Yes
Chlor-Alkali manufacture	BREF (12.01)	List	Yes
Ferrous Metal processing	BREF (12.01)	List	Yes
Non-Ferrous Metal processes	BREF (12.01)	List	Yes
Glass manufacture	BREF (12.01)	List	Yes
Tanning of hides and skins	BREF (02.03)	List	Yes
Textile processing	BREF (07.03)	List	Yes

Monitoring systems	BREF (07.03)	List	Yes
Refineries	BREF (02.03)	List	Yes
Large Volume Organic Chemicals	BREF (02.03)	List	Yes
Smitheries and Foundries	MR BREF (07.04)	List	
Intensive Livestock Farming	BREF (07.03)	List	Yes
Emissions from storage of bulk or dangerous materials	MR FD (11.04)	List	
Common waste water and waste gas treatment and management systems in the chemical sector	BREF (02.03)	List	Yes
Economic and cross media issues under IPPC	MR FD (11.04)	List	
Large Combustion Plant	MR FD (11.04)	List	
Large Volume Inorganic Chemicals - Ammonia, Acids & Fertilisers	MR D2 (03.04)	List	
Large Volume Inorganic Chemicals - Solid & Others	MR D1 (08.04)	List	
Slaughterhouses and Animal By-products	MR BREF (11.03)	List	
Food, Drink and Milk processes	MR D2 (05.03)	List	
Ceramics	MR D1 (10.04)	List	
Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities	MR BREF (07.04)	List	
Surface treatment of metals	MR D2 (04.04)	List	
Surface treatments using solvents	MR D1 (05.04)	List	Yes
Waste Incineration	MR D2 (03.04)	List	

Waste Treatments [Previously Waste Recovery/Disposal activities]	MR D2 (01.04)	List	
Speciality inorganic chemicals	MR D1 (09.04)	List	
Organic fine chemicals	MR D2 (12.04)	List	
Polymers	MR D1 (09.04)	List	
Energy Efficiency	2003	List	

 = BREF formally adopted;
  = BREF finalised;
  = Final Draft BREF;
  = Working Draft BREF;
  = work started.

Legenda:

BREF (mm.yy)	indicates that a document has been formally adopted by the Commission and can be downloaded by following the link which leads to the list of mirrors available and selecting the site nearer to you.
BREF (mm.yy)	indicates that a document has been finalised after submission to DG Environment and the final version dated as shown can be downloaded by following the link which leads to the list of mirrors available and selecting the site nearer to you.
FD (mm.yy)	indicates that a Final Draft document dated as shown has been put up for discussion with DG Environment and the Information Exchange Forum and the draft can be downloaded by following the link.
D1/2/3 (mm.yy)	indicates that a 1st / 2nd / 3rd working Draft reference document dated as shown has been put to consultation in the TWG and the draft can be downloaded by following the link.
MR (mm.yy)	indicates work has started, the TWG has met for the first time on date shown and a Meeting Report of that first meeting can be downloaded by following the link where shown.
yyyy	indicates work is planned to commence in the year shown and has not yet started.

6.3 Sistemi di depurazione

Le attività industriali generano quasi sempre, oltre ai beni prodotti, sostanze indesiderate potenzialmente dannose per l'ambiente e per la salute, che possono interessare alcune o tutte le matrici ambientali (aria, acqua, suolo).

Pertanto è necessario prevedere sia la valutazione qualitativa e quantitativa degli inquinanti, che il trattamento necessario prima dell'immissione nell'ambiente.

La composizione degli inquinanti, ed il relativo impatto ambientale, è funzione ovviamente del processo produttivo.

L'impatto è ulteriormente complicato dalla possibilità che le sostanze tossiche contenute negli scarichi possano interagire tra di loro, rinforzando i propri effetti dannosi e producendo un danno complessivo maggiore della somma dei singoli contributi.

I tipi di trattamento da adottare per prevenire, o almeno per ridurre i danni ambientali, ed i processi di depurazione necessari, devono essere scelti in funzione delle caratteristiche sia degli inquinanti che del corpo ricettore, e dei limiti di accettabilità ammessi, definiti nella normativa pertinente.

Il primo passo per progettare un trattamento di depurazione è la caratterizzazione degli inquinanti.

Infatti è necessario:

- conoscere le caratteristiche dinamiche del flusso emissivo (continuo o discontinuo) ed i relativi parametri quantitativi (portata e velocità);
- definire le proprietà fisiche degli inquinanti: stato di aggregazione, viscosità, caratteristiche termiche, conducibilità, odore, colore, ecc.;
- analizzare i costituenti chimici e le rispettive concentrazioni;
- tener conto delle caratteristiche biologiche;
- studiare le possibili interazioni.

Vanno poi progettati, realizzati e verificati i sistemi di trattamento più adeguati, con riferimento alle migliori tecnologie disponibili ed in un'ottica di ottimizzazione costi/benefici.

Nei successivi paragrafi viene data una panoramica generale degli aspetti tecnici prevalenti relativi ai sistemi di depurazione delle acque ed ai trattamenti per l'abbattimento degli inquinanti aeriformi.

Per ulteriori approfondimenti riguardanti i trattamenti di rimozione, le migliori tecnologie disponibili, gli aspetti economici, i bilanci tra vantaggi e svantaggi nell'applicare una o l'altra tecnologia si rinvia ai BREF.¹⁹

6.3.1 Sistemi di depurazione delle acque

La direttiva CEE n.91 del 24/09/1996 definisce l'inquinamento idrico come “ l'effetto dello scarico in ambiente acquoso di sostanze o di energie tali da:

- compromettere la salute umana,
- nuocere alle risorse dei viventi e al sistema ecologico idrico,
- costituire ostacolo a qualsiasi legittimo uso delle acque, comprese le attrattive ambientali”.

¹⁹ Cfr paragrafo 6.2

Per *acque reflue industriali* si intende qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici o da installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento.

Le sostanze inquinanti possono essere caratterizzate in maniera diversa, a seconda della loro natura e degli effetti che producono.

In tabella 6.1 sono elencati i maggiori agenti inquinanti presenti nei reflui industriali, raggruppati per tipologia.

Le sostanze chimiche più frequentemente oggetto di inquinamento industriale sono: acidi, alcali, cloro, ammoniaca, idrogeno solforato, metalli pesanti, oli e idrocarburi.

In Italia le caratteristiche delle acque reflue industriali sono disciplinate innanzitutto dal Decreto Legislativo n. 152/1999, che fissa tra l'altro le concentrazioni massime ammissibili dei composti inquinanti.

Con il D.Lgs. n. 258 del 18/8/2000 sono state apportate modifiche e integrazioni al Decreto 152 relativamente alle competenze, alle aree sensibili, alla salvaguardia delle acque destinate al consumo umano, al bilancio idrico, alla temporaneità delle concessioni per il prelievo delle acque, alla disciplina degli scarichi, alla domanda di autorizzazione agli scarichi di acque reflue industriali, alle sanzioni amministrative e penali.

La fase attuativa, di vigilanza e controllo, è demandata alle regioni, che fissano proprie norme con riferimento ai suddetti Decreti.

Un ruolo essenziale nel trattamento delle acque reflue industriali è svolto da un adeguato sistema di raccolta delle acque di scarico.

Occorre anche dividere le acque di processo a seconda del loro carico di contaminanti, installando sistemi separati di drenaggio, allo scopo di prevenire la miscelazione di reflui non contaminati con reflui contaminati.

Tabella 6.1: Principali inquinanti delle acque reflue industriali

Agenti inquinanti
carboidrati, grassi, composti proteici, aminoacidi, sostanze azotate
cloruri, sali ammoniacali
sali, calcio e magnesio (precipitati)
colloidi, materiali organici
acidi forti
basi forti
anidride solforosa, solfiti, idrosolfati, sali di ferro e manganese
sali di potassio, fosfati, nitrati
cromati, cianuri, sali di Zn, Cu, Ni, Pb, cloroderivati, pesticidi
idrocarburi, catrame, grassi, oli vegetali, fenoli
acque di refrigerazione (calore)
saponi, detergenti, alcali
coloranti, tannino più ioni metallici, colloidi, idrocarburi
tronchetti, segatura, fibre, carniccio
sabbie, pietrisco, materiali organici
radioisotopi
pH
composti organici volatili : formaldeide, etc.

Quando possibile, è anche opportuno prevedere canalizzazioni fuori terra, più facilmente ispezionabili.

Per la depurazione delle acque reflue industriali i processi di depurazione devono assolvere ad alcune funzioni fondamentali:

- separazione dei materiali galleggianti e dei materiali in sospensione;
- insolubilizzazione e successiva separazione delle sostanze disciolte;
- rimozione delle sostanze disciolte;
- trasformazione delle sostanze biodegradabili;
- disinfezione da microrganismi dannosi.

Trattamenti preliminari

Relativamente ai sistemi di trattamento degli inquinanti, in molti casi è necessaria una predepurazione per rimuovere i solidi sospesi (TSS), ovvero i solidi di dimensioni superiori a 0,45 μm , allo scopo di limitare danni o rotture agli impianti della linea di depurazione, e per non inficiare l'efficienza delle fasi successive di trattamento.

Nella tabella 6.2 sono elencate le tecniche di rimozione dei TSS, nel caso in cui non contengano metalli pesanti o fanghi attivi.

Tabella 6.2: Trattamenti per la rimozione dei TSS.

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Sedimentazione/ Flottazione	Con la flottazione si ha l'aggregazione delle particelle, che si ingrossano fino a diventare sedimentabili.	<ul style="list-style-type: none"> – Semplicità di installazione e ridotta tendenza a rotture – L'efficienza può essere aumentata con l'aggiunta di additivi 	<ul style="list-style-type: none"> – Non adatta per materiale fine ed emulsioni stabili, anche con additivi – Il fiocco può avere contaminanti che possono dare problemi di smaltimento del fango
Filtrazione meccanica	Il refluo scorre attraverso uno strato di materiale inerte (ghiaia, fibre sintetiche ecc.), che opera come una sorta di setaccio e trattiene le particelle in sospensione.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di separazione – Ampio raggio operativo 	<ul style="list-style-type: none"> – Intasamento e sporcamento – Rottura del letto filtrante
Microfiltrazione/ ultrafiltrazione	Processo a membrana che segrega un liquido che diffonde attraverso la membrana. Il processo è governato dalla differenza di pressione. La scelta tra MF e UF dipende dalle dimensioni delle particelle.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di separazione – Sistemi modulari (uso flessibile) 	<ul style="list-style-type: none"> – Intasamento e sporcamento – Alta pressione operativa – Ridotta stabilità meccanica

I *metalli pesanti* non possono essere distrutti; è necessario isolarli, per quanto possibile, e usare tecniche di estrazione che consentano il massimo recupero possibile (tabella 6.3).

Tabella 6.3: Trattamenti per la rimozione di metalli pesanti.

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Precipitazione/ Sedimentazione	I metalli possono essere precipitati come idrossidi, come solfuri o come carbonati. La separazione del precipitato avviene poi per sedimentazione.	<ul style="list-style-type: none"> – Semplicità di installazione e scarsa tendenza a rotture. – L'efficienza può essere aumentata da aggiunta di additivi. 	<ul style="list-style-type: none"> – Il precipitato può avere contaminanti che danno problemi di smaltimento del fango. – Quando vi sono sostanze odorose, è necessario coprire il sedimentatore e convogliare il gas ad un sistema di trattamento.
Cristallizzazione	Formazione di un precipitato prodotto su supporto come sabbia o minerali che compongono un letto fluido in reattori. I cristalli crescono e si spostano verso il basso nel reattore. L'efficacia del processo dipende dal dosaggio di reagenti e dal pH.	<ul style="list-style-type: none"> – Unità compatte e flessibili – Nessuna produzione di fanghi – Cristalli privi di acqua con alta purezza che permettono il riciclo o riutilizzo dei metalli in altri settori – Recupero/riciclo di materie prime – Processo quasi senza rifiuti 	<ul style="list-style-type: none"> – Applicabile solo a sostanze ioniche che formano sali poco solubili o insolubili – I reattivi precipitanti aggiunti non devono essere pericolosi
Scambio ionico	Processo che si basa sullo scambio di ioni presenti in soluzione con altri contenuti nella resina. Gli ioni in soluzione hanno maggiore affinità con la resina rispetto a quelli presenti su di essa.	<ul style="list-style-type: none"> – In teoria tutte le specie ioniche o ionizzabili possono essere rimosse – Non è sensibile a variazioni di portata – Alta efficienza – Possibile recupero di sostanza 	<ul style="list-style-type: none"> – Richiesta prefiltrazione – Crescita di batteri e sporcamento causati da precipitazione o adsorbimento – Interferenze di ioni competitivi del refluo – Attrito dovuto alle particelle di resina

		– Possibile recupero di acqua	
Nanofiltrazione (NF) o Osmosi inversa (RO)	<p>Processo di permeazione attraverso una membrana di un liquido, che viene diviso in permeato che passa e concentrato che è trattenuto.</p> <p>Guida del processo è la differenza di pressione attraverso la membrana.</p> <p>NF si usa per rimuovere gli ioni multivalenti e riusare il refluo.</p> <p>RO si usa quando è richiesto un elevato grado di purezza.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di separazione – Sistemi modulari, uso flessibile – È possibile riciclare permeato e concentrato – Bassa temperatura operativa – Possibilità di completa automazione 	<ul style="list-style-type: none"> – Possibili intasamenti – Compattazione in presenza di ammorbidenti – Richiesta alta pressione – Basso flusso di permeato

La rimozione di oli e/o idrocarburi dalle acque di processo è necessaria soprattutto nelle industrie che trattano plastica, legno, carta, vernici, petrolio e suoi derivati.

Le relative tecnologie, di impiego più diffuso, sono elencate nella tabella 6.4.

Tabella 6.4: Trattamenti per la rimozione di oli e idrocarburi

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Microfiltrazione	<p>Processo a membrana che segrega un liquido che diffonde attraverso la membrana.</p> <p>Il processo è governato dalla differenza di pressione.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di separazione – Sistemi modulari (uso flessibile) 	<ul style="list-style-type: none"> – Intasamento e sporcamento – Alta pressione operativa – Ridotta stabilità meccanica
Separazione API	<p>Consiste in un bacino rettangolare aperto e di un raschiatore mobile che muove il fango verso una fossa di raccolta e l'olio verso uno schiumatore.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – L'olio può essere recuperato e riciclato – Protegge gli stadi successivi di processo da grandi macchie di olio. 	<ul style="list-style-type: none"> – Non si separano sostanze solubili – Se non sono coperti diventano fonti di emissioni di VOC e di forti odori
Filtrazione su mezzo granulare	<p>Passaggio di refluo attraverso un mezzo poroso che può essere sabbia, carboni attivi, resine.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di separazione – Ampio raggio operativo 	<ul style="list-style-type: none"> – Intasamento e sporcamento – Rottura del letto filtrante
Flottazione con aria	<p>Solidi e particelle liquide sono separate dalla fase</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di separazione 	<ul style="list-style-type: none"> – Alto potenziale di rilascio di

	acquosa per mezzo di bolle d'aria, eventualmente con l'aggiunta di coagulanti quali sali ferrici e di alluminio, silice attivata.	<ul style="list-style-type: none"> – Possibile recupero di materia – Efficienza di rimozione indipendente da portata 	odori <ul style="list-style-type: none"> – Alti costi operativi – Possibile intasamento di valvole
--	---	--	--

I *composti azotati e fosforati* vanno tenuti a basse concentrazioni prima dell'immissione finale nel ricettore, in quanto possono provocare l'accrescimento o la moltiplicazione abnorme di vegetali acquatici.

In tabella 6.5 sono riportati i trattamenti di rimozione dei sali inorganici e degli acidi.

Tabella 6.5: Trattamenti di rimozione sali inorganici e acidi

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Evaporazione	Processo di distillazione in cui l'acqua è la sostanza volatile e lascia un residuo di fondo concentrato da smaltire. Il vapore viene poi condensato e l'acqua riciclata, eventualmente dopo trattamento.	<ul style="list-style-type: none"> – Possibile recupero di materiale – Rimozione di composti organici refrattari e/o tossici – Riduce la quantità di acqua necessaria per i processi – Riduce quantità e volume di rifiuti pericolosi 	<ul style="list-style-type: none"> – Residui da smaltire – Contaminanti volatili inquinano il condensato (necessari altri trattamenti) o sono emessi come gas – Sensibile a sporco, corrosione e schiuma – Alto consumo di energia
Scambio ionico	Si basa sullo scambio tra ioni presenti in soluzione nel refluo aventi maggiore affinità con la resina e quelli già presenti su quest'ultima.	<ul style="list-style-type: none"> – Teoricamente tutte le specie ioniche o ionizzabili possono essere rimosse – Non è sensibile a variazioni di portata – Alta efficienza – Possibile recupero di sostanza – Possibile recupero di acqua 	<ul style="list-style-type: none"> – Richiesta prefiltrazione – Crescita di batteri e sporcamento causati da precipitazione o adsorbimento – Interferenze di ioni competitivi del refluo – Attrito delle particelle di resina

		– Molte resine specifiche sono disponibili	
Osmosi inversa (RO)	Processo di permeazione di un liquido attraverso una membrana, che viene diviso in permeato che passa e concentrato che è trattenuto. La guida del processo è la differenza di pressione attraverso la membrana. RO si usa quando è richiesto un elevato grado di purezza.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di separazione – Sistemi modulari, uso flessibile – È possibile riciclare permeato e concentrato – Bassa temperatura operativa – Possibilità di completa automazione 	<ul style="list-style-type: none"> – Possibili intasamenti – Compattazione in presenza di ammorbidenti – Richiesta alta pressione – Basso flusso di permeato

Le acque di scarico biodegradabili possono essere trattate in sistemi biologici appositi, eventualmente anche come fase finale di affinamento dopo trattamenti preliminari come quelli precedentemente accennati.

Alcune tra le migliori tecnologie impiegate in questo campo sono:

- *Filtri percolatori.* Consistono in una struttura contenente il materiale di riempimento del letto filtrante, il sistema di distribuzione del refluo, il sistema di drenaggio e di sostegno del riempimento;
- *Processi anaerobici e aerobici a letto fisso.* I microrganismi attecchiscono alla superficie di speciali supporti presenti nel reattore biologico, attraverso lo sviluppo di una pellicola biologica di spessore diverso, a seconda del carico organico associato al refluo in ingresso;
- *Processi anaerobici a letto espanso.* La biomassa viene tenuta in sospensione attraverso l'insufflazione di aria (reattori aerati) o grazie alla presenza di mixer (reattori anaerobici o atossici);

Per il trattamento dei fanghi è necessario considerare una serie di operazioni, prima dello smaltimento finale:

- ispessimento ed idratazione,
- stabilizzazione e condizionamento;
- trattamento termico;
- essiccamento.

6.3.2 Sistemi di abbattimento degli inquinanti aeriformi

La necessità di limitare l'immissione di sostanze inquinanti nell'aria comporta l'utilizzo di adeguati sistemi di abbattimento.

Questi sistemi si sono rivelati pressoché indispensabili nell'ambito delle attività industriali, che possono produrre inquinanti aerodispersi in grandi quantità.

L'immissione di inquinanti in atmosfera assume particolare rilievo sia per l'impatto immediato sulla salute, per effetto di inalazione diretta, sia per l'impatto sull'ambiente globale, in particolare in termini di cambiamenti climatici.

6.3.2.1 Riferimenti normativi

L'inquinamento atmosferico di origine industriale è regolato su tutto il territorio nazionale dalle norme seguenti:

- D.P.R. 203/88. E' la legge quadro italiana sull'inquinamento atmosferico. Prevede per i nuovi impianti l'autorizzazione in fase progettuale. Abroga parzialmente la precedente legge 615/66 sull'inquinamento atmosferico che rimane in vigore solo per gli impianti termici;
- D.P.C.M. 21/07/89. Integra e chiarisce il DPR 203/88, in particolare distingue tra impianti nuovi ed impianti esistenti;
- D.M. 12/07/90, fissa i valori limite di emissione, ma solo per gli impianti esistenti;
- D.P.R. 25/07/91. Definisce le attività che non necessitano di autorizzazione (emissioni poco significative) e le attività cui è applicabile una procedura semplificata di autorizzazione (attività a ridotto inquinamento atmosferico);
- D.M. 15/04/1994, emanato dal Ministero dell'Ambiente di concerto con il Ministero della Sanità. Fissa "norme tecniche in materia di livelli e stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici delle aree urbane (ai sensi degli articoli 3 e 4 del D.P.R. n. 203/88, e dell'art. 9 del D.M. 20 maggio 1991)";
- D.P.C.M. 02/10/95. Disciplina le caratteristiche dei combustibili da usare negli impianti (abroga e sostituisce il capo III della legge 615/66 sull'impiego dei combustibili);
- D.Lgs. n. 351/1999. Definisce (nell'allegato I) gli inquinanti atmosferici da considerare nel quadro della valutazione e della gestione della qualità dell'aria ambiente. Attua la direttiva n. 96/62/CE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente;
- D.Lgs. n. 372/1999. Attua la direttiva n. 96/62/CE in materia di prevenzione e riduzione integrale dell'inquinamento (IPPC) emanata dal consiglio dell'Unione Europea. Il fine è di evitare o ridurre al minimo le emissioni in aria, nell'acqua e nel terreno provenienti da impianti industriali, per raggiungere un elevato livello di tutela ambientale;
- D.M. 02/04/2002 n.60, emesso dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio di concerto con il Ministero della salute. Stabilisce i valori limite e le soglie di allarme per gli inquinanti biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato, piombo, benzene e monossido di carbonio;
- D.Lgs. 21/05/2004 n.183, definisce valori bersaglio e obiettivi a lungo termine per l'ozono; attua la direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.

6.3.2.2 Trattamenti di depurazione

I maggiori inquinanti dell'aria da fonti industriali sono riportati nella tabella 6.6, suddivisi in fonti a bassa e ad alta temperatura.

Tabella 6.6: Agenti inquinanti dell'aria

Fonti a bassa temperatura	Fonti ad alta temperatura
Materiale particolato	
Polvere Alcali Metalli pesanti	Polvere Alcali Metalli pesanti
VOC (sostanze organiche volatili) e composti organosilicati	Composti organici clorurati
Composti diversi da VOC	
Biossido di carbonio: CO ₂ Ossidi di azoto: NO _x Ossidi di zolfo: SO ₂ Ammoniaca: NH ₃ Alogeni e loro composti Composti da combustione incompleta H ₂ S	HCl HF Ossidi di zolfo: SO ₂ Ossidi di azoto: NO _x

La scelta delle tecnologie da utilizzare per la riduzione dell'inquinamento dell'aria dipende dalle caratteristiche chimiche e fisiche degli effluenti. Ad esempio, nel caso in cui gli inquinanti presenti nelle emissioni siano caratterizzati da un elevato potere calorifico può risultare opportuno l'impiego di un processo di *combustione*, con il recupero dell'energia prodotta, oppure, laddove sia possibile il recupero ed il riciclo, ci si orienterà verso l'*adsorbimento* o la *condensazione*.

La *predepurazione* è un processo spesso necessario in campo industriale e consiste in un trattamento preliminare dell'aria contaminata tramite l'abbattimento parziale degli inquinanti.

Lo scopo principale è quello di ridurre la concentrazione del materiale particolato.

I flussi pretrattati sono poi convogliati ad altri sistemi di abbattimento più costosi ed efficaci che vengono sempre posti a valle dei predepuratori.

In genere la predepurazione viene utilizzata quando l'aria da trattare presenta una concentrazione di polveri estremamente alta o quando deve essere rimosso del materiale grossolano aerodisperso che potrebbe danneggiare i successivi dispositivi di depurazione più fragili.

I principali sistemi di predepurazione sono:

- Camere a deposizione: dispositivi che si sviluppano orizzontalmente, a rettangolare ed allungata, con l'apertura di entrata da una parte e l'uscita dalla parte opposta. La rimozione delle particelle inquinanti è ottenuta per effetto della forza di gravità, che prevale rispetto al trascinamento del flusso d'aria;
- Cicloni e multicicloni: sistemi di abbattimento di forma cilindrica che permettono di raccogliere le particelle aerodisperse sfruttando la loro forza di inerzia. In questi dispositivi il flusso contaminato viene fatto entrare dall'alto e tangenzialmente in modo da assumere un moto a spirale direzionato verso il basso. Per effetto della forza centrifuga, il particolato di dimensioni maggiori fuoriesce dal flusso e, per inerzia, va a contatto con le pareti interne del ciclone, scivola poi per gravità sul fondo del dispositivo dove viene raccolto in un'apposita tramoggia che viene periodicamente svuotata.

Figura 6.1: Camera a deposizione

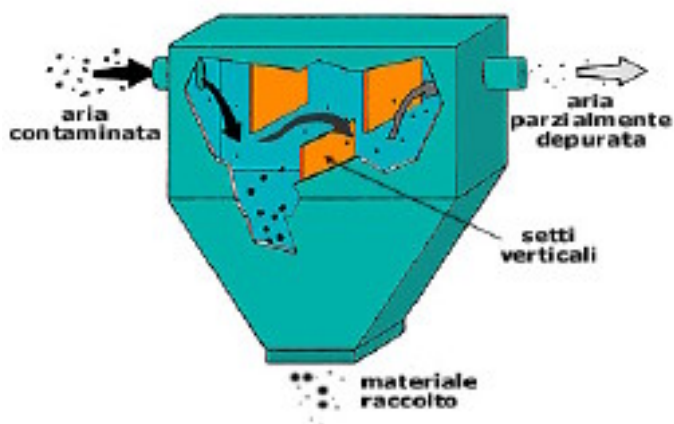
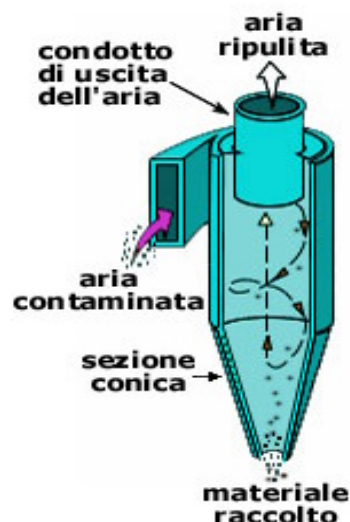


Figura 6.2: Ciclone



A valle della predepurazione, possono essere utilizzati altri dispositivi di abbattimento del materiale particolato, per aumentarne l'efficienza di rimozione delle particelle. Nella tabella 6.7 sono descritti alcuni di questi processi.

Le *diossine* sono composti organici clorurati prodotti da inceneritori, impianti di combustione industriali e di riscaldamento, industrie metallurgiche, fornaci e camini, stabilimenti per il candeggio della carta, stabilimenti per la produzione di erbicidi e pesticidi.

Dopo essere state immesse nell'aria dagli scarichi industriali, le diossine finiscono inevitabilmente nella catena alimentare, accumulandosi nei tessuti adiposi. Il solo controllo dei parametri della combustione e post-combustione (tempo, temperatura, turbolenza) non è condizione sufficiente a garantire valori di emissione in accordo alle normative vigenti; occorre, pertanto, effettuarne l'abbattimento attraverso il meccanismo di *chemiadsorbimento*, cioè il passaggio dalla fase vapore a quella condensata adsorbita su superfici solide.

Per l'abbattimento dei *VOC* nel caso in cui non sia possibile il recupero, occorre prima dare la precedenza a processi di depurazione a bassa energia, poi prevedere eventualmente tecniche di combustione.

Alcune tecniche che prevedono il recupero di materia sono descritte nella tabella 6.8.

Per i composti diversi da *VOC* le tecniche di rimozione utilizzabili sono:

- incenerimento per CO e H_2S ;
- riduzione catalitica per emissioni ad alta temperatura, riduzione non catalitica per NO_x a basse temperature;
- lavaggio ad umido per SO_2 (anche a secco per alta temperatura);
- lavaggio ad umido, trattamento biologico per NH_3 ;
- lavaggio ad umido a 2 stadi, oppure a secco o semisecco, per HCl e HF ;
- lavaggio ad umido per Cl_2 .

Tabella 6.7: Trattamenti per abbattimento del particolato atmosferico

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Filtri di nebbie (per aerosol e gocce)	Filtri con riempimento a maglie di materiale metallico o sintetico, che viene posizionato in fondo al letto filtrante.	Proprietà di autolavaggio quando è usato per rimuovere particelle liquide	<ul style="list-style-type: none"> – Il liquido di lavaggio del filtro risulta inquinato – Rischio di intasamento
Lavaggi ad umido	Per particelle con $d > 1 \mu\text{m}$: il meccanismo di depurazione è dato dall'impatto dei contaminanti con le gocce del liquido o con le superfici bagnate della struttura. Per il particolato con $d < 1 \mu\text{m}$: la depurazione avviene per assorbimento nella sostanza liquida.	<ul style="list-style-type: none"> – Tecnologia semplice e compatta – Alta efficienza di rimozione – Manutenzione semplice – Possono essere neutralizzati gas corrosivi e polveri 	<ul style="list-style-type: none"> – Le polveri, separate come fango, necessitano di un trattamento per il riuso o devono essere smaltite – Possibili corrosioni – Necessità di agenti condizionanti – Trattamento dell'acqua di lavaggio per il riuso
Precipitatori elettrostatici	Utilizzo di un campo elettrico ad alta tensione che carica positivamente o negativamente le particelle solide o liquide presenti nelle emissioni gassose.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di abbattimento – Si possono trattare flussi di notevole rilevanza – Recupero del particolato senza modificarlo 	Gli elettroliti mal si adattano a condizioni variabili
Filtri a maniche	Passaggio del gas attraverso maniche di tessuto molto resistente, avente determinate caratteristiche chimiche e fisiche. Le maniche di tessuto provvedono alla captazione del materiale.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza per particelle fini – Separazione in secco del materiale che può essere riciclato per nuovo uso – Operazioni relativamente semplici 	<ul style="list-style-type: none"> – Rischio di esplosioni – Non sono permessi in entrata umidità o polveri appiccicose

Tabella 6.8: Trattamenti per il recupero dei VOC

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Lavaggio ad umido	Per particelle con $d > 1 \mu\text{m}$: il meccanismo di depurazione è dato dall'impatto dei contaminanti con le gocce del liquido o con le superfici bagnate della struttura. Per il particolato con $d < 1 \mu\text{m}$: la depurazione avviene per assorbimento nella sostanza liquida.	<ul style="list-style-type: none"> – Tecnologia semplice e compatta – Alta efficienza di rimozione – Semplice manutenzione – Possono essere neutralizzati gas corrosivi e polveri 	<ul style="list-style-type: none"> – Le polveri, separate come fango, necessitano di trattamento per il riuso o devono essere smaltite – Possibili corrosioni – Necessari agenti condizionanti – Trattamento dell'acqua di lavaggio per il riuso
Condensazione	Permette di rimuovere i vapori contaminati cambiandone lo stato fisico da vapore a liquido. Solitamente la condensazione può essere ottenuta con un aumento di pressione, con una riduzione di temperatura, o con la loro combinazione.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di rimozione – Tecnologia compatta – Può essere condotto anche manualmente 	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizzo limitato a processi che prevedono emissioni di vapori inquinanti con alte concentrazioni e basse portate – Periodiche manutenzioni ordinarie e di pulizia
Separazione a membrana	Sfrutta la permeabilità selettiva dei vapori organici nell'attraversare la membrana. Il permeato può subire poi condensazione o adsorbimento, in caso di recupero.	<ul style="list-style-type: none"> – Possibilità di recupero del materiale – Semplicità dell'operazione – Non vengono prodotti rifiuti 	<ul style="list-style-type: none"> – Rischio di esplosione – Sono necessari più passaggi
Adsorbimento	L'aria da trattare viene fatta fluire attraverso un materiale poroso; il materiale, adsorbente, è in grado di trattenere gli inquinanti sulla sua superficie e permette così di ripulire il flusso di contaminanti volatili.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di rimozione – Possibilità di rigenerazione del materiale adsorbente – tecnologia semplice e robusta 	<ul style="list-style-type: none"> – Limite superiore di concentrazione per pericolo di esplosione – Monitoraggio continuo della temperatura e della portata di flusso.

7. Effetti ambientali indiretti

La presenza di un comparto produttivo nel territorio comporta una pressione diretta sull'ambiente, in relazione ai flussi di materia in uscita dal ciclo produttivo (emissioni, rifiuti, scarichi), al consumo energetico, ed all'occupazione di suolo. Vi sono altresì pressioni legate al consumo di risorse naturali locali (ad esempio le acque) ed allo sviluppo di infrastrutture per il trasporto (di energia, di persone e merci), per le telecomunicazioni e per i servizi logistici o attività indotte.

In linea generale possono aversi vari tipi di effetti indiretti a partire dagli insediamenti produttivi, considerando anche quelli derivanti dalla messa in opera di misure di prevenzione degli impatti, quali ad esempio la realizzazione di depuratori o altri impianti di trattamento rifiuti.

In questa prospettiva, potrebbe diventare complesso descrivere gli effetti indiretti, fra loro concatenati. Pertanto sono stati individuati due principali ambiti di effetti, quelli relativi al paesaggio e quelli relativi alla mobilità- trasporti.

Questo capitolo si ricollega naturalmente alle altre parti del documento, in quanto è chiaro che effetti indiretti nel singolo contesto dipendono sia dalla collocazione delle aziende nel territorio (vedi capitolo 1), che dalle caratteristiche delle attività sviluppate dal comparto, in termini quantitativi e qualitativi: ad esempio numero di addetti che si spostano per lavoro, quantità di merci che arrivano e partono, modalità di prevenzione dei rischi e degli impatti ambientali (vedi capitoli 3 e 4).

7.1 Paesaggio

Dei vari aspetti dell'ambiente, il paesaggio ha la particolarità di non essere una categoria di elementi (come lo sono gli aspetti fisici, naturali, biologici o storici), ma di essere l'aspetto formale di tutti quanti insieme.

Si può insomma dire che il paesaggio è la forma dell'ambiente e il prodotto di tutti i processi geologici, fisici, biologici e soprattutto antropici che concorrono a definirne i tratti fisionomici.

Il paesaggio viene considerato sempre più una importante risorsa territoriale ed elemento di identità delle comunità, ma ciò non lo rende immune dalle frequenti minacce derivanti dalle esigenze della civiltà moderna e dalle necessità economiche e del mercato.

Esso costituisce la base dell'ambiente di vita ed elemento caratterizzante la sua qualità in quanto integra natura e cultura ed è quindi frutto delle complesse relazioni fra le attività umane e l'ambiente.

Nel paesaggio, inteso come l'insieme dei caratteri e delle risorse naturali, l'uomo ha sempre trovato i fattori produttivi necessari per la produzione economica, ed in particolare le materie prime (di origine estrattiva, vegetale o animale, oltre che l'acqua) e la terra, necessaria per le produzioni del settore primario e per l'ubicazione di città (funzione insediativa residenziale), oltre che di fabbricati industriali e di servizio (funzione insediativa industriale).

Le continue pressioni esercitate dall'uomo sull'ambiente nel corso dei secoli hanno generato una ricca varietà di paesaggi i quali rappresentano un importante elemento del patrimonio collettivo che contribuisce a creare l'identità delle diverse regioni, ma che necessita di un continuo sforzo di pianificazione che eviti forme di degrado irreversibile.

La valutazione degli impatti degli insediamenti appartenenti ad un comparto produttivo può entrare a far parte della pianificazione del paesaggio o della sua conservazione.

Gli impatti paesaggistici di un comparto produttivo possono essere ricondotti essenzialmente all'occupazione di suolo. Questa occupazione può assumere vari significati, in quanto si va a sostituire a una struttura paesaggistica precedente, che poteva avere caratteristiche esclusivamente naturali (forestali) o rurali-agricole, o produttive di epoca diversa.

In base alle caratteristiche costruttive della struttura (estensione in larghezza ed altezza in primo luogo) e a quelle topografiche del territorio, questo impatto si effettua nello spazio circostante, estendendosi talora anche in lontananza:

- impatto visivo;
- intrusione visiva.

Nel caso dell'impatto visivo, consideriamo l'occupazione di superficie e l'elevazione in altezza delle aziende. Nelle tabelle 7.1 e 7.2 si danno alcuni esempi tratti dalla ricerca Fonderie di ghisa di seconda fusione in Toscana.

L'intrusione visiva è l'effetto che si crea a distanza dal sito dell'insediamento, facilitato dalla posizione dell'impianto, oltre che dalle sue dimensioni, come nel caso della realizzazione di una fattoria eolica, che viene collocata in genere su alture e crinali e che per la configurazione degli aerogeneratori è resa visibile in ogni contesto territoriale, facendo dell'impatto paesaggistico l'effetto ambientale più rilevante di queste strutture.

Un altro aspetto che si può ricordare è quello dell'inquinamento luminoso, che pur riguardando soprattutto gli aggregati urbani, diviene un fenomeno significativo anche nelle aree a destinazione produttiva: nel caso di aziende a localizzazione sparse e/o remote, l'inquinamento luminoso infatti si può sostituire e affiancare al fenomeno della intrusione visiva per quanto riguarda le ore notturne.

Tabella 7.1: Occupazione di superficie degli impianti fonderie di ghisa di 2° fusione in Toscana (1999)

Azienda	Superficie occupata m ²	
	Coperta	Coperta
A2	14.080 di cui: 10.400 produzione + 3.680 magazzino <i>modelli</i>	n.d.
A4	4.500	5.750
A5	5.370	16.630
A6	800	n.d.
A8	8.000	n.d.
A10	8.800	8.000
A11	3.000	1.000

Fonte: Interviste alle aziende del comparto a cura del settore tecnico CEDIF di ARPAT

Legenda: n.d.=non disponibile

Tabella 7.2: Elevazione in altezza degli impianti fonderie di ghisa di 2° fusione in Toscana (1999)

Azienda	Altezza massima da terra (metri)	Tipo di impianto
A4	12	Impianto stoccaggio e lavorazione terre.
A6	10	Camini emissioni in atmosfera.

A8	12	Tetto dello stabilimento produttivo.
----	----	--------------------------------------

Fonte: Interviste alle aziende del comparto a cura del settore tecnico CEDIF di ARPAT

Gli effetti ricordati non agiscono solamente da un punto di vista estetico, ma anche su un complesso di valori oggi associati al paesaggio che sono il risultato dell'integrazione fra fattori naturali e fattori antropici.

Tali valori si esprimono nell'integrazione di qualità legate :

- alla morfologia del territorio;
- alle caratteristiche potenziali della vegetazione naturale;
- alla struttura assunta dal mosaico paesaggistico nel tempo.

Veniamo quindi ad alcuni elementi per la valutazione degli effetti sul paesaggio.

Nelle recenti *Linee guida per la valutazione dell'impatto ambientale sul paesaggio degli impianti eolici* della Regione Toscana (Regione Toscana, 2004) sono state individuate le seguenti categorie e componenti su cui i progettisti sono chiamati ad esprimere la valutazione di impatto:

- *patrimonio storico, architettonico e archeologico* – gli elementi materiali presenti nel territorio oggetto di studio appartenenti a queste categorie di beni culturali;
- *significato storico-ambientale* – complesso di valori legati alla struttura del mosaico paesaggistico, alla morfologia del territorio e alla loro evoluzione storica;
- *frequentazione del paesaggio* – la riconoscibilità sociale del paesaggio, rappresentata dalla qualità e quantità dei flussi antropici nei punti panoramici più importanti legati ai centri urbani, alla rete stradale, alle località di interesse turistico.

Per quanto riguarda la prima categoria, ci si può riferire principalmente alla normativa. La tutela del paesaggio è soggetta a norme nazionali e regionali. Le due leggi sul paesaggio, la 1497/1939 e la 431/1985 (cosiddetta legge Galasso) sono state riversate nel decreto legislativo 29 ottobre 1999 n. 490 (pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 302 del 27 dicembre 1999).

Si è trattato di un trasporto meramente meccanico, senza alcuna omogeneizzazione tra i due diversi testi, per cui il paesaggio continua a essere tutelato in due modi: alcune categorie di beni, secondo il primitivo concetto di immobili o complessi di immobili aventi singolarità estetiche, sono tutelabili mediante la specifica imposizione del vincolo con una complessa procedura amministrativa (artt. 139 - 145); altre categorie sono tutelate apoditticamente ope legis nella presunzione che abbiano comunque un valore paesaggistico indipendentemente dal reale valore delle loro singole parti (art. 146).

Per quanto riguarda il significato storico-ambientale nelle linee guida si dice che “può essere definito come l'espressione del valore dell'interazione dei fattori naturali e antropici nel tempo. Esso si valuta attraverso l'analisi della struttura del mosaico paesaggistico prendendo in considerazione la sua frammentazione, la qualità delle singole tessere che lo compongono e combinandolo con la morfologia del territorio e le caratteristiche vegetazionali. Si tratta di un'analisi sofisticata che deve valutare ed integrare le informazioni provenienti dalle indagini precedenti. In alcuni casi potremmo trovarci in presenza di paesaggi molto frammentati, cioè formati da un insieme di molte tessere con un numero molto elevato di usi del suolo, legati ad una lunga persistenza storica di particolari forme culturali, come accade in aree agricole”.

Nell'ottica della conoscenza del territorio fisico, volta alla pianificazione e programmazione sia degli interventi produttivi che di risanamento e conservazione ambientale, è utile ed opportuno procedere per diversi livelli di dettaglio, partendo da una

visione d'insieme del territorio e procedendo attraverso vari livelli di scala, verso quelle situazioni locali di cui è necessario l'approfondimento.

Il primo passo è quello della suddivisione del paesaggio in singole "unità tipologiche", che rendono conto dei caratteri composizionali, comportamentali e vocazionali.

Le unità tipologiche (Unità di paesaggio), rappresentano degli ambiti spaziali omogenei per proprie e intrinseche caratteristiche di modello.

Esse consentono sia di individuare le grandi suddivisioni di tipo fisiografico (montagna-collina-pianura-costa) ed i sistemi tematici (agricolo, boschivo, delle acque, insediativo) quali elementi caratterizzati da una determinata proprietà e diffusi su tutto il territorio, che di operare una articolazione in unità il cui riconoscimento è riferibile ad una sostanziale omogeneità di caratteri paesaggistico-funzionali.

Nell'ambito dei sistemi di paesaggio è possibile distinguere vari "sottosistemi di paesaggio" che differiscono per posizione geografica o per particolari differenziazioni nella configurazione complessiva della litologia, della fisiografia e dell'uso del suolo. Essi vengono definiti "sottosistemi" perché, di regola, sono costituiti da più unità di paesaggio diverse.

I sistemi e i sottosistemi di paesaggio possono essere descritti in base alla frequenza delle caratteristiche prevalenti relative a "clima"; "litologia", "rilievo", "uso del suolo" e "caratteristiche del paesaggio".

Per i sottosistemi di paesaggio possono essere descritti anche la "degradazione del suolo", gli "altri rischi naturali" e le "caratteristiche dell'agricoltura".

La descrizione di ciascun sottosistema comprende i seguenti aspetti: "principali centri abitati"; "clima"; "litologia"; "rilievo"; "uso del suolo"; "degradazione del suolo", comprendente "erosione", "consumo di territorio per urbanizzazione", "inondabilità" ed "effetti di degradazione indotti a valle"; "altri rischi naturali", comprendenti "erosione della costa", "salinizzazione dei suoli e delle falde superficiali", "rischio d'incendio" e "danni forestali di nuovo tipo" (da deposizioni acide e altre fonti d'inquinamento); "caratteristiche dell'agricoltura", comprendenti "indice di ruralità", "tipologia azienda-famiglia", "provenienza reddito aziendale", "superficie aziendale media", "SAU media", "numero di corpi dell'azienda" e "indirizzo culturale prevalente".

Tra i metodi di analisi delle unità di paesaggio, la lettura delle immagini da foto aeree o da satellite permette una visione globale e sintetica degli elementi caratterizzanti, quali uso del suolo, vegetazionali, morfologici e geologici, in modo da consentire una suddivisione in ambiti con caratteri e valori omogenei al loro interno, ma diversificati rispetto a quelli circostanti.

Per quanto attiene, la frequentazione del paesaggio, la criticità di un sito di impianto di una attività produttiva o di servizio è legata anche alla sua riconoscibilità sociale, in particolare alla frequentazione del sito e ai motivi di tale frequentazione, come luogo di interesse per motivi culturali, naturalistici, scenici ecc.. Potremo quindi avere una frequentazione regolare e irregolare, a seconda della collocazione geografica del sito e della sua importanza, ma caratterizzata da diverse tipologie di frequentatori (residenti, turisti, lavoratori, etc..), i quali a seconda della loro cultura hanno una diversa percezione di quel paesaggio.

L'introduzione di questo elemento all'interno delle categorie oggetto di valutazione è motivata dalla necessità di considerare anche l'importanza della percezione sociale del valore di un bene, la cui compromissione può essere causa di conflitti fra il comparto produttivo e gruppi di popolazione, che è sempre auspicabile evitare.

Per la comprensione delle interrelazioni e dei flussi esistenti fra ambiente, economia e comparto sociale, è necessario considerare la globalità degli elementi caratterizzanti il paesaggio, selezionando gruppi di indicatori sintetici in base ai diversi elementi di paesaggio e ai diversi valori d'uso, come quelli indicati nella tabella 7.3.

Tabella 7.3: Indicatori per il Paesaggio

ELEMENTO DI PAESAGGIO			
Industria, servizi, sistema urbano	Agricoltura, suolo	Acque superficiali e sotterranee	Aree naturali
n. aziende industriali	Uso del suolo in agricoltura e trend	Trend del consumo idrico annuo aziendale (per settore)	Superficie forestale a prevalente attitudine protettiva
n. addetti totali	n. di aziende agricole	Qualità dei paesaggi fluviali sulla base dell'IFF	Dispersione delle aree protette
n. unità lavorative	n. aziende zootecniche	n. di pozzi/superficie comunale	Diversità paesistica per le aree protette
n. aziende commerciali	Rapporto SAU/ST	n. impianti di depurazione per comune	Entità degli incendi boschivi
n. aziende artigiane	n. capi zootecnici	Qualità delle acque superficiali	Percentuale di territorio boscato sottoposto a gestione
n. alberghi e ristoranti	Trend della popolazione rurale	Qualità delle acque sotterranee	Pressione antropica sulle aree protette
n. attività professionali	Superficie forestale : stato e variazioni	n. bacini lacustri naturali	Pressione turistica sulle aree protette
n. imprese di trasporti	Perdita di biodiversità paesistica	n. bacini lacustri artificiali	
Superficie urbana residenziale			
Superficie area industriale			
Pressione da presenze turistiche			

Il mantenimento della qualità del paesaggio tramite la conoscenza delle sue componenti, costituisce dunque un impegno piuttosto forte. L'Annuario dei dati ambientali APAT tratta la tematica del paesaggio riferendosi proprio alla valutazione dell'adeguatezza dei sistemi gestionali e delle attuazioni delle politiche di tutela nel nostro Paese, attraverso due indicatori elencati nella tabella 7.4.

Tabella 7. 4: Indicatori sulla tutela paesaggistica

Indicatore	Finalità	Riferimenti Normativi
Territorio tutelato dal	Fornire l'estensione dei provvedimenti di vincolo su beni, valori ambientali	D.lgs. 29/10/99 n. 490

D.lgs. 490/99	d'insieme e bellezze paesistiche, con l'indicazione delle superfici regionali vincolate dal D.lgs. 490/99	
Regioni dotate di piani paesistici approvati	Verificare l'esistenza di piani regionali con valenza sovraordinata e di coordinamento pianificatorio, in particolare per ciò che concerne la specifica tematica dei piani paesistici	D.lgs. 29/10/99 n. 490

Fonte: APAT, *Annuario dei dati ambientali - Edizione 2003*

Nel complesso, il sistema paesaggistico-ambientale è in continua trasformazione e un monitoraggio continuo, insieme ad un piano di manutenzione, potrebbe dare una risposta a questa esigenza che va oltre la gestione ordinaria.

7.2 Trasporti

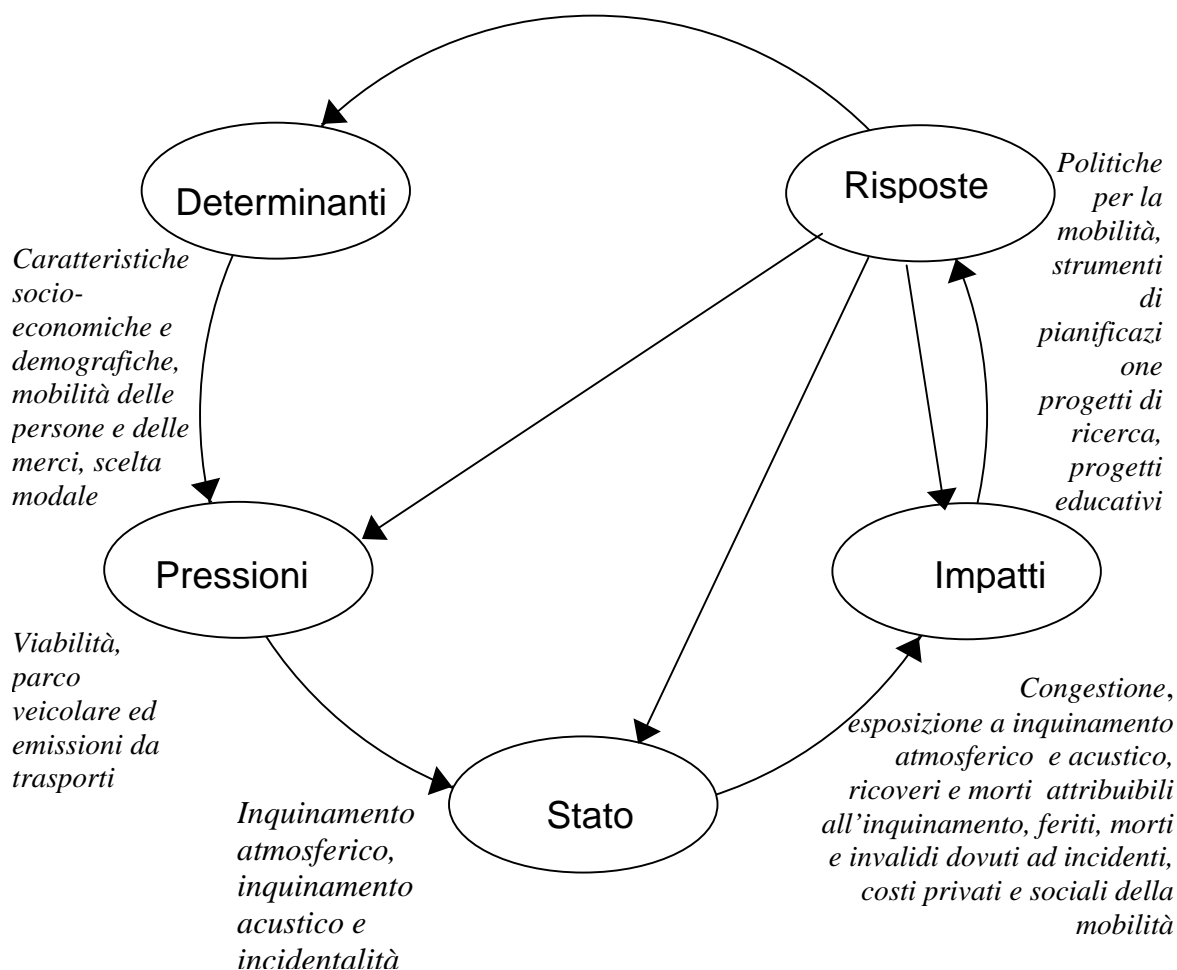
Le attività esercitate dall'uomo sono fonte di pressioni a danno dell'ambiente e sono legate in maniera diretta al trasporto di merci, persone e servizi. E' opinione comune che lo sviluppo sociale ed economico sia indissolubilmente legato alle infrastrutture di trasporto e al livello di mobilità, elementi fondanti per la definizione di un modello di sviluppo sostenibile della società civile.

E' necessario dunque, nel momento della conoscenza di tutte le fasi di produzione di beni e di servizi, l'approfondimento delle complesse relazioni che intercorrono con il sistema dei trasporti.

In generale i fattori che determinano le condizioni favorevoli allo sviluppo economico di un'area sono diversi e variabili in relazione alle specifiche caratteristiche geografiche, sociali ed economiche.

L'accessibilità è uno fra i tanti possibili fattori di sviluppo, tanto da essere spesso ricondotta al ruolo di "condizione necessaria" a promuovere lo sviluppo di determinate aree.

L'aumento del traffico è un riflesso della crescita economica e l'entità degli effetti negativi possono essere identificati in: perdite a livello economico, incidenti, impatto ambientale (rumore e inquinamento), impatto sociale (congestione), come si vede nello schema seguente.



Questi effetti danno luogo a diversi tipi di costi esterni che necessitano di misure di regolazione sempre più stringenti.

Si tratta dei costi provocati dall'inquinamento atmosferico, che causa danni alla salute della popolazione, agli edifici e ai monumenti, ai boschi e all'agricoltura; dei danni legati all'effetto serra di origine antropica, che sono oggi al centro dell'attenzione della comunità scientifica internazionale; dei costi delle perdite di tempo dovute alla congestione del traffico e di quelli, molto ingenti e drammatici, dovuti agli incidenti stradali, che causano annualmente migliaia di morti e centinaia di migliaia di feriti; dei costi, tanto nocivi quanto insopportabili, causati dall'inquinamento acustico.

Gli alti costi esterni dei trasporti provocano gravi problemi non solo ambientali e sociali, ma anche economici e di giustizia sociale, in quanto falsano la competitività dei vari modi di trasporto e favoriscono tendenze irrazionali della mobilità, alterano l'allocazione delle risorse pubbliche sottraendole da utilizzi più produttivi (si pensi alla spesa sanitaria o a quella per interventi di emergenza in seguito a incidenti, che sottraggono risorse ad esempio alla spesa per la promozione della ricerca), penalizzano i prodotti e i servizi più ecologici rispetto ai loro concorrenti più inquinanti, riducono la produttività e l'efficienza della risorsa lavoro, impoveriscono quelle risorse ambientali che costituiscono un patrimonio essenziale per lo sviluppo.

L'Istituto Regionale per la Programmazione Economica della Toscana (IRPET) ha avviato una ricerca sui costi sociali della mobilità, che ha cercato di utilizzare tutte le informazioni esistenti per il contesto regionale (su base comunale) e soprattutto di fare il punto sui metodi di stima esistenti in letteratura, con particolare attenzione al valore assegnato alla vita umana. I costi sociali della mobilità possono essere attribuibili alla congestione stradale; all'inquinamento atmosferico; all'inquinamento acustico; agli incidenti stradali; costi sono quelli tangibili, come i costi sanitari, relativi a danni materiali, costi amministrativi e giudiziari e quelli intangibili (serie di beni a cui va attribuito un valore economico poiché normalmente non sono oggetto di scambio, non hanno un corrispettivo in termini monetari) come i costi dei disagi e del malessere, della mortalità anticipata (IRPET, 2003). In base a tali stime, in totale in Toscana si spendono annualmente circa 6 milioni di euro per i costi sanitari da inquinamento atmosferico e circa 20 milioni di euro per le spese sanitarie dovute ad incidenti.

Per avviare un processo virtuoso, che conduca verso un sistema di trasporto sostenibile e duraturo, è necessario dunque individuare le condizioni che rendono maggiormente efficienti tutti i processi, legati ai trasporti, che interagiscono nel contesto economico e sociale.

Queste condizioni possono realizzarsi sia attraverso misure di controllo del traffico sia intervenendo sulla domanda di trasporto, indirizzandola verso modalità più sostenibili.

Tali interventi devono necessariamente partire dalla considerazione dei costi e dei benefici derivanti da ciascuna modalità e in particolare dalla individuazione dei possibili benefici esterni del trasporto poiché gli effetti che si stanno considerando riguardano l'intera collettività e non solo i diretti utilizzatori.

Il criterio di sostenibilità è alla base anche del Libro Bianco sulla politica comune dei trasporti presentato dalla Commissione Europea nel settembre 2001.

Secondo la Commissione occorre programmare gli interventi sul sistema dei trasporti in una logica di ottimizzazione, con l'obiettivo di poter far fronte alla domanda garantendo i principi di sostenibilità dello sviluppo sanciti dall'Unione Europea.

Gli strumenti per il monitoraggio del traffico in rapporto al complesso delle attività economiche e sociali, sono rappresentati essenzialmente da una serie di indicatori sintetici che aiutano a delineare un quadro della situazione, sia a carattere locale, sia a carattere regionale e nazionale.

Gli indicatori sono selezionati essenzialmente secondo i criteri precisati dall'Agenzia Europea dell'Ambiente e della Commissione Europea nel documento "Transport and environment Reporting Mechanism" (TERM) e sono validi per tutti i paesi europei (Tabella 7.5). Questi indicatori non sono esaustivi per delineare con precisione il complesso sistema dei rapporti che intercorre tra le attività economiche e sociali con il sistema dei trasporti, anche per una carenza di dati aggregati che spesso risultano poco aggiornati o non fruibili.

Tabella 7. 5: Indicatori per i trasporti

Emissioni di CO ₂ , CO, NO _x , particolato, metalli pesanti, VOC
Tonnellate di merci in ingresso ed in uscita su strada per 100 abitanti
Tonnellate di merci imbarcate e sbarcate in navigazione di cabotaggio per 100 abitanti
Tonnellate di merci in ingresso ed in uscita per ferrovia per 100 abitanti
Qualità dell'aria urbana
Parco veicoli stradali, valori totali e pro-capite, età media dei veicoli e percentuale di veicoli catalizzati
Trasporto merci e passeggeri (% per le diverse modalità di trasporto)
Grado di soddisfazione dell'utenza per i servizi di trasporto ferroviario
Capacità ed estensione della rete di infrastrutture
Emissioni di gas serra (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O), per modalità
Passeggeri * Km per modalità, passeggeri * Km pro-capite e per PIL, veicoli * Km per modalità, tonnellate * Km pro-capite e per PIL
Efficienza energetica ed emissioni specifiche di CO ₂ , strada
Emissioni dei principali inquinanti atmosferici (NO _x , COVNM, PM10, Pb, Benzene) per modalità
Frammentazione degli ecosistemi e degli habitat
Prezzi dei carburanti e tasse

7.2.1 Traffico veicolare indotto

Negli ultimi anni i flussi pendolari extraurbani sono sempre più consistenti in funzione dell'aumentata mobilità delle persone per motivi di lavoro, in relazione alle caratteristiche socio-economiche di un territorio, al grado di specializzazione funzionale (prevalentemente residenziale o produttiva o mista), alla presenza di poli attrattori di persone e merci, al grado di sviluppo e di efficienza dei servizi logistici e di trasporto.

Anche i flussi delle merci sono in aumento in relazione ai fenomeni di distribuzione just in time, di frammentazione della filiera produttiva, di delocalizzazione di parti della produzione, assunti dal mercato.

Possiamo avere informazioni sui flussi pendolari e sul trasporto merci per categorie di trasporto e per macroaggregati territoriali, come le regioni, mentre per valutare l'entità del traffico veicolare indotto dalla presenza di un comparto produttivo è spesso necessario accedere alle informazioni delle singole aziende o dei distretti produttivi, o estrapolare stime a partire da altri elementi, come è stato fatto ad esempio nelle ricerche sul comparto del cartone ondulato (ARPAT, 2000) e delle fonderie di ghisa di seconda fusione (ARPAT, 2002), a partire dalla individuazione di tutte le cose che "viaggiano" da e verso le aziende.

Nel comparto cartone ondulato è stato possibile stimare il traffico indotto (numero dei mezzi pesanti impiegati) dalla movimentazione delle materie prime (bobine di carta e amido di mais) e dalla commercializzazione del prodotto finito (cartone ondulato e scatole), osservando che, mediamente, un autotreno in entrata porta 25-30 t. di bobine di carta e un autotreno in uscita porta 12.000-13.000 m². di cartone ondulato. In mancanza di dati precisi sul numero di viaggi effettuati, si è utilizzata una stima in base ai dati riguardanti il rapporto tra materie prime impiegate e prodotto finale.

Tabella 7.6: Materie prime, rifiuti e prodotti finiti delle fonderie di ghisa di 2° fusione, stime della quantità di carico medio per viaggio

CARICO MEDIO MEZZI PESANTI PER ALCUNE MATERIE PRIME	
Sabbia nuova per <i>terra di fonderia</i> : autocisterna da 25 - 30 t.	
Ghisa in pani: autotreno da 30 t.	
Rottami metallici: autotreno da 30 t.	
Resine camion da 1- 4 t	
Ossigeno liquido: autocisterna da 15 t.	
CARICO MEDIO MEZZI PESANTI PER ALCUNE TIPOLOGIE DI RIFIUTI	
Terre di fonderie esauste inviate allo smaltimento: autotreno da 11 o 25 t.	
Terre di fonderie esauste inviate allo recupero: autotreno da 20 t.	
Scorie di fusione: autotreno da 12 o 22 o 30 t.	
CARICO MEDIO MEZZI PESANTI PER ALCUNE TIPOLOGIE DI PRODOTTI FINITI	
Pezzi ottenuti dalla fusione (<i>getti</i>): autotreno da 26 t.	

Fonte: ARPAT 2002

Tabella 7.7: Stima del traffico veicolare indotto dall'attività di 4 aziende del comparto cartario (cartone ondulato) in provincia di Lucca

Azienda di cartone ondulato	Mezzi che trasportano le materie prime (all'anno)		Mezzi che trasportano i prodotti finiti (all'anno)		Mezzi (al giorno)	
	min	max	min	max	min	max
1	460	530	1.500	1.800	9	10
2	240	330	880	1.100	5	6
3	4.050	5.350	16.700	17.850	92	102
4	3.250	4.300	3.300	14.300	73	82
Totale	28.000	32.000	102.000	109.000	575	624

Fonte: ARPAT-2000

Per quanto riguarda il numero di transiti totali è chiaro che si deve tenere conto che ognuno dei mezzi indicati transita due volte: una per l'andata e una per il ritorno, nel caso in cui si tratti di un trasporto vincolato al contenuto e non al servizio.

Tabella 7. 8: Stima del traffico veicolare pesante indotto per le fonderie di ghisa di 2° fusione in Toscana

AZIENDA	Numero medio di mezzi pesanti in transito all'anno	Numero medio di mezzi pesanti in transito al giorno
A2	787	3 – 4
A4	1.100	5
A8	660	1 – 5
A10	110	0 – 1

Fonte: ARPAT 2002

La movimentazione delle materie prime e finite, in casi paragonabili a quelli di comparti riportati sopra, che utilizzano il trasporto pesante su gomma, comporta quindi un consistente aumento del transito di mezzi pesanti nella zona dove si trovano le aziende, da cui derivano vibrazioni, rumore e gas di scarico. L'impatto è ancor più rilevante se tale mobilità avviene sulla rete viaria secondaria, come nel caso del cartone ondulato, poichè coinvolge anche la popolazione residente lungo le strade percorse dalle merci, oltre che la popolazione residente vicino alle aziende produttrici. Gli effetti sfavorevoli che ne derivano sono legati principalmente all'inquinamento atmosferico ed acustico e all'incidentalità, di cui sono vittime potenziali sia le persone che gli animali, domestici e selvatici.

Gli impatti sulla fauna presente in un territorio a seguito di insediamenti produttivi possono essere molteplici, e di varia natura:

- disturbo (ad esempio alla nidificazione quando si impiantano cantieri nel periodo primaverile);
- collisione (area o meno, ad esempio con elettrocuzione);
- perdita/alterazione di habitat (ad esempio per insediamenti che si collocano su rotte migratorie)

Per quanto riguarda gli effetti sulle matrici ambientali dovuti al traffico indotto occorre valutare il contributo specifico che deriva ad esempio dalle emissioni allo scarico dei mezzi commerciali e pesanti, particolarmente significativo in termini di NO_x, SO₂ e Polveri

L'associazione fra inquinamento atmosferico e stato di salute della popolazione esposta è ben documentata e molti elementi indicano che sia di natura causale. Le maggiori evidenze sono per la mortalità, ma alcuni studi evidenziano anche altri effetti, in particolare nei bambini. Fra i risultati relativi alla valutazione dei fattori di rischio ambientali negli studi SIDRIA (Studi Italiani sui Disturbi Respiratori nell'Infanzia e l'Ambiente), il primo condotto negli anni 1994-1995 e il secondo a 7 anni di distanza, emerge che il traffico di tipo pesante nei pressi dell'abitazione del soggetto risulta associato a eccessi di rischio significativi per patologie di tipo bronchitico e catarrale, nonché di tipo allergico (<http://www.sidria.net/risultati.htm#traffico>).

Molti altri aspetti potrebbero essere considerati in relazione alla definizione dell'impatto indiretto sulla salute della popolazione residente nell'area interessata dalle emissioni ambientali e dai rifiuti derivanti dagli insediamenti produttivi. La loro trattazione richiederebbe di entrare nel dettaglio delle caratteristiche dell'esposizione e dei possibili danni, così come elencati nel riquadro che segue (Tabella 7. 9), la cui definizione esula dalle finalità proprie dell'analisi ambientale e richiede lo scambio di informazioni con le strutture sanitarie e con le pubbliche amministrazioni per specifiche valutazioni del rischio e/o per l'adozione di vere procedure di Valutazione di Impatto per la Salute (VIS).

Tabella 7.9: Elementi per la valutazione degli impatti sulla salute dei residenti in prossimità di impianti produttivi

Rilasci da parte degli impianti e/o contributo alle concentrazioni di fondo
- Nel suolo
- In acque superficiali
- In acque sotterranee
Disturbi alla popolazione
- Da rumore
- Vibrazioni
- Odori
- Impatto visivo
Scenari di esposizione per gli inquinanti emessi
- Esposizione multipla da altri impianti limitrofi
- Confronto con standard di qualità ambientale basati sulla salute
Informazioni sulle sostanze emesse
- A tossicità particolare (es: cancerogeni, mutageni, POPs)
- Pericolose (esplosive, etc.)
Informazioni sulla popolazione
- Gruppi o siti vulnerabili nel raggio di 5 km (scuole, acquedotti, etc..)
- Stato di salute della popolazione locale (dati di mortalità, ricoveri,..)
- Percezione del rischio della popolazione residente

Bibliografia capitolo 7

APAT (2003) CTN_NEB

Linee guida per la revisione e l'aggiornamento del set di indicatori complessivo per temi di competenza

Barocchi R., ISPAR (Istituto per lo studio del paesaggio e dell'architettura rurale)

Calcioni P. M., Ibba E. (1999) *Il paesaggio nello spazio rurale*, Catalogo della 2a Rassegna Urbanistica Regionale (Cagliari, 1999)

Conlin R. (1995) *The Sustainable Seattle Indicators of Sustainable Community*.

Atti del convegno internazionale "Indicators for Urban Policies", Rennes, Aprile 1995

Convenzione europea del Paesaggio Firenze 20 Ottobre 2000

OECD (1995) *Environmental Indicator. Towards Sustainable Development*, Compendium,

Paris Regione Emilia Romagna – ENEA Progetto Atlante

APAT, Annuario dei dati ambientali-Edizione 2003

Commissione Europea, (2001) Libro Bianco La Politica europea dei trasporti fino al 2010 Il momento delle scelte

Commissione Europea, (2002) Integration of environment into transport policy

EEA (2002) European Environment Agency, Transport and environment reporting mechanism (TERM)

OECD (1999), Indicators for the integration of environmental concerns into transport policies.

OECD (2002), Policy instruments for achieving environmentally sustainable transport

M. Zambini (2002), Istituto di Ricerche Ambiente Italia

Le infrastrutture dei trasporti come fattore di sviluppo (Agosto 2002)

IRPET, (2003), *I costi ambientali e sociali della mobilità* A cura di: Patrizia Lattarulo.
Franco Angeli
ARPAT (2000), *Profili di rischio ambientale per comparto produttivo*. Atti del 1°
seminario nazionale , Firenze 28 gennaio 2000.
ARPAT (2002, *Fonderie di ghisa di seconda fusione in Toscana*.
Regione Toscana, (2004) *Linee guida per la valutazione dell'impatto ambientale sul
paesaggio degli impianti eolici*, a cura della DG PTA – sett. Energia e DG Presidenza –
sett. VIA.

8. Sistemi di monitoraggio e controllo

8.1 Monitoraggio e controllo

Con il termine monitoraggio si intende la rilevazione sistematica delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica d'emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o, misura tecnica. Esso si basa su osservazioni e misurazioni ripetute con una frequenza appropriata, in accordo con procedure documentate e stabilite.

Spesso il termine monitoraggio è comunemente adoperato in connessione con quello di controllo, che ha invece un significato inverso, rappresentando il complesso d'azioni per valutare o verificare un valore o un parametro o uno stato fisico, in modo da confrontarlo con una situazione di riferimento o per determinare irregolarità.

Il confine tra le due attività è tuttavia estremamente labile quando dal monitoraggio si attendono informazioni quali strumenti di conoscenza utili alla valutazione dell'efficienza ambientale di un sistema antropico ovvero quando si considera il sistema industriale integrato in un ecosistema in cui le azioni di disturbo sono molteplici e gli effetti ai fini della qualità ambientale si sommano tra loro.

Gli scopi di un monitoraggio possono essere molteplici, in ogni modo è possibile raggrupparli in due fattispecie rappresentative di tutte le più classiche finalità:

- verifiche di conformità rispetto a specifici limiti di emissione;
- creazione di rapporti ambientali.

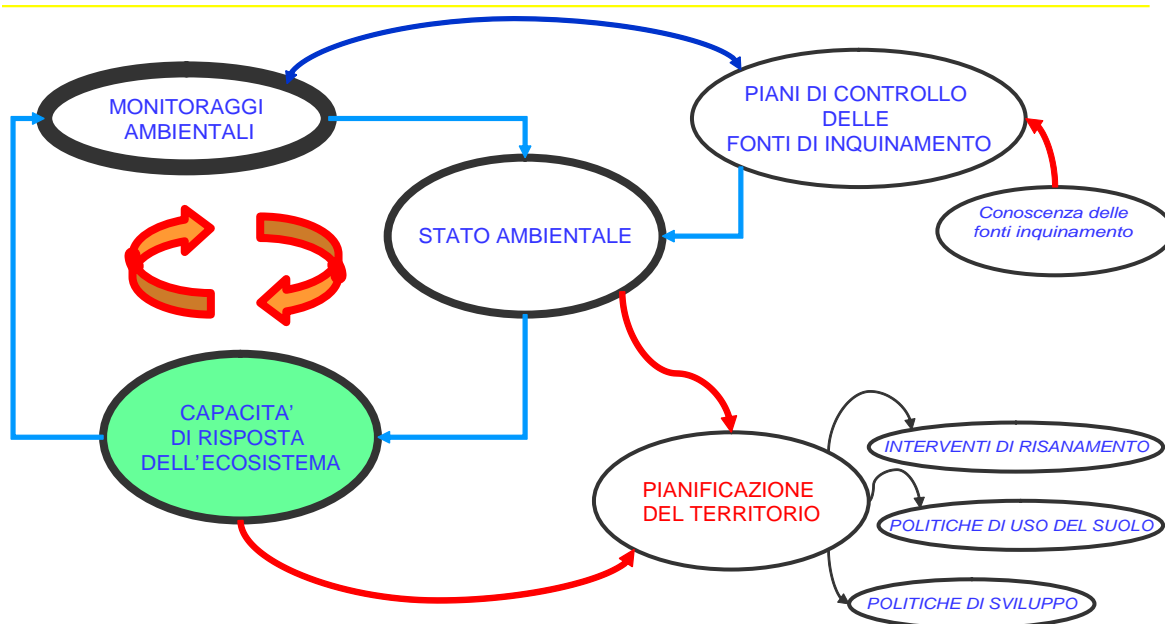
Le informazioni ed i dati ottenuti dal monitoraggio risultano pertanto utili non solo per migliorare le prestazioni ambientali di un impianto e per valutare il soddisfacimento dei requisiti di qualità previsti dalle norme e dalle autorizzazioni, ma anche per determinare oggettivamente una situazione ambientale, per fissare diverse soglie di emissione in base alle classificazioni effettuate a partire dai rapporti ambientali, per permettere di individuare le più idonee azioni correttive e di risanamento delle situazioni esistenti, per valutare a medio e lungo termine l'efficacia di interventi di risanamento.

L'esecuzione di attività di controllo e monitoraggio permette inoltre di agevolare l'accesso del pubblico ai dati ambientali, di ottenere la trasparenza dei dati di emissione, che molte delle nuove normative ambientali prevedono e di offrire strumenti di programmazione a vari livelli.

L'insieme delle informazioni derivate dalle attività di monitoraggio in generale, siano esse relative al controllo delle fonti d'inquinamento o legate a studi sulle risorse ambientali come aria, acque e suolo, porta alla costruzione di strumenti atti alla valutazione dello stato dell'ambiente e delle capacità di risposta degli ecosistemi agli stress imposti dalle pressioni esercitate dall'uomo.

Questo crea una base oggettiva su cui fondare la pianificazione territoriale da cui scaturiscono tutte le scelte di livello politico sullo sviluppo, l'uso delle risorse, e gli obiettivi di miglioramento.

Figura 8.1: Approccio sistematico ed integrato alla tutela dell'ambiente



Ritornando ai piani di monitoraggi, in linea con le conclusioni del Bref comunitario²⁰, gli aspetti essenziali da identificare per predisporre un piano di controllo efficace sono riportate di seguito con le relative spiegazioni.

Le informazioni contenute nel Bref monitoring sono rivolte agli estensori dell'autorizzazione IPPC e ai gestori degli impianti di interesse IPPC.

8.1.1 Le Ispezioni Ambientali

La raccomandazione del Parlamento Europeo e del consiglio del 4 aprile 2001 (n. 2001/331/CE), stabilisce i criteri minimi per le ispezioni ambientali. Nata con l'intento di armonizzare il comportamento dei paesi membri nell'esecuzione delle attività di controllo ambientale su tutti gli impianti soggetti ad autorizzazione, suggerisce criteri e modalità di attuazione dei compiti ispettivi.

La raccomandazione individua un processo, organizzato in fasi distinte, per il quale sono indicati criteri, requisiti e contenuti minimi finalizzati al miglioramento dell'efficacia del controllo (vedi figura 8.2).

Nella pianificazione delle ispezioni, effettuata per ambiti territoriali definiti, si deve infatti sostanzialmente tener conto delle norme ambientali vigenti, dell'insieme degli impianti presenti nell'area, delle caratteristiche e dei problemi ambientali presenti nell'area stessa, delle caratteristiche, in termini di prestazione ambientale, degli impianti da controllare e dei risultati di precedenti controlli.

²⁰ Per il settore monitoraggio, il documento di riferimento è "Integrated Pollution Prevention and control (IPPC)- Reference Document on the General Principles of monitoring, July 2003". Cfr paragrafo 6.2

Figura 8.2: Fasi del processo di monitoraggio e controllo



I contenuti dei piani di ispezione dovrebbero essere adeguati ai rischi e impatti su tutte le matrici ambientali derivanti dall'esercizio degli insediamenti produttivi, adeguati e allineati ai compiti ispettivi delle autorità di controllo; dovrebbero poi tenere conto di tutte le informazioni specifiche disponibili sui siti interessati e sulle caratteristiche e tipologie degli impianti da controllare.

Dovrebbero inoltre coprire un arco temporale definito nel quale attuare programmi d'ispezioni in coordinamento con tutte le autorità competenti in materia nonché stabilire modalità d'attivazione d'ispezioni straordinarie e procedure di revisione dei piani stessi in caso di necessità.

L'esecuzione dell'ispezione, atta alla verifica di conformità dell'impianto rispetto a tutte le norme ambientali cui questo è sottoposto, dovrebbe essere seguita da una condivisione dei dati e delle informazioni acquisite tra autorità competenti e dalla redazione di una "chiara" ed "esaustiva" relazione da trasmettere al gestore e da mettere a disposizione del pubblico.

Le eventuali azioni successive, derivate dai risultati delle verifiche eseguite nel corso delle visite in sito, possono avere efficacia immediata, nel caso di prescrizioni e sanzioni o segnalazioni ad altre autorità competenti, oppure comportare effetti non immediati, quali la programmazione d'ulteriori controlli e quindi la revisione dei piani di controllo o variazioni degli atti autorizzativi e dei requisiti di autorizzazione.

8.2 Pianificazione del monitoraggio

Nell'organizzazione e pianificazione di qualsiasi attività i passaggi fondamentali da percorrere sono quelli attraverso i quali vengono definiti chiaramente e precisamente gli obiettivi da raggiungere, le modalità, e i soggetti coinvolti ,ovvero:

- il perché;
- il cosa e il come;
- il chi.

8.2.1 Perché monitorare un insediamento industriale

I motivi che spingono ad avviare una azione di monitoraggio e controllo su un insediamento industriale possono essere, come abbiamo detto, molteplici quali ad esempio:

- dimostrare la conformità dell'impianto alle prescrizioni dell'autorizzazione ambientale, sia questa singola multipla o integrata;
- stabilire quote di emissioni,
- valutare le prestazioni dei processi e delle tecniche;
- valutare gli impatti ambientali;
- ottimizzare i processi;
- identificare possibili parametri o indicatori ambientali per il monitoraggio dell'impianto;
- migliorare l'efficienza dell'impianto;
- fornire elementi per meglio indirizzare le ispezioni e le azioni correttive da parte dell'autorità competente.

La necessità del monitoraggio potrebbe essere quella di raggiungere più di uno scopo ed è importante definire con chiarezza tutti gli obiettivi da raggiungere per poter indirizzare opportunamente le scelte successive.

8.2.2 Cosa e come monitorare uno stabilimento industriale

Una volta stabiliti con chiarezza gli obiettivi del monitoraggio si passa alla fase più delicata, cioè la scelta dei modi, sia pratici sia tecnici, con cui perseguire quegli obiettivi (figura 8.3).

Vanno pertanto: individuati i parametri significativi idonei alla descrizione e alla rappresentazione del processo; scelte le modalità con cui arrivare alla conoscenza di tali grandezze significative; scelte le frequenze con cui controllare tali grandezze; individuati i luoghi ovvero i punti o le fasi del processo in cui è utile effettuare tali misure.

Al termine si arriva alla definizione del “piano generale di monitoraggio” che è l'insieme di tutte le azioni conoscitive che si vogliono mettere in atto su quello specifico sito industriale.

8.2.3 Chi attua il monitoraggio

I soggetti che concorrono all'attuazione del “piano generale di monitoraggio” sono ovviamente le autorità competenti che: eseguono direttamente o indirettamente il controllo istituzionale; valutano le proposte di autocontrollo; fissano le regole del monitoraggio. I

gestori intervengono nell'esecuzione degli autocontrolli secondo le modalità concordate con l'autorità competente e sono tenuti sempre ad offrire un supporto all'esecuzione del controllo istituzionale (figura 8.4).

Figura 8.3: modalità di monitoraggio

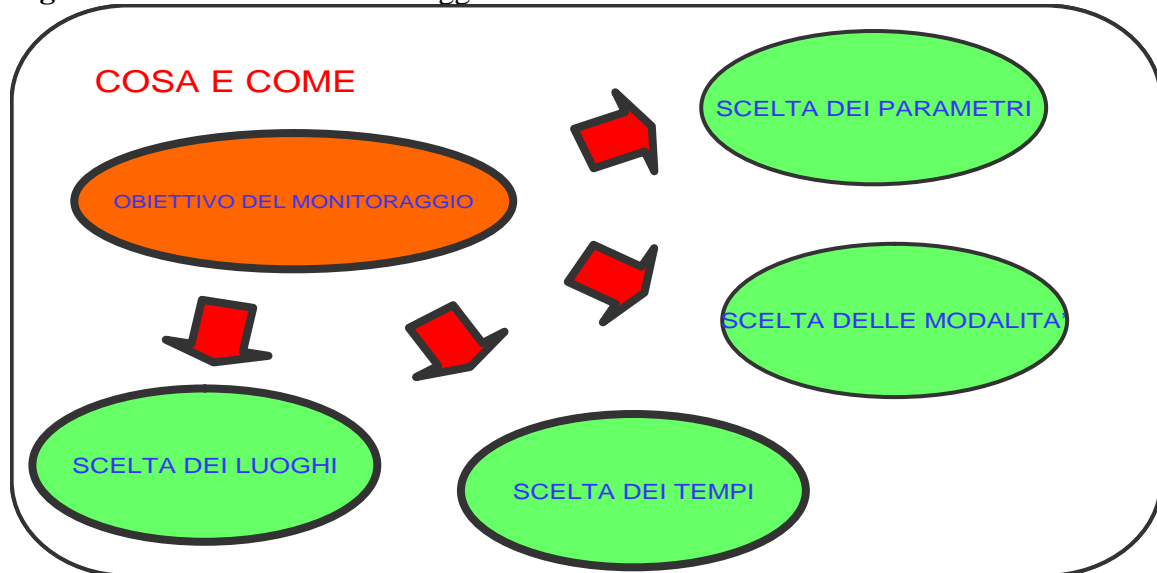
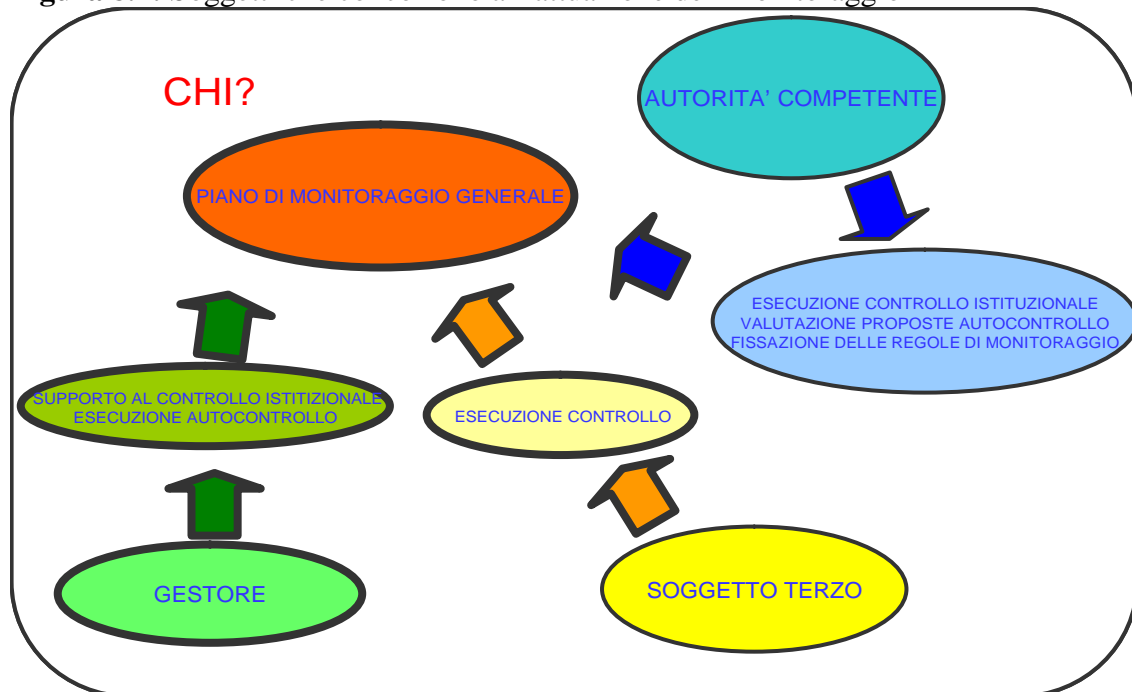


Figura 8.4: Soggetti che concorrono all'attuazione del monitoraggio



Nel piano generale di monitoraggio possono comparire anche altri soggetti esterni (di certificata qualificazione tecnica), cui l'autorità competente può (dove questo sia previsto dalla normativa) delegare l'esecuzione di tutto il monitoraggio istituzionale o di parte di esso, eseguito comunque sotto la responsabilità dell'autorità ispettiva.

8.2.4 Parametri e modalità di misurazione

I parametri ovvero le grandezze da tenere sotto controllo dipendono dai processi di produzione, dalle materie prime in ingresso al processo, dalle sostanze che vengono adoperate, dalle tecnologie impiegate nell'impianto stesso.

Nella scelta dei parametri occorre considerare sia la necessità di ottenere informazioni, che consentano di valutare la conformità delle emissioni ai limiti normativi e/o alle prescrizioni contenute nell'autorizzazione, sia la necessità di possedere strumenti di controllo d'esercizio dell'impianto.

Esistono vari metodi che permettono di controllare la variazione di un parametro:

- misure dirette;
- parametri sostitutivi o surrogati;
- bilanci in massa;
- calcoli;
- fattori di emissione.

La scelta di uno di questi metodi (o anche una loro combinazione) discende da un bilancio tra disponibilità, applicabilità, costi e benefici ambientali.

Le *misure dirette* sono misure di concentrazione e/o volume effettuate su campioni prelevati sui flussi in uscita dall'impianto.

la determinazione quantitativa, specifiche dei composti emessi alla fonte può essere ottenuta tramite monitoraggi in continuo effettuati attraverso misure con strumenti di lettura continua fissati "in sito" o fissati "on-line".

Nel primo caso il valore viene determinato solitamente sfruttando ad esempio proprietà ottiche e non necessita di estrazione di un campione mentre nel secondo caso lo strumento provvede all'estrazione di un campione e al suo trasporto verso l'analizzatore che effettua la determinazione analitica sul campione tal quale o sul campione opportunamente pretrattato.

Nel secondo caso possono essere realizzate campagne periodiche con gli strumento on-line di tipo portatile (sonde) oppure attraverso analisi di laboratorio effettuate su campioni prelevati da strumenti fissi in situ e on-line come ad esempio nel caso di campionatori automatici oppure con prelievi spot, effettuati anche manualmente, seguiti da analisi di laboratorio.

I monitoraggi continui, oltre ad avere alti costi, risentono delle caratteristiche di precisione degli strumenti di lettura che di norma forniscono risultati meno accurati di quelli ottenuti attraverso determinazioni analitiche di laboratorio.

La scelta del monitoraggio in continuo va quindi effettuata quando: è necessario raccogliere una grossa mole di informazioni per valutare i carichi totali sull'ambiente o per stabilire correlazioni tra grandezze misurate; è opportuno tenere sotto controllo la variabilità di un processo, anche a causa delle condizioni ambientali al contorno. Il controllo continuo di alcuni parametri, inoltre, può rappresentare un utile strumento di controllo e gestione del processo industriale.

I parametri sostitutivi e surrogati sono grandezze misurabili o calcolabili che possono essere strettamente connesse o correlate, agli inquinanti emessi, e che possono fornire un quadro affidabile della natura e dell'entità delle emissioni.

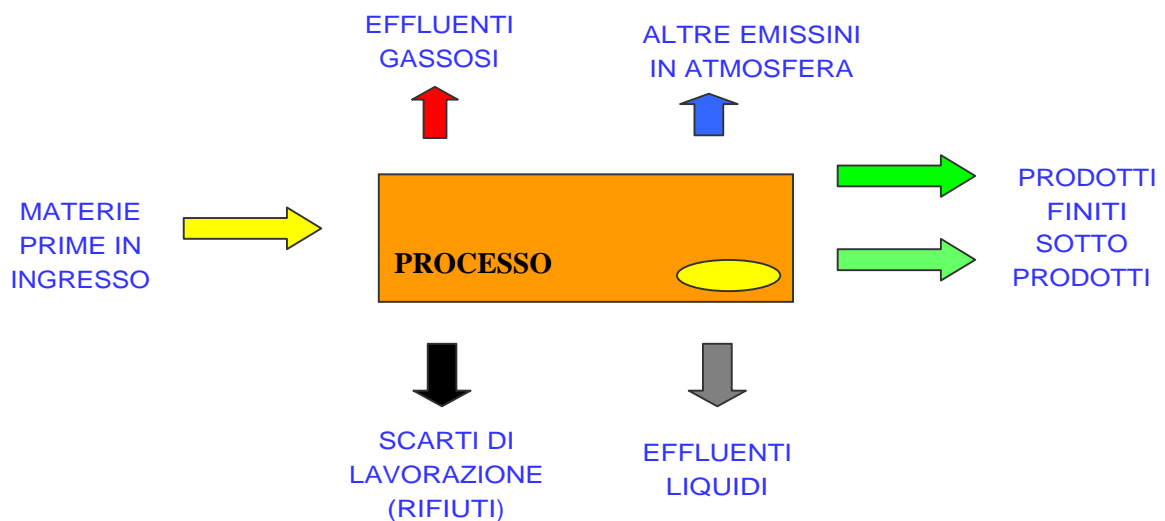
La scelta di uno o più parametri sostitutivi, può essere dettata dalla loro maggiore facilità di determinazione o dal fatto che magari, sono parametri di controllo del processo e quindi normalmente disponibili. La possibilità di utilizzazione di un parametro sostitutivo o surrogato è ovviamente legata alla possibilità di dimostrare e documentare la correlazione tra il sostituto e il parametro diretto.

I sostitutivi possono essere classificati in quantitativi, qualitativi e indicativi. I sostitutivi quantitativi danno un quadro quantitativo affidabile dell'emissione, sono ad esempio, le misure cumulative in sostituzione di singoli componenti, quando le emissioni hanno rapporti di composizione, costanti e noti. I parametri sostitutivi qualitativi, sono ad esempio parametri di controllo che influenzano l'efficienza di un processo come la temperatura della camera di combustione di un inceneritore, la concentrazione della biomassa nella vasca di ossidazione, la torbidità nei reattori di sedimentazione ecc. I parametri sostitutivi indicativi, danno invece informazioni sull'esercizio dell'impianto, ovvero sono parametri il cui valore è influenzato dalle condizioni di funzionamento come ad esempio il pH nei trattamenti chimico-fisici di precipitazione, il pH nei reattori biologici anaerobici, le misure di portata nei precipitatori elettrostatici, i tempi di permanenza (tassi di portata) negli inceneritori e altri ancora.

L'uso *dei bilanci di massa* non è altro che l'applicazione al sistema industriale o alla singola fase di processo della equazione del bilancio di materia²¹. Questi possono essere usati per stimare le emissioni di un impianto quando siano disponibili i dati di flusso dell'impianto stesso.

$$\text{MATERIALE IN INGRESSO} \quad \Leftrightarrow \quad \begin{array}{l} \text{PRODOTTI +} \\ \text{TRASFERIMENTI +} \\ \text{ACCUMULI +} \\ \text{EMISSIONI +} \\ \text{INCERTEZZE} \end{array}$$

Figura 8.5: Bilanci di massa



Quando si fa uso, in senso previsionale dei bilanci di massa, bisogna tener conto delle incertezze sui valori degli altri addendi. I bilanci di massa possono essere applicati nella pratica solo quando possono essere determinate quantità precise delle diverse grandezze in gioco. Le imprecisioni nella definizione di tali misure, infatti, si sommano fino a dare stime di emissioni che possono essere talvolta molto distanti dalla realtà.

²¹ Cfr paragrafo 2.3.1

I calcoli sono invece applicazioni, di equazioni teoriche semplici o complesse o di modelli matematici, ai processi industriali che consentono con buona approssimazione di prevedere i livelli di emissioni in determinate condizioni d'esercizio.

Nelle applicazioni più semplici in cui si fa uso di equazioni, ci si basa solitamente su proprietà chimico-fisiche delle sostanze o su relazioni matematiche; nel caso di applicazioni di calcoli di previsione più complessi attraverso i modelli matematici, viene richiesta la disponibilità di dati in ingresso certi (relativi ad esempio al materiale e alle sostanze in ingresso e alle condizioni di processo) e prima dell'applicazione estesa, si deve passare attraverso un rigoroso processo di validazione e di confronto con i dati reali.

Infine i *fattori di emissione* sono dei moltiplicatori numerici che associati ad un parametro caratteristico del processo industriale consentono, per similitudine con processi industriali analoghi, di stimare le emissioni.

$$\text{TASSO DI EMISSIONE} = \text{FATTORE DI EMISSIONE} \times \text{DATI ATTIVITA'}$$
$$(\text{massa per tempo}) = (\text{massa per unità di produzione}) \times (\text{produzione per tempo})$$

Le stime effettuate sulla base di fattori di emissione si basano sul presupposto che impianti simili seguano analoghi modelli di emissione e che all'interno di uno stesso impianto le diverse unità di processo abbiano comportamenti simili.

Essendo questi i presupposti, l'efficacia revisionale di tale metodologia perde di validità all'aumentare della complessità degli impianti e delle produzioni industriali, di conseguenza i fattori di emissione possono essere utilizzati nella determinazione dei carichi inquinanti di piccoli impianti.

Risulta evidente che delle metodologie di misurazione citate l'unica che può essere riconosciuta, nell'attività di controllo, come sistema di valutazione della conformità di un impianto ai limiti di emissione e quella della misura diretta del parametro. Le altre metodologie indirette possono essere utilizzate per verificare la veridicità delle informazioni fornite dai gestori attraverso l'incrocio di dati di diversa natura o complementari oppure per stabilire ad esempio soglie di allarme o livelli di guardia. Possono essere inoltre utilizzate concordemente con i gestori per introdurre elementi di controllo non sulle emissioni ma sulle prestazioni dei processi per attivare procedure di sicurezza e attivare automatismi di verifica.

L'utilizzo di parametri sostitutivi ad esempio può essere talvolta un utile compromesso nel caso degli autocontrolli estesi e quando viene richiesta al gestore la fornitura dei propri dati in tempo reale.

8.2.5 I tempi

La scelta dei tempi di monitoraggio, ovvero della frequenza con cui effettuare le rilevazioni dei parametri prescelti, deve essere fatta valutando una serie di fattori basati fondamentalmente sulle sostanze in gioco, sulle tecnologie impiantistiche, sulla tipologia e sulla localizzazione dell'impianto industriale e sul tipo di lavorazioni effettuate.

Vanno inoltre valutati: i livelli di rischio potenziale; l'importanza ambientale delle risorse potenzialmente intaccabili e il loro grado di vulnerabilità; le conseguenze sull'intero sistema, che potrebbero andare al di là dei danni ambientali (es. impatti negativi su attività economiche) ecc.

Occorre quindi considerare:

- *la probabilità* per quel dato impianto di superare i valori limite di emissione;
- *le conseguenze* che il superamento del valore limite di emissione potrebbe avere.

La probabilità di un superamento può essere legata a:

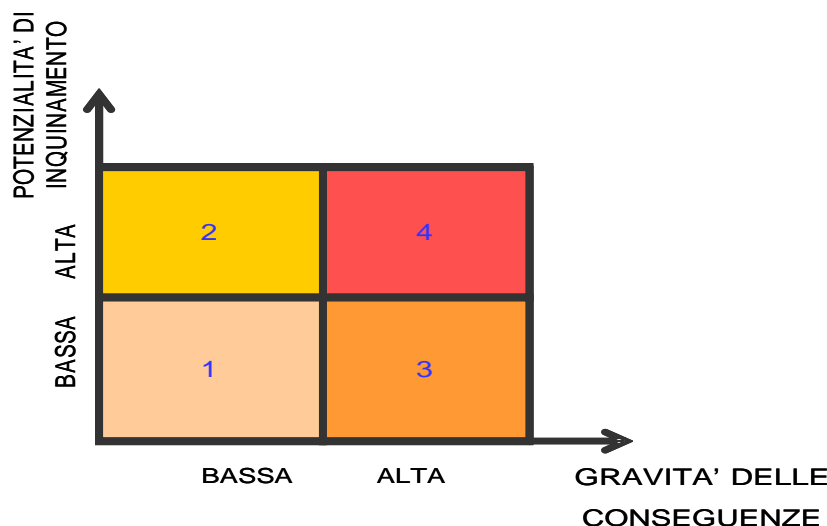
- numero di sorgenti che contribuiscono all'emissione;
- stabilità del processo;
- efficienza dei sistemi di trattamento delle emissioni;
- età dell'impianto;
- possibilità di fenomeni corrosivi;
- fluttuazione nella composizione degli effluenti;
- numero delle sostanze pericolose lavorate;
- modalità di gestione dell'impianto;
- regimi di lavorazione (volumi o concentrazioni elevate).

Mentre per valutare le conseguenze di un superamento vanno considerati:

- la rapidità di intervento in caso di guasto (durata del guasto);
- le caratteristiche di pericolosità della sostanza;
- la localizzazione dell'impianto (distanza da centri abitati o da aree vulnerabili);
- la diluizione nei ricettori.

Tali fattori possono essere classificati in diversi livelli di rischio (vedi tabella 8.1) e la valutazione complessiva effettuata attraverso la loro combinazione, riletta poi attraverso un semplice diagramma, (vedi figura 8.6) utilizzato attraverso un meccanismo simile a quello del benchmarking, che porterà alla scelta del miglior regime di monitoraggio.

Figura 8.6: Regimi di monitoraggio



I fattori indicati sono ovviamente di tipo generale ed esemplificativo e ogni situazione può essere valutata attraverso indicatori/fattori specifici legati ad esempio a condizioni locali o a particolari scelte di tutela.

I regimi di monitoraggio corrispondenti sono (figura 8.6):

1. *occasionale* – lo scopo principale è quello di verificare il livello effettivo delle emissioni in condizioni usuali;
2. *regolare e frequente* – la frequenza è alta per individuare condizioni anomale o l'approssimarsi di un peggioramento delle condizioni e per intervenire rapidamente con azioni correttive ;

3. *regolare e frequente* – la frequenza è alta per minimizzare le incertezze delle informazioni provenienti dal processo di monitoraggio e controllo al fine di evitare danni all'ambiente;
4. *continua e intensiva* - da utilizzare a fronte di processi instabili e potenzialmente molto dannosi al fine di riconoscere tutte le situazioni prossime o superiori al VLE sia per durata che per intensità.

Tabella 8.1: Livelli di rischio

PROBABILITA' DI SUPERAMENTO del VLE	INCIDENZA RISCHIO FATTORI	LIVELLO BASSO 1	LIVELLO MEDIO 2-3	LIVELLO ALTO 4
	NUMERO SORGENTI DI EMISSIONE	Singola	Più di una	Numerose (>5)
	STABILITA' PROCESSI	Stabile	Stabile	Instabile
	EFFICACIA DEI SISTEMI DI TRATTAMENTO	Sufficiente per far fronte alle emergenze	Limitata	Nessuna
	CAPACITA' DI RIDUZIONE DI EMISSIONI ALLA SORGENTE	Sufficiente a far fronte agli eccessi	Capacità limitate	Nessuna capacità
	POSSIBILITA' DI GUASTO MECCANICO PER CORROSIONE	Nessuna o lieve corrosione	Corrosione normale e preventivata	Corrosione accentuata o già evidente
	FLESSIBILITA' DEL PRODOTTO IN USCITA	Unica unità di produzione	Numero passaggi limitati	Molti passaggi e impianto con molte funzioni
	INVENTARIO DELLE SOSTANZE PERICOLOSE	Assenti	significative	Ampio
	CARICO MASSIMO DI INQUINANTI (CONCENTRAZIONE X PORTATA)	Significativamente sotto VLE	Prossimo a VLE	Significativamente superiore a VLE
CONSEGUENZE DEL SUPERAMENTO del VLE	DURATA DEL GUASTO POTENZIALE	Breve (<1 ora)	Media (da 1 ora a 1 giorno)	Lunga (>1 giorno)
	EFFETTI ACUTI DELLA SOSTANZA EMESSA	Nessuno	Potenziati	Probabili
	UBICAZIONE IMPIANTO	Area industriale	Distanza di sicurezza da zona residenziale	Prossima ad area residenziale
	DILUIZIONE NEI RICETTORI	Alta (>1000)	Normale	Bassa (<10)

8.3 La produzione del dato

L'efficacia di un monitoraggio oltre che dalla corretta organizzazione dello stesso, dipende dalla validità dei dati che ne scaturiscono e che devono essere utilizzati per le valutazioni. Si può affermare che in generale, ma in particolar modo nei monitoraggi, i dati devono essere coerenti con gli obiettivi, in termini di precisione, e affidabili, in termini di margini di confidenza con il valore reale. Devono poi essere interpretabili e confrontabili, in modo da poter essere utilizzati anche a paragone di altre situazioni, per supportare i processi decisionali.

Affinché tali elementi siano soddisfatti, la produzione del dato deve avvenire attraverso una serie di passaggi standardizzati che costituiscono, di fatto, la catena di produzione del dato.

Figura 8.7: Produzione del dato



Come in ogni catena, l'inesattezza del risultato, deriva dal passaggio più inesatto, pertanto per ottenere uno standard qualitativo elevato del dato prodotto, ognuno dei passaggi deve essere eseguito con accuratezza e precisione, tenendo conto dei livelli di incertezza degli altri passaggi.

Per ognuna delle diverse fasi (campionamento, trasporto e trattamento del campione, analisi, trattamento ed emissione del dato) esistono procedure e standard codificati sui quali non è opportuno dilungarsi perché rintracciabili in letteratura. Va invece spesa qualche parola sul primo passaggio ovvero su quella fase che viene identificata come “scelta del campionabile” alla quale troppo spesso non viene prestata la giusta attenzione.

8.3.1 La scelta del campionabile

La scelta del campionabile, è la scelta di un qualcosa che sia rappresentativo, in relazione all'obiettivo del monitoraggio.

Anche in impianti dal funzionamento stabile, la composizione degli effluenti può essere variabile in funzione delle fasi del processo produttivo e quindi il campionamento andrebbe esteso alla durata del processo; oppure in situazioni diverse quando il materiale

da campionare potrebbe essere eterogeneo, la scelta dei punti di campionamento assume una rilevanza fondamentale come rilevante è la scelta di confezionare campioni medi (dove i picchi di concentrazione vengono temperati dai bassi e dai medi) o di analizzare separatamente i campioni puntuali per evidenziare i picchi stessi (ad esempio per rilevare curve di isoconcentrazione in aree o siti contaminati) ai fini della valutazione ambientale che deve essere eseguita.

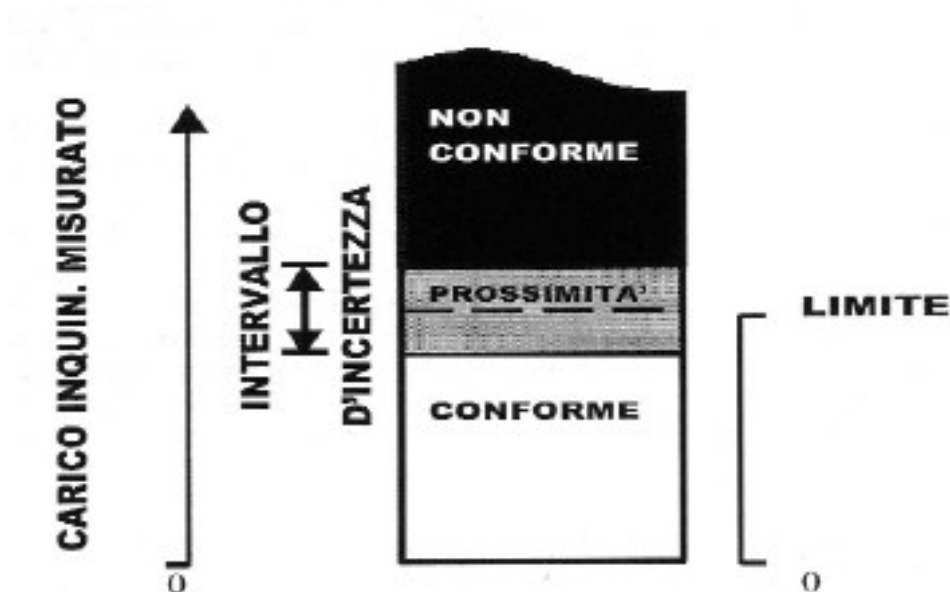
8.3.2 Le incertezze e la valutazione della conformità

Le incertezze devono essere valutate e riportate chiaramente, anche per consentire la corretta utilizzazione del piano di monitoraggio, nelle verifiche di conformità. La stima dell'incertezza complessiva deve essere il risultato della valutazione di tutte le operazioni che costituiscono la catena di misurazione:

- *incertezze nel metodo standard adottato*, eventuale uso della statistica;
- *incertezze nella catena di produzione del dato*, misura del flusso, campionamento, trattamento del campione, analisi del campione, trattamento dei dati, reporting dei dati;
- *incertezze dovute ad una variabilità intrinseca* del fenomeno sotto osservazione, ad esempio la sensibilità alle condizioni atmosferiche);
- *incertezze dovute all'eventuale uso di parametri non diretti*.

La quantificazione dell'incertezza e le modalità di gestione del dato e della sua catena di produzione concorrono alla valutazione della conformità.

Figura 8.8: Rappresentazione schematica delle tre possibili condizioni di conformità



Nella valutazione della conformità di una emissione rispetto al suo valore limite, lo scenario critico che può presentarsi è quando la misura rilevata, deviata in difetto o in eccesso dalla sua incertezza, si trova a cavallo del limite fissato.

Salvo il caso in cui si debba far riferimento a limiti tabellari, contenuti nelle normative di settore in cui il valore di riferimento tiene conto dell'incertezza associata ai metodi di misura, nelle altre situazioni i criteri di valutazione possono essere diversi e vanno definiti

a priori e chiaramente codificati nel piano di monitoraggio per non dar luogo a contestazioni.

8.3.3 La rappresentazione dei risultati

Ci sono differenti tipologie di unità di misura, possono essere così riassunte:

- dati espressi in concentrazione (massa per unità di volume ovvero volume per unità di volume) generalmente utili per il controllo della prestazione di un processo o di una tecnologia di depurazione, sono inoltre le unità utilizzate nelle autorizzazioni;
- dati espressi in carico totale di inquinante su un certo tempo (massa per unità di tempo) generalmente utili per rappresentare il carico complessivo sull'ambiente; in un tempo breve (ora, giorno) sono spesso usati nelle autorizzazioni, mentre in tempi più lunghi (mesi, anno) sono largamente usati ai fini di raccolta dati caratteristici dell'impatto a lungo termine;
- dati espressi in unità specifiche ovvero fattori di emissione (massa per unità di peso di prodotto) generalmente adoperate per confrontare tra di loro, sotto il profilo ambientale, processi differenti ovvero anche per valutare l'andamento in tempi lunghi di un processo produttivo;
- dati espressi in unità termiche (gradi piuttosto che potenza termica) generalmente utili per le capacità di distruzione di processi basati su rilevante input termico (come nel caso degli inceneritori),
- dati espressi in unità normalizzate (tipicamente per effluenti gassosi) generalmente adoperati per fare riferimento a condizioni standard.

La procedura di quantificazione di un composto incognito in matrici diverse, effettuata tramite una o molteplici determinazioni, deve fornire un risultato che sia espresso da un valore univoco nelle opportune unità di misura, ottenuto se necessario come media, e che presenti lo stesso numero di cifre significative, del limite espresso dalla normativa o del limite concordato in sede di autorizzazione.

8.4 Le tipologie di emissione

Nelle attività di controllo normale, le emissioni sottoposte a controllo sono solitamente quelle convogliate, ovvero le emissioni ai camini e gli scarichi idrici, nelle comuni condizioni di esercizio. L'attenzione del controllore e quindi del gestore si è sempre focalizzata sulla riduzione di tali emissioni e ciò ha portato nel tempo al miglioramento delle tecnologie utilizzate per la loro minimizzazione riducendo il peso di tali impatti. Questa tendenza virtuosa ha fatto sì che emissioni di altro tipo, prima percentualmente poco significative, assumessero nel computo globale delle emissioni totali di un insediamento industriali un peso non più trascurabile.

$$\begin{aligned} \text{EMISSIONI TOTALI} &= \text{EMISSIONI CONVOGLIATE} && + \\ && \text{EMISSIONI ECCEZIONALI} && + \\ && \text{EMISSIONI DIFFUSE E FUGGITIVE} \end{aligned}$$

Le *Emissioni Eccezionali* sono quelle che si verificano nel corso di eventi anomali e che fanno discostare il funzionamento dell'impianto dalle normali condizioni di esercizio. Possono derivare da situazioni transitorie, insite nella gestione del processo, come nel caso

di arresti o avvii di impianto pianificati e interventi di manutenzione ordinaria su parti di impianto, oppure da normali condizioni di discontinuità del processo dovuti ad esempio a variazioni delle caratteristiche delle materie prime lavorate o a inevitabili afflussi di composizione anomala, tali da innescare un processo a catena con una riduzione dei livelli di efficienza.

Possono derivare anche da difetti di impianto, rotture o da incidenti o da errori nella esecuzione di normali operazioni di funzionamento.

Le diverse cause che possono innescare l'emissione eccezionale determinano la prevedibilità o l'imprevedibilità dell'evento e quindi la possibilità o meno di monitorarne gli effetti ed eventualmente minimizzarne gli impatti.

Nel caso di situazioni anomale prevedibili è possibile attuare campagne di monitoraggio mirate e circoscritte nel tempo per valutare ad esempio gli apporti aggiuntivi di inquinanti nell'ambiente e per consentire di introdurre tempestivamente correttivi nella gestione del processo per limitare gli effetti indesiderati dell'evento.

Nel caso di situazioni totalmente imprevedibili neanche sistemi di monitoraggio in continuo offrono garanzie in questo senso perché i range di misura degli strumenti installati potrebbero essere non adatti a misurare l'evento eccezionale.

Le *emissioni diffuse* sono emissioni derivanti dal contatto diretto delle sostanze con l'ambiente in condizioni di funzionamento normali e che derivano dalle caratteristiche intrinseche delle apparecchiature (es. filtri, essiccatoi, ecc); dalle condizioni operative o dalle operazioni stesse (es. perdite di materiale durante travasi o operazioni di manutenzioni e pulizia) o dalle modalità di gestione.

Le *emissioni fuggitive* sono invece il risultato di perdite di tenuta che si verificano a causa dell'usura, lungo le linee di circolazione, di un fluido (es. perdite da flange, pompe ecc.).

Nella figura 8.9 viene esemplificato il caso di emissioni in atmosfera determinate dai diversi tipi di sorgente e nel caso 8.10 viene evidenziato come non sempre i sistemi di misurazione (centraline) realizzati per monitorare a distanza gli effetti delle emissioni ai camini, possano raccogliere anche informazioni relative alle emissioni diffuse e fuggitive provenienti da diverse sorgenti, in relazione ai loro diversi regimi di diffusione.

Figura 8.9: Tipologie di sorgente di emissione in atmosfera

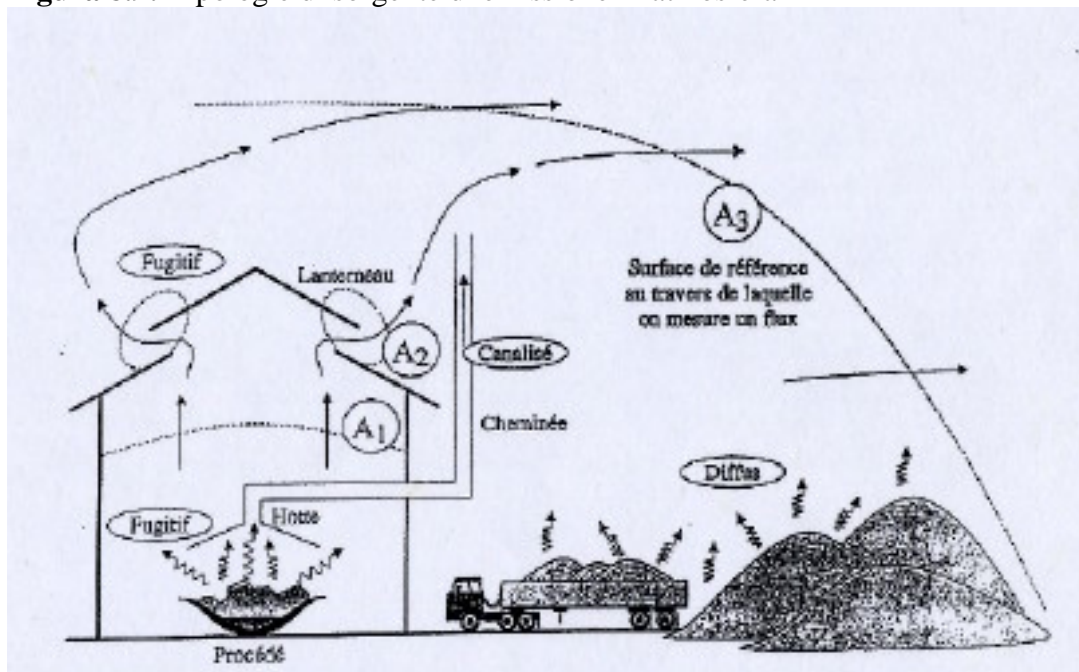
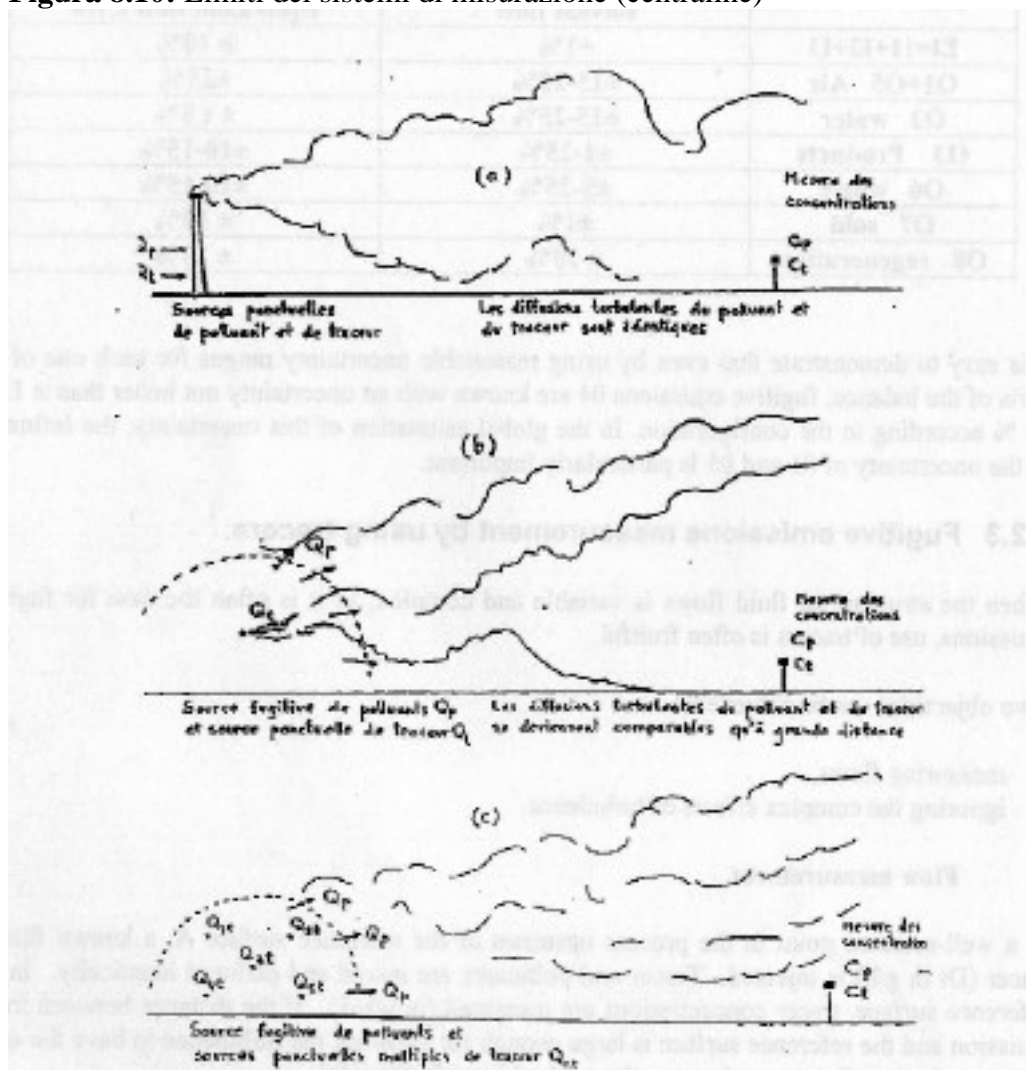


Figura 8.10: Limiti dei sistemi di misurazione (centraline)



Indice degli autori

Alessia Bianchi	stagista APAT
Fabio Bonanni	stagista APAT
Graziano Busani	ARPA Emilia Romagna
Rossana Cintoli	ARPA Lazio
Giorgio Grimaldi	APAT
Cristina Merlassino	ARPA Piemonte
Giovanni Pino	APAT
Giovanni Sardella	ARPA Molise
Danila Scala	ARPA Toscana
Paola Sestili	APAT
Valerio Vecchiè	ARPA Piemonte

Indice delle revisioni

Bozza N.	Data	Modifiche
1	29.11.2004	Evidenziati capitoli ancora privi di testo Aggiunto cap. 4: Analisi fattori di rischio Aggiunto cap. 6.3: Sistemi di depurazione
2	16.12.2004	Aggiunto cap. 1, paragrafi 1 e 2 Rivisto cap. 4 Rivisto cap. 5 Rivisto cap. 6 Rivista struttura paragrafi
3	20.12.2004	Aggiunto cap. 7, Aggiornato Indice
4	11.02.2005	Inserito cap. 8, Completati contenuti Uniformato editing intero documento Distribuito come materiale didattico per il corso di formazione APAT “Progettazione eco-compatibile, metodologie e strumenti per l’innovazione ed il miglioramento dei cicli produttivi”
5	04.03.2005	Rivisti capitoli 1,3,4 e 6. Rivisti ed integrati capitoli 2, 5 e 8. Sostituito e rivisto capitolo 7
6	16.03.2005	Integrato e rivisto cap. 8 Incorporati commenti studenti corso formazione Rivisto intero documento Distribuito come materiale didattico per il corso di formazione APAT “Progettazione eco-compatibile, metodologie e strumenti per l’innovazione ed il miglioramento dei cicli produttivi”
Rev. 0	30.03.2005	Inserita introduzione Formattato intero documento