

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA**  
**FACOLTÀ DI CHIMICA INDUSTRIALE**

**Tesi di Master in Tecnologie e Controllo Ambientale nel Ciclo dei  
Rifiuti**

**OTTIMIZZAZIONE DEL PROCESSO DI PRODUZIONE DI  
MATTONELLE CON VETRO DA RECUPERO**

**Direttore Master:**

**Prof. LUCIANO MORSELLI**

**Candidato:**

**Dott. SERGIO CERVO**

**Tutor Aziendale:**

**Dott.ssa SERENA FUGALLI**

**Anno Accademico 2003/2004**

**I miei ringraziamenti più sinceri:**

Alla Dott.ssa Serena Fugalli per la sua costante presenza e disponibilità.

All'Ing. Michele D'Albenzio per l'aiuto ed il sostegno.

All'Ing. Vincenzo Pacella per l'aiuto indispensabile durante la fase di analisi del processo.

Ai miei genitori per avermi sempre incoraggiato e sostenuto nel raggiungimento di questo ennesimo "traguardo".

“...Noi sappiamo che la Terra non appartiene all’uomo, è l’uomo che appartiene alla Terra. Questo sappiamo. Tutte le cose sono collegate come il sangue che unisce una famiglia. Tutto è connesso. Quello che accade alla Terra accade ai figli della Terra. L’uomo non ha tessuto la trama della vita, in essa egli non è che un filo. Qualsiasi cosa egli faccia alla trama, la fa a sé stesso...”

(Risposta del Capo Indiano Seattle al Presidente Americano nel 1854)

## Indice generale

<b>1</b>	<b>Sommario</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Introduzione: la gestione dei rifiuti urbani</b>	<b>2</b>
2.1	<i>Sviluppo sostenibile</i>	2
2.2	<i>La politica di gestione dei rifiuti</i>	4
2.3	<i>Il modello di gestione integrata in Italia</i>	6
2.4	<i>Realizzazione e gestione di impianti: il sistema autorizzativo</i>	9
2.5	<i>La procedura semplificata</i>	11
<b>3</b>	<b>L'impianto e i suoi processi produttivi</b>	<b>13</b>
3.1	<i>L'impianto industriale "Le Calorie"</i>	13
3.2	<i>Processo di produzione di acido levulinico</i>	15
3.2.1	<i><u>Introduzione</u></i>	15
3.2.2	<i><u>Chimica del processo</u></i>	16
3.2.3	<i><u>Preparazione materia prima</u></i>	16
3.2.4	<i><u>Miscelazione e Reazione</u></i>	17
3.2.5	<i><u>Rimozione solidi</u></i>	19
3.2.6	<i><u>Recupero dell'acido levulinico</u></i>	19
3.2.7	<i><u>Prodotto ottenuto</u></i>	20
3.3	<i>Processo di produzione di mattonelle da vetro da recupero</i>	21
3.3.1	<i><u>Introduzione</u></i>	21
3.3.2	<i><u>Preparazione impasto ed estrusione</u></i>	22
3.3.3	<i><u>Essiccazione</u></i>	23
3.3.4	<i><u>Smaltatura</u></i>	26
3.3.5	<i><u>Cottura</u></i>	27
3.3.6	<i><u>Scelta ed imballaggio</u></i>	30
3.4	<i>Descrizione dell'impianto Thermogenics (Le Calorie S.r.l.)</i>	31
3.4.1	<i><u>Introduzione</u></i>	31
3.4.2	<i><u>L'impianto thermogenics</u></i>	35
3.4.3	<i><u>Sistema di alimentazione</u></i>	36

3.4.4	<u>Gassificatore</u>	36
3.4.5	<u>Scarico ceneri</u>	37
3.4.6	<u>Sistema di pulizia del gas</u>	38
3.4.7	<u>Pannello di controllo</u>	39
<b>4</b>	<b>Impianti di depurazione dello stabilimento</b>	<b>46</b>
<b>4.1</b>	<b>Impianti di depurazione dello stabilimento chimico</b>	<b>46</b>
4.1.1	<u>Depurazione reflui impianto chimico</u>	46
4.1.2	<u>Trattamento dei residui solidi e dei fumi e vapori</u>	47
<b>4.2</b>	<b>Impianti di depurazione reflui dello stabilimento di produzione mattonelle</b>	<b>48</b>
4.2.1	<u>Depurazione reflui impianto produzione mattonelle</u>	48
<b>4.3</b>	<b>Impianti di depurazione fumi dello stabilimento di produzione mattonelle</b>	<b>56</b>
4.3.1	<u>Filtri a maniche</u>	5
<b>5</b>	<b>Analisi e valutazioni della potenzialità dell'impianto di produzione di mattonelle</b>	<b>64</b>
<b>5.1</b>	<b>Capacità dell'impianto</b>	<b>64</b>
5.1.1	<u>Materiali riciclati</u>	64
5.1.2	<u>Consumi materie prime per il supporto</u>	65
5.1.3	<u>Progetti in cantiere</u>	69
5.1.4	<u>Consumi smalti</u>	71
5.1.5	<u>Suddivisione del processo produttivo in fasi elementari</u>	73
5.1.6	<u>Flussi di materia e di energia dello stabilimento</u>	74
<b>5.2</b>	<b>Risorse</b>	<b>74</b>
5.2.1	<u>Materie prime, prodotti e sottoprodotti</u>	74
5.2.2	<u>Energia</u>	75
5.2.3	<u>Risorse idriche</u>	78
<b>5.3</b>	<b>Inquinamento dell'ambiente</b>	<b>79</b>
5.3.1	<u>Emissione in atmosfera</u>	79
5.3.2	<u>Effluenti liquidi</u>	82

5.3.3 <i>Rifiuti</i>	82
5.3.4 <i>Rumore</i>	84
5.4 <i>Impostazione del bilancio globale</i>	85
<b>6 La verifica normativa</b>	<b>86</b>
6.1 <i>Individuazione della normativa applicabile allo stabilimento</i>	86
6.1.1 <i>Le fonti</i>	87
6.1.2 <i>Registro delle disposizioni legislative e regolamenti</i>	87
<b>7 Conclusioni: ottimizzazione del processo</b>	<b>93</b>
7.1 <i>Materie prime alternative</i>	93
7.1.1 <i>Possibili impieghi dei vetri da cinescopi dimessi</i>	93
7.1.2 <i>Possibile impiego dei rifiuti contenenti amianto</i>	97
7.2 <i>Risparmio energetico</i>	103
7.2.1 <i>Possibili aspetti di risparmio energetico</i>	103
7.3 <i>Scarti di produzione</i>	105
7.3.1 <i>Recupero degli scarti di produzione e loro valorizzazione</i>	105
<b>Bibliografia</b>	<b>112</b>
<b>Siti Internet</b>	<b>117</b>

## **1 Sommario**

La salvaguardia dell'ambiente ha visto in questi ultimi anni una costante crescita di sensibilità da parte di tutti gli interessati al problema, con la conseguenza che ecologia ed economia stanno diventando sempre più due facce della stessa medaglia. Il mondo industriale si sta avviando verso una nuova politica di gestione dei rifiuti, dato il crescente interesse nei confronti dei consumi "ecologici" che iniziano a configurarsi come nuove problematiche da affrontare per ovviare alla scelta dello smaltimento in discarica. Le ultime direttive dell'Unione Europea in tema di rifiuti e il D.Lgs n. 22/97, confermano una nuova tendenza al recupero, al riciclo e alla minimizzazione delle quantità di rifiuti da conferire in discarica. L'attuale tendenza ecologica a limitare l'impiego di materie prime naturali porta a considerare con grande interesse l'uso di materiali alternativi o di risulta prodotti dall'industria, da nuovi impianti che li utilizzano come materie prime. Tali materiali vengono così ad assumere un valore economico e ambientale non trascurabile. Gli impianti di recupero dei rifiuti sono oggi una delle alternative alla messa in discarica, consentendo contemporaneamente la riduzione dei volumi ed il recupero di materia. Il presente lavoro si colloca all'interno del Master Universitario in Tecnologie e Controllo Ambientale nel Ciclo dei Rifiuti 2003/2004 organizzato dalla Facoltà di Chimica Industriale dell'Università degli Studi di Bologna e in collaborazione con altri enti. Lo scopo del mio lavoro è stata l'ottimizzazione del processo di produzione di mattonelle con vetro da recupero, indagando, nella fase di messa a regime, i flussi di materia ed energia in ingresso e in uscita di un nuovo impianto di recupero sito nella Area di Sviluppo Industriale di Caserta "Le Calorie S.r.l.". L'obiettivo, quindi, è descrivere e valutare il corretto funzionamento dell'impianto, al fine di ottimizzare i consumi di materie prime ed energia e valutare i vari sistemi di abbattimento e depurazione presenti. L'azienda ospitante è un esempio positivo di industria che ha trasformato l'attenzione per l'ambiente nella propria tematica aziendale, traducendo quindi le necessità sociali della comunità in obiettivi aziendali, tanto da meritarsi il premio "dell'INCA" per prodotti e processi chimici puliti.

## **2 Introduzione: la gestione dei rifiuti urbani**

### *2.1 Sviluppo sostenibile*

Da diversi anni si è affermato ed è entrato a far parte della terminologia comune il concetto di “Sviluppo Sostenibile”, inizialmente introdotto nel 1987 nel documento "Our common future" dalla Commissione Brundtland della WCED (World Committee for Environment and Development). Il termine Sviluppo Sostenibile è utilizzato per descrivere uno sviluppo che può essere sostenuto senza danno all'ambiente e che sia a beneficio di tutte le persone, senza mettere a rischio le esigenze delle generazioni future. Tale concetto è stato dibattuto nella Conferenza di Rio del 1992 in seguito alla quale sono stati definiti alcuni principi guida ambientali, riconosciuti in campo internazionale. Tra i più significativi vanno citati:

§ *Giustizia tra le generazioni*: gli individui che vivranno in futuro hanno uguale diritto alle risorse di questa Terra;

§ *Capitale naturale costante*: a ogni generazione è stata affidata la Terra in modo fiduciario e ogni generazione ha il dovere di lasciare alle generazioni future una natura intatta;

§ *Giustizia internazionale*: ogni individuo, indipendentemente dal luogo di nascita, ha diritto ad accedere alle risorse globalmente disponibili senza sfruttare l'ambiente oltre le sue possibilità;

§ *Approccio precauzionale*: in caso di rischio grave per l'ambiente, l'assenza di una certezza scientifica assoluta non deve servire da pretesto per rinviare l'adozione di misure adeguate ed efficaci per prevenire il degrado ambientale;

§ *Internalizzazione dei costi ambientali*: le autorità nazionali devono adoperarsi a promuovere l'internalizzazione dei costi per la tutela ambientale, considerando che è principalmente l'inquinatore a dover sostenere il costo per il risanamento dell'inquinamento.

Tali concetti inducono ad abbandonare il dualismo tra sviluppo economico e protezione dell'ambiente, per avvallare l'idea di due propositi che debbano volgere ad uno stesso fine. Per fare in modo che la sostenibilità, da parola d'ordine

politica e da paradigma condiviso da poche organizzazioni ambientaliste, diventi un obiettivo da raggiungere concretamente, è stata stilata una lista di azioni concrete :

§ Favorire l'uso di risorse rinnovabili (evitando lo sfruttamento al di sopra della capacità di rinnovamento dell'ecosistema);

§ Ottimizzare l'impiego di risorse non rinnovabili;

§ Non accumulare rifiuti che l'ecosistema non sia in grado di rinaturalizzare;

§ Fare in modo che ogni individuo e comunità rientrino nei limiti del proprio "spazio ambientale", termine col quale si indica quella parte dell'ambiente naturale (energia, acqua, territorio, risorse non rinnovabili) che gli esseri umani possono utilizzare senza danneggiarne permanentemente le caratteristiche essenziali e che dipende dalla capacità di carico ecologica degli ecosistemi, dalla capacità di rigenerazione delle risorse naturali e dalla disponibilità di risorse non rinnovabili. In termini di bilancio globale l'impatto ambientale (I.A.) dell'intera popolazione terrestre può essere valutato dalla seguente equazione:

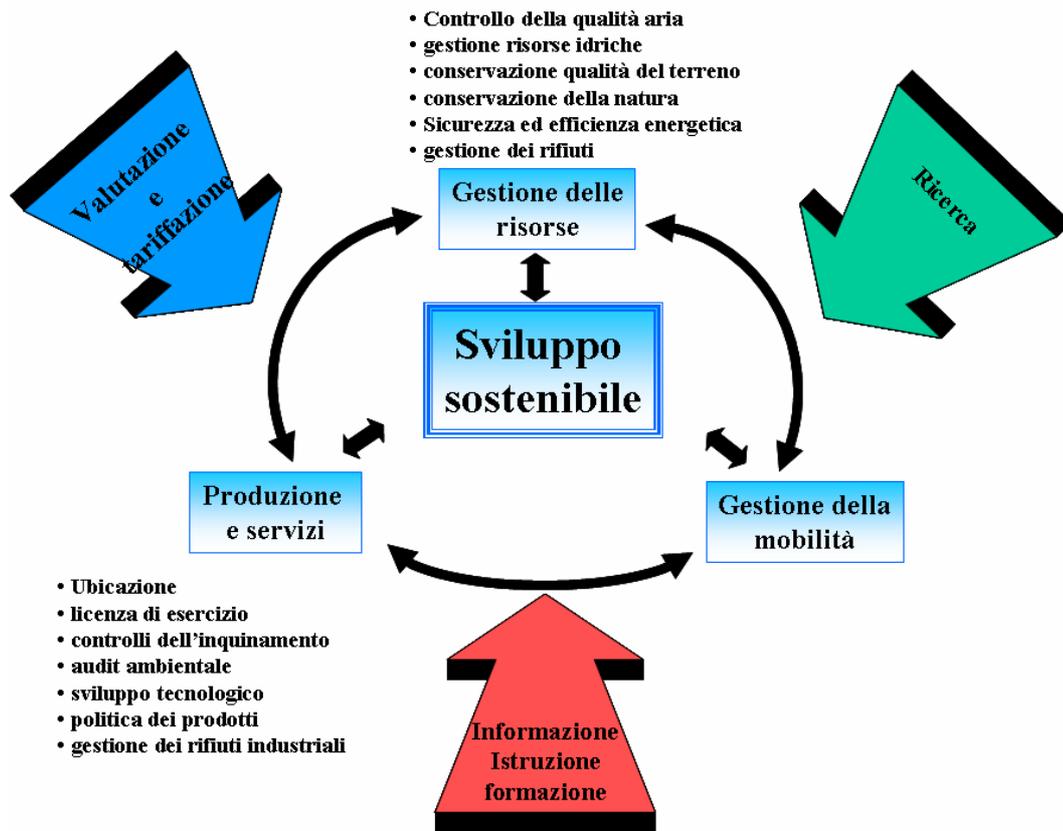
$$I.A. = P * Q * M$$

o P= Popolazione

o Q= Quantità di beni o servizi consumati procapite

o M= Necessità di materiali ed energia per unità di beni

Per ridurre l'impatto ambientale globale, si può agire su diversi parametri: il controllo della popolazione, lo stile di vita e in particolare l'attitudine ai consumi, specialmente per i paesi industrialmente maturi, l'efficienza ambientale intesa come minimizzazione della quantità di materie prime (compresa l'energia derivante da combustibili fossili) estratte dall'ambiente e delle emissioni rilasciate in aria, acqua e suolo per produrre un'unità di prodotto. *Tale efficienza deve essere valutata nell'intero ciclo di vita di un bene o servizio.*



*Figura 2.1 : Obiettivi dello sviluppo sostenibile*

## ***2.2 La politica di gestione dei rifiuti***

Le problematiche connesse alla produzione dei rifiuti hanno assunto negli ultimi decenni proporzioni sempre maggiori in relazione al miglioramento delle condizioni economiche, al veloce progredire dello sviluppo industriale, all'incremento della popolazione e delle aree urbane. La produzione dei rifiuti è, infatti, progressivamente aumentata quale sintomo del progresso economico e dell'aumento dei consumi. La diversificazione dei processi produttivi ha, inoltre, generato la molteplicità della tipologia dei rifiuti con effetti sempre più nocivi per l'ambiente. Un'ulteriore fonte di rifiuti è attualmente rappresentata dalle iniziative messe in atto dalla collettività per far fronte ad altre emergenze ambientali quali l'inquinamento idrico e quello atmosferico. Per certi aspetti, il crescere del volume di rifiuti così generati darà origine ad ulteriori problemi; ne sono un esempio i fanghi o i residui di depurazione degli impianti di combustione.

La quantità totale dei rifiuti rappresenta indubbiamente una misura dell'impoverimento delle risorse, sebbene l'impatto generato sull'ambiente non dipenda solo dalla quantità, ma anche e soprattutto dalla qualità dei rifiuti; le sostanze pericolose in essi contenute, anche in piccole quantità, possono generare, infatti, notevoli impatti sull'ambiente. Un aspetto che merita senz'altro menzione, alla luce delle considerazioni sulla tendenza costante all'incremento della produzione dei rifiuti finora riscontrata nei Paesi Europei, è relativo alle iniziative pilota volte alla prevenzione, ovvero alla riduzione dei rifiuti alla fonte. La problematica rappresentata dall'aumento delle quantità di rifiuti non può, infatti, essere arginata solamente tramite una gestione più efficiente ed un maggiore tasso di riciclo. Il V Programma di azione Comunitario e la Community Waste Management Strategy ribadiscono la convinzione che la prevenzione della produzione debba essere considerata una priorità per qualsiasi politica di gestione dei rifiuti in modo da ridurre il volume di rifiuti prodotti e i pericoli connessi alla loro gestione. Il raggiungimento degli obiettivi può essere attuato facendo ricorso ad una serie di interventi puntualmente individuati. In primo luogo vengono gli strumenti di regolazione, ossia ampie norme comunitarie per i rifiuti che rispettino il principio della sussidiarietà e che siano in grado di assicurare una forte protezione ambientale e garantire il libero mercato. Anche l'individuazione di specifici obiettivi per il riciclaggio e il recupero rappresenta uno strumento valido di azione che va, comunque, supportato da informazioni affidabili ed aggiornate al fine di garantire da un lato obiettivi adeguati, dall'altro il monitoraggio degli stessi allo scopo di introdurre, se necessario, eventuali misure correttive. Anche l'uso degli studi relativi all'analisi del ciclo di vita e l'incentivazione degli strumenti volontari quali l'EMAS, l'ECOLABEL, possono concorrere in maniera determinante ad attuare politiche orientate alla prevenzione e al recupero dei rifiuti. Un ruolo importante spetta agli strumenti economici quali misure fiscali, incentivi finanziari e schemi di deposito rimborsabili. Tali strumenti possono essere usati per incentivare la prevenzione, per scoraggiare pratiche di smaltimento non compatibili con elevati livelli di tutela dell'ambiente, per riequilibrare i costi di smaltimento, ancora troppo bassi, con quelli relativi alle attività di riciclaggio e di recupero. Il VI Programma d'azione per l'ambiente,

recentemente approvato dalla Commissione Europea, riprende, nel capitolo dedicato alla gestione dei rifiuti, i principi indicati nella Strategia, ma pone soprattutto l'accento sulla necessità di intervenire in maniera più incisiva sulla prevenzione della quantità e della pericolosità dei rifiuti. La Commissione ribadisce che, nonostante i progressi ottenuti attraverso la definizione a livello europeo di standard rigorosi per la realizzazione e la gestione degli impianti di smaltimento al fine di ridurre sensibilmente le emissioni e, di conseguenza, i rischi nonché la determinazione di obiettivi di riciclaggio e recupero per specifici e importanti flussi di rifiuti (imballaggi, veicoli a fine vita), il volume dei rifiuti è aumentato e non ci sono segnali di una inversione di tendenza. Con l'aumentare della ricchezza e della produttività, cresce la domanda di prodotti che, tra l'altro, hanno cicli di vita sempre più brevi; tale situazione determina un aumento della quantità di rifiuti derivanti da prodotti ormai fuori uso e dai relativi cicli di estrazione e di fabbricazione. Gli interventi per prevenire la produzione di rifiuti sono innanzi tutto interventi "alla fonte"; tale approccio comporta, da un lato, la ricerca di soluzioni per ampliare la durata di vita dei prodotti, per utilizzare meno risorse e passare a processi di produzione più puliti e, dall'altro, la capacità di influenzare le scelte e la domanda dei consumatori perché si favoriscano prodotti e servizi che generano meno rifiuti.

### ***2.3 Il modello di gestione integrata in Italia***

Le linee programmatiche tracciate dalla Strategia comunitaria e dal VI Programma d'azione trovano riscontro nel decreto legislativo 5 Febbraio 1997, n. 22 "*Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio*" (Decreto Ronchi). L'emanazione di tale decreto ha profondamente modificato l'approccio al problema dello smaltimento dei rifiuti: "Tutti i soggetti coinvolti nella produzione, nella distribuzione, nell'utilizzo o nel consumo di beni da cui originano i rifiuti" sono responsabilizzati e devono cooperare nella gestione integrata dei rifiuti, applicando le priorità sancite dal decreto. Facendo riferimento esplicito al ciclo di vita dei materiali, lo smaltimento diviene solo la fase residuale

dell'intera gestione. L'obiettivo fondamentale dell'approccio integrato alla gestione dei rifiuti, così come indicato dalle Direttive comunitarie, è la prevenzione della produzione dei rifiuti stessi e della loro pericolosità, attraverso l'utilizzo di tecnologie "pulite" nei processi produttivi. In secondo luogo il recupero e la valorizzazione degli scarti sotto forma di materia devono essere prioritari ed in questo contesto, la raccolta differenziata rappresenta la forma di selezione per pervenire a tale risultato, in quanto genera flussi con la massima qualificazione merceologica. Altre forme di recupero di materia a valle della raccolta differenziata, attuate attraverso sistemi più o meno spinti di selezione, concorrono alla diminuzione del flusso complessivo di rifiuti da avviare allo smaltimento finale e come tale vanno incoraggiate. In questo caso molti sforzi andranno spesi per creare condizioni di mercato favorevoli per l'allocazione dei prodotti riciclati. La valorizzazione energetica del rifiuto residuo, in particolare per quanto attiene alla frazione secca dotata di buon potere calorifico, è parimenti importante come sistema per recuperare ancora risorse dal rifiuto e per minimizzare il ricorso alla discarica. Tale opzione risulta comunque di "rango" inferiore rispetto al recupero di materia e va, quindi, attuata solo per i rifiuti per i quali non è tecnicamente o economicamente sostenibile una qualsiasi forma di riciclaggio. Lo smaltimento finale deve costituire l'opzione ultima per i soli rifiuti in nessun modo recuperabili o trattabili. In questo contesto la discarica, attualmente la pratica più diffusa a livello nazionale ed europeo per lo smaltimento dei rifiuti urbani, non avendo alcuna funzione di valorizzazione delle risorse, e comportando un rischio per l'ambiente, deve rappresentare la fase residuale della gestione.

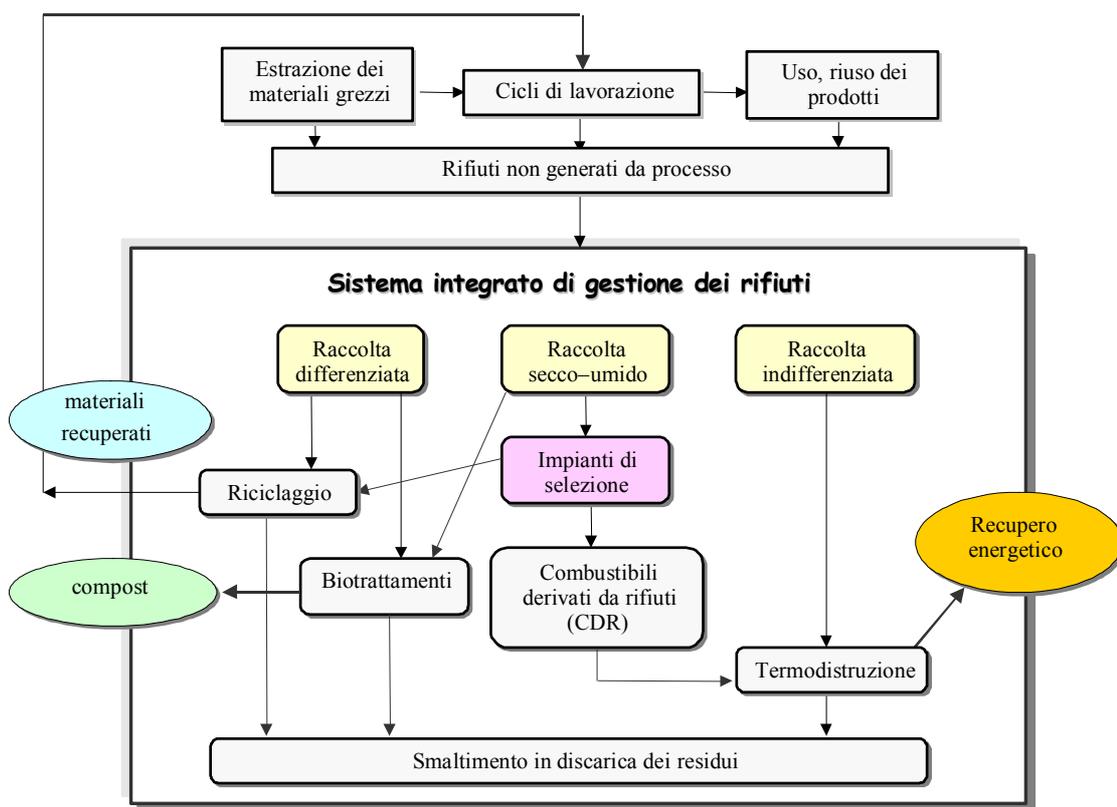


Figura n° 2.2 : Sistema integrato di gestione dei rifiuti

L'analisi dei dati relativi al 1999 evidenzia che, nonostante i progressi raggiunti sia attraverso l'attivazione dei sistemi di raccolta differenziata che l'avvio ad attività di recupero di quote consistenti dei rifiuti con particolare riferimento ai rifiuti di imballaggio, la forma più diffusa continua ad essere lo smaltimento in discarica.

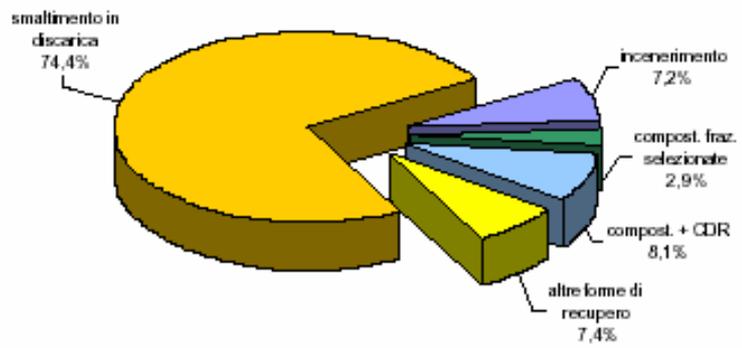


Figura 2.3 : gestione dei rifiuti urbani 1999 (ANPA 2001)

Riguardo all'incenerimento , pur registrando un aumento, rispetto al 1997, del numero degli impianti operativi ed un incremento dei rifiuti inceneriti, la percentuale rispetto al totale dei rifiuti gestiti appare ancora non elevata e, comunque, al di sotto dei livelli riscontrabili nei Paesi dell'Unione. Si osserva, invece, una crescita del settore del compostaggio in particolare del compostaggio di frazioni selezionate in concomitanza dello sviluppo della raccolta differenziata della frazione organica, sia in termini di quantità di rifiuti complessivamente trattati, sia riguardo il numero degli impianti. Aumentano anche gli impianti di selezione per la produzione di compost e/o CDR. Complessivamente nel 1999, circa il 74.4 % dei rifiuti urbani è stato smaltito in discarica, il 2.9 % è stato avviato ad impianti di compostaggio di frazioni selezionate, l'8.1 % ad impianti di selezione con produzione di compost frazione secca/CDR e a impianti di bioessiccazione, il 7.2 % ad impianti di incenerimento, il 7.4 % ad altre forme di recupero.

#### ***2.4 Realizzazione e gestione di impianti: il sistema autorizzativo***

L'articolo 27, comma 1 del D.lgs. 22/97 prevede che *“i soggetti che intendono realizzare nuovi impianti di smaltimento o di recupero di rifiuti, anche pericolosi, devono presentare apposita domanda alla Regione competente per territorio allegando il progetto definitivo dell'impianto e la documentazione tecnica prevista per la realizzazione del progetto stesso, dalle disposizioni in materia di urbanistica, di tutela ambientale, di salute e sicurezza sul lavoro e di igiene pubblica”*. Tali disposizioni, secondo quanto stabilito al comma 8 del citato articolo 27, si applicano anche per la realizzazione di varianti sostanziali in corso di esercizio, che comportano modifiche a seguito delle quali gli impianti non sono più conformi all'autorizzazione rilasciata. L'autorizzazione all'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero è disciplinata dalle disposizioni dell'articolo 28 che stabilisce, al comma 1, che *“l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti è autorizzato dalla Regione competente per territorio entro novanta giorni dalla presentazione della relativa istanza da parte dell'interessato”*. L'autorizzazione individua, inoltre, le condizioni operative e le

prescrizioni tecniche necessarie per garantire l'attuazione dei principi di cui all'articolo 2 del medesimo decreto, ed in particolare:

- i tipi ed i quantitativi di rifiuti da smaltire o da recuperare;
- i requisiti tecnici, con particolare riferimento alla compatibilità del sito, alle attrezzature utilizzate, ai tipi ed ai quantitativi massimi di rifiuti, ed alla conformità dell'impianto al progetto approvato;
- le precauzioni da prendere in materia di sicurezza ed igiene ambientale;
- il luogo di smaltimento;
- il metodo di trattamento e di recupero;
- i limiti di emissione in atmosfera per i processi termici di trattamento dei rifiuti;
- le garanzie finanziarie;
- l'idoneità del soggetto richiedente l'autorizzazione.

L'autorizzazione ha una validità di cinque anni ed è rinnovabile, previa presentazione, entro 180 giorni dalla scadenza della stessa, di un'apposita domanda alla Regione competente. I soggetti sottoposti alle autorizzazioni ordinarie ai sensi degli artt. 27 e 28 del D.lgs. 22/97 sono altresì tenuti ai seguenti adempimenti:

- ai sensi dell'art. 15, la copia di propria pertinenza del formulario di identificazione dei rifiuti, deve essere datata e controfirmata, anche ai fini dello scarico delle responsabilità a carico del produttore;
- tenuta del registro di carico e scarico dei rifiuti, ai sensi dell'art. 12, con le modalità previste dal D.M. 1° aprile 1998, n. 148 e dalla Circolare ministeriale 4 agosto 1998, n. 812. Al registro deve essere allegata la copia del formulario;
- entro il 30 aprile di ogni anno, il gestore dell'impianto di recupero è tenuto alla presentazione del MUD (modello unico di dichiarazione) presso la CCIAA del capoluogo di Regione dove ha sede l'unità operativa, secondo quanto previsto dal DPCM 31 marzo 1999.

## *2.5 La procedura semplificata*

In attuazione dell'art. 11, paragrafo 1, lett. b) della direttiva 91/156/CEE, l'articolo 31 del D.lgs. 22/97 stabilisce, entro 180 giorni dall'emanazione dello stesso, l'adozione di norme tecniche che fissino, per ciascun tipo di attività, i tipi e le quantità di rifiuti e le condizioni in base alle quali le attività di recupero di cui all'allegato C, sono sottoposte alle procedure semplificate ai sensi dell'art. 33. Le procedure semplificate devono comunque garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente; a tal fine, le norme tecniche fissate in base a tali disposizioni, devono garantire che i tipi, le quantità e i metodi di recupero siano tali da non costituire un pericolo per l'uomo e per l'ambiente. L'articolo 33 prevede procedure amministrative semplificate per l'esercizio delle operazioni di recupero e di messa in riserva, nel caso siano rispettate le norme tecniche e le prescrizioni adottate ai sensi del citato art. 33, commi 1, 2 e 3. In base a quanto detto, le operazioni di recupero possono essere intraprese, decorsi novanta giorni dalla comunicazione di inizio attività, alla Provincia territorialmente competente. Alla comunicazione deve essere allegata una relazione dalla quale devono risultare:

- il rispetto delle norme tecniche e delle condizioni di cui al comma 1;
- il possesso dei requisiti soggettivi richiesti;
- le attività di recupero che si intendono svolgere;
- lo stabilimento, la capacità di recupero e il ciclo di trattamento o di combustione;
- le caratteristiche dei prodotti derivanti dai cicli di recupero.

La Provincia, decorsi novanta giorni dalla presentazione della domanda, iscrive l'impresa in un apposito registro. Per la tenuta di tale registro e per l'effettuazione dei controlli periodici, l'interessato è tenuto a versare alla Provincia un diritto di iscrizione annuale, determinato in base alle modalità previste dal D.M. 21 luglio 1998, n. 350. Il gestore dell'impianto è, inoltre, tenuto ai seguenti obblighi:

- ai sensi dell'art. 15, la copia di propria pertinenza del formulario di identificazione dei rifiuti, deve essere datata e controfirmata, anche ai fini dello scarico delle responsabilità a carico del produttore;

- tenuta del registro di carico e scarico dei rifiuti, ai sensi dell'art. 12, con le modalità previste dal D.M. 1° aprile 1998, n. 148 e dalla Circolare ministeriale 4 agosto 1998, n. 812. Al registro deve essere allegata la copia del formulario;
- entro il 30 aprile di ogni anno, il gestore dell'impianto di recupero è tenuto alla presentazione del MUD (modello unico di dichiarazione) presso la CCIAA del capoluogo di Regione dove ha sede l'unità operativa, secondo quanto previsto dal DPCM 31 marzo 1999.

### **3 L'impianto e i suoi processi produttivi**

#### *3.1 L'impianto industriale "Le Calorie"*

L' Impianto preso in esame è ubicato nell'Area di Sviluppo Industriale di Caserta, su di un suolo di 50.000 mq circa, identificata come zona D2 dal vigente strumento urbanistico della Città di Caserta, ricadente nell'area industriale identificata come San Nicola Est, posta a sud del centro abitato di Caserta in confine con i territori comunali di Maddaloni, San Marco Evangelista, San Nicola La Strada. Tale area viene classificata come Area di Obiettivo 1, ai sensi dell'Allegato n°1 della Circolare del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, datata 15 dicembre 1995, n° 38522. L'area è servita da una viabilità ampia e alternativa, che non attraversa aree di densa edificazione, e che dista pochi chilometri dai principali svincoli autostradali. Il suolo in questione ha caratteristiche favorevoli all'insediamento industriale in quanto pianeggiante; catastalmente l'area è individuata al foglio n°59 particelle 5085 e 5068 del comune di Caserta, recintato da un muro perimetrale in calcestruzzo armato, sormontato da recinzione metallica. Le opere di cui si compone l'impianto sono costituite da:

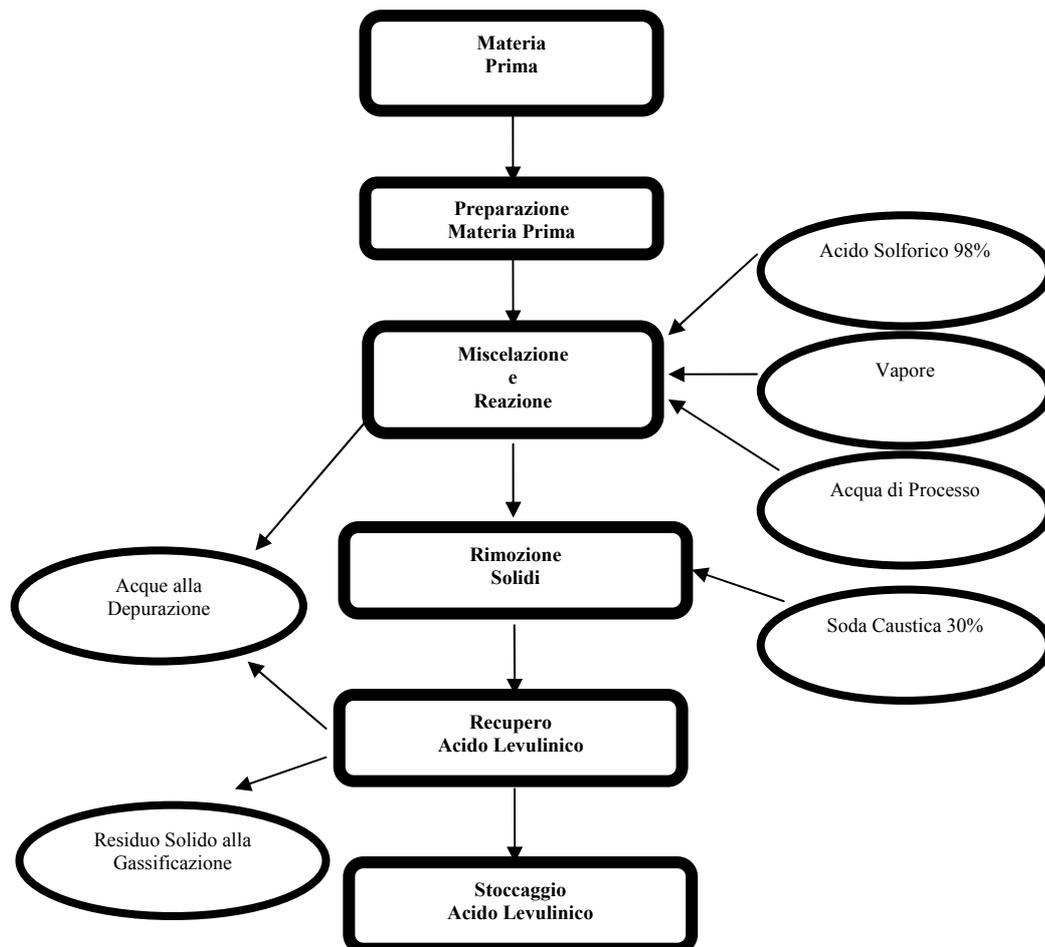
1. Portineria, realizzata con muratura a faccia vista, con ampie vetrate ed una altezza di ml 4,00;
2. Cabina Snam, di forma rettangolare, con una dimensione in pianta di circa mq. 24,00 ed altezza di ml 3,20, realizzata con struttura in c.a. e rivestita con mattoni faccia vista;
3. Palazzina Servizi, con una dimensione in pianta di circa mq. 370 ed una altezza di ml 7,50. Al piano interrato vi sono spogliatoi e servizi igienici; al piano terra è ubicato un locale adibito a cucina con ampia mensa, servizi e medicheria, al piano primo vi è l'alloggio del custode ed una foresteria;

4. Fabbricato Produzione Mattonelle da vetro riciclato, realizzato con struttura in acciaio e tampanature con pannelli di lamiera grecata coibentata e preverniciata. Ha una superficie complessiva in pianta di circa mq. 6.000 ed una altezza massima di ml 12,00, la pavimentazione è di tipo industriale, in calcestruzzo di cemento, rifinito superficialmente con spolvero di quarzo e rivestito in resina epossidica;
5. Fabbricato produzione acido levulinico, realizzato con struttura in acciaio e tampanature con pannelli di lamiera grecata coibentata e preverniciata. Ha una superficie complessiva in pianta di circa mq. 4.000 ed una altezza massima di ml 15,00, la pavimentazione è di tipo industriale , in calcestruzzo di cemento , rifinito superficialmente con spolvero di quarzo, con annesso capannone per lo stoccaggio dei rifiuti . Tale capannone si sviluppa su una superficie in pianta di circa 300 mq, con una altezza massima di ml 8,00; la pavimentazione è di tipo industriale, in calcestruzzo di cemento , rifinito superficialmente con spolvero di quarzo;
6. Sala Controllo, si sviluppa su due piani fuori terra di ca. 130 mq ed una altezza complessiva di ml 8,50. Al piano terra è ubicato una cabina di trasformazione di energia elettrica, mentre al primo piano sono stati realizzati degli uffici;
7. Locale caldaia (centrale termica), realizzato con strutture in c.a. e tampanature su tre lati in muratura di mattoni dello spessore di cm. 30 intonacati, ha una superficie di circa 200 mq ed una altezza di ml 11,00;
8. Palazzina Uffici e laboratorio, si sviluppa su due piani fuori terra di circa 640 mq, ognuno con una altezza di ml 7,50;
9. Impianti di depurazione;
10. Torri di raffreddamento;
11. Vasca antincendio;
12. Piazzali e viabilità;

### 3.2 Processo di produzione di acido levulinico

#### 3.2.1 Introduzione

Il processo in uso nello stabilimento Le Calorie Srl di Caserta permette di convertire in modo economicamente vantaggioso il feedstock di biomassa a matrice cellulosa in acido levulinico. Le materie prime che possono essere utilizzate sono pani di cellulosa, fanghi di cartiera, vinaccia esausta di distilleria disalcolata ed essiccata, scarti agricoli e biomasse in genere. Il processo può essere esemplificato dal successivo diagramma a blocchi:



### 3.2.2 Chimica del processo

Il processo chimico consiste in un'idrolisi acida, reazione chimica ampiamente studiata e sperimentata:

cellulosa → acido levulinico + acido formico + acqua

L'innovazione tecnologica sta nella configurazione brevettata dei reattori che permettono condizioni di reazione mai sperimentate e provate in passato e nel fatto che si tratta di un processo di tipo continuo che consente una lavorazione di 24 ore al giorno per sette giorni su sette.

### 3.2.3 Preparazione materia prima

Il feedstock designato per il processo è un solido con un contenuto medio di 40% di cellulosa su base secca, nello specifico trattasi di:

<p><b>Tipologia : Rifiuti della lavorazione del legno e affini non trattati</b> <b>CER: 030105</b> (segatura, trucioli, residui di taglio, legno, pannelli di truciolare e piallacci diversi dalla voce 030104) di cui ai codici dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione 2000/532/CE come modificata dalle Decisioni 2001/118/CE, 2001/119/CE e 2001/573/CE; <b>Provenienza:</b> Industria della carta, del sughero e del legno <b>Attività di recupero:</b> messa in riserva</p> <p><b>Tipologia: Fanghi di industria cartaria</b> <b>CER 030305</b> fanghi derivanti dai processi di deinchiostrazione nel riciclaggio della carta, di cui ai codici dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione 2000/532/CE come modificata dalle Decisioni 2001/118/CE, 2001/119/CE e 2001/573/CE; <b>CER 030311</b> fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, diversi da quelli di cui alla voce 030310, di cui ai codici dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione 2000/532/CE come modificata dalle Decisioni 2001/118/CE, 2001/119/CE e 2001/573/CE; <b>Provenienza:</b> depurazione acque di processo e reflue delle industrie cartiere <b>Attività di recupero:</b> messa in riserva.</p> <p><b>Tipologia : Vinacce</b> <b>Codice CER 020702</b> rifiuti prodotti dalla distillazione di bevande alcoliche <b>Provenienza:</b> distillerie per la produzione di grappa, di cui ai codici dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione 2000/532/CE come modificata dalle Decisioni 2001/118/CE, 2001/119/CE e 2001/573/CE; <b>Attività di recupero:</b> Messa in riserva</p>
---

La materia prima solida, entra in stabilimento su camion cassonati, viene stoccata in un magazzino e da questo prelevata da una pala meccanica ed avviata alla successiva fase di macinazione. Il macinato è raccolto in un apposito silos di stoccaggio, in cui il materiale resta finché non sia necessario al processo.

Da questo silos, tramite un sistema di pesatura, il feedstock macinato viene inviato alla successiva fase di lavorazione.

#### 3.2.4 Miscelazione e Reazione

Al macinato si aggiungono, in un opportuno serbatoio munito d'agitatore meccanico, dell'acqua, dell'acido solforico e la soluzione acida riciclata dal processo, formando così la miscela di reazione. Il tasso di ritorno degli acidi riciclati controlla il tasso di solidi alimentati a questo serbatoio, in modo da mantenere la concentrazione dei solidi desiderata. La miscela viene agitata abbastanza a lungo per inumidire completamente il feedstock prima di essere inviata, con una specifica pompa volumetrica ad alta pressione (>30 bar), ai due reattori d'idrolisi che operano in sequenza. La temperatura, la pressione, il tempo di reazione e la concentrazione dell'acido solforico sono attentamente controllati da opportuni sistemi di rilevazione e di sicurezza. Nel primo reattore la miscela viene idrolizzata ad una temperatura di circa 210-230°C ed ad una pressione di circa (30 bar) per 13-25 secondi circa. Temperatura e pressione sono garantiti mediante l'iniezione di vapore saturo ad alta pressione (42 bar). Il primo reattore è tubolare in modo tale da evitare una significativa miscelazione assiale: la mancanza di miscelazione assiale evita che il materiale introdotto permanga per troppo tempo nel reattore. Le molecole realmente interessate alla reazione di idrolisi sono i polimeri di cellulosa, emicellulosa e amido. I prodotti della prima reazione sono monomeri di zuccheri esosi e pentosi: gli esosi vengono convertiti in idrossimetilfuraldeide, mentre i pentosi in furaldeide.

L'idrossimetilfuraldeide, che è l'intermedio di reazione principale, viene rimosso in continuo dal primo reattore ed inviato al secondo reattore, dove sarà completata la reazione d'idrolisi. Il flusso della miscela è controllato da un sistema di valvole regolatrici della portata, in modo da mantenere costanti le condizioni di reazione.

Nel secondo reattore l'idrossimetilfuraldeide viene idrolizzata a 195-215° C, in un tempo di residenza che va dai 15 ai 30 minuti ad una pressione di circa 16 bar.

Le fasi sono illustrate più dettagliatamente nello schema di figura 3.1, in cui si evidenziano le reazioni, l'ordine delle reazioni, il tempo di reazione, e il tipo di reattore in cui avvengono.

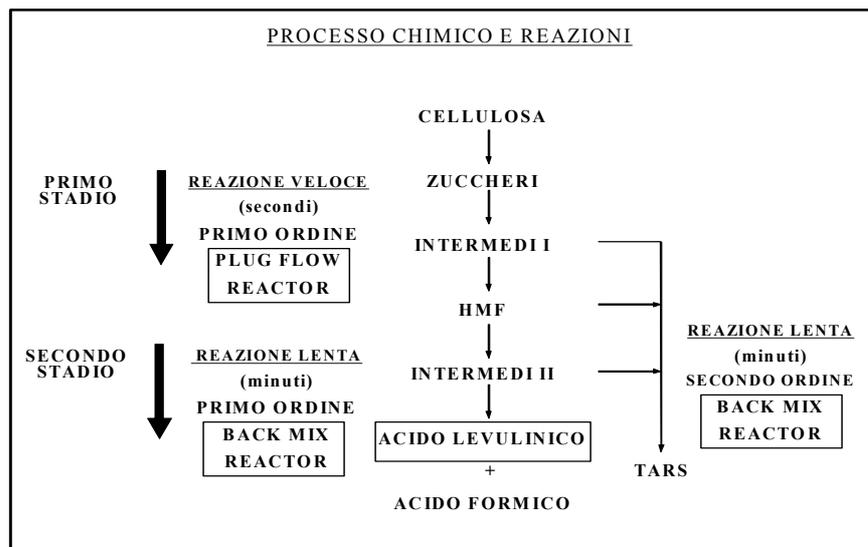
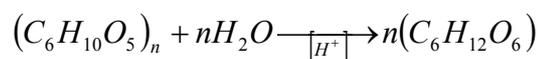


Figura 3.1 : Processo chimico e reazioni

La reazione svolta al centro illustra il passaggio attraverso l'intermedio idrossimetilfuraldeide (di cui HMF è l'acronimo inglese). Vengono tralasciati in questa trattazione tutti gli altri composti intermedi nel passaggio dagli zuccheri all'HMF e da quest'ultima ai prodotti finali. La produzione di acido levulinico dalla cellulosa in tale impianto segue il sistema di reazioni date dalla seguente stechiometria globale:



cellulosa + acqua → glucosio

(in presenza di acido)



glucosio → acido levulinico + acido formico + acqua

(in presenza di acido). Tali reazioni rappresentano la stechiometria netta di processi reattivi multistadio durante i quali il rendimento reale di produzione di

acido levulinico da cellulosa è approssimativamente del 70%. Il prodotto finale di quest' idrolisi è una miscela contenente acido levulinico, residui solidi contenuti nella materia prima d'origine, ed è chiamata idrolizzato. Dopo il completamento della reazione, in un serbatoio (flash tank) la miscela torna alla pressione atmosferica ed il vapore generato durante questa riduzione di pressione viene condensato per essere smaltito come scarico liquido (acqua di scarico).

### *3.2.5 Rimozione solidi*

L'idrolizzato viene inviato in un decantatore dove, per differenza di gravità, si separano due fasi; il surnatante, viene riciclato nel serbatoio di preparazione della materia prima dopo aver ripristinato le sue condizioni iniziali (acidità) con l'aggiunta di acido solforico.

La fase pesante, ricca di acido levulinico, viene inviata in un successivo serbatoio dove è neutralizzata con soda al 30%.

### *3.2.6 Recupero dell'acido levulinico*

Dopo la neutralizzazione, la miscela viene sottoposta a evaporazione frazionata in opportuni evaporatori riscaldati con olio diatermico a 300°C. Il riscaldamento dell'olio viene effettuato in una caldaia a metano. L' evaporazione viene eseguita in due stadi; nel primo stadio si opera alla pressione atmosferica, mentre nel secondo stadio si opera sotto vuoto (0,1 bar ass.). Dal primo stadio viene allontanata acqua che dopo condensazione, alla temperatura di 40°C, viene unita alle altre acque reflue, per essere inviata all'impianto di depurazione reflui. Dal secondo stadio viene evaporato l'acido levulinico che viene successivamente condensato e stoccato in serbatoi. La frazione solida residua viene raffreddata in uno scambiatore ad acqua, per poi essere mandata all'impianto di gassificazione.

### 3.2.7 Prodotto ottenuto

L'acido levulinico è un intermedio chimico molto versatile che può essere convertito in molti altri prodotti chimici di enorme interesse, come solventi, pesticidi, erbicidi, resine polimeriche, prodotti farmaceutici, ma anche additivi per le benzine. L'attuale prezzo di mercato dell'acido levulinico è talmente alto che impedisce il suo uso su larga scala come intermedio chimico: il processo impiegato nell'impianto di Le Calorie S.r.l., consente di rendere tale produzione molto economica e nel contempo agevola lo sviluppo del mercato, in un'ottica ecologica, in quanto si riduce notevolmente la quantità di rifiuti da destinare allo smaltimento tradizionale. L'acido levulinico è il più semplice acido gamma-cheto-carbossilico. In passato si otteneva mediante riscaldamento dello zucchero con acido inorganico; infatti l'acido levulinico prende il suo nome dall'osservazione che esso si forma più facilmente dalle molecole di levulosio, rispetto alle molecole di destrosio. L'acido levulinico, contenendo una funzione carbossilica ed una funzione chetonica, è una molecola altamente polare. Un'altra indicazione della sua natura altamente polare è il suo alto punto di ebollizione (245°C). L'acido levulinico ha le tipiche reazioni sia del gruppo chetonico che del gruppo carbossilico, oppure reazioni in cui si combinano entrambi gli effetti di questi due siti d'azione. Queste caratteristiche, quindi, rendono l'acido levulinico un'ottima nonché interessantissima piattaforma chimica da cui partire per ottenere ulteriori composti chimici. Le proprietà dell'acido levulinico dipendono in grande misura dalla sua purezza. Il prodotto raffinato ha una temperatura di fusione di 37°C. L'acido levulinico è un acido grasso a basso peso molecolare, contenente un radicale carbonile; di conseguenza, è completamente o parzialmente compatibile con gli idrocarburi alifatici, con solventi come acqua, alcool, chetoni, aldeidi, acidi organici, esteri, eteri, idrocarburi aromatici. Il gruppo carbossilico dell'acido levulinico reagisce normalmente con alcoli per formare esteri (se ne formano oltre 75) le cui proprietà dipendono dall'alcool da cui derivano. Le Calorie, infatti, ha in corso concrete trattative economiche con Compagnie chimiche di respiro internazionale che sono seriamente interessate all'acquisto dell'acido levulinico

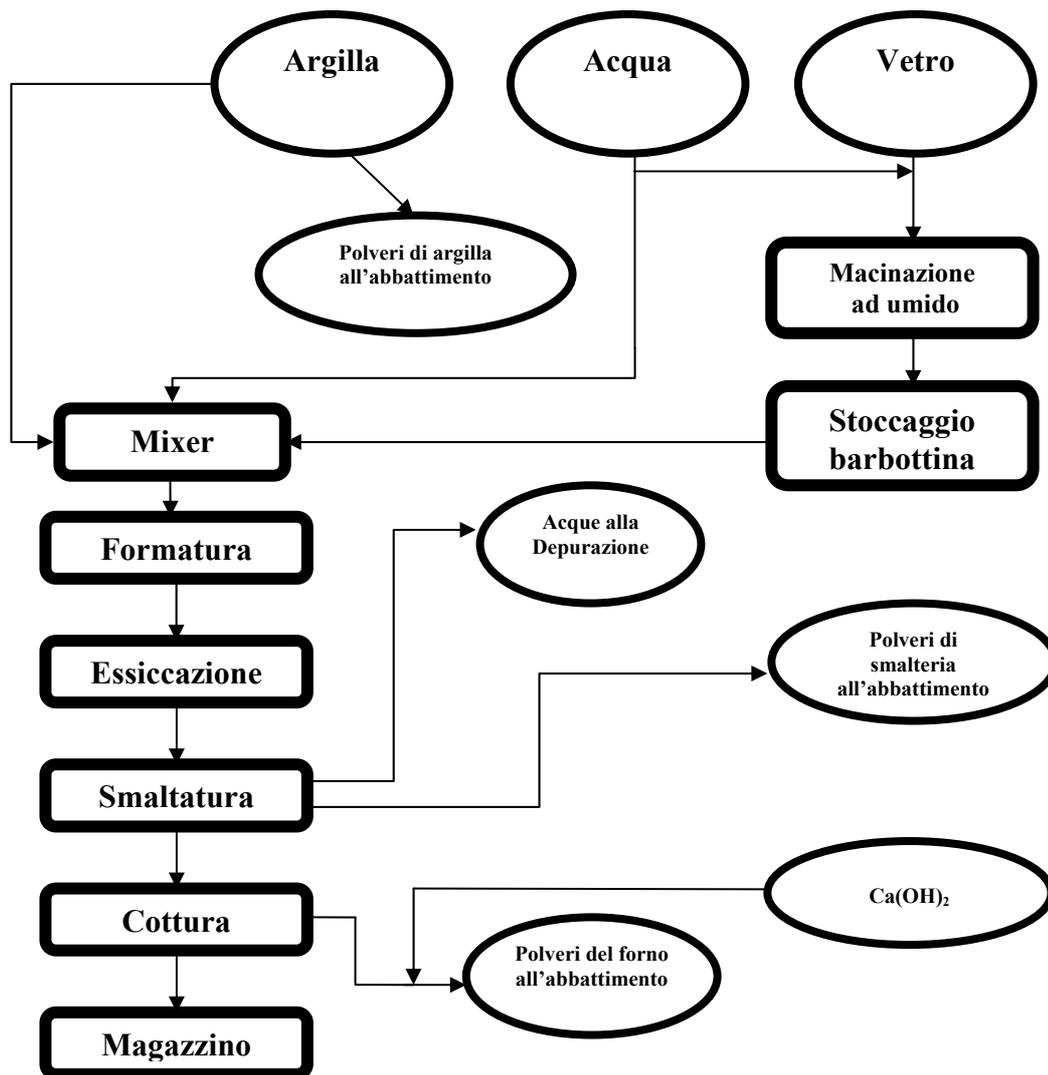
come composto di base per la produzione di resine polimeriche. Tale strategia economica presenta i seguenti vantaggi:

- avere un parco clienti di solidità e concretezza economica di non poco rilievo;
- richiesta di un grado di purezza basso, viste le caratteristiche merceologiche del prodotto finale;
- introdurre Le Calorie in una nicchia di mercato dalle peculiari caratteristiche di innovazione.

### ***3.3 Processo di produzione di mattonelle da vetro da recupero***

#### ***3.3.1 Introduzione***

Lo stabilimento Le Calorie Srl di Caserta si propone di realizzare mattonelle utilizzando la tecnologia innovativa basata sulla combinazione di vetro (nella forma di materia prima seconda) con opportune quantità di argilla. Il vetro viene frantumato alla granulometria desiderata, in appositi mulini, e miscelato con sabbia ed acqua con formazione di un impasto. L'impasto viene sagomato in apposite forme, viene asciugato in un essiccatore ad aria calda, successivamente viene smaltato ed infine cotto in forno, ottenendo le mattonelle finite. L'essiccatore funziona a metano ed ha una potenzialità pari a 0,8 MW. Il forno brucia metano ed ha una potenzialità pari a 2,7 MW. Le emissioni in atmosfera provenienti dallo stoccaggio dell'argilla, dalla smaltatura delle mattonelle e dal forno di cottura vengono separatamente inviate a singoli impianti di abbattimento (filtri a maniche) che garantiscono la purificazione dei gas di scarico. Le polveri recuperate dai singoli impianti di abbattimento vengono riciclate e miscelate nell'impasto delle materie prime. L'intero ciclo produttivo è stato scomposto nelle singole fasi di processo e rappresentato con un diagramma di flusso costruito seguendo il criterio della sequenza logica impiantistica e temporale delle diverse attività :



### 3.3.2 Preparazione impasto ed estrusione

Le materie prime costituenti l'impasto sono polvere argillosa, premacinata a secco, e vetro nella tipologia di seguito riportata:

**Tipologia : Vetro di scarto, frammenti di vetri, rottami di vetro;**  
**CER: 191205** (vetro) di cui ai codici dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione 2000/532/CE come modificata dalle Decisioni 2001/118/CE, 2001/119/CE e 2001/573/CE;  
**CER: 101112** (rifiuti di vetro diversi dalla voce 101111) di cui ai codici dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione 2000/532/CE come modificata dalle Decisioni 2001/118/CE, 2001/119/CE e 2001/573/CE;

**Provenienza:** Da raccolta differenziata in appositi contenitori e/o altre raccolte differenziate, da attività industriali, commerciali e di servizi, autodemolizioni autorizzate;

**Attività di recupero prevista dal D.M. 05/02/98:** messa in riserva [R13] per la produzione di materie prime secondarie per l'edilizia;

**Caratteristiche delle materie prime e/o dei prodotti ottenuti:** materie prime secondarie per l'edilizia.

Tutti le materie prime sono consegnate in big-bags e per stoccare l'argilla sono previsti 5 silos. La preparazione dell'impasto prevede:

- la macinazione ad umido dei vetri nei due mulini a biglie Alsing della capacità di 5.000 litri/cad. con ottenimento di una barbottina che viene setacciata e stoccata in 3 serbatoi dotati di agitatori; il rivestimento e le biglie dei mulini sono in Alubit;

- pesata nei giusti rapporti delle polveri argillose;

- miscelazione della barbottina e delle polveri argillose in un mescolatore a vomere nel quale viene aggiunta una determinata quantità di acqua;

L'impasto così miscelato viene estruso sotto vuoto in una mattoniera con l'ottenimento di un "filone plastico" della larghezza desiderata. Successivamente passa per una taglierina che ne definisce la lunghezza, ed in una pressa idraulica che provvede alla formatura della mattonella. Le mattonelle attraverso un sistema automatico di stoccaggio vengono impilate in appositi contenitori ed avviate nelle celle di essiccazione.

### 3.3.3 Essiccazione

L'essiccazione è il processo termico che realizza l'eliminazione di gran parte dell'acqua contenuta nelle piastrelle appena formate. Durante il suo svolgimento l'apporto di calore porta alla formazione di vapore che viene poi allontanato attraverso opportune circolazioni d'aria. L'evaporazione è quindi la trasformazione dell'acqua in vapore in presenza di elementi gassosi (aria). Il processo di essiccazione si prefigge i seguenti obiettivi:

- eliminare l'acqua con la massima economicità;

- essiccare il pezzo nel tempo più breve;

- evitare il danneggiamento (fisico e geometrico) del prodotto;

- raggiungere un grado di essiccazione tale che l'acqua residua non comporti problemi in cottura.

Essenzialmente l'essiccazione è condizionata dai seguenti fattori:

- temperatura ed umidità dell'aria;
- velocità di rinnovamento dei volumi d'aria dell'ambiente di essiccazione;
- direzione di incidenza dell'aria sul materiale;
- spessore e superficie specifica del pezzo (cioè rapporto fra superficie e volume);
- natura del corpo ceramico;
- sistema di carica dell'essiccatoio.

Aumentando la temperatura dell'aria cresce la differenza con quella del pezzo con l'effetto di indirizzare una maggior quantità di calore verso la superficie di evaporazione, provocando un aumento della pressione di vapore che comporta un'accelerazione dell'evaporazione stessa. Se invece cresce l'umidità dell'aria la differenza di pressione di vapore tra questa e la superficie di evaporazione diminuisce riducendo la velocità di essiccazione. Il pezzo ceramico è costantemente circondato da un velo d'aria che costituisce un diaframma di una certa resistenza sia per il vapore che sta migrando verso l'esterno che per il calore proveniente dall'ambiente aereo. Questa resistenza è inversamente proporzionale alle velocità dell'aria; l'effetto è molto più sensibile all'inizio del processo, quando l'evaporazione ha luogo sulla superficie del corpo ceramico. La velocità di essiccazione è (mediamente) inversamente proporzionale allo spessore pur risultandone indipendente durante la fase iniziale dato che come si è visto l'evaporazione si sviluppa sulla superficie del corpo. Quando il processo si trasferisce all'interno è evidente che la resistenza alla diffusione del vapore acqueo causata dalla crosta esterna già essiccata cresce parallelamente al suo spessore per cui nello stadio finale la durata dell'essiccazione è in relazione con il quadrato dello spessore. Le argille sono caratterizzate da una costituzione elementare particolarmente fine, quindi da pori molto piccoli che causano resistenza alla diffusione limitando l'eliminazione dell'acqua. È opportuno rammentare che l'acqua contenuta da un manufatto ceramico può essere legata chimicamente (o combinata), fisicamente (di ritiro e di porosità) o chimico-fisicamente (adsorbita).

ed interlamellare). Nel primo caso si tratta di acqua di cristallizzazione che non è interessata dal processo di essiccazione dato che questo si sviluppa a temperature relativamente basse. Nel secondo possiamo distinguere tra acqua capillare e superficiale; la prima riempie i "canali" e le "cavità" presenti nel pezzo mentre la seconda avvolge le particelle solide. I minerali argillosi presenti in forma colloidale (ad esempio la bentonite) assorbono l'acqua, rigonfiando. Questa è particolarmente difficile da allontanare mentre quella che riempie i pori (canali e cavità) si rimuove con più facilità. Naturalmente sarà prevalente un tipo o l'altro di legame in conformità con le caratteristiche dei comportamenti dei minerali costituenti la materia prima. Durante l'essiccazione si forma un "gradiente di umidità" tra la superficie del corpo ceramico (ove ha luogo l'allontanamento dell'acqua) e la parte interna che conserva ancora l'umidità iniziale.

Quando l'umidità del pezzo è elevata il trasferimento dell'acqua all'interno del corpo ha luogo principalmente per capillarità mentre con bassa umidità prevale la diffusione. In conseguenza della presenza di minerali argillosi il processo è accompagnato da contrazioni dimensionali causate dal riempimento dei vuoti (provocati dall'espulsione dell'acqua) da parte di particelle che essendo ancora in uno stato di sufficiente plasticità hanno la possibilità di "scorrere" riasestandosi ed avvicinandosi tra loro. Inizialmente il ritiro è corrispondente al volume dell'acqua allontanata; quando le particelle cominciano ad essere maggiormente a contatto tra loro la contrazione progredisce più lentamente. La superficie di contatto acqua-aria si trasferisce poi verso l'interno del pezzo ed il ritiro viene a cessare quando le particelle sono talmente addossate da non permettere ulteriori movimenti. A partire dalla parte esterna del corpo ceramico, parallelamente all'essiccazione, si osserva una riduzione del diametro dei pori capillari per spessori via via maggiori. Questo fenomeno non causa interruzione della migrazione ma, al contrario, la favorisce proprio per il comportamento capillare. Per il buon svolgimento del processo è indispensabile non procedere ad essiccamenti superficiali troppo violenti che interromperebbero il flusso dell'acqua dall'interno all'esterno causando tensioni tra le due parti in conseguenza di variazioni dimensionali troppo differenziate che sfocerebbero inevitabilmente in rotture. L'eventuale presenza di aria nel corpo ceramico è particolarmente

sgradita; essa provoca interruzioni nei flussi capillari e si dilata (con il riscaldamento) portando a rotture; di qui l'importanza di procedere all'estrusione sotto un vuoto adeguato. L'aria esterna, che costituisce l'ambiente entro cui si trova il pezzo, è l'agente che si incarica dell'allontanamento del vapor d'acqua. La sua capacità di assorbimento è molto variabile e condiziona l'andamento del processo. Essa cresce proporzionalmente con la temperatura ma è inversamente proporzionale al grado di umidità. Si tende pertanto ad un equilibrio tra umidità del pezzo e grado di saturazione dell'aria circostante. I problemi che si incontrano con più frequenza nell'essiccazione di corpi ceramici sono conseguenza della disomogeneità di distribuzione dell'umidità come della presenza di zone con caratteristiche tessiturali diverse che danno luogo a conducibilità (di umidità) sensibilmente variabili. In entrambi i casi si hanno accumuli anormali d'acqua con conseguenti differenze di ritiro con sollecitazioni (trazioni e compressioni). I carrelli provenienti dalla trafilatura vengono trasferiti manualmente (mediante transpallet) all'essiccatoio statico costituito da tre celle con ventilatori semoventi e produzione autonoma di aria calda mediante bruciatori a gas metano. Qui permangono per  $30\pm 36$  ore ad una temperatura massima di  $70-80^{\circ}\text{C}$ . Quando il materiale viene prelevato dalle celle-essiccatoi contiene circa l'  $1-1,5\%$  di umidità residua.

#### 3.3.4 Smaltatura

Gli smalti e gli ingobbi verranno acquistati pronti per l'uso.

I carrelli porta-cestelli vengono trasportati manualmente sulla testa della linea di smaltatura. I singoli pezzi essiccati vengono trasferiti sulla linea di smaltatura per mezzo di un' appropriata pinza. La linea di smaltatura è dotata di:

- allungatore di linea (adibito al preriscaldamento a  $60^{\circ}\text{C}$  della singola mattonella);
- sistema di aspirazione polveri (adibito ad asportare residui solidi presenti sulla mattonella da smaltare);
- 1° e 2° cabina a doppio disco (adibite all'ingobbio della mattonella);
- campana (adibita all'effettiva operazione di smaltatura);

- 1° sbavatore (adibito alla pulizia di due margini laterali della mattonella);
- girello (adibito alla rotazione della mattonella per consentirne la pulizia degli altri due margini laterali per mezzo del 2° sbavatore);
- sbavatore (adibito alla pulizia dei restanti due margini laterali della mattonella);
- 1° cabina aerografo ( per eventuali incisioni da apportare sulla mattonella);
- 2° cabina aerografo (in alternativa alla 1°);
- spazzolatrice a dieci teste (adibita alla pulizia delle mattonelle);
- cabina di aspirazione (adibita all' asportazione di eventuali polveri presenti sulle mattonelle);
- ingobbiatore di fondo ( adibito ad evitare l'adesione tra la mattonella e il nastrino di supporto);
- incasellatore (adibito a formare il carro da introdurre nel forno di cottura);
- cabina di soffiaggio (adibita alla pulizia finale della mattonella durante la fase di incastellatura).

Alla fine della linea il “carro” di mattonelle si presenta allineato all'ingresso del forno per la cottura.

### 3.3.5 Cottura

La cottura è la fase fondamentale del processo produttivo ceramico che porta all'acquisizione delle caratteristiche tecnologiche ed estetiche desiderate. Durante la cottura si sviluppa un quadro di reazioni chimico-fisiche assai complesso conformemente alla natura chimico-mineralogica delle materie prime ed al livello termico che si raggiunge. La conoscenza quanto più precisa delle conseguenze di queste trasformazioni è alla base di una corretta impostazione della stessa cottura. I mezzi che permettono di condurre l'indagine sono principalmente le analisi dilatometriche, termoponderali e termodifferenziali. Un'altra fonte di utili informazioni sono i diagrammi di stato che offrono un'immagine schematizzata delle trasformazioni di cristallizzazione e delle fusioni che si verificano in sistemi ceramici semplificati a due o tre componenti. Alla base dell'incolumità dei pezzi è l'adattamento dell'andamento del processo alle variazioni dimensionali e ponderali

che si vanno producendo nel biscotto, mentre la somministrazione quantitativa del calore dovrà tener conto anche delle reazioni eso ed endotermiche. Le mutazioni irreversibili che portano alla creazione della struttura del corpo ceramico derivano da trasformazioni allo stato solido e dalla formazione di una fase vetrosa. Le fasi più salienti del processo di cottura si svolgono nei seguenti intervalli termici:

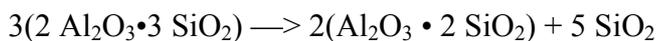
100° - 200°C: viene completamente allontanata l'acqua igroscopica (residuo dell'essiccazione oppure frutto di un eventuale riassorbimento durante il trasferimento del materiale dall'essiccatoio al forno o derivante dall'operazione di smaltatura) e quella zeolitica (d'interstrato, connessa con la presenza di materiali argillosi a reticolo espandibile); inoltre in questo intervallo termico si sviluppa una quantità rilevante di vapore circa 24 l per ogni pezzo di un Kg (contenente l'1.5% d'acqua) e che quindi si debba procedere ad un massiccio ricambio dei volumi d'aria. Contemporaneamente si manifesta un pericoloso ritiro dimensionale incidente su corpi ceramici che già hanno perso buona parte della "plasticità" iniziale (data dall'acqua di formatura); si assiste inoltre alla trasformazione del gesso (solfato di calcio bi-idratato) in semi idrato (140°C) ed, infine, in anidride (150°C).

300° - 450°C: ha luogo la combustione delle sostanze organiche di origine vegetale solitamente contenute nelle argille in percentuali molto variabili (dallo 0,01 al 14%) e la dissociazione dei solfuri di ferro (soprattutto pirite); inoltre, qualora i fumi della combustione contengano ossido di carbonio e siano catalizzati dalla presenza di composti di ferro si può avere trasformazione in anidride carbonica con deposizione dell'eccesso di carbonio.

700° - 900°C: si ha la dissociazione dei carbonati (calcite e dolomite) con allontanamento di CO<sub>2</sub> mentre hanno inizio le reazioni allo stato solido con neoformazione di silicoalluminati; lo svolgimento di tali processi varia in funzione del tipo di materie prime; ecco quindi che nel caso di presenza di caolinite, il metacaolino (formatesi tra i 450°C ed i 650°C) passa a spinello con separazione di silice amorfa; l'associazione di ossido di calcio (separatesi dal carbonato) con la silice porta alla genesi della pseudowollastonite (CaSiO<sub>3</sub>), l'ulteriore disponibilità dell'allumina genera anche la gehelenite (2CaO • Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> • SiO<sub>2</sub>), l'eventuale ossido di ferro reagendo con la silice dà luogo alla formazione

di fayalite ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) con liberazione di ossigeno; inizia la formazione dalla fase vetrosa.

900 - 1050°C: si vanno ultimando le reazioni di distruzione dei reticoli cristallini delle miche, mentre la fase vetrosa assume un carattere più acido parallelamente alla dissoluzione della silice; lo spinello inizia a trasformarsi in mullite con una nuova separazione di silice sotto forma di cristobalite secondo la reazione seguente:



la gehelenite lascia il posto al diopside ( $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ) ed ai plagioclasti calcici; nelle composizioni prive di una sensibile percentuale di carbonati ha inizio un marcato ritiro, mentre quelle carbonati che (13-23%) raggiungono il massimo grado di sinterizzazione. Gli impasti a base vetrosa come quello previsto presso l'impianto di Le Calorie nonostante la presenza di carbonati hanno un comportamento simile a quello delle formulazioni non carbonatiche con una fusibilità ancor più spinta. Anche il raffreddamento presenta trasformazioni per le quali è d'importanza fondamentale adeguare il processo onde salvaguardare l'integrità dei pezzi. Le più importanti si registrano alle seguenti temperature:

800 - 700°C: passaggio dallo stato semiplastico a quello rigido;

600 - 550°C: trasformazione di quarzo cristallino non combinato dalla forma  $\beta$  a quella  $\alpha$  con contrazione dello 0,8% che può portare a rotture note con il nome di "sfilo di raffreddamento";

270 - 200°C: passaggio di eventuale cristobalite dalla forma  $\beta$  a quella  $\alpha$ . Come si è visto, si è fatto riferimento allo svolgimento dei vari processi con ampi intervalli di temperatura, ciò è conforme sia per il tempo materiale necessario allo svolgimento delle reazioni che per le condizioni di formatura e dello stato granulometrico delle materie prime, caratteristiche che influenzano il livello termico delle trasformazioni ed anche l'andamento della cottura. E' interessante soffermarsi ulteriormente sul fenomeno del ritiro che riguarda soprattutto le composizioni messe a punto per la produzione dei supporti greificati, a bassa porosità, come gli impasti a base di vetro od il gres porcellanato, ove la fase

vetrosa è nettamente prevalente su quella cristallina. La contrazione dimensionale deriva da un'iniziale riorganizzazione cristallina che comporta l'aumento della superficie di contatto tra i granuli con riduzione delle dimensioni dei pori; a questo fa seguito un fenomeno di concentrazione dei vuoti che tendono così a diminuire di numero; lo sviluppo della fase vetrosa porta poi al riempimento dei pori causando contemporaneamente il massimo ritiro. Abbandonata la linea di smaltatura i pezzi vengono trasferiti per mezzo di una macchina robot su piastre refrattarie di 38x33 cm che fungeranno da supporto. Le piastre sono e restano impilate in gruppi di 12 durante tutto il circuito operativo. Le pile di piastre vengono quindi trasferite (mediante un altro robot) sui carrelli del forno che sono a loro volta inviati nell'area di parcheggio costituita da due binari paralleli. I carrelli hanno una struttura metallica con pianale refrattario su cui vengono appoggiati i "cestelli" costituiti dalle piastre impilate. Il forno a tunnel è della lunghezza di 50 m; è previsto che i carrelli permangano circa 48 ore. I carrelli che fuoriescono dal forno con le piastrelle cotte vengono trasferiti nell'apposito parcheggio di stoccaggio costituito da un binario che corre parallelo al tunnel sul lato opposto a quello del parcheggio del materiale crudo. Un sistema automatico (robot) provvede a scaricare dai carrelli le piastrelle assieme al "cestello" di supporti refrattari e, successivamente, dividere le prime dai secondi che vengono rimandati all'imbocco del forno.

### 3.3.6 Scelta ed imballaggio

Le piastrelle ormai separate dal supporto refrattario vengono trasferite, attraverso un'apposita linea, alla scelta manuale. Successivamente si passa all'inscatolamento, sempre manuale, ed all'imballo delle piastrelle. L'ultima operazione prevista è la pallettizzazione delle scatole (manuale). I pallet vengono infine trasferiti al magazzino "prodotto finito".

### *3.4 Descrizione dell'impianto Thermogenics (Le Calorie S.r.l.)*

#### *3.4.1 Introduzione*

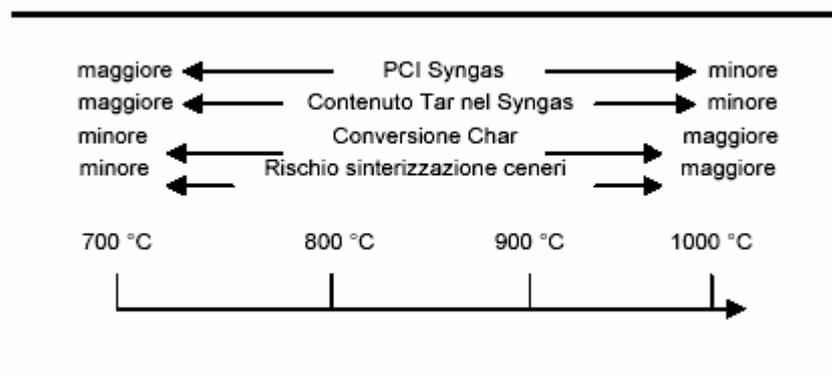
Il processo in uso nello stabilimento Le Calorie Srl di Caserta permette di convertire in modo economicamente vantaggioso il residuo solido del processo di produzione di acido levulinico in energia elettrica tramite gassificazione.

Il processo di gassificazione consiste nella conversione di un materiale solido o liquido in un gas combustibile, ottenuta tramite un'ossidazione parziale condotta sotto l'azione del calore. Al contrario della combustione, nella quale l'ossidazione viene condotta con un eccesso di comburente rispetto al valore stechiometrico, la gassificazione viene condotta con quantitativi di agente ossidante (normalmente aria, ma anche aria arricchita con ossigeno o addirittura ossigeno puro) inferiore a quello stechiometrico. I prodotti derivati della gassificazione dei rifiuti sono costituiti essenzialmente da:

- una corrente gassosa (gas derivato o "syngas"), costituente il prodotto principale, che può contenere frazione condensabili ("TAR") a temperatura ambiente;
- un residuo solido costituito dagli inerti e dalla frazione organica non convertita ("char").

Per materiali a matrice organica, che includono una grande varietà di rifiuti, il gas prodotto consiste in una miscela di ossido di carbonio, anidride carbonica, idrogeno, metano, acqua, azoto, con quantità minori (in dipendenza dalle condizioni operative) di idrocarburi più pesanti. Esso presenta un potere calorifico inferiore piuttosto ridotto, che è funzione delle caratteristiche del materiale trattato e delle condizioni operative del processo, in genere compreso tra 4 e 10 MJ/Nm<sup>3</sup> (il gas naturale ha mediamente un potere calorifico di circa 35 MJ/Nm<sup>3</sup>) nel caso di gassificazione con aria; nel caso di impiego di ossigeno si ha la produzione di un vero e proprio gas di sintesi con poteri calorifici maggiori ed in genere compresi fra 10 e 17MJ/Nm<sup>3</sup>. Tale gas può essere impiegato come combustibile in un generatore di vapore ovvero come carburante per motori a combustione interna o per turbine a gas. Nella maggior parte dei casi il gas prodotto dalla

gassificazione di rifiuti contiene composti condensabili e particelle solide, che debbono essere rimosse prima del suo successivo impiego. Il contenuto di tali composti dipende, oltre che dal rifiuto, soprattutto dalle condizioni operative di gassificazione. Nel processo di gassificazione il calore necessario al processo viene fornito, in toto o parzialmente, dalle reazioni di ossidazione parziale che riducono le esigenze di apporti di calore dall'esterno. La temperatura e la sua distribuzione all'interno del reattore influenzano le caratteristiche del gas ottenuto e la ripartizione percentuale fra i vari prodotti ottenibili, come riportato qualitativamente nella figura 3.2. Anche se il processo può essere condotto in un ampio campo di temperature, di norma la formazione del gas ha luogo a temperature dell'ordine dei 750 °C o superiori. La temperatura operativa risulta di norma compresa fra 800-1100 °C nella gassificazione con aria e tra 1000- 1400 °C in caso di impiego di ossigeno.



*Figura 3.2 : Influenza della temperatura sulle caratteristiche dei prodotti*

Attualmente i migliori risultati nell'applicazione del processo di gassificazione sono stati ottenuti su rifiuti aventi caratteristiche piuttosto omogenee. Per questo nel caso di RU si preferisce applicarla ad un combustibile derivato (CDR) ovvero ad un rifiuto che ha subito un processo di pretrattamento, ad esempio attraverso una pirolisi. Per l'applicazione industriale dei processi di gassificazione (e pirolisi) dei rifiuti sono state proposte differenti configurazioni impiantistiche, anche molto diversificate fra loro, che possono essere raggruppate secondo i seguenti parametri:

- la tipologia dell'apparecchiatura di conversione;
- le condizioni operative adottate nel ciclo completo di produzione ed utilizzo del gas derivato e di eventuali altri sottoprodotti.

Riguardo alle tipologie di apparecchiature adottate è possibile, in linea generale, raggruppare le apparecchiature impiegate nelle seguenti tipologie, riferibili sia alla gassificazione sia alla pirolisi:

- reattori a letto fisso;
- reattori a letto fluido;
- reattori a letto mobile;
- reattori di tipo particolare.

Per quanto riguarda specificatamente la gassificazione, con riferimento alle diverse tipologie di apparecchiature precedentemente individuate, vengono riportati sinteticamente nella tabella 3.3, i vari tipi di configurazione attualmente messi a punto per la realizzazione del contatto solido-gas. Ciascuna tipologia presenta vantaggi e svantaggi e va selezionata in funzione delle caratteristiche del materiale da trattare e di quelle desiderate per il gas derivato. In generale la differenza sostanziale risiede nei differenti tempi di residenza (dell'ordine delle ore nei gassificatori statici, dei minuti in quelli a letto fluido ed anche inferiore in particolari tipologie di apparecchiature) e nella velocità di riscaldamento, variabile da alcuni °C/s (letto fisso) a 102-103 °C/s (letti fluidi ed altre specifiche tipologie di reattori).

Tipo di Reattore	Modalità di Contatto
<b>Letto Fisso:</b> "Downdraft" "Updraft" Equicorrente Contro corrente Correnti incrociate Varianti	Il solido ed il gas si muovono verso il basso, in equicorrente. Il solido si muove verso il basso e il gas si muove verso l'alto, in controcorrente. Il solido e il gas si muovono nella stessa direzione, ad es. come nel caso "downdraft" oppure entrambi verso l'alto. Il solido e il gas si muovono in direzioni opposte (ad es. come nel caso "updraft" ma i flussi delle correnti possono anche essere invertiti). Il solido si muove verso il basso, il gas si muove perpendicolarmente, cioè con moto orizzontale. Letto mescolato, gassificazione in due stadi.
<b>Letto Fluido:</b> Bollente Circolante Trascinato Reattori accoppiati	Velocità gas relativamente bassa, il solido inerte resta all'interno del reattore. Il solido inerte viene trascinato con la corrente gassosa, separato e ricircolato. Presenta elevate velocità della fase gassosa più leggera, può essere realizzato in un reattore di tipo ciclonico. La pirolisi (e/o la gassificazione con vapore) avviene nel 1° reattore, il char prodotto viene trasferito nel 2° reattore, dove è combusto per riscaldare l'elemento fluidificante la ricircolazione. Come combustore viene di norma impiegato un letto bollente.
<b>Letto Mobile:</b> Varianti	Il solido è trasportato meccanicamente di norma orizzontalmente. Esso è tipicamente usato per processi a bassa temperatura quali la pirolisi. Piani multipli, letto mobile orizzontale, piani inclinati, cilindro con coclea.
<b>Altro:</b> Tamburo Rotante Reattori di tipo ciclonico o "Vortex"	Garantisce un buon contatto gas-solido, tramite la rotazione. Sfruttano i fenomeni di attrito e abrasione derivanti dall'alta velocità delle particelle per conseguire elevate velocità di reazione.

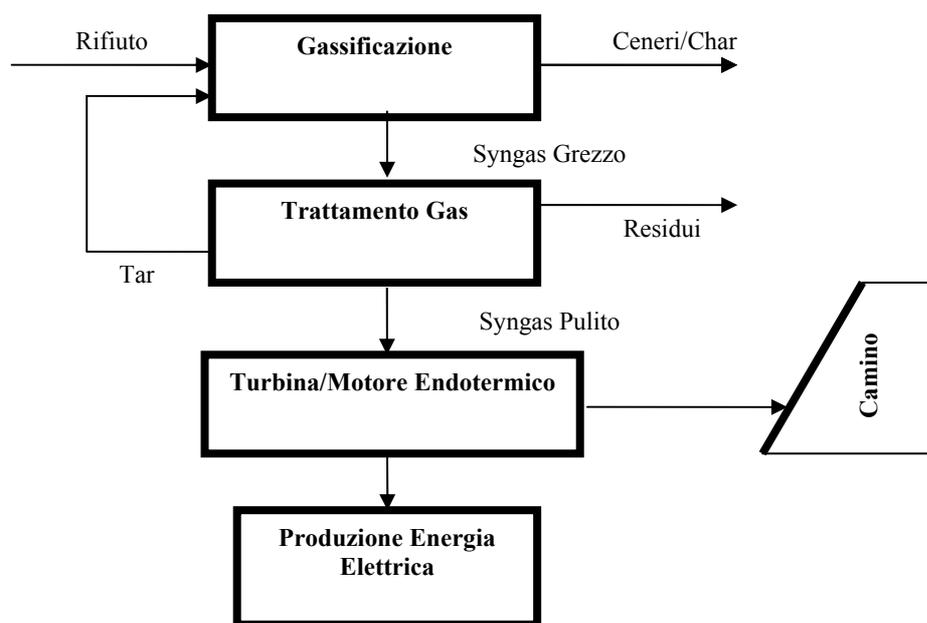
Tabella 3.3 : Tipologie di reattori di gassificazione

Per la gassificazione sono stati sperimentati sistemi con aria o con ossigeno (o anche con aria arricchita di ossigeno), operanti sia a pressione atmosferica sia in pressione. L'impiego di ossigeno (o di aria arricchita) porta come conseguenza a portate inferiori di gas, con migliori poteri calorifici, ma necessita di costi aggiuntivi per il suo approvvigionamento e può dare luogo a problematiche di gestione supplementari legate a questioni di sicurezza. L'utilizzo di sistemi in pressione consentirebbe, in linea di principio, l'alimentazione diretta del gas prodotto in una turbina a gas. Questa soluzione risulta essere particolarmente interessante per la possibilità di ottenere elevati rendimenti di conversione in energia elettrica anche tramite l'eventuale accoppiamento con cicli convenzionali a vapore basati sul recupero del calore dei fumi di scarico della turbina.

Allo stato attuale, tuttavia, le già citate non eccellenti caratteristiche qualitative del gas ottenuto, rendono necessari trattamenti preventivi di depurazione che determinano consistenti riduzioni sia di temperatura, sia di pressione, attenuando di molto i vantaggi applicativi di tali soluzioni. A questo riguardo, di sicuro interesse appaiono, in prospettiva, le possibilità legate allo sviluppo di sistemi di depurazione ad alta temperatura e di conversione del TAR tramite cracking termico o catalitico. In pratica i sistemi attualmente proposti prevedono, nella maggioranza dei casi, l'adozione di tecnologie a pressione atmosferica.

### 3.4.2 L'impianto thermogenics

L'impianto thermogenics per la gassificazione di rifiuti risulta composto da diversi sotto-sistemi come sintetizzato nella seguente figura :



Ed è costituito da un sistema di alimentazione, un reattore a letto mosso, due precipitatori elettrostatici, uno scambiatore di calore ad acqua, un Chiller, un motore e una torcia. I rifiuti alimentabili al reattore, singolarmente e/o in miscela, sono plastica, pneumatici, biomassa e CDR preliminarmente ridotti in una pezzatura idonea (circa 5cm). Di seguito si riportano le caratteristiche di ogni singola apparecchiatura.

### 3.4.3 Sistema di alimentazione

I rifiuti sono caricati in una tramoggia a sezione trapezoidale aperta nella parte superiore alla cui base sono disposte 5 coclee, di diversa lunghezza, la cui rotazione consente l'avanzamento del materiale. La tramoggia è collegata ad un condotto verticale dotato nella parte superiore di due pistoni idraulici che comprimono il rifiuto sulla cella di carico che, appena raggiunto un valore stabilito di pressione, si apre facendo cadere il rifiuto compattato nella parte inferiore del condotto in cui è presente una coclea. Il condotto verticale è collegato ad uno orizzontale in cui è presente una coclea che spinge il rifiuto in un altro condotto verticale dotato di coclea raffreddata che porta il materiale all'interno del reattore. Tale sistema impedisce la risalita dei gas prodotti nel reattore creando un letto di rifiuti che funge da filtro.

### 3.4.4 Gassificatore

Il sistema di reazione è un reattore a letto mosso del diametro interno di 1 m nel quale il rifiuto che viene sottoposto al processo di gassificazione costituisce il letto stesso. L'agente gassificante è aria per il 95%, con un contenuto di umidità non superiore al 30%, e vapore per il 5% e fluisce in equicorrente rispetto al rifiuto. La portata d'aria normalmente inviata è circa 1.2 volte quella dell'alimentazione che nel caso di segatura è pari a 450kg/h. L'aria viene inviata al reattore tramite un ventilatore; un tubo di Pitot consente la misurazione della pressione dinamica e della velocità dell'aria in movimento permettendo di ricavarne la portata in ingresso al gassificatore. Se il valore di tale portata non è quello previsto, è possibile effettuare una regolazione variando la velocità di rotazione del ventilatore. Il valore della portata d'aria e della pressione possono essere letti sul quadro presente esternamente all'impianto. Prima di entrare nel gassificatore, l'aria viene inviata in uno scambiatore a tubi e mantello posto sulla testa del reattore nel quale scambia calore con i fumi prodotti dalla gassificazione raggiungendo una temperatura di circa 300°C. L'aria entra poi da un unico condotto laterale nel reattore dove viene ulteriormente preriscaldata fluendo

all'interno di una serpentina disposta lungo le pareti. Un sistema di otto tubi orizzontali lunghi circa 25cm ognuno disposti a raggiera consente l'iniezione di tale aria calda attraverso ugelli presenti nella parte inferiore di ogni tubo. Il rifiuto che arriva dal basso si accumula al di sopra dei tubi di iniezione dell'aria e viene mescolato mediante un agitatore di forma elicoidale fissato solo nella parte superiore e raffreddato ad acqua. Durante la gassificazione, al fondo del reattore si raggiunge una temperatura variabile tra 700 e 960°C, a seconda del tipo di rifiuto alimentato, mentre in testa ci sono circa 560°C; la pressione nel reattore è atmosferica. Nella fase di start-up il reattore viene riscaldato elettricamente fino alla temperatura di 900°C che viene raggiunta in circa 30 minuti. Il sistema di riscaldamento viene spento solo quando la temperatura si stabilizza. Ogni apparecchiatura che costituisce l'impianto è dotata di indicatori di temperatura mentre l'unico lettore di pressione è posto a valle del sistema di pulizia del gas. Il reattore è dotato di un indicatore e controllore di livello che misura l'altezza del letto di rifiuti e agisce sull'alimentatore spegnendolo se il livello supera il valore fissato o accendendolo (è un controllo on/off). Il reattore è dotato anche di un controllore di temperatura che consente l'invio di vapore o acqua all'interno del gassificatore se il valore letto è troppo alto. Non sono previsti sistemi di misura della composizione del gas prodotto e mancano dispositivi sicurezza per le eventuali sovrappressioni che si possono verificare durante il processo. Il gas prodotto viene inviato ad un motore per la produzione di energia elettrica e poi ad una torcia; non è previsto alcun riciclo al reattore. Un tubo di Pitot consente la misurazione della pressione dinamica e della velocità del gas in movimento permettendo di ricavarne la portata in ingresso al motore. Il valore della portata di gas prodotta e della pressione possono essere letti sul quadro presente esternamente all'impianto. Sul personal computer presente nella sala controllo è installato un software per l'acquisizione dei dati.

#### *3.4.5 Scarico ceneri*

Le ceneri prodotte durante la gassificazione si depositano sul fondo del reattore al di sotto dei tubi di immissione dell'aria e sotto il letto di rifiuti. Tali ceneri sono

scaricate mediante una coclea orizzontale che le invia in un contenitore non inertizzato a cui è collegato un condotto a 45° nel quale un'altra coclea consente la risalita delle ceneri raccolte fino ad un punto di prelievo.

#### 3.4.6 Sistema di pulizia del gas

Tale sistema è costituito da un precipitatore elettrostatico seguito da uno scambiatore di calore ad acqua, da un chiller, da un secondo precipitatore elettrostatico e, a valle di un motore, da una torcia. Le temperature del gas in uscita dai vari sotto-sistemi sono: dopo il primo precipitatore circa 90°C (200°F), dopo lo scambiatore di calore tra 25 e 50°C (80-120°F), dopo il chiller circa 15°C (60°F), temperatura mantenuta fino all'uscita dal secondo precipitatore.

Il primo precipitatore consente la separazione dal gas di processo del tar prodotto dalla gassificazione che viene riciclato, mediante una coclea in quantità non misurata, al fondo del reattore e rialimentato, umido, insieme al rifiuto fresco.

Il sistema di raffreddamento è costituito da uno scambiatore ad acqua e da un chiller. Lo scambiatore di calore consente il raffreddamento del gas di processo. La portata di acqua utilizzata può essere regolata grazie ad un controllore di temperatura posto all'uscita dello scambiatore di calore e collegato ad una pompa. L'acqua calda, a circa 60°C (140°F), in uscita viene raffreddata in un altro scambiatore per poi essere rinviata a temperatura ambiente in testa allo scambiatore di partenza. Nel chiller il gas di processo viene raffreddato utilizzando freon. Tale gas, che fluisce in un circuito chiuso, viene inizialmente compresso e quindi si riscalda fino a circa 70°C (150°F), viene poi inviato ad uno scambiatore di calore in cui è raffreddato fino ad una temperatura compresa tra 30 e 40°C (80-100°F) e infine espande nel chiller raffreddando il gas di processo. Nello stesso scambiatore di calore è raffreddato l'olio idraulico che fluisce, come il freon, in tubi disposti nella parte bassa di tale apparecchiatura immersi in un bagno d'acqua a cui viene ceduto il calore accumulato dai due fluidi. L'acqua di tale bagno viene pompata verso l'alto per poi essere raffreddata con aria durante la ricaduta al fondo dello scambiatore. Nella parte superiore dell'apparecchiatura (dove non è presente il bagno d'acqua) ci sono i tubi in cui fluisce l'acqua

proveniente dallo scambiatore di calore posto a valle del primo precipitatore, che viene raffreddata grazie all'aria inviata da una soffiante. La temperatura di tale acqua, così come quella del bagno, è misurata. C'è un controllore di temperatura all'uscita del chiller collegato al compressore del freon che regola la portata necessaria a raffreddare i gas. Nel secondo precipitatore elettrostatico avviene l'abbattimento dell'aerosol ancora presente nel gas di processo. Il tar, l'olio e l'acqua in uscita dal precipitatore sono inviati ad un separatore che consente il riciclo del tar al reattore.

#### 3.4.7 Pannello di controllo

Sono riportati diversi indicatori di temperatura (non tutti effettivamente presenti sull'impianto) e di pressione e pulsanti per il controllo delle valvole e del sistema di riscaldamento elettrico del reattore. “D22” *System Output Flow* è un indicatore presente sul pannello che fornisce il valore della portata di gas prodotta (è collegato al tubo di Pitot in uscita); “D23” *Inlet Air Flow* è l'indicatore della portata d'aria inviata al reattore (è collegato al tubo di Pitot); “D2” *Main Pressure* è l'indicatore che segna i picchi di pressione del gas in uscita dall'impianto.

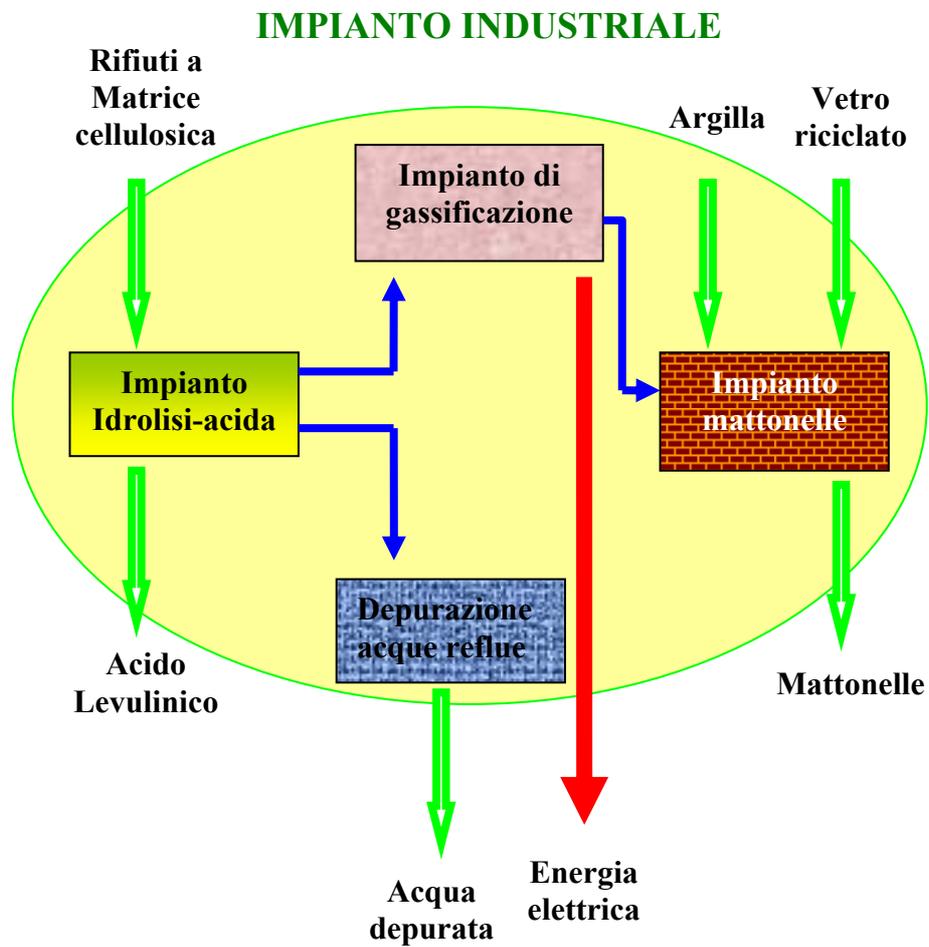
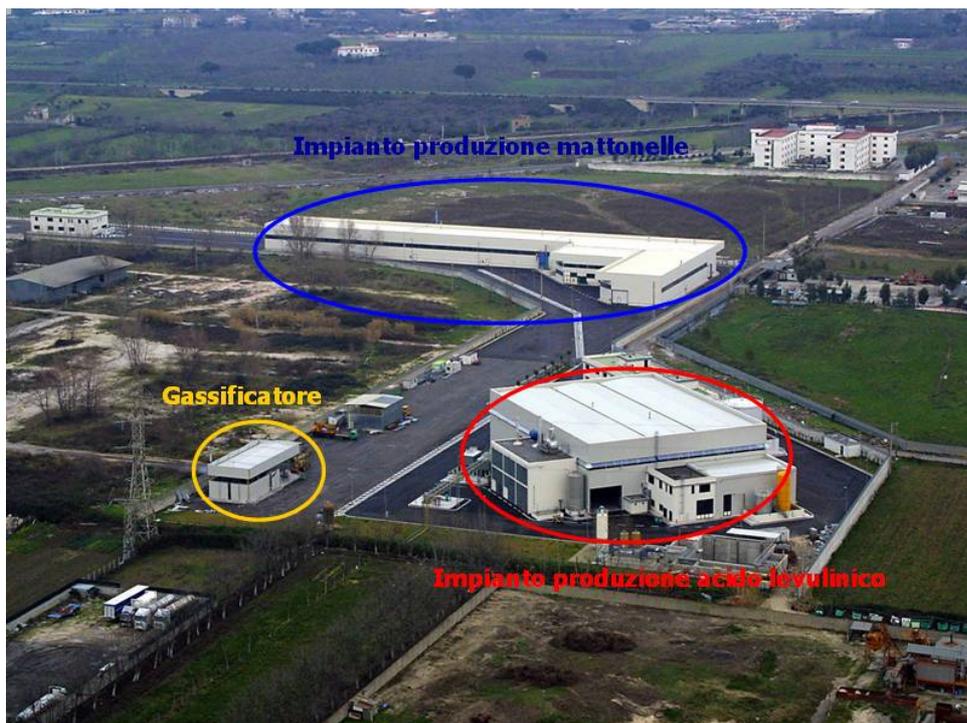


Figura n° 3.3 : Schema dell'intero stabilimento



Figura n° 3.4 : Locazione dello stabilimento



*Figura n° 3.5 : Veduta dello stabilimento*



*Figura n° 3.6 : Veduta dello stabilimento*



*Figura n° 3.7 : Ciclo di trasformazione della cellulosa*



*Figura n° 3.8 : Silos stoccaggio P.F.*



*Figura n° 3.9 : 2° Reattore di idrolisi*



*Figura n° 3.10 : Evaporatore acqua*



*Figura n° 3.11 : Gassificatore*



*Figura n° 3.12 : Impianto antincendio e stazione di pompaggio acqua di processo*



*Figura n° 3.13 : Mattonelle prodotte*



*Figura n° 3.14 : Dettaglio vetro da R.D.*



*Figura n° 3.15 : Vetro da R.D.*

## 4 Impianti di depurazione dello stabilimento

### *4.1 Impianti di depurazione dello stabilimento chimico*

L'impianto non prevede alcuna produzione di effluenti nocivi per l'ambiente, né produzione di acque reflue contaminate. L'impianto chimico per la produzione di acido levulinico è dotato di sistemi di depurazione delle acque reflue e di un sistema di gassificazione a letto mosso brevettato dalla Thermogenics, Inc., New Mexico, USA, con sistema di pulizia dei fumi.

#### *4.1.1 Depurazione reflui impianto chimico*

I reflui in ingresso all'impianto di depurazione hanno una portata di circa 264 t/giorno ed una temperatura prossima a 70°C. La composizione delle acque reflue, fornita dalla Società Biometrics Inc., è la seguente:

BOD<sub>5</sub> = 65000 mg/l

COD = 80000 mg/l

Solfati = 100 mg/l

Furaldeide = 4,21%

Acido formico = 2,70%

Acido levulinico = 0,05%

Le acque depurate recapitano in pubblica fognatura gestita dal Comune di Caserta, pertanto rispetteranno i limiti previsti dalla tabella 3 dell'allegato 5 al D.lgs.258/00. L'impianto per il trattamento delle acque reflue opera in due fasi sequenziali: trattamento chimico-fisico e trattamento biologico.

I reflui confluiscono in una vasca di accumulo e di equalizzazione, dalla quale vengono sollevate ed iniettate in uno stripper, dove ricevono una correzione di pH mediante idrossido di calcio. L'aria contenente la furaldeide strippata viene convogliata ai bruciatori della caldaia per la produzione di vapore, eliminando così un punto di emissione in atmosfera. Il refluo viene inviato in uno scambiatore a fasci tubieri dove viene iniettato il perossido di idrogeno per l'ossidazione della furaldeide ed il solfato ferroso come catalizzatore. Poiché la reazione è fortemente

esotermica, si fa passare acqua nel mantello dello scambiatore per mantenere la temperatura di reazione a circa 60°C: un valore della temperatura inferiore a 30°C è insufficiente per l'innescio della reazione, mentre un valore superiore a 70°C provoca una eccessiva formazione di schiuma e conseguentemente grosse difficoltà operative. Il refluo passa in un bacino miscelato, in cui prosegue l'ossidazione con ulteriore aggiunta dei reagenti per circa un'ora. Mediante una cappa (ventilatore centrifugo) i vapori vengono convogliati alla caldaia per la produzione di vapore. Il refluo in uscita viene neutralizzato con latte di calce (pH=7,5) e subisce l'aggiunta di adsorbente bentonitico per la flocculazione.

La sedimentazione del flocculato avviene in un sedimentatore statico a flusso verticale dal fondo del quale vengono prelevati i fanghi del chimico-fisico che, dopo l'aggiunta di ulteriore flocculante, subiscono l'ispessimento. Il quantitativo giornaliero di fanghi prodotti si aggira intorno al valore di 7000 kg di secco.

A questo punto del processo, il 99% della furaldeide è stata abbattuta, per cui il refluo in uscita ha ancora una concentrazione in furaldeide pari a 0,04% mentre il valore del COD si aggira intorno a 9000 mg/l. Tra il trattamento chimico-fisico ed il biologico, vi è una vasca di accumulo ed equalizzazione allo scopo di rendere indipendenti le due unità. L'operazione di ossidazione biologica avviene in due stadi costituiti ciascuno da un sedimentatore, dal fondo del quale vengono riciclati i fanghi in vasca e vengono spillati i fanghi di supero, che insieme a quelli del secondo stadio ed a quelli prodotti dall'impianto chimico-fisico costituiscono l'unico rifiuto solido speciale in uscita dall'insediamento produttivo.

Nel primo sedimentatore si realizza un abbattimento del COD pari a 75% del valore iniziale (circa 20.000 mg/l), nel secondo si realizza l'ulteriore abbattimento del COD fino ad una concentrazione inferiore a 500 mg/L. I fanghi estratti dai due sedimentatori vengono disidratati mediante centrifugazione.

#### 4.1.2 *Trattamento dei residui solidi e dei fumi e vapori*

I residui solidi provenienti dall'impianto chimico per la produzione di acido levulinico, costituiti essenzialmente da lignina e altre sostanze vegetali che non partecipano all'idrolisi acida del processo, verranno convertiti in energia mediante

un impianto di gassificazione a letto mosso; in tal modo si coprirà il fabbisogno energetico dell'impianto oltre a ridurre i costi per lo smaltimento. Il termoreattore opera a bassa pressione e la temperatura viene controllata. Dopo la combustione le ceneri vengono convogliate in un serbatoio di raffreddamento. I gas prodotti dal reattore passano attraverso un sistema di pulizia dei gas e subiscono un processo di raffreddamento attraverso una serie di griglie coibentate in modo da non avere scambi di temperature con l'esterno ed evitare condense. Il trattamento dei gas avviene tramite precipitatore elettrostatico. L'impianto è dotato di un sistema di controllo in continuo dei parametri di funzionamento, della temperatura e della pressione dei gas.

#### ***4.2 Impianti di depurazione reflui dello stabilimento di produzione mattonelle***

L'impianto di produzione di mattonelle è dotato di un sistema di depurazione delle acque reflue industriali, tali acque, provengono principalmente dal lavaggio della linea di smaltatura e dai mulini di macinazione del vetro. Le acque depurate, vengono poi riciclate all'interno del ciclo di produzione delle mattonelle.

##### ***4.2.1 Depurazione reflui impianto produzione mattonelle***

Il ciclo di depurazione può considerarsi costituito dalle seguenti fasi in successione:

###### ***Accumulo ed equalizzazione acque grezze***

Le acque da trattare sono accumulate nella vasca di accumulo ed equalizzazione delle acque grezze (VI). Il sistema di ossigenazione ed omogeneizzazione delle acque da chiarificare impiegato è del tipo ad insufflaggio tramite soffiante a lobi (SL), montato su apposita struttura e dotato di gruppo di distribuzione e insufflaggio aria.

###### ***Sistema di alimentazione***

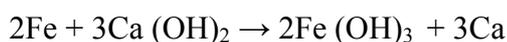
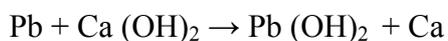
Una pompa sommergibile (PM) con funzionamento automatico controllato da livellostato (LC1) realizza l'alimentazione delle acque da depurare al

chiariflocculatore, prelevandole da un pozzetto di raccolta. Un sistema costituito dal medesimo livellostato e da una elettrovalvola normalmente chiusa permette inoltre di utilizzare la pompa anche al fine di mantenere l'agitazione dell'acqua nel pozzetto di raccolta allorché il livello in tale serbatoio raggiunga una soglia minima. Tale miscelazione, ottenuta realizzando un ricircolo temporizzato della mandata della pompa autoadescante nel pozzetto stesso, permette di mantenere in sospensione i solidi contenuti nell'acqua, evitandone la sedimentazione e l'accumulo sul fondo del pozzetto.

### Coagulazione e flocculazione

Tali processi avvengono nella vasca interna di reazione (VR) provvista di elettroagitatore (AG). Mediante tre pompe dosatrici (PD1), (PD2), (PD3) ha luogo il dosaggio di tre sostanze reagenti: alcalinizzante, coagulante e polielettrolita, al fine di ottenere un processo di neutralizzazione e coagulazione-flocculazione.

Il dosaggio della sostanza alcalinizzante (soda o latte di calce) consente un controllo del PH fino ai valori ottimali per lo svolgimento del processo e per la formazione degli idrossidi dei metalli pesanti presenti in sospensione. Ipotizzando di dosare calce idrata come sostanza alcalinizzante si avrebbe infatti:



La sostanza coagulante attiva il processo di flocculazione, mentre il polielettrolita aggiunto favorisce il processo di flocculazione e consente di ottenere fanghi facilmente disidratabili. Il dosaggio avviene automaticamente nella misura strettamente necessaria, ed è asservito a un sistema di controllo del PH, che permette in ogni istante di avere le condizioni ottimali per il processo di coagulazione-flocculazione, consentendo, tra l'altro, un notevole risparmio di sostanze reagenti. La vasca di reazione è dotata di un sistema di agitazione meccanica studiato per assicurare una buona miscelazione delle sostanze reagenti con l'acqua da trattare e consentire la formazione dei fiocchi, pur evitandone, al contempo, la rottura e la sedimentazione.

### Chiarificazione

L'acqua così trattata viene trasferita dalla vasca interna di reazione alla vasca di decantazione (D) dove, in base ad un prestabilito tempo di residenza, può avvenire la separazione per gravità delle particelle sedimentabili, e il recupero dell'acqua chiarificata. Il passaggio dell'acqua dalla vasca interna di reazione alla vasca di decantazione avviene attraverso uno stramazzo Thompson. Un deflettore cilindrico, disposto attorno al punto di sbocco, volge inizialmente il flusso verso il basso; il liquame, raggiunta l'estremità inferiore del deflettore ed entrato nella zona di sedimentazione vera e propria, si muove quindi verso l'alto. L'azione di trascinamento che si esercita sulle particelle sospese si esplica in una forma che si oppone, lungo la medesima direzione, al peso delle particelle stesse. Le particelle sospese cui compete una velocità di caduta equivalente a quella ascensionale dell'acqua, non potendo né sedimentare sul fondo, né raggiungere la superficie, si mantengono in condizioni di equilibrio all'interno della vasca, formando un letto fluidizzato in accumulo. Tale zona esercita una vera e propria azione filtrante nei confronti delle particelle più piccole che, essendo più leggere, sarebbero altrimenti trascinate verso l'alto. Essendo poi il fango di natura fioccosa, si verificano dei fenomeni di agglomerazione che conducono alla formazione di fiocchi che ingrossandosi arrivano a dimensioni sufficienti perché l'azione della gravità possa provocarne la sedimentazione sul fondo. Lo sfioro del chiarificato avviene lungo una canaletta perimetrale, attraverso una corona di stramazzi tipo Thompson. Sotto la zona di sedimentazione è presente una tramoggia per la raccolta del fango sedimentato.

### Scarico e ispessimento dei fanghi

I fanghi raccolti in tramoggia vengono estratti mediante una valvola elettropneumatica (VF) e scaricati nei sottostanti sacconi di addensamento (FS) attraverso una tubazione di distribuzione. I fanghi permangono nei sacconi per un prefissato periodo di tempo, durante il quale hanno modo di rilasciare parte dell'acqua in essi contenuta. Una consistente quantità di acqua ha inoltre modo di evaporare. L'acqua percolata viene raccolta in una apposita vaschetta inferiore per essere ricircolata in testa all'impianto.

### Alimentazione acque da trattare

Nella stessa vasca VI della soffiante è alloggiata la pompa di alimentazione dell'impianto (PM). L'azionamento automatico della pompa di alimentazione è comandato dall'attivazione delle soglie di massimo e di minimo del livellostato (LC1). La misura della portata mediamente alimentata all'impianto può essere effettuata misurando il quantitativo di acqua scaricato dal depuratore in un prefissato periodo di tempo sufficientemente lungo. La portata istantaneamente alimentata può essere regolata manovrando la valvola o il gruppo di valvole installate sulla mandata della pompa.

### Chiariflocculatore monoblocco

Al corpo di decantazione autoportante sono assemblati la vasca interna di reazione con il sistema di distribuzione dell'acqua, le pompe di dosaggio dei prodotti reagenti, e il quadro elettrico di comando.

### Vasca interna di reazione

La vasca VR costituisce il primo stadio del trattamento. In essa ha luogo il processo di neutralizzazione e coagulazione-flocculazione, tramite l'aggiunta dei prodotti reagenti. Il trasferimento dell'acqua trattata da questa vasca alla vasca di decantazione avviene per tracimazione attraverso il bordo periferico dentellato (stramazzo Thompson).

### Sistema di agitazione meccanica

La vasca di reazione è dotata di un sistema di agitazione meccanica studiato per assicurare una buona miscelazione delle sostanze reagenti con l'acqua da trattare e consentire la formazione dei fiocchi, pur evitandone, al contempo, la rottura e la sedimentazione. Il sistema è costituito da un agitatore a nr. 4 pale eseguito in acciaio inox, da motoriduttore, con sistema di trasmissione a vite senza fine. L'azionamento e l'arresto dell'agitazione avviene in concomitanza con l'alimentazione dell'acqua da trattare alla vasca di reazione.

### Vasca di decantazione

In questa vasca, in base ad un prestabilito tempo di residenza, può avvenire la separazione per gravità delle particelle sedimentabili, e il recupero dell'acqua chiarificata. L'alimentazione dell'acqua tracimata dalla vasca interna di reazione avviene all'interno di un deflettore cilindrico disposto attorno al punto di sbocco,

il quale convoglia il flusso verso il basso fino alla sua estremità inferiore, permettendo di evitare ogni turbolenza che possa disturbare il processo di decantazione. Il recupero del chiarificato avviene all'interno di una canaletta periferica, attraverso una corona di stramazzi tipo Thompson disposta nella parte superiore della vasca. Sotto la zona di sedimentazione è presente una tramoggia per la raccolta del fango sedimentato. Lo scarico dei fanghi raccolti in tramoggia avviene attraverso un bocchettone inferiore dotato di valvola ad azionamento elettropneumatico del tipo a manicotto (VF). La vasca di decantazione è eseguita in lamiera di acciaio INOX per quanto riguarda le parti a contatto con l'acqua; in acciaio al carbonio verniciato per quanto riguarda ripari antinfortunistici e carpenterie.

#### Dosaggio soluzioni di prodotti chimici

Al fine di realizzare il processo di neutralizzazione e coagulazione-flocculazione, nella vasca interna di reazione viene effettuato il dosaggio di tre sostanze reagenti: coagulante, ausiliario di coagulazione, alcalinizzante. Il dosaggio avviene in automatico per mezzo delle pompe dosatrici (PD1), (PD2) e (PD3), che prelevano le soluzioni di prodotti dai rispettivi serbatoi di accumulo.

#### Pompe dosatrici (PD2), (PD3)

Effettuano rispettivamente il dosaggio del coagulante e dell'ausiliario di coagulazione. Sono pompe a regolazione manuale di tipo elettromagnetico.

Il funzionamento è assicurato da una membrana in teflon montata sul pistone di un elettromagnete alimentato in corrente continua. Quando il pistone dell'elettromagnete viene attratto si produce una pressione sul corpo pompa con una espulsione di liquido dalla valvola di mandata. Al termine dell'impulso elettrico una molla riporta il pistone nella posizione iniziale con un richiamo di liquido attraverso la valvola di aspirazione. I materiali utilizzati per la costruzione della pompa la rendono adatta anche per l'uso di liquidi particolarmente aggressivi. Durante il funzionamento della pompa il dosaggio della sostanza liquida è costante nel tempo, e può essere regolato tramite un apposito comando manuale che regola il numero di iniezioni al minuto.

### Pompa dosatrice (PDI)

Effettua il dosaggio in automatico della sostanza alcalinizzante. E' una pompa di tipo elettromagnetico, con principio di funzionamento analogo a quello descritto precedentemente, in cui però il dosaggio con sistema ON - OFF è subordinato alla segnalazione di un sistema pH-metro incorporato nella pompa, e costituito da un rilevatore di pH con display di visualizzazione e da un trasduttore. Il rilievo in soluzione continua del pH dell'acqua contenuta nella vasca di reazione viene realizzato mediante una sonda pH con portasonda inserita nella vasca stessa, collegata con cavo schermato allo strumento rilevatore incorporato nella pompa. Dopo aver impostato una soglia corrispondente al valore di pH che si desidera mantenere nella vasca di reazione, dopo aver regolato la pompa, e dopo aver effettuato la taratura dello strumento pH-metro, il sistema ON-OFF fa sì che la pompa si fermerà quando la lettura del display coinciderà con quella impostata.

### Sistema di scarico dei fanghi

I fanghi di risulta raccolti nella tramoggia del decantatore vengono estratti attraverso l'apertura della valvola di scarico, per essere scaricati nei sacconi di addensamento (FS) attraverso una tubazione di distribuzione. Il sistema di scarico dei fanghi consiste in : scarico automatico mediante valvola normalmente chiusa con comando elettropneumatico, asservita da un timer.

Per determinare la frequenza temporale di scarico dei fanghi, in via approssimativa si può considerare il fatto che a un maggiore periodo di permanenza dei fanghi nel decantatore corrisponde un più elevato grado di ispessimento degli stessi, e che in ogni caso, onde evitare fenomeni di trascinamento con il chiarificato, tale periodo di permanenza deve essere inferiore al tempo impiegato dal livello dei fanghi in accumulo a raggiungere l'estremità inferiore della zona di sedimentazione (condizione di tramoggia piena). L'ottimale valore di frequenza di scarico dei fanghi è comunque in funzione della effettiva quantità di solidi contenuta nelle acque da trattare, del tipo di prodotti reagenti utilizzati nel processo di depurazione e delle quantità impiegate.

### Sistema di ispessimento dei fanghi

I fanghi di risulta scaricati dal decantatore vengono alimentati al sistema di ispessimento, costituito da un filtro a sacchi (FS), attraverso una tubazione di

distribuzione. I fanghi permangono nei sacconi per un prefissato periodo di tempo, durante il quale hanno modo di rilasciare parte dell'acqua in essi contenuta. Una consistente quantità di acqua ha inoltre modo di evaporare. L'acqua percolata raccolta in una apposita vaschetta inferiore deve essere ricircolata in testa all'impianto. Il dispositivo è costituito da una serie di sacconi di addensamento in RAFIA NYLON, inseriti in un telaio di supporto con sistema di fissaggio manuale con cinghie stringisacco. I fanghi vengono alimentati per caduta naturale attraverso una tubazione di distribuzione. Il tempo di permanenza dei fanghi nei sacconi è dell'ordine delle 24 - 48 ore. Il grado di umidità residua dei fanghi trattati dipende da varie condizioni, fra cui le caratteristiche di inquinamento dell'acqua depurata, la quantità e il tipo di prodotti reagenti utilizzati nel processo depurativo, l'intervallo temporale di ispessimento dei fanghi, e le condizioni ambientali e climatiche.

#### Filtrazione finale

L'acqua decantata, in uscita dal decantatore continuo circolare, viene raccolta in una vasca di rilancio (V2) e da qui viene inviata tramite pompa centrifuga per acque chiare (PR) al filtro finale (FZ) a pressione. Il corpo di riempimento è costituito da "zeolite"; tale materiale consente una facile e agevole pulizia in controcorrente. In questo stadio vengono separati dall'acqua una buona parte di solidi sfuggiti dalla fase di decantazione. Le caratteristiche di scambio ionico proprie della zeolite contribuiscono inoltre a migliorare la qualità dell'acqua in uscita dal trattamento. Il funzionamento è gestito in automatico tramite valvole.

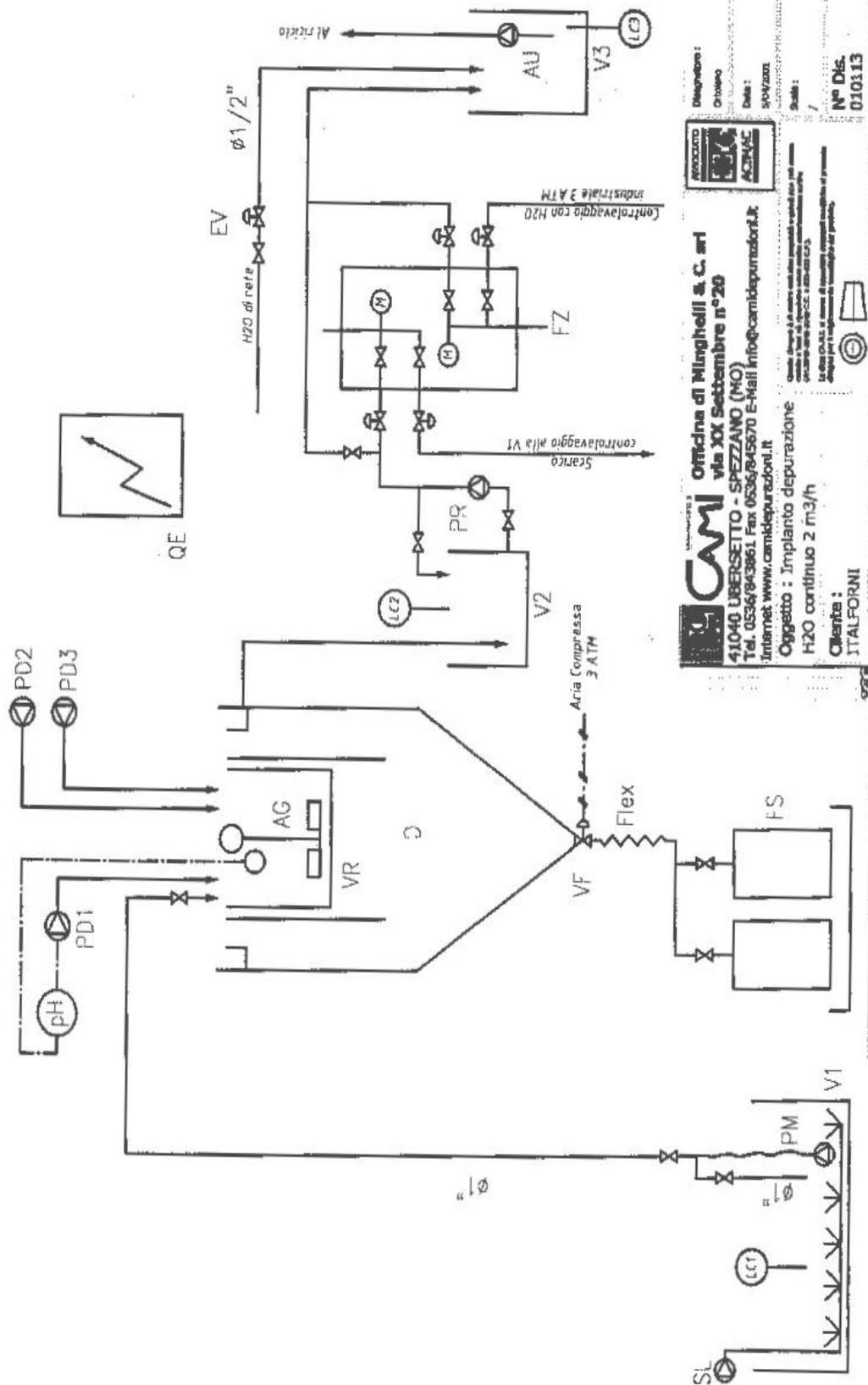


Figura n° 4.1 : Schema dell'impianto di depurazione acque reflue

### ***4.3 Impianti di depurazione fumi dello stabilimento di produzione mattonelle***

L'impianto di produzione di mattonelle è dotato di tre sistemi di depurazione dei fumi, tali sistemi sono filtri a maniche. Un primo filtro a maniche è posto in prossimità dei silos di stoccaggio dell'argilla, tutte le polveri (per il 99,9% argilla) abbattute, rientrano nel ciclo produttivo. Un secondo filtro a maniche è posto in prossimità della linea di smaltatura delle piastrelle, tutte le polveri abbattute, rientrano nel ciclo produttivo. Un terzo filtro a maniche riceve i fumi aspirati dal forno ed è dotato di un sistema per la rimozione dei gas acidi tramite l'introduzione di un reattivo (calce) nella corrente dei fumi. Tutte le polveri abbattute sono raccolte e catalogate come rifiuti speciali e rifiuti speciali pericolosi con codice CER 190105\* e 100105 e conferiti a ditte specializzate ed autorizzate per il corretto smaltimento.

#### ***4.3.1 Filtri a maniche***

Sono costituiti da un tessuto tubolare sostenuto tramite un cestello portante interno, solitamente in acciaio. Schematicamente il filtro a maniche si divide generalmente in tre zone:

- la zona di filtrazione, in cui i fumi, lambendo dall'esterno le maniche, attraversano il tessuto depositandovi le particelle;
- la zona superiore o di evacuazione, in cui i fumi vengono raccolti dopo essere stati aspirati dall'alto delle maniche;
- la zona inferiore o tramoggia, in cui vengono raccolte le particelle precipitate per scuotimento tramite getti periodici di aria compressa in controcorrente. Il processo di separazione delle particelle di polvere, contenute nei gas, mediante tessuto filtrante, dipende da numerosi fattori:
  - le forze di massa (inerzia);
  - l'effetto di sbarramento;
  - la diffusione;
  - le forze elettrostatiche;

- l'adesione.

Nel caso di diametri delle particelle ridotti e basse velocità dei fumi sono prevalenti i fenomeni di diffusione, mentre nel caso di velocità più elevate e particelle di maggiori dimensioni prevalgono gli effetti meccanici. Il grado di separazione è influenzato dallo spessore dello strato filtrante, dal diametro delle fibre e dal grado di separazione della fibra singola, influenzato a sua volta dalle dimensioni e dalla velocità della particella. La filtrazione non consiste semplicemente in una "setacciatura" della polvere trascinata nel flusso gassoso, ma è frutto anche di altri fenomeni. Ad esempio, una particella di dimensioni di pochi micron che attraversa il feltro di cui è composta la manica, ha, relativamente alle sue dimensioni, un percorso lunghissimo da compiere: più piccoli e tortuosi sono i "canali" che deve percorrere, più è bassa la sua velocità, più alta è la probabilità che essa interferisca, meccanicamente o attraverso gli altri meccanismi citati, con il mezzo filtrante. Per un mezzo filtrante, sia feltro che tessuto, la permeabilità all'aria, definita come la portata che causa, sulla superficie unitaria, la perdita di carico di 20 mm di colonna d'acqua (196 Pa), è un indice abbastanza significativo della capacità di trattenimento: a minore permeabilità corrisponde una maggiore capacità di captazione. La capacità di filtrazione dipende da:

- le caratteristiche della polvere da filtrare;
- la velocità di attraversamento del filtro;
- il tipo di filtro;
- le caratteristiche del mezzo filtrante.

Le prestazioni del filtro non risultano quindi definibili né con le dimensioni della più piccola particella filtrabile, (ad esempio 10 micron), né con una efficienza ponderale, (ad esempio 99,9%), dato che la quantità di polvere che esce dipende poco dalla concentrazione in ingresso; le prestazioni di un filtro sono definibili tramite la concentrazione di polvere in uscita espressa in  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Una indicazione sulla concentrazione di polvere in uscita può essere fornita quindi solo conoscendo la natura e l'analisi granulometrica della polvere, nonché la velocità di filtrazione, intesa come rapporto tra portata e superficie, che risulta essere il parametro di progetto ai fini della scelta del mezzo filtrante più appropriato.

La scelta del mezzo filtrante è molto vasta. Si impiegano sia tessuti che feltri: i tessuti agiscono come un supporto sul quale la polvere, depositandosi, forma uno strato microporoso capace di fermare le particelle più fini; i feltri sono essi stessi uno strato di fibre che, intrecciandosi, formano dei micropori. I feltri permettono rapporti di filtrazione più elevati ma richiedono sistemi di pulizia più sofisticati, mentre i tessuti vengono usati con velocità di attraversamento più basse e necessitano di cicli di pulizia meno frequenti. Le caratteristiche chimico-fisiche del mezzo filtrante (feltro o tessuto) influenzano enormemente l'efficienza e la stabilità del mezzo. La conoscenza della stabilità delle varie fibre è essenziale nella scelta del mezzo filtrante più adatto a un determinato processo di filtrazione. Un'indicazione di massima delle caratteristiche dei vari tessuti è riportata nella Tabella 4.1

**Tabella D.3.2 - Principali caratteristiche dei tessuti impiegati per i filtri a manica**

TIPO DI FIBRA	T° max (°C)		Resistenza a:		
	Cont./punta	Idrolisi	Acidi	Alcali	Ossidazione
Polipropilene	90/100	Ottima	Ottima	Ottima	Cattiva
Poliolfina per alta T°	125/130	Ottima	Ottima	Ottima	Cattiva
Poliammide	110/115	Cattiva	Moderata	Buona	Moderata
Poliacrilonitrile cop.	110/115	Buona	Moderata	Moderata	Buona
Poliacrilonitrile omo	125/140	Buona	Buona	Moderata	Buona
Poliestere	140/150	Cattiva	Moderata	Cattiva	Buona
M-aramide	180/220	Moderata	Moderata	Moderata	Buona
Polifenilensolfuro	190/200	Ottima	Ottima	Ottima	Buona
Poliimide	240/260	Buona	Buona	Moderata	Buona
Politetrafluoroetilene	250/280	Ottima	Ottima	Ottima	Ottima

Fonte: Linee guida CITEC (2002) [2]

*Tabella n° 4.1 : Caratteristiche dei tessuti impiegati per i filtri a manica*

La temperatura di esercizio di un filtro deve essere sempre superiore al punto di rugiada ("Dew point") della miscela di gas da depolverare: se la temperatura scende a livelli inferiori l'acqua in fase vapore contenuta nel gas condensa.

Le gocce di acqua in fase liquida non solo inumidiscono lo strato di polvere depositato sulle maniche aumentandone così la resistenza al passaggio dell'aria (e quindi la perdita di carico attraverso il filtro), ma disciolgono anche eventuali composti acidi causando corrosione su maniche e cestelli porta maniche. Le sostanze alcaline usate per le reazioni di neutralizzazione dei gas acidi sono solitamente:

1. calce idrata;
2. sodio carbonato;
3. sodio bicarbonato;
4. sodio idrossido.

Il metodo più frequentemente usato è il sistema a secco che prevede l'aggiunta del reagente in forma di polvere fine. Sebbene questo sistema richieda maggior quantità di reattivi dei sistemi ad umido e a semisecco, evita la formazione di rifiuti acquosi e fanghi da purificare. L'efficienza della rimozione degli inquinanti può variare considerevolmente in accordo con i seguenti parametri:

- tipo e quantità di reagente usato;
- temperatura del processo di trattamento del flusso gassoso;
- tipo di flusso gassoso da trattare.

La rimozione dei gas acidi viene effettuata tramite l'iniezione di reagenti alcalini nella corrente dei fumi. I principali processi di depurazione generalmente applicati sono:

- a secco, tramite l'iniezione di un reagente in polvere (calce o bicarbonato di sodio) nel flusso dei gas, in quantità in eccesso rispetto a quella stechiometrica. I sali di reazione e l'eccesso di reagente, allo stato solido, vengono rimossi tramite filtrazione (su filtro a maniche) e in parte riciclati per limitare il consumo di reagente. Non è previsto l'impiego di acqua;
- a semi secco nei quali l'agente adsorbente è aggiunto al flusso dei gas allo stato di soluzione o in sospensione (es. latte di calce). Il processo richiede la presenza di un reattore, a causa dei maggiori tempi di contatto richiesti per l'evaporazione dell'acqua. Anche in questo processo il prodotto di reazione, allo stato solido in polvere, viene trattenuto nel filtro e in parte riciccolato. Il consumo di reagente è di 1,5-2,5 volte lo stechiometrico;
- ad umido, nei quali il flusso di gas viene messo a contatto, in apposite colonne, con una soluzione contenente il reagente (es. soluzione di idrossido di sodio). Il prodotto della reazione è sotto forma di soluzione acquosa. Generalmente il processo è dotato di un primo stadio acido per la rimozione dell'HCl e un secondo stadio, a pH superiore (7-8) ottenuto con

aggiunta di soda o calce, per la rimozione della SO<sub>2</sub>. Una parte della corrente liquida di lavaggio deve essere continuamente rimossa e trattata prima dello scarico finale.

Riguardo al tipo di reagente impiegato (a volte anche in combinazione fra di loro) occorre dire che ognuno presenta vantaggi e svantaggi, così come riportato in forma sintetica nella Tabella 4.2.

PROCESSO		VANTAGGI	SVANTAGGI
SECCO	Calce	Realizzazione impiantistica semplice Basso costo di investimento Assenza di effluenti liquidi Manodopera ridotta Facilità di inertizzazione dei residui	Gestione poco flessibile: operazione di iniezione calce delicata; regolazione difficile; basso margine di variazione della temperatura Alto eccesso stechiometrico Bassa reattività per singolo passaggio: necessità di effettuare ricircoli In caso di regolamentazioni più severe, non offre margini di evoluzione Notevole produzione di residui solidi da conferire in discarica (previa inertizzazione)
	Bicarbonato di Sodio	Realizzazione impiantistica e gestione dell'impianto semplici Costi di investimento e di gestione ridotti Manodopera ridotta Assenza di effluenti liquidi Possibilità di recupero dei residui sodici (minore richiesta di discarica) Ampio campo di temperature operative	Apprezzabile consumo massiccio del reattivo (anche se si utilizza un debole eccesso in confronto allo stechiometrico: K <sub>a</sub> 1,2) Costo del reattivo elevato (anche se l'insieme delle voci del costo di gestione risulta ridotto)  Residui solidi più solubili: in assenza di valorizzazione, la stabilizzazione diventa più difficile (se si usano leganti idraulici tradizionali)
SEMI-SECCO		Costi di investimento limitati (intermedi tra il processo a secco e quello ad umido)  Assenza di effluenti liquidi	Consumo di acqua  Produzione insignificativa di residui (anche se inferiore ai processi a secco) Consumo insignificativo di reagente (anche se inferiore ai processi a secco); possibilità di ricircolo Gestione delicata dovuta alla fase di preparazione del reagente
UMIDO		Basso consumo di reattivi (soda) Bassa produzione di residui solidi e residui separati (ceneri volanti – torta, ecc.) Lisciviazione dei metalli pesanti contenuti nella torta minimizzata Possibilità di evoluzione facile (basta aggiungere una seconda torre) Grande flessibilità di funzionamento	Necessità di un trattamento acque Grande produzione di effluenti liquidi  Costi di investimento elevati (legati al trattamento delle acque)  Notevoli consumi di acqua e di elettricità  Manodopera supplementare in rapporto agli altri processi (sorveglianza e mantenimento della catena di condizionamento degli effluenti)

Fonte: CITEC [2], modificata dal GTR

Tabella n° 4.2 : Vantaggi e svantaggi dei vari processi di depurazione dei gas acidi



*Figura n° 4.2 : Trattamento chimico-fisico dei reflui da impianto chimico*



*Figura n° 4.3 : Trattamento chimico-fisico dei reflui da impianto mattonelle*



*Figura n° 4.4 : Abbattimento polveri da silos stoccaggio M.P. dell'impianto mattonelle*



*Figura n° 4.5 : Abbattimento polveri di smalteria dell'impianto mattonelle*



*Figura n° 4.6 : Abbattimento fumi del forno dell'impianto mattonelle*

## 5 Analisi e valutazioni della potenzialità dell'impianto di produzione di mattonelle

### 5.1 Capacità dell'impianto

Lo stabilimento ha una potenzialità pari a 250 m<sup>2</sup>/giorno di piastrelle estruse smaltate. La smaltatura ha luogo sui pezzi essiccati per cui la sinterizzazione del supporto e della copertura è realizzata in monocottura. L'impasto utilizzato nella produzione è di natura ceramico - vetroso. Il formato base è di 30x30 cm per uno spessore previsto di 12/14 mm ed un peso per m<sup>2</sup> di circa 30 kg.

#### 5.1.1 Materiali riciclati

Attualmente nella produzione di piastrelle ceramiche sono inserite nelle formulazioni per il supporto anche materiali riciclati. Taluni di questi riutilizzi sono conseguenti alla necessità di eliminare (internamente allo stabilimento) certi sottoprodotti (indesiderati ma inevitabili) della linea di fabbricazione. E' il caso dei cosiddetti "fanghi ceramici" che si ottengono dalle sospensioni di smalti ed ingobbi che si formano lungo le linee di smaltatura, specialmente durante le operazioni di lavaggio. Questi "fanghi" vengono riciclati nei molini di macinazione. Un altro tipico caso di riciclaggio interno è quello degli scarti di piastrelle o di biscotti, solitamente il reinserimento degli scarti dei biscotti (chamotte) non presenta controindicazioni, anzi favorisce il processo di essiccazione e di ossidazione in fase di preriscaldamento. Inoltre permette di ridurre l'impiego di smagranti. L'impianto di "LE CALORIE" utilizza inoltre negli impasti scarti di vari tipi di vetri:

**Tipologia : Vetro di scarto, frammenti di vetri, rottami di vetro;**

**CER: 191205** (vetro) di cui ai codici dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione 2000/532/CE come modificata dalle Decisioni 2001/118/CE, 2001/119/CE e 2001/573/CE;

**CER: 101112** (rifiuti di vetro diversi dalla voce 101111) di cui ai codici dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione 2000/532/CE come modificata dalle Decisioni 2001/118/CE, 2001/119/CE e 2001/573/CE;

**Provenienza:** Da raccolta differenziata in appositi contenitori e/o altre raccolte differenziate, da attività industriali, commerciali e di servizi, autodemolizioni autorizzate;

**Attività di recupero prevista dal D.M. 05/02/98:** messa in riserva [R13] per la produzione di materie prime secondarie per l'edilizia;

**Caratteristiche delle materie prime e/o dei prodotti ottenuti:** materie prime secondarie per l'edilizia.

L'uso dei vetri consente di abbassare di molti gradi la temperatura di sinterizzazione degli impasti con notevoli risparmi di energia (cottura) e dei costi di manutenzione del forno e di tutti i loro corredi dato che operando a livelli termici più bassi subiscono usure più ridotte.

### 5.1.2 Consumi materie prime per il supporto

Considerando un peso/m<sup>2</sup> di 30 Kg ed una produzione di piastrelle di 250 m<sup>2</sup>/giorno ne deriva una necessità giornaliera di circa 7,5 tonnellate di materie prime secche sulla base delle formulazioni realizzate. Tenendo conto della probabile umidità di arrivo, della perdita al fuoco e dello scarto (\*) in cottura (previsto intorno al 5%), le necessità giornaliere di ciascuna materia prima sono le seguenti:

<i>Mat.prima</i>	<i>Formulazione</i> (%)	<i>Peso</i> <i>secco</i> (ton)	<i>Umidità</i> <i>di arrivo</i> (%)	<i>Perdita</i> <i>al fuoco</i> (%)	<i>Scarto</i> <i>in</i> <i>cottura</i> (%)	<i>Peso</i> <i>totale</i> (ton)
<i>Polvere base</i> <i>argillosa</i>	79	5,92	5	5	5	6,81
<i>Vetro</i>	21	1,57	-	-	5	1,65
<i>Totale</i>	100	7,5				8,46

(\*) si prevede pure un 3-4% di scarto in crudo che, comunque, potrà essere riciclato in produzione.

Se consideriamo 300 giorni lavoro/anno ne derivano consumi di:

polvere base argillosa	ton	2.043
vetro	ton	495
Totale/anno	ton	2.538

SiO <sub>2</sub>	%	53,77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		13,30
TiO <sub>2</sub>		0,64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		4,03
CaO		11,48
MgO		1,40
K <sub>2</sub> O		3,52
Na <sub>2</sub> O		1,73
P.F.		9,24
CaCO <sub>3</sub>		14,0
Carbonio vegetale		0,58
Zolfo totale		<0,01

*Tabella n° 5.1 : analisi chimiche della polvere argillosa utilizzata nell'impasto*

mesh	maglie/cm <sup>2</sup>	luce mm	% parziale	% totale
30	100	0,60	--	0,46
50	400	0,30	1,40	1,86
60	600	0,26	1,22	3,08
80	1100	0,18	6,40	9,48
120	2400	0,12	9,40	18,88
170	4500	0,09	10,46	29,34
200	6500	0,07	8,62	37,96
230	10000	0,06	5,94	43,90
270	15500	0,05	3,40	47,30
<270	<15500	<0,05	52,48	99,78

*Tabella n° 5.2 : analisi granulometrica della polvere argillosa utilizzata nell'impasto*

(\*) calcolato nell'intervallo 400°/20°C

<b><u>Condizioni di formatura (per pressatura a semisecco)</u></b>		
Acqua delle polveri	%	6,1
Pressione specifica	Kg/cm <sup>2</sup>	250
<b><u>Condizioni di sinterizzazione</u></b>		
Temperatura di cottura	°C	1.080°
Ciclo di cottura	min	45'
<b><u>Caratteristiche dei cotti</u></b>		
Assorbimento d'acqua	%	17,5
Variazione dimensionale	%	-0,1
Resistenza meccanica alla flessione	Kg/cm <sup>2</sup>	±160
Coefficiente di dilatazione lineare	10 <sup>-7</sup> °C <sup>-1</sup>	±70(*)

*Tabella n° 5.3 : condizioni di formatura e sinterizzazione nonché dati di caratterizzazione tecnologica delle polveri a base argillosa*

<b><u>CARATTERISTICHE TECNICHE E DI FUNZIONAMENTO DEL FORNO</u></b>	
TIPO DEL FORNO	A tunnel, prefabbricato, a fiamma libera, a funzionamento continuo, ns. tipo FTF/50
COMBUSTIBILE	Gas metano
LUNGHEZZA	50 metri
LARGHEZZA MAX.INGOMBRO	3,20 metri
LUNGHEZZA CARRELLO	2 metri circa
SEZIONE UTILE DI CARICO	2075 * 500 mm h.
CONTENUTO DI CARICA PER CARRELLO	Sul formato 300*300 mm N°250 pezzi doppi pari a 22,72 m <sup>2</sup>
N. CARRELLI NEL FORNO	25

PRODUZIONE	Con ciclo cottura 48 ore -11 carrelli/48 ore -produzione circa 250 m <sup>2</sup> Variando il ciclo di cottura la produzione varia proporzionalmente
TEMPERATURA DI COTTURA PREVISTA	850/950 °C
TEMPERATURA MAX. DEL FORNO	1200 °C
ATMOSFERA DEL FORNO	Ossidante
CONSUMO DI COMBUSTIBILE	Circa 600-650 Cal/Kg di prodotto cotto ± 10%
RECUPERO ARIA CALDA	Circa 6000 m <sup>3</sup> di aria alla temperatura di 120°C
SPINTA DEI CARRELLI DEL FORNO	A mezzo gruppo propulsore oleodinamico a velocità regolabile, dotato di apparecchio registratore delle spinte effettuate
IMPIANTO DI COMBUSTIONE	Costituito da un complesso di 32 bruciatori, così distribuiti: -N. 20 bruciatori (10 per lato) nella zona di cottura -N. 10 bruciatori (5 per lato) nella zona di precottura Totale n. 30 bruciatori installati sul forno
TIRAGGIO DEI PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE AL CAMINO DEL FORNO	I prodotti della combustione saranno evacuati dal forno a mezzo di bocchette disposte lateralmente su ciascuno dei lati del forno, che fanno capo ad un sistema di condotti e quindi al ventilatore ed al camino di espulsione. Sono previste prese di aspirazione anche sulla volta del forno
POTENZA TERMICA INSTALLATA	1.700.000 Kcal/h
POTENZA ELETTRICA INSTALLATA	Kw 30

*Tabella n° 5.4 : quadro delle caratteristiche tecniche e di funzionamento del forno*

### 5.1.3 Progetti in cantiere

L'azione di Le Calorie S.r.l. in materia di impatto ambientale risulta, particolarmente decisa, dal momento che diverse fasi del ciclo di lavorazione industriale sono interessate al gravoso problema dell'abbattimento e smaltimento dei rifiuti, liquidi e/o solidi. In particolare, con questa attenzione per la salvaguardia ambientale che è propria dell'Azienda, nello stabilimento produzione di mattonelle, benché siano stati già sviluppati moderni processi tecnologici di produzione dall'impatto ambientale pienamente conforme ai limiti previsti dalla legge italiana, rimane, comunque, forte l'esigenza di trovare e sperimentare nuovi processi che consentano di migliorare la produzione non solo nell'ottica di più bassi costi di produzione, ma anche di un impatto ambientale sempre minore, concordemente all'esigenza sempre più forte di uno sviluppo sostenibile.

Infatti, qualsiasi attività umana non può più essere realizzata e affrontata senza tener conto di tutte le realtà circostanti direttamente o indirettamente connesse o influenzate. Su questa linea si pone la proposta di progetto, denominato S.E.L.C.E. (Sustainable reuse of aluminium skim in ceramic tiles), cofinanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma Life – Environment, che intende sviluppare delle soluzioni innovative che riducano ulteriormente l'impatto ambientale. Tale progetto vede coinvolti, l'Azienda Le Calorie S.r.l. in collaborazione con Ansaldo Ricerche S.p.A., ENEA e RAFFMETAL e si propone di verificare l'opportunità di recuperare il codice CER 100305 (rifiuti di allumina) nell'impasto per la formatura delle mattonelle in % da valutare. L'utilizzo di tale materiale nell'impasto potrà richiedere modifiche agli impianti di abbattimento già presenti nello stabilimento, tutto questo sarà valutato durante lo svolgimento dell'attività di ricerca. Un ulteriore obiettivo dell'Azienda, è quello di ottenere, per le piastrelle prodotte, il marchio di qualità ecologica (Ecolabel) il cui sistema di assegnazione è individuato dal Regolamento 1980/2000/CE. Il Regolamento stabilisce che il marchio di qualità può essere assegnato a prodotti che contribuiscono in maniera significativa a risolvere problemi ambientali di primaria importanza e prevede che i criteri per la sua assegnazione siano individuati per gruppi di prodotti. L'etichetta ecologica

europea certifica che il prodotto a cui è applicata garantisce un ridotto impatto ambientale e consente al consumatore di verificare immediatamente se il prodotto è conforme o meno ai requisiti prestabiliti. Va comunque detto che l'adesione al sistema Ecolabel è del tutto volontaria e che i prodotti privi di etichetta ecologica non sono soggetti ad alcuna penalizzazione nell'ambito del mercato comunitario. Di seguito sono riportati in tabella le analisi chimiche, granulometriche e termogravimetriche dei rifiuti di allumina :

<b>PARAMETRO</b>	<b>U.M.</b>	<b>RISULTATO</b>
pH		8,5-9
Acqua	%	27,4
Peso specifico	t/m <sup>3</sup>	1,012
Residuo a 600 C.	%	93,92
<b>Allumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>	%	<b>70,90</b>
Calcio (CaO)	%	2,07
Magnesio (MgO)	%	8,9
Silice (SiO <sub>2</sub> )	%	10,13
Ferro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%	4,01
Cloruri (Cl)	%	0,07
Berillio/Composti (Be)	mg/kg	7,3
Arsenico/Composti (As)	mg/kg	4,5
Piombo/Composti (Pb)	mg/kg	584,5
Cadmio/Composti (Cd)	mg/kg	3,5
Cromo esavalente (Cr)	mg/kg	< 1,0
Mercurio/Composti (Hg)	mg/kg	< 1,0
Rame/Composti (Cu)	mg/kg	< 1,0

*Tabella n° 5.5 : analisi chimiche dei rifiuti di allumina*

(\*) Come si nota, una parte rilevante si posiziona nell'intervallo 0,054-0,040

<b>VAGLIO</b> <b>(mm.)</b>	<b>DISTRIBUZ.</b> <b>(%)</b>	<b>DIMENSIONE</b> <b>(mm.)</b>
0,8	99,15	> 0,8
0,355	91,57	< 0,8-0,355
0,3	88,32	< 0,355-0,3
0,212	84,39	< 0,3-0,212
0,16	79,55	< 0,212-0,160
0,15	78,64	< 0,160-0,150
0,106	75,55	< 0,150-0,106
0,1	73,24	< 0,106-0,1
0,009	69,99	< 0,1-0,09
0,008	60,80	< 0,09-0,08
<b>0,054</b>	<b>47,38</b>	<b>&lt; 0,08-0,054</b>
<b>0,04</b>	<b>16,91</b>	<b>&lt; 0,054-0,040</b>
0,02	15,22	< 0,040

*Tabella n°5.6 : analisi granulometrica dei rifiuti di allumina*

#### **Analisi TGA (termogravimetrica)**

La polvere è stata inoltre sottoposta ad analisi TGA (termogravimetrica), nell'intervallo di temperatura 30/800 °C. con incrementi di 5 °C./min, sotto copertura di gas inerte (Argon). Precedentemente il campione era stato stabilizzato, mediante mantenimento ad una temperatura costante di 120 °C. per 12 ore, allo scopo di eliminare l'acqua imprigionata tra i bordi dei grani e non quella disciolta all'interno dei grani stessi. Mentre il processo di eliminazione dell'acqua 'esterna' ai grani ha portato ad una diminuzione di peso del 18,6 %, la prova TGA ha comportato una ulteriore diminuzione di peso di circa il 5 %, (con punti significativi evidenziati alle temperature di 170, 220, 290 e 500°C.) Il risultato è pertanto una perdita di peso complessiva del 22,67 %.

#### 5.1.4 Consumi smalti

Vengono generalmente applicati per m<sup>2</sup> di prodotto i seguenti quantitativi di coperture:

Ingobbio      0,2 Kg/m<sup>2</sup>(\*)

Smalti          1,0 Kg/m<sup>2</sup>(\*)

(\*) inclusi sfridi considerati attorno al 2-3%

Pertanto le necessità giornaliere ed annuali (300 giorni/anno di lavoro) sono le seguenti:

	giornaliero	annuale
	Kg	ton
Ingobbi	50	15
Smalti	250	75



### 5.1.6 Flussi di materia e di energia dello stabilimento

Per valutare i principali aspetti ambientali pertinenti con l'attività dell'Azienda sono necessarie una serie di informazioni riguardanti i flussi di risorse in entrata (Materie prime, Energia e Risorse idriche) e le relative emissioni (aeriformi, liquide, solide e rumorose). Su queste basi occorre poi valutare l'eventuale presenza di effetti ambientali su ciascuna componente ad essi connessa.

## **5.2 Risorse**

### 5.2.1 Materie prime, prodotti e sottoprodotti

Il censimento delle materie prime e dei prodotti consente di evidenziare se nel ciclo produttivo vengono utilizzate materie rilevanti ai fini ambientali, comprendendo con tale definizione i composti che presentano almeno una delle seguenti caratteristiche:

1. elevata tossicità e bioaccumulabilità sia nell'uomo che nella catena alimentare;
2. scarsa reperibilità in natura;
3. potenziale generazione di effetti ambientali su scala globale (ad es., effetto serra, piogge acide, riduzione dello strato di ozono).

Si deve considerare che un elenco esaustivo di tutte le materie prime e prodotti presenti in una Azienda complessa come quella in esame, risulta oneroso e di difficile realizzazione. Per tale motivo il criterio seguito è stato quello di individuare in modo prioritario le materie e le sostanze utilizzate in ingenti quantitativi, a prescindere dal grado di pericolosità, e quelle "rilevanti" dal punto di vista ambientale e della sicurezza.

<b>Produzione</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>
m <sup>2</sup> di mattonelle	Prove di produzione	75.000

*Tabella n° 5.7: Andamento produttivo dell'impianto*

Le materie prime sono state suddivise in materie prime di processo, quelle presenti nella miscela che compone la mattonella, e di servizio necessarie alla

realizzazione del prodotto finito. La Tab. 5.8 riporta le materie prime utilizzate nell'anno 2004 per la produzione di 75.000 m<sup>2</sup> di mattonelle:

<b>Denominazione</b>	<b>Consumo(t)</b>
<b>Materie prime di processo</b>	
<i>Polvere base argillosa</i>	2.043
<i>Vetro</i>	495
<i>Smalto</i>	75
<i>Ingobbio</i>	15
<i>Carbonato di calcio</i>	3,75
<b>Totale materie prime di processo</b>	<b>2.631,5</b>
<b>Materie prime di servizio</b>	
Padane in legno Europallets	15
Scatole di cartone	22,5
Lubrificanti	6
<b>Totale materie prime di servizio</b>	<b>43,5</b>
<b>Totale generale</b>	<b>2.675</b>

*Tabella n° 5.8 : Materie prime di processo e di servizio*

### 5.2.2 Energia

Di seguito sono riportati tipologia e consumi di fonti energetiche usati nell'Impianto:

#### **1- Energia elettrica**

L'Impianto è dotato di una stazione ricevitrice dell'energia elettrica, fornita dall'ENEL a 20.000V, e di una sottostazione dotata di trasformatori per ridurre il voltaggio a 400 volt. Da qui partono i cavi per i quadri elettrici delle varie utenze.

L'erogazione di energia elettrica da parte dell'ENEL è registrata su un contatore centrale ed i valori possono essere letti in contemporanea sia dall'Ente erogatore sia dall'Impianto. I consumi, per singola utenza, sono registrati da una serie di sub-contatori e rilevati, settimanalmente, dagli operatori della Manutenzione Elettrica. I dati vengono, quindi, inviati alla Contabilità Industriale per le

opportune verifiche ed analisi. Si riportano, nella Tab. 5.9 che segue, i consumi relativi al 2004, che, per semplicità, sono stati accorpati per singola area e relative utenze principali.

<b>Descrizione</b>	<b>kW Inst.</b>	<b>Consumo [kWh/anno]</b>
Area produzione mattonelle	552,00	3.974.400
Palazzina Uffici	50,00	72.000
Illuminazione esterna	50,00	84.000
Servizi vari	60,00	432.000
Impianto di aspirazione abbattimento polveri materie prime (Filtro tipo FP 60)	12	34.560
Impianto di aspirazione e abbattimento polveri linea smalteria (Filtro tipo FPS 60)	12	34.560
Impianto depurazione fumi provenienti da forno di cottura di prodotti ceramici (Filtro tipo FPF 120)	28	161.280
Impianto di depurazione acque provenienti da smalteria e mulini (Filtro tipo FA C2)	9	51.840
<b>Totale</b>	<b>773</b>	<b>4.844.640</b>

*Tabella n° 5.9 : consumi di energia elettrica relativi all'anno 2004*

## **2- Gas metano**

Il metano è pressoché l'unico combustibile utilizzato per le seguenti fasi di lavorazione:

- cottura mattonelle
- essiccazione

La quantità di gas erogato dalla SNAM è registrata da un contatore centrale sito nella stazione ricevitrice. Di seguito (tab. x) si riportano i consumi per l'anno 2004 per le fasi di lavorazione principali:

<b>Descrizione</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup><sub>N</sub>/anno)</b>
Forno cottura mattonelle	675.000
Essiccatore	288.000
<b>Totale</b>	<b>963.000</b>

*Tabella n° 5.10 : consumi di metano relativi all'anno 2004*

Si riportano nella seguente tabella i dati assoluti ed indicizzati ed i corrispondenti valori energetici delle due principali fonti energetiche:

<b>Descrizione</b>	<b>2004</b>
<b>Energia elettrica</b>	
Consumo(MWh)	4.845
Consumo norm.(MWh/m <sup>2</sup> )	0,065
Consumo(GJ)	17.442
Consumo norm.(GJ/ m <sup>2</sup> )	0,23
<b>Metano</b>	
Consumo(m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	963.000
Consumo norm.(m <sup>3</sup> <sub>N</sub> / m <sup>2</sup> )	12,84
Consumo(GJ)	34.416
Consumo norm.(GJ/ m <sup>2</sup> )	0,46
<b>Totale</b>	
<b>Consumo(GJ)</b>	<b>51.858</b>
<b>Indicizzato(GJ/ m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,69</b>

*Tabella n° 5.11 : Quadro riassuntivo dei consumi delle principali fonti energetiche*

### 5.2.3 Risorse idriche

L'approvvigionamento idrico, avviene per mezzo della rete interna del Consorzio ASI, concessionario della rete idrica ENI-Acqua e per mezzo di un pozzo presente nell'area dello stabilimento e regolarmente denunciato. I consumi vengono contabilizzati e archiviati presso i Servizi Energetici. I dati rilevati settimanalmente sono analizzati dal Responsabile dei Servizi Energetici per evidenziare eventuali anomalie di consumo o di funzionamento sia del contatore principale che dai sub-contatori relativi alle varie utenze. Copia dei consumi settimanali è inviata alla Contabilità Industriale mentre mensilmente vengono analizzati nel rapporto ambientale. I volumi di acqua utilizzati sono pari a circa 11.731 m<sup>3</sup>/anno, pari a 39,1 m<sup>3</sup>/giorno. Di seguito si riportano (Tab. 5.12) i consumi di acqua dell'ultimo anno sia in valore assoluto sia normalizzati in rapporto alla produzione annua espressa in m<sup>2</sup> di prodotto ottenuto (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) e (l/m<sup>2</sup>).

<b>Descrizione</b>	<b>2004</b>
Consumo(m <sup>3</sup> )	11.731
Consumo norm.( m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,156
Consumo norm.( l/m <sup>2</sup> )	156

*Tabella n° 5.12 : Consumi idrici*

I costi di approvvigionamento sono regolati da contratto a consumo. Per quanto concerne la distribuzione delle acque alle varie utenze sono disponibili una rete di acqua potabile e una rete di acqua di pozzo. I volumi emunti per l'anno 2004, di cui viene data debita comunicazione alla Provincia e al Comune di competenza sono riportati nella successiva Tab. 5.13, dove sono, inoltre riassunti, i principali consumi idrici presenti all'interno dell'Impianto:

N°	Prelievo [m <sup>3</sup> /anno]	Periodo di emungimento [h/giorno]	Sistemi di misura di portata	Denuncia (ex.art.10D.lg.275/93)
<b>Acquedotto (ENI acque)</b>				
	4.000		Contatore volumetrico	
<b>Pozzo</b>				
	7.731	6	Contatore volumetrico	Denuncia pozzo artesiano ai sensi del D.Lgs.275/93

*Tabella n° 5.13 : Quadro riassuntivo dei consumi idrici*

### **5.3 Inquinamento dell'ambiente**

#### **5.3.1 Emissione in atmosfera**

Tale sezione si pone l'obiettivo di evidenziare se l'attività dell'Azienda nel produrre mattonelle, è suscettibile di influenzare la componente ambientale "aria" mediante l'immissione di inquinanti in atmosfera e nell'eventualità che ciò accada, di individuarne le fasi responsabili. Quanto detto è realizzabile eseguendo uno studio sistematico sulle emissioni in atmosfera (convogliate e diffuse) catalogando e caratterizzando tutte le sorgenti di emissione presenti nello Stabilimento. Sulla base dei dati raccolti è stata affrontata la verifica della conformità normativa attraverso l'accertamento dell'esistenza e della validità delle autorizzazioni, dei permessi necessari e dell'avvenuto espletamento degli adempimenti richiesti. Le principali emissioni possono essere così riassunte:

1. fumi derivanti dal forno per la cottura delle mattonelle
2. polveri relative ai silos di stoccaggio argilla (riutilizzate nei nuovi impasti)
3. polveri della smaltatura (riutilizzate nei nuovi impasti)

A queste vanno aggiunte emissioni minori, quali:

1. emissioni diffuse dall'essiccazione del materiale
2. emissioni diffuse dall'impianto di depurazione acque

Per ognuno di questi punti di emissione vengono di seguito determinati i flussi di massa, le portate dei fumi e le concentrazioni :

### **Fumi dall'essiccatore delle mattonelle**

L'essiccatore ha una potenzialità pari a 700.000 Kcal/h (5,8MW). E' alimentato a metano, con un consumo di 100 m<sup>3</sup><sub>N</sub>/h.

Portata dei fumi: 1.229 m<sup>3</sup><sub>N</sub>/h con tenore di ossigeno al 3%.

Flusso di massa CO<sub>2</sub> = 180Kg/h.

Concentrazione CO<sub>2</sub> = 8,2%

Flusso di massa NO<sub>x</sub> = 262g/h.

Concentrazione NO<sub>x</sub> = 213mg/ m<sup>3</sup><sub>N</sub>.

Flusso di massa CO = 61,5g/h.

Concentrazione CO < 50mg/ m<sup>3</sup><sub>N</sub>.

### **Fumi del forno di cottura delle mattonelle**

Il forno ha una potenzialità pari a 2,7MW. E' alimentato a metano, con un consumo di 300 m<sup>3</sup><sub>N</sub>/h.

Portata dei fumi: 3.687 m<sup>3</sup><sub>N</sub>/h con tenore di ossigeno al 3%.

Flusso di massa CO<sub>2</sub> = 541Kg/h.

Concentrazione CO<sub>2</sub> = 8,2%

Flusso di massa NO<sub>x</sub> = 784g/h.

Concentrazione NO<sub>x</sub> = 213mg/ m<sup>3</sup><sub>N</sub>.

Flusso di massa CO = 184,4g/h.

Concentrazione CO < 50mg/ m<sup>3</sup><sub>N</sub>.

### **Emissioni diffuse per il trattamento delle acque reflue**

Le emissioni diffuse di impianti di trattamento delle acque reflue rientrano nelle attività ad inquinamento atmosferico poco significativo ai sensi del DPR 25/07/91 (allegato 1, punto 24). L'esercizio di tali attività non richiedono autorizzazione.

#### Riepilogo delle valutazioni quantitative

Camino n°1 – essiccatore delle mattonelle

<b>Sostanza</b>	<b>Flusso di massa</b>	<b>Concentrazione</b>	<b>Metodo di determinazione</b>	<b>Limite normativo</b>
CO	0,061Kg/h	< 50mg/ m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	Da progetto	50mg/ m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
NO <sub>x</sub>	0,262Kg/h	213mg/ m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	Da calcolo	250mg/ m <sup>3</sup> <sub>N</sub>
CO <sub>2</sub>	180Kg/h	8,2% vol	Da calcolo	



### 5.3.2 Effluenti liquidi

Gli scarichi idrici del Sito possono essere così suddivisi sulla base della loro provenienza:

- a. acque di scarico derivanti dal ciclo produttivo;
- b. acque domestiche;
- c. acque meteoriche.

Esistono tre sistemi di canalizzazioni, quella delle acque tecnologiche, individuata lungo l'impianto dal colore rosso (relative agli scarichi dei punti a e b), quella delle acque domestiche, identificata con il colore blu e infine quella delle acque pluviali di colore giallo. Le acque tecnologiche e domestiche sono inviate all'impianto di depurazione dello Stabilimento, e, dopo trattamento, riciclate nel ciclo produttivo. Quelle meteoriche sono direttamente inviate al collettore consortile. Su ciascuna delle due tubazioni principali delle acque pluviali, connesse al collettore consortile, è stato installato un sistema di chiusura al fine di intercettare ed impedire il deflusso delle acque qualora si abbia uno scarico accidentale di materiali inquinanti. L'Azienda è autorizzata allo scarico secondo quanto previsto dalla legge 152/99 e successive modifiche; tale autorizzazione è stata rilasciata dal Comune competente ed archiviata presso l'Amministrazione.

### 5.3.3 Rifiuti

Tale sezione mira a evidenziare qualitativamente se l'attività dell'Azienda è suscettibile di influenzare l'ambiente mediante la produzione e l'immissione sul territorio di rifiuti. Quanto detto è realizzabile effettuando uno studio sistematico dei rifiuti prodotti, catalogando e caratterizzando i rifiuti in tutte le fasi del ciclo produttivo e delle cause che ne determinano la produzione. Lo Stabilimento durante l'esercizio produce sostanzialmente 3 categorie di rifiuti:

- rifiuti speciali avviati a smaltimento;
- rifiuti speciali avviati a recupero (rifiuti speciali non pericolosi);
- rifiuti speciali pericolosi.

Dalla lettura della Tab. 5.15 è possibile individuare per ciascuna categoria, la tipologia di rifiuto generato, il settore di produzione ed il trattamento e/o smaltimento finale. L'organizzazione smaltisce e tratta i rifiuti generati nel rispetto delle norme di legge attualmente vigenti in materia. L'organizzazione provvede infatti a redigere gli appositi formulari, registri e a compilare il M.U.D. (Modello Unico di Dichiarazione). Per lo smaltimento lo Stabilimento utilizza società regolarmente autorizzate al trasporto e/o trattamento dei vari rifiuti prodotti.

<b>Codice C.E.R.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Settore di produzione</b>	<b>Destinazione</b>
020502	Fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti	Impianto depurazione acque	Discarica
150101	Imballaggi in carta e cartone	Produzione, magazzino materie prime	Filiere
170103	Mattonelle e ceramiche	Scarti di produzione	Discarica
100105	Rifiuti solidi prodotti da reazioni a base di calcio nei processi di desolforazione dei fumi	Filtro tipo FPF 120	Discarica
190105*	Residui di filtrazione prodotti dal trattamento dei fumi	Filtro tipo FPF 120	Discarica
130205*	Scarti di oli minerali per motori, oli per ingranaggi e oli lubrificanti	Produzione, servizi energetici	Consorzio per riciclo

*Tabella n° 5.15 : Quadro riassuntivo produzione rifiuti*

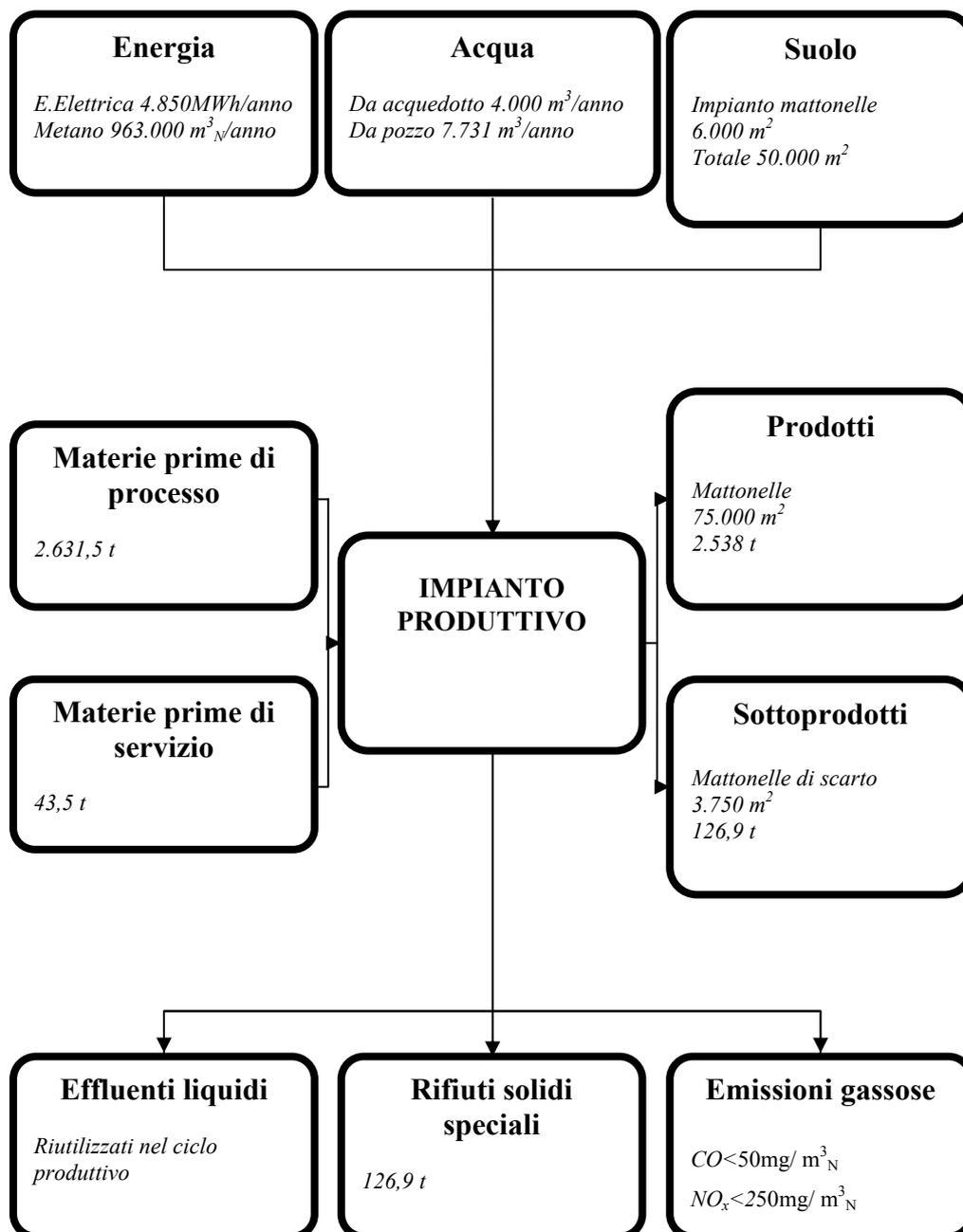
#### 5.3.4 Rumore

Lo scopo di tale sezione è quello di caratterizzare le sorgenti sonore presenti presso l'insediamento produttivo. Allo scopo di monitorare tali emissioni sono stati definiti diversi punti di misurazione esterna, che consentono di tenere sotto controllo tale aspetto praticamente in ogni area del sito produttivo. Secondo la normativa interna, le rilevazioni fonometriche vengono effettuate con cadenza biennale, a meno che non intervengano cause tali da richiedere una misurazione immediata. Le misurazioni vengono fatte in ottemperanza al D.P.C.M. 16/03/'98 ed i risultati confrontati con i limiti acustici espressi dal D.P.C.M. 14/11/'97. La zonizzazione effettuata dal Comune ha considerato il sito produttivo in zona VI, esclusivamente industriale. con tale provvedimento di zonizzazione sono stati stabiliti i limiti di qualità di 70 dB/A di giorno e 70 dB/A di notte. Risulta, dai rilievi effettuati, che non esiste alcun valore superiore a tali limiti.

#### 5.4 Impostazione del bilancio globale

Tutti i dati analizzati fino a questo punto permettono di tracciare un bilancio globale del ciclo produttivo, riferito ad energia, risorse utilizzate e emissioni solide, liquide e gassose prodotte, relativamente all'anno 2004.

In maniera sintetica, il diagramma seguente, mostra tutti i flussi in ingresso e in uscita dell'impianto produttivo:



## 6 La verifica normativa

### *6.1 Individuazione della normativa applicabile allo stabilimento*

La verifica del rispetto delle norme ambientali si ottiene attraverso le seguenti fasi:

- raccolta della normativa ambientale del settore esaminato;
- verifica del rispetto delle norme ambientali (check-up normativo);
- in caso di mancato rispetto delle norme, stima della difficoltà a raggiungere la conformità normativa, punto di partenza per poter aspirare ad un sistema di certificazione di qualità ambientale.

Il check-up normativo ha come oggetto il rispetto delle:

- norme sulle emissioni in atmosfera;
- norme sugli effluenti liquidi;
- norme sull'utilizzo delle risorse idriche;
- norme in tema di inquinamento acustico;
- norme per la gestione dei rifiuti;
- norme per l'utilizzo delle sostanze pericolose.

Per ciascuno dei punti precedenti, è necessario individuare gli adempimenti normativi ai quali l'organizzazione è tenuta:

- richieste di autorizzazione;
- denunce, dichiarazioni, comunicazioni;
- tenuta di scritture obbligatorie;
- rilievi, misure, analisi;
- progetti di adeguamento alle norme;
- documentazione da allegare alle varie richieste di autorizzazioni.

### 6.1.1 Le fonti

Per l'acquisizione di informazioni sempre aggiornate sul sistema normativo è stato necessario prendere visione di Gazzette Ufficiali, banche dati, testi specializzati, riviste e siti internet dedicati all'ambiente. In particolare sono state usate le seguenti fonti:

- abbonamento mensile alla rivista "Ambiente e Sicurezza" de "Il sole 24 ore" che riporta oltre a un aggiornamento normativo anche articoli divulgativi sulla normativa in materia di ambiente e sicurezza;
- abbonamento al database "Lavoro e Ambiente" dell'Ars Edizioni informatiche. L'aggiornamento è garantito tramite l'edizione e distribuzione bimestrale di cd-rom. Tale programma riporta tutta la legislazione Internazionale, Nazionale e Regionale in tema di Ambiente e Sicurezza, pubblicata sulle Gazzette Ufficiali della Comunità Europea e della Repubblica italiana, nonché i bollettini Regionali. Senza dubbio, quest'ultimo supporto, è stato il più valido per quanto riguarda la ricerca, la consultazione della legislazione ambientale in quanto, associa una rapidità nella ricerca (possibile per comparto ambientale, tipologia di legislazione, data di emanazione ecc.) a una completezza dell'informazione.
- iscrizione al servizio "Econews" del sito internet [www.tuttoambiente.it](http://www.tuttoambiente.it). Tale servizio è stato sottoscritto per garantire sempre un continuo aggiornamento sulla nuova legislazione in uscita e sulle sue problematiche.

### 6.1.2 Registro delle disposizioni legislative e regolamenti

Tutta le normativa ambientale, individuata e applicabile al sito è stata raccolta in un "Registro delle disposizione legislative e regolamentari" (Tab. 6.1) divisa per aspetto ambientale e in cui si riportano tutti gli adempimenti che da essa scaturiscono.

**REGISTRO DELLE DISPOSIZIONI LEGISLATIVE E  
REGOLAMENTARI**

Riferimento normativo	Descrizione	Adempimenti Richiesti
<b>EFFLUENTI LIQUIDI</b>		
<b>Legge 5 gennaio 1994, n°36</b>	“Disposizioni in materia di risorse idriche” (Legge Galli)	
<b>D.P.C.M. 4 marzo 1996</b>	(Detta le norme di attuazione della legge Galli)	
<b>D.P.R. 18 Febbraio 1999, n° 238</b>	“Regolamento recante norme per l’attuazione Di taluni disposizioni della legge Legge 5 gennaio 1994, n° 36, in materia di risorse idriche”.	
<b>D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche</b>	<p>Il quadro normativo in tema acque è sostanzialmente articolato su tre norme il D.Lgs. 152/99 riguardante la tutela delle acque; la legge 183/89 sulla difesa del suolo; la legge 36/94 sulle risorse idriche.</p> <p>Il decreto legislativo 11 maggio '99, n°152 pubblicato sul S.O. n° 101/L alla G.U. 29 maggio 1999, n°124, abroga, tra le altre norme, la Legge 319/76 (Legge Merli) che per oltre ventitre anni, dalla sua entrata in vigore, ha regolamentato la tutela delle acque. In tale provvedimento, in vigore dal 13 giugno 1999, vengono recepite non soltanto le direttive comunitarie 91/271/CEE e 91/676/CEE, ma vi è la definizione di un nuovo sistema di prevenzione dell’inquinamento idrico. Il testo è costituito 63 articoli e 7 allegati, e contempla la previsione di 6 decreti attuativi. Le finalità del decreto legislativo, riassunte nell’articolo 1, sono individuabili in tre punti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. impedire l’inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati;</li> <li>2. garantire usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche, con priorità per quelle destinate ad uso potabile;</li> <li>3. difendere gli ecosistemi acquatici, mantenendo la loro capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici nonché la loro capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.</li> </ol> <p>Gli strumenti per attuare tali finalità si possono riassumere in :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• individuazione di obiettivi di qualità per tutti i corpi idrici;</li> <li>• rispetto dei valori limite agli scarichi fissati dallo Stato,</li> </ul>	<p>E’ vietato lo scarico oltre i limiti di emissioni previsti nella tabella 3 dell’all.V.</p> <p>Tutti gli scarichi devono essere preventivamente autorizzati.</p> <p>Durata dell’autorizzazione: la durata è di 4 anni, il rinnovo va richiesto un anno prima della scadenza della stessa.</p> <p>In caso di ampliamento o ristrutturazione del sito, deve essere richiesta nuova autorizzazione.</p> <p>Nelle ipotesi in cui lo scarico non abbia caratteristiche qualitative o quantitative diverse, deve essere data comunicazione all’Autorità competente.</p>
<b>“Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”</b>		

	<p>nonché la definizione di valore limite di emissione (in concentrazione e in massa/tempo) da parte delle Regioni, in relazione agli obiettivi di qualità del corpo idrico recettore;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• individuazione di misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche;</li> <li>• tutela integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi nell'ambito di ciascun bacino idrografico ed un adeguato sistema di controlli e di sanzioni;</li> <li>• adeguamento dei sistemi di fognatura, collettamento e depurazione degli scarichi idrici.</li> </ul> <p>Il decreto legislativo 152/1999 è caratterizzato, a differenza delle norme precedenti, da un approccio combinato, obiettivi di qualità ambientale del corpo idrico recettore e limiti di emissione. Infatti pur mantenendo dei limiti allo scarico, demanda la loro modifica ed integrazione alle Regioni sulla base delle esigenze di risanamento di ogni corpo idrico. Alle misure relative alla qualità degli scarichi dovranno concorrere misure atte alla difesa quantitativa della risorsa.</p>	
<b>Regio Decreto 11 dicembre 1933, n°1175</b>	“Testo unico delle disposizioni legislative sulle acque”	
<b>D.P.R. 24 maggio 1988, n°236</b>	“Attuazione della direttiva 80/778/CEE concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano.”	
<b>D.Lgs 2 febbraio 2001, n°31</b>	“Attuazione della direttiva 98/83/CEE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano.”	
<b>EMISSIONI IN ATMOSFERA</b>		
<b>D.P.R. 24 maggio 1988, n°203</b>	“Attuazione delle direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n° 183”	

<b>D.P.C.M. 21 luglio 1989</b>	“Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni, ai sensi dell’art. 9 della legge 8 luglio 1986, n° 349 per l’attuazione e l’interpretazione del D.P.R. 24 maggio 1988, n° 203, recante norme in materia di qualità dell’aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali”	
<b>D.M. 12 luglio 1990</b>	“Linee guida per il contenimento delle emissioni degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione”.	Si rimanda a quanto stabilito dalla Delibera Della Giunta Regionale n°4102 del 05/08/1992
<b>D.P.R. 25 luglio 1991</b>	“Modifiche dell’atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con D.P.C.M. in data 21 luglio 1989”	Si rimanda a quanto stabilito dalla Delibera Della Giunta Regionale n°1317 del 03/03/2000
<b>Delibera della Giunta Regionale n°4102 del 05/08/1992.</b>	La delibera in ottemperanza a quanto stabilito dal. Art. 4 puntod). D.P.R. 203/88, fissa i limiti di emissione in atmosfera da rispettare per i diversi inquinanti atmosferici. In assenza di determinazioni regionali , si intendono quali limiti di riferimento i valori minimi di emissione indicati negli allegati 1, 2 e 3 del D.M 12/07/1990 n°51.	I limiti di emissione da rispettare sono indicati nella parte 3 della delibera regionale p.to 1, a, f, g e p.to 12.
<b>Decreto del 21.12.95</b>	“Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera degli impianti industriali”	
<b>D.Lgs. 4 agosto 1999, n° 351</b>	“Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell’aria ambiente” relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano.”	
<b>Delibera della Giunta Regionale n° 1317 del 03/03/2000.</b>	Procedure in materia di autorizzazione alle emissioni in atmosfera ai sensi del D.P.R. 203/88 e D.M. 25/7/91	Attività ad inquinamento poco significativo (D.P.R. 25/07/91-all. 1): Per tali attività sarà sufficiente la mera “comunicazione”, da effettuarsi da parte dei richiedenti secondo lo schema 1 allegato alla delibera, da indirizzarsi alla Giunta Regionale <b>Attività a ridotto inquinamento atmosferico (da autorizzare) (D.P.R. 25/07/91 – art. 4 e all. 2 ):</b> La domanda di autorizzazione deve essere richiesta mediante il modello semplificato di domanda (all.2), corredata da perizia tecnica redatta da professionista iscritto al competente Albo o Collegio. Copia della domanda e della perizia devono essere trasmesse alla Giunta Regionale, al Sindaco del Comune ed alla A.S.L. ove insiste l’impianto. In caso di modifica degli impianti, variazione della produzione o delle emissioni,

		l'azienda è tenuta a ripetere la procedura su indicata.
<b>D.M. 25 agosto 2000</b>	“Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del DPR 24 maggio 1988, n.203”.	
<b>Delibera della Giunta Regionale n°286 del 09/01/2001.</b>	Approvazione disciplinare tecnico – amministrativo per il rilascio delle autorizzazioni e pareri regionali in materia di emissioni in atmosfera e specifiche di dettaglio per la costituzione dell'archivio informatico	
<b>IMPIANTI TERMICI</b>		
<b>Legge 13 luglio 1966, n°615</b>	“Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico”	
<b>D.P.R. 22 dicembre 1970, n° 1391</b>	“Regolamento per l'esecuzione della L.13 luglio 1966, n° 615, recante provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico, limitatamente al settore degli impianti termici”	
<b>D.P.R. 26 agosto 1993, n°412</b>	“Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art.4, comma 4. della legge 9 gennaio 1991, n°10”	
<b>D.P.C.M. 2 ottobre 1995</b>	“Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione”	Art. 6 Requisiti degli impianti: Gli impianti di cui all'art. 2 di potenza termica pari o superiore a 6 MW devono essere dotati di analizzatori in continuo dell'ossigeno libero e dell'ossido di carbonio e di rilevatori della temperatura nei gas effluenti entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto.
<b>RUMORE</b>		
<b>D.P.C.M. 1° marzo 1991</b>	“Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno”	I limiti di riferimento sono indicati nella tabella D del D.P.C.M.
<b>D.Lgs. 26 ottobre 1995 n°447</b>	“Legge quadro sull'inquinamento acustico”	
<b>D.P.C.M. 14 novembre 1997</b>	“Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.”	I limiti di riferimento sono indicati nella tabella D del D.P.C.M.
<b>Decreto 16 marzo 1998 (Ministero dell'ambiente)</b>	D.P.C.M. 31 marzo 1998”Atto d'indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'attività di tecnico competente in acustica, ai sensi della legge 26 ottobre 1995, n°447” “Legge quadro inquinamento acustico”	
<b>RIFIUTI</b>		
<b>Decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22</b>	”Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio”	Art. 7-Art.10 comma 2 punto b- Art.10 comma 3 punto b- Art.11 comma 3- Art.12 comma 1 punto a- Art.12 comma 3- Art.12 comma 5-

		Art.15 comma 1/2/3/5bis- Art.41- Art.45 comma 1/2/3
<b>Decreto 1° aprile 1998, n. 145</b>	”Regolamento recante la definizione del modello e dei contenuti del formulario di accompagnamento dei rifiuti ai sensi degli articoli 15, 18, comma 2, lettera e) , e comma 4, del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22”	
<b>Decreto 1° aprile 1998, n. 148</b>	”Regolamento recante approvazione del modello dei registri di carico e scarico dei rifiuti ai sensi degli articoli 12, 18, comma 2, lettera m) , e 18, comma 4, del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22.”	
<b>Circolare 4 agosto 1998 sulla compilazione dei registri di carico e scarico dei rifiuti e dei formulari di trasporto</b>	Circolare esplicativa sulla compilazione dei registri di carico e scarico dei rifiuti e dei formulari di accompagnamento dei rifiuti trasportati individuati, rispettivamente, dal decreto ministeriale 1° aprile 1998, n. 145 e dal decreto ministeriale 1° aprile 1998, n. 148.	
<b>Legge 25 gennaio 1994, n. 70</b>	Norme per la semplificazione degli adempimenti in materia ambientale, sanitaria e di sicurezza pubblica, nonché per l'attuazione del sistema di ecogestione e di audit ambientale.	
<b>Dm Ambiente 5 febbraio 1998</b>	Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22	All. 1 comma 3 (rifiuti metallici e loro leghe sotto forma metallica non disperdibile)
<b>Dpcm 31 marzo 1999</b>	Approvazione del nuovo modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 1999	
<b>Dlgs 3 febbraio 1997, n. 52</b>	Attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose	
<b>Dlgs 17 agosto 1999, n. 334</b>	Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose	
<b>Dm 9 agosto 2000</b>	Linee guida per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza	

*Tabella n° 6.1 : Registro delle disposizione legislative e regolamentari*

## 7 Conclusioni: ottimizzazione del processo

L'attenta analisi del processo produttivo, la raccolta dati e la continua ricerca di tecnologie innovative mi ha permesso di evidenziare alcuni aspetti della fase di produzione che potevano essere migliorati o modificati. L'effettiva possibilità di apportare modifiche al ciclo produttivo, dovrà poi essere valutata accuratamente sia dal punto di vista economico che dal punto di vista tecnologico. Di seguito saranno descritti possibili interventi relativi all'utilizzo di materie prime alternative, risparmi energetici ed una possibile gestione degli scarti di produzione.

### *7.1 Materie prime alternative*

#### *7.1.1 Possibili impieghi dei vetri da cinescopi dismessi*

Il processo di produzione di mattonelle da vetro da R.D., descritto nei capitoli precedenti, utilizza per l'impasto un quantitativo di vetro pari a circa il 21%.

Il vetro da R.D. è un materiale estremamente eterogeneo, che non consente quindi, la standardizzazione dei quantitativi di materie prime necessarie per la formatura delle piastrelle. Il vetro da riciclo è, inoltre, un materiale dall'elevato costo di approvvigionamento, soprattutto al Sud, per gli esigui quantitativi derivanti dalla raccolta differenziata.

SiO <sub>2</sub>	%	70,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2,3
TiO <sub>2</sub>		0,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		3,6
CaO		9,3
MgO		1,9
K <sub>2</sub> O		0,8
Na <sub>2</sub> O		11,8

*Tabella n° 7.1 : Composizione chimica degli scarti vetrosi V (% in peso ossidi)*

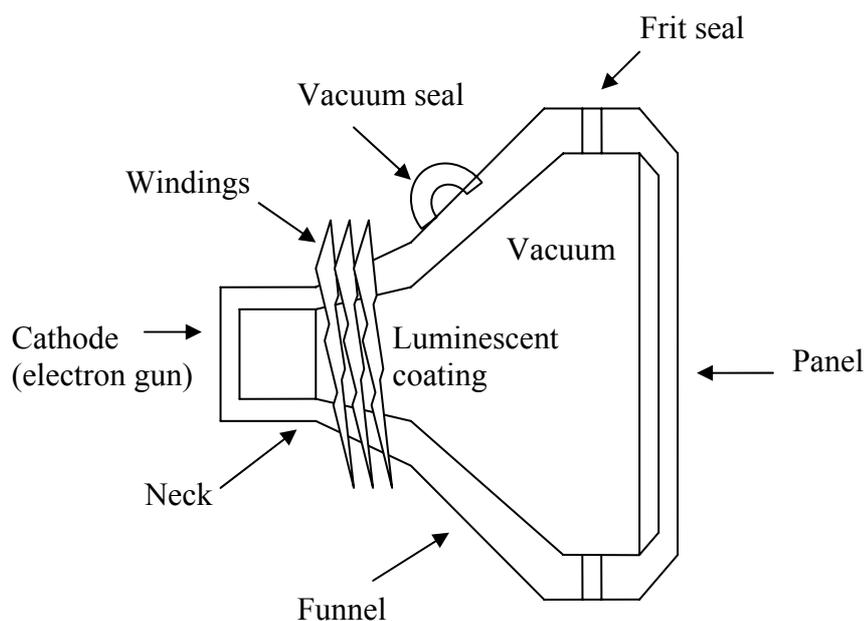
L'utilizzo di tale materiale nella produzione di piastrelle, ha messo in luce come questi residui, siano estremamente efficaci sia dal punto di vista meccanico, con un notevole incremento della resistenza a flessione e a compressione, sia da quello microstrutturale, con un elevata diminuzione della porosità e quindi verosimilmente con un buon miglioramento in termini di durabilità. Si è evidenziato, tuttavia, che quantitativi di vetro superiori ad una certa percentuale in peso portano alla formazione di cavillature superficiali, che, sebbene non abbiano mostrato alcun effetto sulle prestazioni del materiale, ne pregiudicano sicuramente l'aspetto estetico. Per l'elevato costo di approvvigionamento e per l'eterogeneità del materiale in questione, sarebbe opportuno sperimentare l'uso di vetri CRT al posto del vetro derivante da R.D. I rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche, hanno un incremento annuo tre volte superiore a quello del rifiuto urbano e rappresentano una buona fonte di materiali nobili (metallo, plastica, vetro e cavi). La Comunità Europea, per limitare gli impatti ambientali causati dai beni a fine vita, ha emanato due direttive: la direttiva 2002/96/CE sui rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche e la 2002/95/CE sulla restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche. Da ciò, il settore dei servizi attuale è contraddistinto dalla presenza di diverse imprese, tecnologicamente all'avanguardia, in grado di mettere in campo soluzioni adeguate per il trattamento di RAEE e la bonifica delle componenti pericolose per il recupero ottimale delle materie prime contenute in questi rifiuti. Tanto per avere un'idea dei volumi in gioco, la produzione media annuale (come numero di pezzi) di beni durevoli per un bacino minimo di riferimento (100.000/140.000 abitanti) è pari a:

3.000 frigoriferi;

3.000 televisori;

5.000 altri beni durevoli.

La maggior percentuale, circa l'80% dei RAEE è rappresentata da televisori e computer (la cui operatività funzionale è stimata attorno a 10 e 4 anni, rispettivamente) contenenti il tubo a raggi catodici o cinescopi (Figura 7.1), che rappresenta i due terzi dell'intero peso di un televisore o di un monitor ed è costituito per l'85% da vetro.



*Figura 7.1 : Tubo a raggi catodici e suoi componenti*

A differenza del riciclo di plastiche, metalli ed altri componenti, il riciclo del vetro del tubo catodico (vetro CRT) è alquanto problematico, perché si tratta realmente di quattro diverse tipologie di vetro (schermo o panel, cono o funnel, collo o neck e fritta di giunzione o frit seal), contenenti anche elementi pericolosi, come piombo ed altri metalli pesanti, tali da impedire un loro riciclo come rottame (per esempio per la produzione di vetro industriale quali contenitori di vetro, vetro da tavola, vetro per TV, etc.) se macinate e mescolate insieme. Poiché nei prodotti quali contenitori di vetro, vetro da tavola o fibre di vetro è proibito introdurre elementi pericolosi come piombo e arsenico, l'industria vetraria è un potenziale utilizzatore solo del vetro da schermo accuratamente selezionato e quindi esente da tali elementi. Nell'industria ceramica invece, tale limitazione non è così restrittiva e quindi sono potenzialmente utilizzabili sia il vetro da schermo che quello da cono. Tali materiali, con l'introduzione degli schermi e dei televisori al plasma, non saranno più riciclati a ciclo chiuso, per cui, la loro disponibilità sarà destinata sempre più ad aumentare ed il loro costo di approvvigionamento a diminuire.

Ossido	Panel	Funnel
SiO <sub>2</sub>	57,87	51,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,76	3,21
TiO <sub>2</sub>	0,38	0,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,22	0,13
CaO	-	3,77
MgO	-	1,43
K <sub>2</sub> O	7,29	9,47
Na <sub>2</sub> O	12,89	10,21
ZrO <sub>2</sub>	1,41	0,21
ZnO	0,63	0,41
BaO	7,95	1,28
PbO	0,02	18,40
SrO	8,52	0,89
NiO	0,03	0,03
CoO	0,01	0,01

*Tabella n° 7.2 : Composizione chimica dei vetri da schermo e cono analizzati*

Tipo di vetro	Temperatura di Transizione vetrosa Tg (°C)	Coefficiente di dilatazione $\alpha$ (10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup> )
Schermo (TV+PC) colore	536	9,99
Cono (TV+PC) colore	507	9,79
Misto (schermo+cono) bianco e nero	491	9,15

*Tabella n° 7.3 : Temperatura di transizione vetrosa e  $\alpha$  dei vetri CRT*

### 7.1.2 Possibile impiego dei rifiuti contenenti amianto

L'amianto, denominato anche asbesto, è un minerale naturale a struttura fibrosa appartenente alla classe chimica dei silicati e alle serie mineralogiche del serpentino e degli anfiboli. Per la normativa italiana, sotto il nome di amianto sono compresi i seguenti 6 composti:

1. Crisotilo: amianto di Serpentino;
2. Amosite;
3. Crocidolite;
4. Tremolite;
5. Antofillite;
6. Actinolite: amianti di Anfibolo.

Sono un gruppo di minerali che appartengono alla grande famiglia dei “Silicati”, minerali che hanno tutti come base sostitutiva il tetraedro  $\text{SiO}_4$ , in cui il Si è al centro di una figura geometrica, detta “tetraedro”, i cui vertici sono occupati da quattro ossigeni, (Figura n° 7.5 e 7.6). Da un punto di vista chimico il gruppo  $\text{SiO}_4$  è un anione che deve essere neutralizzato da cationi. Negli anfiboli, (Figura n° 7.7), i tetraedri  $\text{SiO}_4$  mettono in comune due o tre vertici e formano nastri di tetraedri  $\text{SiO}_4$ , al cui centro c'è un gruppo ossidrilico  $\text{OH}^-$ ; i diversi nastri sono collegati tra loro da cationi, che legano gli ossigeni dei tetraedri  $\text{SiO}_4$  e neutralizzano elettricamente la struttura. Questa conformazione rende la struttura molto resistente alla trazione; al contrario, lateralmente le sole forze di Wan-Der-Walls mantengono unite le fibre, che quindi, tendono facilmente a separarsi. Nei fillosilicati invece, (Figura n° 7.8), i tetraedri  $\text{SiO}_4$  mettono in comune tre vertici a formare fogli di tetraedri  $\text{SiO}_4$ , elettricamente neutralizzati da fogli di cationi.

L'amianto resiste al calore, all'azione di agenti chimici e biologici, all'abrasione e all'usura. La sua struttura fibrosa gli conferisce sia una notevole resistenza meccanica che una alta flessibilità. E' facilmente filabile e può essere tessuto. E' altresì dotato di proprietà fonoassorbenti e termoisolanti. Si lega facilmente con materiali da costruzione (calce, gesso, cemento) e con alcuni polimeri (gomma, PVC). Per anni è stato considerato un materiale estremamente versatile a basso costo, con estese e svariate applicazioni industriali, edilizie e in prodotti di

consumo. In tali prodotti, manufatti e applicazioni, le fibre possono essere libere o debolmente legate: si parla in questi casi di amianto friabile, oppure possono essere fortemente legate in una matrice stabile e solida (come il cemento-amianto o il vinil-amianto): si parla in questo caso di amianto compatto. La consistenza fibrosa sta alla base delle proprietà tecnologiche, ma anche delle proprietà di rischio essendo essa stessa causa di gravi patologie a prevalente carico dell'apparato respiratorio. La pericolosità consiste, infatti, nella capacità che i materiali di amianto hanno di rilasciare fibre potenzialmente inalabili ed anche nella estrema suddivisione cui tali fibre possono giungere. Per dare una idea dell'estrema finezza delle fibre basti pensare che in un centimetro lineare si possono affiancare 335.000 fibre di amianto. Non sempre l'amianto, però, è pericoloso.

Lo è sicuramente quando può disperdere le sue fibre nell'ambiente circostante per effetto di qualsiasi tipo di sollecitazione: meccanica, eolica, da stress termico, o dilavamento. Per questa ragione il cosiddetto amianto friabile, che può ridursi in polvere con la semplice azione manuale, è considerato più pericoloso dell'amianto compatto, che per sua natura ha una scarsa o scarsissima tendenza a liberare fibre. Il recente Decreto 29 luglio 2004, n.248 "Regolamento relativo alla determinazione e disciplina delle attività di recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto" detta inoltre le:

- Metodologie per il controllo dei materiali ottenuti da trattamenti di RCA che modificano la natura cristallo-chimica dell'amianto;
- Stabilisce i metodi per il controllo delle attività di trattamento di RCA, che vengono suddivisi in due categorie di trattamento.

I trattamenti che modificano completamente la struttura cristallochimica dell'amianto e che quindi ne annullano la pericolosità, fanno sì che la destinazione finale dei materiali derivanti da tali trattamenti sia il riutilizzo come materia prima. In particolare la normativa definisce:

- Trattamento con modificazione totale della struttura cristallochimica: il processo che annulla la presenza di amianto, consentendone il riutilizzo come materia prima.

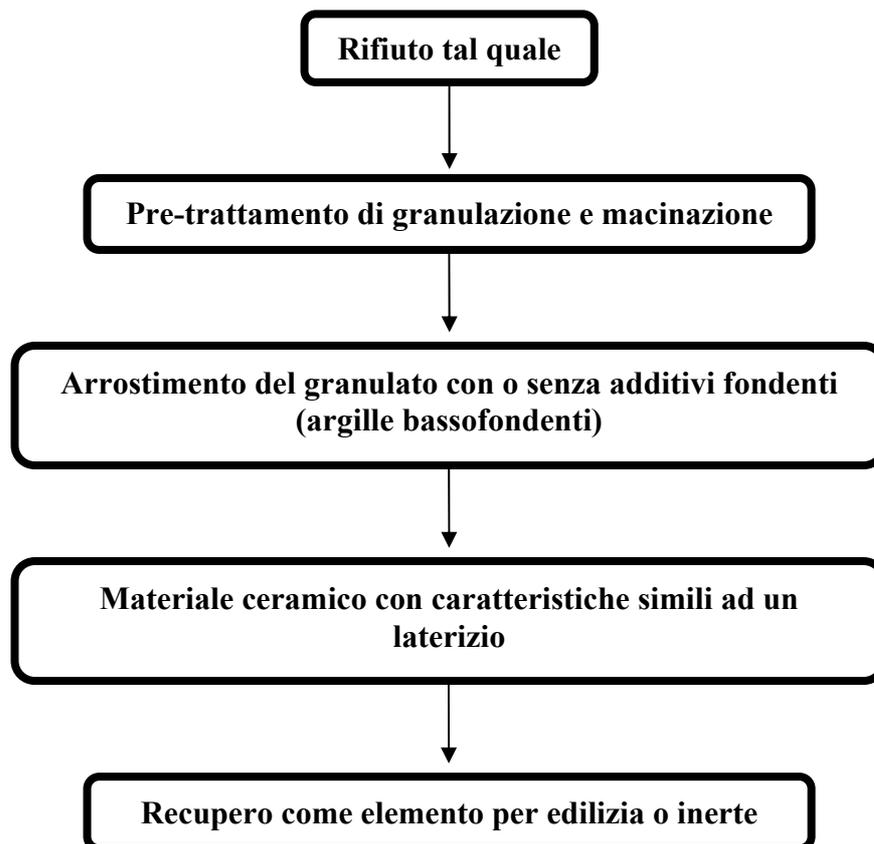
- Riutilizzo come materia prima: attività successiva al trattamento che modifica completamente la struttura cristallografica dell'amianto e pertanto esclusa dalla normativa sui rifiuti.

**Tabella B:**

<b>Processi di trattamento per Rifiuti Contendenti Amianto finalizzati alla totale trasformazione cristallografica dell'amianto</b>		
<b>Tipologia di trattamento</b>	<b>Effetto</b>	<b>Destinazione materiale ottenuto</b>
Modificazione chimica	Trasformazione totale delle fibre di amianto	Riutilizzo come materia prima
Modificazione meccanochimica	“	“
Litificazione	“	“
Vetrificazione	“	“
Vetroceramizzazione	“	“
Litizzazione Pirolytica	“	“
Produzione di clinker	“	“
Ceramizzazione	“	“

Difficoltosi e costosi risultano i processi di trasformazione dei minerali di amianto presenti sia in materiali lapidei che in miscele che caratterizzano la composizione dei rifiuti contendenti amianto (RCA). La legislazione vigente in materia, che vieta l'uso dell'amianto in tutte le sue forme, ha portato a sviluppare nuovi studi da parte del CNR. Recentemente, sono state identificate le diverse tipologie di fibre asbestiformi e le varie composizioni di RCA e sono state prese in considerazione le diverse tecniche di trattamento esistenti e formulato un nuovo processo definito CORDIAM (brevetto RM96A000782). Tale processo ricalca le trasformazioni allo stato solido che avvengono nelle rocce durante fenomeni metamorfici. Queste trasformazioni sono determinate allo stato naturale da forti aumenti di pressione e temperatura mentre, artificialmente, nel processo in esame, solo in seguito ad un trattamento termico. Si è osservato che, mescolando l'amianto con argilla ricca in caolino a temperature di circa 650 °C, la miscela iniziale formata da fasi cristalline perde queste strutture e passa ad uno stato amorfo. Non si hanno più, di

conseguenza, le disposizioni atomiche caratteristiche delle fibre tossiche. Aumentando ulteriormente la temperatura si ottengono inoltre nuove strutture cristalline stabili, quindi nuovi minerali che portano alla produzione di materiali ceramici a basso coefficiente di espansione termica. Il processo prevede le seguenti fasi schematizzate nella seguente figura:



Si ottengono così due risultati:

- inertizzazione dell'amianto;
- trasformazione di un rifiuto in una nuova materia prima.

Sulla base di quanto detto, e considerando le tecnologie a disposizione dell'Azienda, sarebbe opportuno valutare la possibilità di valorizzare i rifiuti contenenti amianto. Le dimensioni del problema sono notevoli:

- Rifiuti a base di materiali in cemento amianto (14 milioni di m<sup>3</sup>);
- Rifiuti a base di amianto provenienti dall'edilizia (1.5 milioni di m<sup>3</sup>);
- Rifiuti pericolosi a base di amianto provenienti dal comparto trasporti (0.5 - 1.5 milioni di m<sup>3</sup>).

Si potrebbe, o implementare l'impianto, oppure progettare ex novo un impianto che presenti i seguenti componenti essenziali:

- caricamento del rifiuto;
- miscelazione con argilla;
- triturazione;
- cottura controllata;
- scarico dei prodotti ceramici.

Tutto il sistema a rischio di contaminazione, dovrà essere contenuto e trovarsi in depressione costante, per mezzo ad esempio di un sistema di ventilazione con filtri assoluti. Il reale business dell'Azienda potrà essere quello di sostituirsi alla discarica e beneficiare del costo estremamente alto di smaltimento dei RCA.

Attualmente la situazione relativa allo smaltimento in discarica è il seguente:

**Discariche tipo B di seconda categoria D.C.I. del 27/7/84**

- ♦ rifiuti contenenti una concentrazione di polveri e fibre libere di amianto inferiore ai 10,000 mg/Kg.

**Discariche tipo C di seconda categoria D.C.I. del 27/7/84**

- ♦ Rifiuti con concentrazioni di polveri e fibre libere di amianto superiore ai 10,00mg/Kg.

**Discariche tipo A di seconda categoria espressamente autorizzate DPR 8/8/94 artt. 5, 6**

- ♦ RCA in matrice cementizia e resinoidi provenienti esclusivamente da attività di demolizione, costruzione o scavi.

**Criteri di ammissibilità in discarica dei RCA**

(D.M. Ambiente 13/03/2003- Allegato 1)

I RCA possono essere conferiti nelle seguenti tipologie di discarica:

- discarica per rifiuti pericolosi, dedicata o dotata di cella dedicata;
- discarica per rifiuti non pericolosi, dedicata o dotata di cella monodedicata per i rifiuti indicati dal codice CER 170605 ed i rifiuti trattati secondo i seguenti criteri:

<b>Criteria di ammissibilità in discarica per i RCA non pericolosi e per i RCA trattati(*)</b>	
<b>Parametri</b>	<b>Valori</b>
Contenuto di amianto (% in peso)	= 0 < 30
Densità apparente (g/cm <sup>3</sup> )	> 2
Densità relativa (%)	> 50
Indice di rilascio	< 0,6
(*) Trattamenti ammessi: stabilizzazione – solidificazione in matrici stabili e non reattive; incapsulamento; Trattamento con modificazione della struttura cristallina.	

### **Classificazione delle discariche**

(D.Lgs 13/01/2003- Articolo 4)

Ciascuna discarica è classificata in una delle seguenti categorie:

- discarica per rifiuti inerti;
- discarica per rifiuti non pericolosi;
- discarica per rifiuti pericolosi.

### **Classificazione dei RCA**

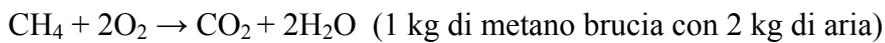
(Decisione europea 2000/532/CE)

06 07 01*	rifiuti dei processi elettrolitici, contenenti amianto
06 13 04*	rifiuti della lavorazione dell'amianto
10 13 09*	rifiuti della fabbricazione di amianto cemento, contenenti amianto
10 13 10*	rifiuti della fabbricazione di amianto cemento, diversi da quelli di cui alla voce 10 13 09
15 01 11*	imballaggi metallici contenenti matrici solide porose pericolose (ad esempio amianto), compresi i contenitori a pressione vuoti
16 01 11*	Pastiglie per freni, contenenti amianto
16 02 12*	apparecchiature fuori uso, contenenti amianto in fibre libere
17 06 01*	materiali isolanti contenenti amianto
17 06 05*	materiali da costruzione contenenti amianto

## 7.2 Risparmio energetico

### 7.2.1 Possibili aspetti di risparmio energetico

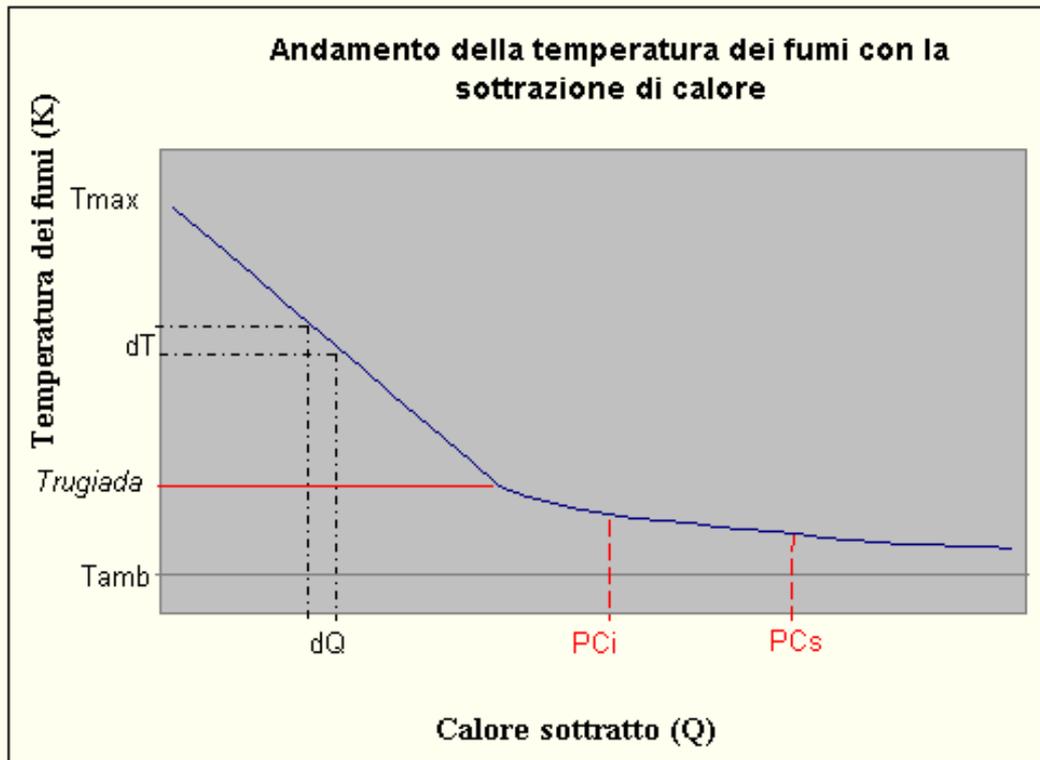
1) Il potere calorifico di un combustibile è l'energia che il combustibile stesso libera durante il processo di combustione. Se supponiamo di avere 1 kg di combustibile che brucia consumandosi, allora, a seconda del rapporto stechiometrico di combustione dell'idrocarburo si consumeranno n kg di aria:



Metano	34.325 kJ/m <sup>3</sup>
--------	--------------------------

Tabella n° 7.4 : Potere calorifico inferiore del metano

Quindi, quando il combustibile brucia si ha la produzione (per la legge di conservazione della massa) di n+1 kg di fumi ad una temperatura iniziale che sarà uguale alla temperatura di combustione adiabatica (ossia la temperatura massima che il combustibile può raggiungere). Se a questo punto, utilizzo i gas ed i fumi emessi dal forno nel processo di combustione, per scaldare l'essiccatore, avrò un notevole risparmio di combustibile. Toglierò in questo modo, ai fumi, una certa quantità di calore  $\Delta Q$ , i fumi si raffreddano e quindi anche il loro potere calorifico diminuisce, ed in particolare, diminuisce in maniera non lineare con l'aumentare della quantità di calore sottratta. Infatti, come si vede dal grafico seguente, la temperatura dei fumi diminuisce linearmente per un primo tratto, fino alla *temperatura di rugiada*, ossia il punto in cui il vapor acqueo presente dei fumi di combustione comincia a condensarsi liberando calore latente di vaporizzazione, quindi la temperatura smette di decrescere linearmente ma, si adagia più lentamente ed in maniera non lineare alla linea della temperatura ambiente.



2) I COV (composti organici volatili per lo più alcheni, aromatici e alcani a catena più lunga) emessi dal forno durante la fase di cottura delle mattonelle, costituiscono un vincolo di impatto, per tale motivo i fumi prima di essere emessi in atmosfera vengono opportunamente purificati. Tali sostanze hanno un elevato potere calorifico e potrebbero consentire un notevole recupero energetico riducendo le quantità di metano al forno, all'essiccatore o incrementare la resa energetica del gassificatore.

3) Un altro miglioramento che si potrebbe apportare al sistema di combustione del forno, considerando il bilancio energetico attuale, è quello di passare ad un sistema impiegante ossigeno puro come comburente, ciò potrebbe certamente incrementare l'efficienza di combustione.

### ***7.3 Scarti di produzione***

#### ***7.3.1 Recupero degli scarti di produzione e loro valorizzazione***

Ogni anno lo stabilimento produce circa 75.000 m<sup>2</sup> di piastrelle pari a 2.538 t, con uno scarto di produzione di circa 126,9 t, ossia il 5% della produzione netta. Tali scarti vengono conferiti ad una ditta specializzata e smaltiti in discarica. Il primo principio generale del Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998 recita: << le attività, i procedimenti ed i metodi di recupero di ciascuna delle tipologie di rifiuti non devono costituire un pericolo per la salute dell'uomo né recare pregiudizio all'ambiente >>. Annualmente sono richiesti dal mercato italiano circa cento milioni di metri cubi di materiale cavato, di cui il 50 – 60% viene impiegato per usi nobili (calcestruzzi, malte, intonaci), mentre il restante viene utilizzato per sottofondi, riempimenti e rilevati. Quest'ultima frazione di materiali vergini potrebbe essere idoneamente sostituita da rifiuti inerti lapidei opportunamente riciclati che provengono dall'edilizia di recupero, rifacimento o demolizione di manufatti civili ed industriali. Peraltro il processo di trasformazione delle macerie, in granulato riciclato, può produrre un materiale che sostituisce parzialmente i granulati naturali nella composizione dei calcestruzzi armati. Peraltro la frantumazione di calcestruzzi armati dimessi porta anche al recupero di metallo. Il Decreto del Ministero dell'Ambiente del 5.2.1998, definisce, oltre alle norme che individuano i rifiuti non pericolosi, anche le tipologie, la provenienza, le caratteristiche e le attività di recupero per ciascuna di esse. Per i rifiuti ceramici ed inerti il decreto definisce varie tipologie che possono essere trasformati in materiali riciclati:

#### **RIFIUTI CERAMICI E INERTI**

Tipologia: rifiuti costituiti da laterizi, intonaci e conglomerati di cemento armato e non, comprese le traverse e traversoni ferroviari e i pali in calcestruzzo armato provenienti da linee ferroviarie, telematiche ed elettriche e frammenti di rivestimenti stradali, purché privi di amianto. In particolare questi sono indicati nel catalogo europeo dei rifiuti (CER) con i codici:

[101303]

[170101]

[170102]

[170103] – mattonelle e ceramica

[170104]

[170701]

[200301].

Provenienza: attività di demolizione, frantumazione e costruzione; selezione da RSU e/o RAU; manutenzione reti; attività di produzione di lastre e manufatti in fibrocemento.

Caratteristiche del rifiuto: materiale inerte, laterizio e ceramica cotta anche con presenza di frazioni metalliche, legno, plastica, carta e isolanti escluso amianto.

Attività di recupero: messa in riserva di rifiuti inerti [R13] per la produzione di materie prime secondarie per l'edilizia mediante fasi meccaniche e tecnologicamente interconnesse di macinazione, vagliatura, selezione granulometrica e separazione della frazione metallica e delle frazioni indesiderate per l'ottenimento di frazioni inerti di natura lapidea a granulometria idonea e selezionata.

Applicando il D.M. 5.2.1998, l'Azienda può evitare il costo dello smaltimento di tali rifiuti, consegnandoli a ditte specializzate nel recupero di tali materiali; in tal modo si rispetterebbero anche i capisaldi del D.L.vo 5.2.1997 ossia riduzione, riutilizzo, riciclo e recupero evitando l' inutile costo sociale derivante dallo smaltimento in discarica.



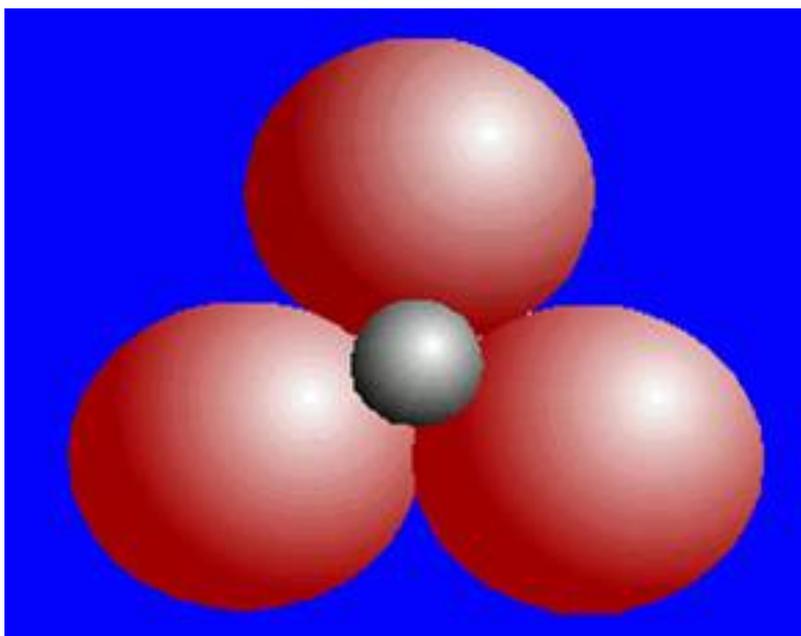
*Figura n° 7.2 : Forno a tunnel per la cottura delle mattonelle*



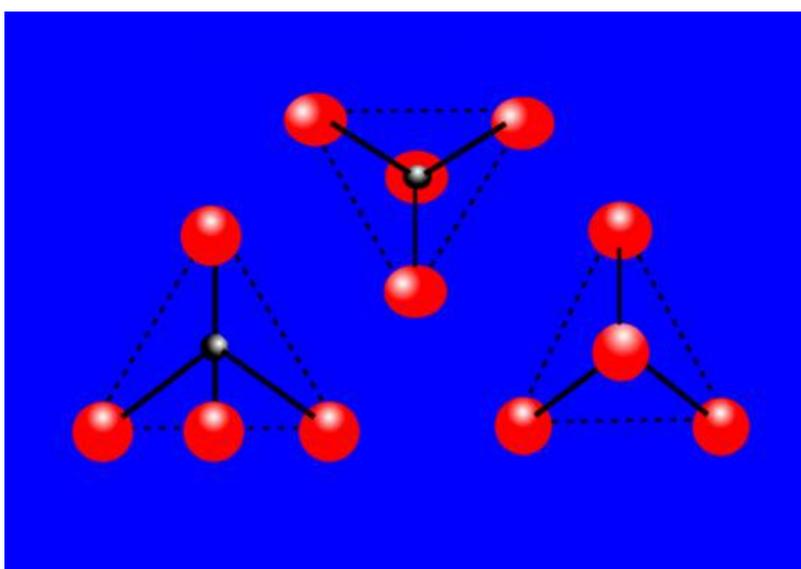
*Figura n° 7.3 : Celle essiccazione mattonelle*



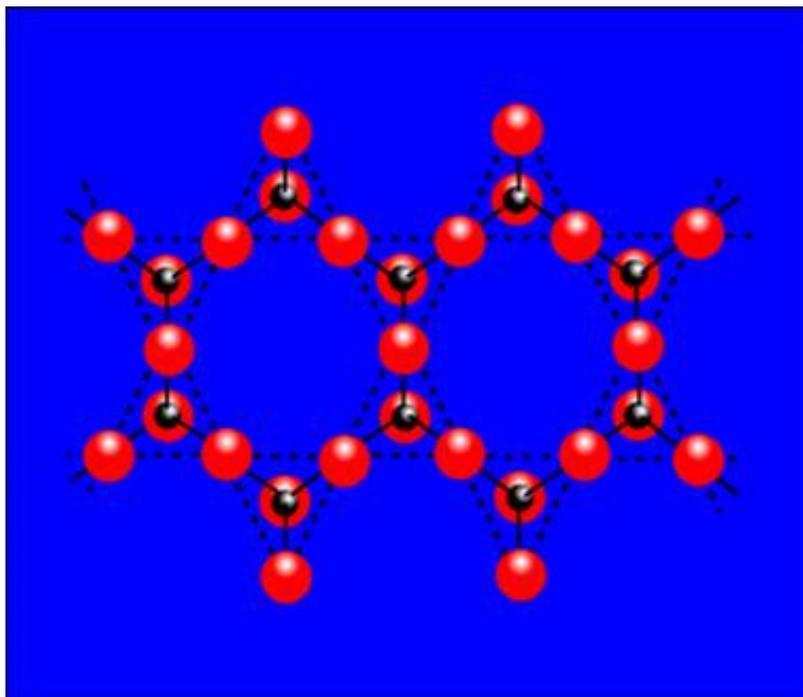
*Figura n° 7.4 : Mulino a tamburo per macinazione vetro*



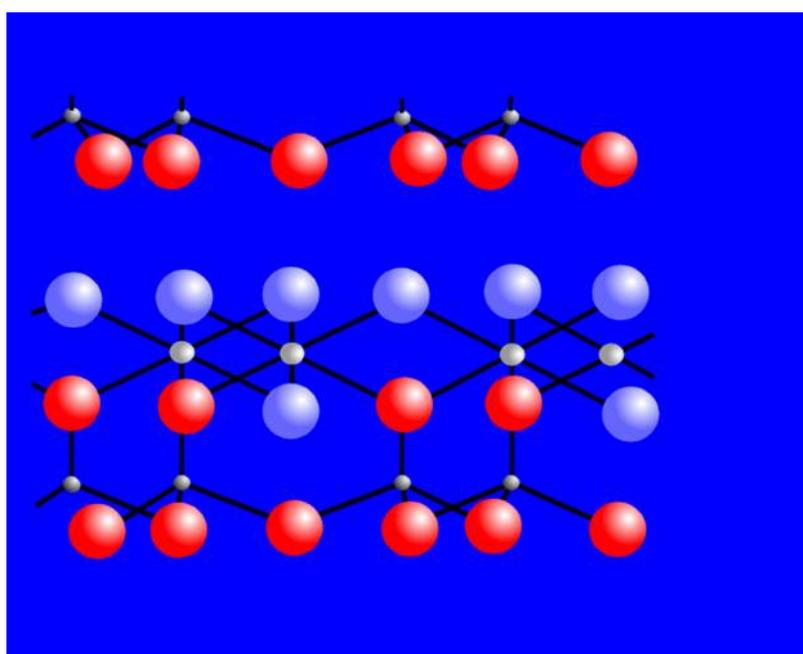
*Figura n° 7.5 : Struttura tetraedrica del silicio*



*Figura n° 7.6 : Tetraedri di silicio ( $\text{SiO}_4$ )*



*Figura n° 7.7 : Anfibolo*



*Figura n° 7.8 : Fillosilicati "caolinite"  $Si_2O_5Al_2(OH)_4$*

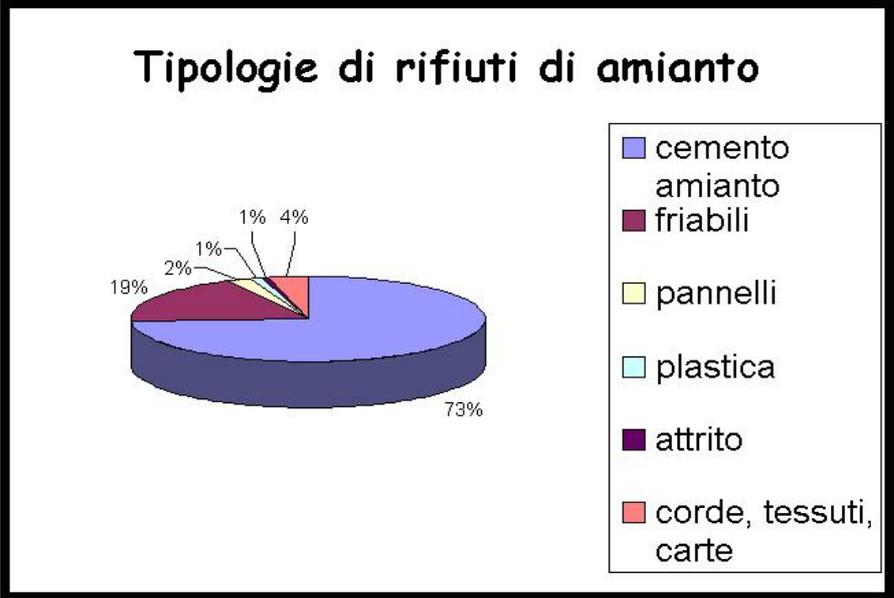


Figura n° 7.9 : Tipologie di rifiuti di amianto

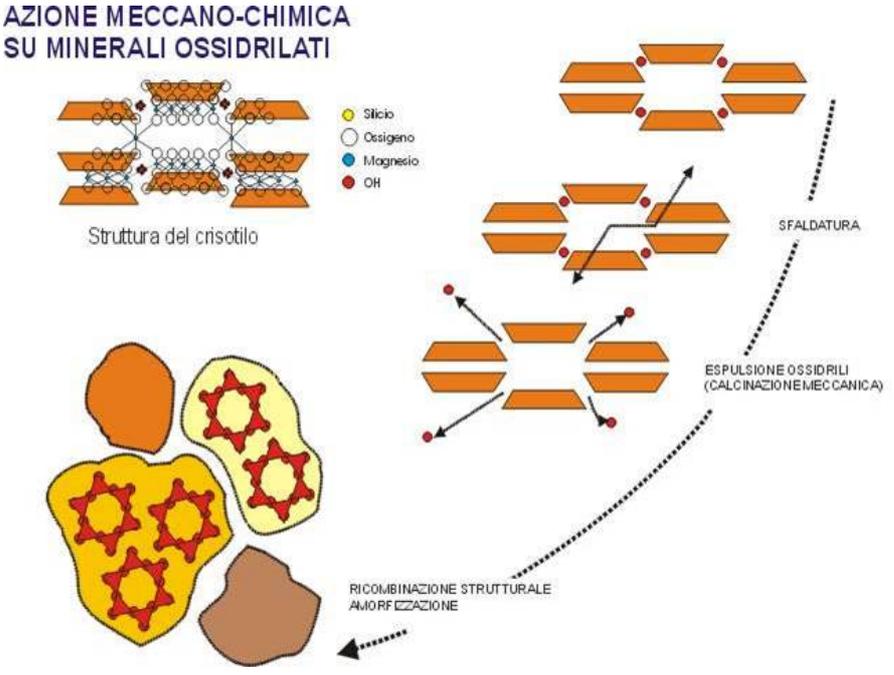


Figura n° 7.10 : Azione Meccano-Chimica su minerali ossidrilati

## **BIBLIOGRAFIA**

### **A**

Andreola F., Barbieri L., Corradi A., Lancellotti I. – Università di Modena e Reggio Emilia. Falcone R., Hreglich S. – Stazione Sperimentale del Vetro – Murano. Possibili impieghi dei vetri da cinescopi dismessi per la produzione di vetroceramica, smalti e fibre. Atti di Ecomondo 2003, Rimini, 145 – 151.

ANPA, ONR, Rapporto Rifiuti 2001, Roma, giugno 2001.

### **B**

Bignozzi M.C., Franzoni E., Sandrolini F. – Università di Bologna. Scarti vetrosi da raccolta differenziata. Un possibile riciclo nei conglomerati cementiti autocompattanti. Atti di Ecomondo 2003, Rimini, 152 – 158.

Bozell J.J., Moens L., Elliott D.C., Wang Y., G.G. Neuenschwander, S. W. Fitzpatrick, R. J. Bilski, J. L. Jarnefeld, “Production of levulinic acid and use as a platform chemical for derived products”, Resource, Conservation and Recycling 28, 2000.

### **C**

CA.MI. S.r.l. – Impianto di depurazione Acque provenienti da smalterie e mulini.

Carrillo C., Fattibilità tecnico – economica di un impianto per la produzione industriale di acido levulinico da biomasse. Tesi di Laurea sperimentale in Scienze Ambientali, - Seconda Università degli Studi di Napoli, a.a. 2003 – 2004.

Cioffi R. – Università di Napoli “Parthenope”. Trattamento e smaltimento dei rifiuti contenenti amianto (RCA). Scuola Nazionale di Aggiornamento sui RIFIUTI 4 Novembre 2004.

## **D**

Dell’Erba F. – CRC, Taranto; Vagaggini P. – A.n.p.a.r., Milano. Materiali e rifiuti inerti di natura lapidea: Trattamento e Valorizzazione.

## **F**

Fang Qi, Milford A. Hanna, “Experimental studies for acid production from whole kernel grain sorghum”, *Bioresource technology* 81, 2002.

Fugalli Serena, “Acido levulinico: dai fanghi di cartiera un prodotto di elevata versatilità”, *Atti del convegno La chimica verde per l’innovazione sostenibile, 25-26 novembre, 2003.*

Fugalli Serena, “Acido levulinico”, *La Chimica e l’Industria – giornale di chimica industriale e applicata, Organo Ufficiale della Società Chimica Italiana, marzo 2004.*

## **G**

G.T.R.(Gruppo Tecnico Ristretto) sulla gestione dei rifiuti, istituito dalla Commissione Nazionale ex art. 3 comma 2 del DLgs 372/99. Schema di rapporto finale relativo alle linee guida per l’individuazione e l’utilizzo delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di incenerimento dei rifiuti. APAT 2004.

## **I**

ITALFORNI kilns and plants for ceramic industry. LE CALORIE

impianto per estruso – KNOW HOW.

## **K**

Kitano Masao, Fumio Tanimoto, Masayuki Okabayashi, “Levulinic Acid, A New Chemical Raw Material- Its Chemistry And Use”, Chem. Econ. Eng. Rev., 1975.

## **L**

Lazazzara G., Messa a regime dei sistemi di abbattimento delle emissioni odorigene in un impianto di compostaggio della provincia di Rimini. Tesi del Master Universitario in Tecnologie per la Gestione dei Rifiuti, - Università di Bologna, a.a 2002 – 2003.

## **M**

Maglia S., Santoloci M., Il Codice Dell’Ambiente. La Tribuna Editrice, 2004.

Maglio C., Sistema Integrato di Monitoraggio Ambientale. Caso studio: l’inceneritore di Coriano. Tesi del Master Universitario in Tecnologie per la Gestione dei Rifiuti, - Università di Bologna, a.a. 2002 – 2003.

Miertus S., “Risorse rinnovabili e chimica sostenibile: una sfida globale”, Atti del Convegno *La chimica verde per l’innovazione sostenibile*, 25-26 novembre, 2003.

Morselli L., Marassi R. I Rifiuti: la chimica, il ciclo di vita, la valorizzazione, lo smaltimento, il controllo ambientale. FrancoAngeli Editore, 2002.

## **P**

Pasquariello A., La certificazione di qualità ambientale UNI EN ISO 14001 in un'industria alimentare di grandi dimensioni. Tesi di Laurea sperimentale in Scienze Ambientali, - Seconda Università degli Studi di Napoli, a.a. 2001 – 2002.

## **R**

Rambaldi E. - Università di Bologna. Esposito L., Cucci A., Palmonari C. – Centro Ceramico Bologna. Pontikes Y., Christoerou A., Angelopoulos G. – Laboratorio dei Materiali e Metallurgia, Università di Patrasso, Grecia. Il riciclaggio del vetro sodico – calcico nell'industria dei ceramici tradizionali. Atti di Ecomondo 2004, Rimini, 200 – 207.

Rinaudo C., Gastaldi D. – Dipartimento di Scienze e Tecnologie Avanzate. Università del Piemonte Orientale. Belluso E. – Dipartimento di Scienze Mineralogiche e Metrologiche. Università di Torino. La spettroscopia Raman: tecnica di identificazione rapida di fibre di asbesto. Siti contaminati n°2 del 2003, 116 – 120.

## **S**

SERI Studio Associato Consulenze Ambientali e Sicurezza sul lavoro. Relazione di indagine sulle emissioni in atmosfera ai sensi del D.P.R. 203/88 e D.M. 25/07/91.

## **T**

Tramontano L., Diritto dell'ambiente, ed. Simone, 1996.

## **SITI INTERNET**

Sito: [www.epa.gov/greenchemistry](http://www.epa.gov/greenchemistry)

Sito: [www.europa.eu.int](http://www.europa.eu.int)

Sito: [www.politicheagricole.it](http://www.politicheagricole.it)

Sito: [www.itabia.it](http://www.itabia.it)

Sito: [www.bias-net.com](http://www.bias-net.com)

Sito: [www.managenergy.net](http://www.managenergy.net)

Sito: [www.erec-renewables.org](http://www.erec-renewables.org)

Sito: [www.ambientediritto.it](http://www.ambientediritto.it)

Sito: [www.renewable2004.de](http://www.renewable2004.de)

Sito: [www.normeinrete.it](http://www.normeinrete.it)

Sito: [www.iam.na.cnr.it](http://www.iam.na.cnr.it)

Sito: [www.reteambiente.it](http://www.reteambiente.it)

Sito: [www.ecotecgroup.it](http://www.ecotecgroup.it)

Sito: [www.ecolabel.it](http://www.ecolabel.it)

Sito: [www.apat.it](http://www.apat.it)

Sito: [www.lecalorie.net](http://www.lecalorie.net)

Sito: [www.bdi-us.com](http://www.bdi-us.com)