

INDICE

PREMESSA	3
1. Distretto industriale cartario lucchese e impatto ambientale dell'industria cartaria	4
2. Lavorazione della carta da carta da macero	8
2.1 Tecnologie e Processi	9
2.2 Consumi e Emissioni	13
2.2.1 Premessa	13
2.2.2 Consumi e emissioni delle varie fasi	16
2.2.3 Consumo di carta da macero	16
2.2.4 Utilizzo di acqua	17
2.2.5 Utilizzo degli additivi	18
2.2.6 Fabbisogno energetico	19
2.2.7 Scarichi.....	20
2.2.8 Produzione di rifiuti solidi.....	22
2.2.9 Emissioni in atmosfera	25
2.2.10 Rumore.....	25
3. Processi nella produzione della carta da fibre vergini	26
3.1 Processi e Tecnologie applicate	26
3.1.1 Preparazione dell'impasto	26
3.1.2 Circuiti dell'acqua e recupero delle fibre.....	27
3.1.3 Imbozzimatura.....	28
3.1.4 Rivestimento.....	29
3.1.5 Colorazione	29
3.2 Consumi e emissioni	30
3.2.1 Premessa	30
3.2.2 Livelli dei consumi e delle emissioni.....	31
3.2.3 Consumo di materie prime	31
3.2.4 Utilizzo di acqua	32
3.2.5 Uso di additivi	33
3.2.6 Fabbisogno energetico	33
3.2.7 Scarichi idrici	34
3.2.8 Produzione di rifiuti solidi.....	34
4. BAT per le cartiere	36
4.1 Tecnologie disponibili	38
4.1.1 Gestione ottimale dell'acqua (progettazione del circuito dell'acqua) e chiarificazione dell'acqua.....	38
4.1.2 Circuiti chiusi con trattamento biologico in linea dell'acqua di processo.....	40
4.1.3 Tecnologie anaerobiche come primo stadio del trattamento biologico degli scarichi	42
4.1.4 Utilizzo e smaltimento eco-compatibile dei residui	44
4.1.5 Gestione delle acque e minimizzazione dell'uso di acqua per diverse qualità di carta	47
4.1.6 Controllo degli svantaggi potenziali nella chiusura completa dei circuiti d'acqua	48
4.1.7 Trattamento dell'acqua bianca mediante tecnologie a membrana	49
4.1.8 Opzioni di trattamento dei rifiuti	51

4.2	Tecnologie emergenti	53
4.2.1	Disinchiostrazione con getti d'acqua ad alta pressione	53
4.2.2	Trattamento avanzato degli scarichi con un processo combinato di ozonizzazione e reattore a biofilm a letto fisso	53
4.2.3	Bioreattore a membrane per trattamenti finali o parzialmente in-linea	54
4.2.4	Recupero del CO2 e delle ceneri di caldaia per produrre cariche minerali riciclate per la produzione della carta	55
4.2.5	Processo batch in continuo per il recupero delle fibre	56
4.3	Progetti LIFE	57
4.3.1	Trattamento dei residui della disinchiostrazione con un processo di combustione a letto fluido	57
4.4	Altri Progetti	59
4.4.1	Progetto SCA PACKAGING ITALIA SpA	59
4.4.2	PRAI- PROGRAMMA REGIONALE DI AZIONI INNOVATIVE	60
4.4.3	Sostegno alle strategie di INnovazione del Distretto Cartario	60
5.	Bibliografia	64

PREMESSA

Il documento fornisce informazioni sul ciclo di lavorazione, sui consumi e sui livelli di emissione per cartiere che lavorano carta da macero e non.

Vengono successivamente fornite le indicazioni sulle migliori tecnologie disponibili (BAT: Best Available Technologies) e sulle tecnologie emergenti; alcune di queste ultime prossime a sperimentazioni industriali, altre ancora in fase di sviluppo.

Per le BAT e le tecnologie emergenti ci si riferisce nel primo capitolo a quelle specifiche per le cartiere che lavorano carta da macero mentre nel secondo capitolo sono presenti le BAT applicabili a tutte le tipologie di cartiere.

1. DISTRETTO INDUSTRIALE CARTARIO LUCCHESE E IMPATTO AMBIENTALE DELL'INDUSTRIA CARTARIA

Storicamente l'industria cartaria è stata considerata sia una principali utilizzatrici di risorse naturali (legno, acqua) e di energia (combustibili fossili, elettricità) sia un settore produttivo con un alto contributo di inquinamento ambientale.

E' pur vero che, a partire dagli inizi degli anni '80, è aumentata notevolmente la sensibilità ambientale del settore, spinta anche da una legislazione ambientale sempre più attenta alle esigenze di uno sviluppo sostenibile, che ha comportato sempre più investimenti delle aziende del settore verso tecnologie di prevenzione e/o di abbattimento degli inquinanti nei cicli produttivi.

Tra gli anni 1970 e '80 l'industria cartaria era uno dei settori industriali maggiormente responsabili dell'inquinamento dei ricettori idrici. Agli inizi degli anni '80 è stata posta enfasi sul ruolo di forti inquinanti dei composti clorurati prodotti presso gli impianti di candeggio. Ciò ha portato a una legislazione più restrittiva in relazione agli scarichi di sostanze clorurate.

A seguito dell'evoluzione della legislazione ambientale, le cartiere hanno intrapreso la strada della chiusura dei cicli dell'acqua con l'obiettivo di una sensibile riduzione della domanda di acqua primaria.

La presa di coscienza da parte dei governi, spinti dalle organizzazioni ambientali e dagli ambienti scientifici, della crescita della pressione ambientale conseguente allo sfruttamento delle risorse e alla crescita della produzione dei rifiuti ha portato alla fine degli anni '80 a un forte interesse del settore nell'utilizzo di carta da macero come materia prima per la produzione delle varie tipologie di carta.

L'industria cartaria e cartotecnica costituisce una delle realtà produttive più importanti dell'area lucchese. Ai sensi della deliberazione consiliare della Regione Toscana n.69/2000, sono compresi nel distretto industriale di Capannori, specializzato in questo settore, i Comuni di Altopascio, Capannori, Porcari e Villa Basilica. Questi comuni, insieme a quelli di Lucca, Montecarlo e Pescaglia fanno inoltre parte del sistema produttivo locale manifatturiero con specializzazione nel settore delle pelli, cuoio e calzature. Ai comuni indicati si aggiunge quello di Borgo a Mozzano che può essere compreso, per specializzazione produttiva, nel distretto cartario.

Nel corso di questi anni, si realizza la vera e propria specializzazione produttiva nel settore cartario e cartotecnico incentrata nei comparti del tissue (carta per uso igienico- sanitario, personale e domestico) e del cartone ondulato.

L'importanza del settore cartario emerge anche dall'esame del numero di addetti alle unità locali, rilevati in occasione del censimento intermedio dell'industria e dei servizi: mentre a livello regionale il peso di questa parte di occupati è solo dell'1% del totale, nell'area lucchese essa costituisce oltre l'8% (vd. tabella seguente). D'altra parte, a conferma dell'andamento positivo prima richiamato, si registra una variazione tra il 1991 e il 1996 pari al 17,7%, superiore di ben 7,5 punti percentuali rispetto alla variazione media su scala regionale.

L'articolazione delle imprese all'interno della filiera tecnologica evidenzia una presenza prevalente nella produzione di materiali intermedi e prodotti finali di carta e cartone (oltre il 75% del totale), rispetto ai prodotti della stampa e dell'editoria.

Tipo di attività	N. imprese	Incidenza %
FABBRICAZIONE DELLA PASTA-CARTA, DELLA CARTA E DEI PRODOTTI DI CARTA	41	8,0
Fabbricazione della pasta-carta, della carta e del cartone	132	25,8
Fabbricazione della carta e del cartone	123	24,1
Fabbricazione di articoli di carta e di cartone	144	28,2
Fabbricazione di carta e cartoni ondulati e di imballaggi di carta e cartone	67	13,1
EDITORIA, STAMPA E RIPRODUZIONE DI SUPPORTI REGISTRATI	18	3,5
Editoria	63	12,3
Stampa e attività dei servizi connessi alla stampa	111	21,7
Riproduzione di supporti registrati	2	0,4
TOTALE	511	100

Tab. 1.0: Imprese operanti nel settore cartario della Provincia di Lucca (anno 2000)

Nell'ambito del settore cartario-cartotecnico si possono definire le percentuali di imprese appartenenti rispettivamente a quello cartario e a quello cartotecnico. Dai dati rilevati presso l'Ufficio Registro della CCIAA di Lucca emerge che:

- il 32% delle imprese opera nel settore cartario, a sua volta, articolato:
 - per il 31% nel settore delle carte per ondulatori;
 - per il 48% nel settore della carta tissue;
 - per il 21% nel settore delle carte per altri usi (industriali, imballaggio, alimentare).
- il 69% delle imprese opera nel settore cartotecnico, a sua volta, articolato:
 - per il 46% nel settore del cartone ondulato;
 - per il 36% nel settore dei prodotti in tissue;
 - per il 18% nel settore dei prodotti cartotecnici per altri usi.

L'importanza del settore sia a livello regionale che provinciale si rileva dalle seguenti tabelle che si riferiscono a dati aggiornati al 31/12/2001.

Classi di aziende per n° di addetti	N° aziende	Incidenza (%)
0-5	497	60,24
6-19	224	27,15
20-49	64	7,76
50-99	20	2,42
100 e+	20	2,42
TOTALE	825	100,00

Tab. 1.0.1: Dimensioni delle imprese operanti nel settore cartario della Regione Toscana (anno 2001)

Classi di aziende per n° di addetti	N° aziende	Incidenza (%)
0-5	153	57,30
6-19	57	21,35
20-49	27	10,11
50-99	14	5,24
100 e+	16	5,99
TOTALE	267	100,00

Tab. 1.0.2: Dimensioni delle imprese operanti nel settore cartario della Provincia di Lucca (anno 2001)

Il segmento tissue¹

L'importanza assunta dalle imprese lucchesi operanti nel *tissue* è ben evidenziata, sotto il profilo quantitativo dal fatto che circa il 70%-80% della produzione italiana di carta *tissue* viene fabbricata a Lucca.

Attualmente il comparto lucchese del *tissue* è costituito da circa 130 aziende, molte di esse di piccole dimensioni, per un totale di circa 2.560 addetti per lo più impiegati in cartiere integrate a valle.

Negli ultimi anni, a seguito dello sviluppo del settore cartotecnico si sono costituiti grandi gruppi caratterizzati dall'integrazione verticale di natura finanziaria, che va dalla produzione di carta *tissue* alla commercializzazione del prodotto finito.

A differenza del comparto del cartone ondulato, la proprietà delle aziende è per la maggior parte locale; l'assetto del mercato è di tipo oligopolistico.

La costituzione di tali gruppi è spiegata dalla necessità di beneficiare di economie di scala produttiva e organizzativa e, allo stesso tempo, di venire incontro alle esigenze d'integrazione tra il cartario e il cartotecnico. Il motivo di fondo di questo sviluppo dimensionale è nella necessità di conquistare maggiori quote di mercato attraverso un processo di concentrazione veloce, quando avviene acquisendo aziende già esistenti, ed efficace, in quanto si riducono i rischi della concorrenza.

La filiera del cartone ondulato

Il cartone ondulato si distingue dal cartone comune per le tecniche d'impasto, per altre caratteristiche della lavorazione infine per il tipo di utilizzazione. È formato da due elementi fondamentali: l'onda e la copertina; la prima, che può essere adoperata anche da sola, serve per la protezioni di oggetti fragili, per intercedini ecc. L'onda viene ottenuta per compressione a caldo del foglio tra due cilindri la cui superficie è scanalata a forma di ingranaggio. La copertina è un foglio di carta *kraft* (è il tipo più resistente tra le carte di imballo), altrimenti è realizzata con il macero di migliore qualità (fibre lunghe). Il foglio può essere incollato su una o entrambe le facce dell'onda. Il cartone ondulato è impiegato in ogni settore per imballaggio e ha il pregio della leggerezza e dell'economicità; ha sostituito il cartone pieno e in molti casi anche il legno.

Aspetti ambientali

Consumi idrici

Il Rapporto sullo Stato dell'Ambiente della Provincia di Lucca (vd. tab. 1.1.1) attribuisce al consumo medio pro capite della provincia di Lucca un livello pari a 303 litri/giorno. In base a questa fonte, il fabbisogno idrico per uso produttivo nel distretto cartario rappresenterebbe il 63% del fabbisogno industriale totale provinciale; mentre il totale del fabbisogno, compreso quindi quello civile, avrebbe un'incidenza inferiore e pari al 58% di quella totale.

¹ Comprende un elevato numero di prodotti cartacei realizzati con materiali di prima qualità e con alto contenuto di cellulosa. Si presentano soffici al tatto e sono molto assorbenti poiché non contengono colla

Comuni	Consumi idrici fatturati	Stima fabbisogno produttivo	Stima fabbisogno TOT (mc/a)	Stima fabb. Prod/fabb. Tot	Consumi/fabbisogni %	Consumi procapite L/g
Altopascio	1.296.070	1.708.350	3.853.538	44,3	33,63	351
Borgo a Mozzano	361.000	1.524.479	3.008.239	50,6	12,00	134
Capannori	2.394.465	6.402.621	15.202.352	42,1	15,75	150
Porcari	3.736.413	2.186.715	3.555.222	61,5	105,10	1.473
Lucca	6.498.000	2.775.287	15.141.405	18,3	42,92	208
Villa Basilica	543.786	923.208	8.751.171	10,5	46,75	782
<i>Tot. distretto cartario</i>	<i>14.829.734</i>	<i>15.520.560</i>	<i>49.514.927</i>			
<i>Provincia di Lucca</i>	<i>41.530.497</i>	<i>24.530.828</i>	<i>84.671.349</i>	<i>28,9</i>	<i>49,05</i>	<i>303</i>

Tab. 1.1.1 Servizi Idrici della Provincia di Lucca 1996²

Rifiuti Speciali Pericolosi e non

I Rifiuti Speciali sono costituiti essenzialmente da scarti legnosi o fibrosi e da fanghi di depurazione, in particolare per le cartiere che utilizzano carta da macero come quella lucchese. Altri scarichi del processo produttivo sono gli scarti del *pulper* costituiti da plastiche di vario tipo, metalli, colle insolubili in acqua ecc., cioè da materiali che vengono impiegati con la carta per la fabbricazione degli imballaggi e dei contenitori, che si trovano nei maceri in quanto non è possibile procedere ad una loro separazione preventiva.

I rifiuti prodotti nel distretto cartario lucchese sono desunti dall'elaborazione dei dati MUD 2002 (produzione 2001) e confrontati con i valori desunti dal Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti Pericolosi e Non. Tali dati sono forniti nel seguito del presente studio.

Consumi di energia

Il consumo energetico nella provincia di Lucca (tab. 1.1.2) è stato, nel 1999, di 2.900 milioni di KWh di cui 1.476 milioni attribuibili al comparto cartario.

L'incidenza del settore cartario sul totale dei consumi energetici è molto significativa e pari al 50,9%.

	Lucca			Toscana	
	1998 (kWh 10 ⁶)	1999 (kWh 10 ⁶)	var % 98/99	1999 (kWh 10 ⁶)	Incidenza %
AGRICOLTURA	13,1	13,9	6,1	209,5	6,6
INDUSTRIA	1975,4	2069,6	4,8	9479,6	21,8
<i>di cui Cartaria</i>	<i>1393,9</i>	<i>1476,4</i>	<i>5,9</i>	<i>1695,6</i>	<i>87,1</i>
TERZIARIO	378,0	396,5	4,9	4511,0	8,8
DOMESTICO	411,4	420,8	2,3	3836,6	11,0
TOTALE	2777,9	2900,8	4,4	18036,7	16,1

Tab. 1.1.2 Consumi di energia elettrica per settori 1999³

² Progetto "Closed"

³ Progetto "Closed"

2. LAVORAZIONE DELLA CARTA DA CARTA DA MACERO

Carta da macero

Con il termine *carta da macero* o *fibre di recupero* si intende quella carta che ha già servito allo scopo per la quale è stata fabbricata e che viene riutilizzata nel ciclo produttivo. La cellulosa infatti possiede la fondamentale caratteristica di poter essere sottoposta a ripetuti utilizzi. Grazie a questa caratteristica, un foglio di carta una volta usato può essere reimpiegato per produrre nuova carta.

Durante la lavorazione, la carta di recupero subisce un trattamento di elementarizzazione, onde renderla idonea ad essere trasformata ancora in carta.

In questa fase è fondamentale togliere dai maceri i materiali estranei, chiamati contaminanti, come plastica, vetro, ferro, colle, paraffina, ecc. la cui presenza crea problemi alla produzione e condiziona la qualità.

Il procedimento avviene in più fasi in modo da togliere inizialmente le parti più grossolane e via via le più piccole.

Nel caso in cui sia necessario produrre carte con un buon grado di bianco, il processo prevede anche una fase di disinchiostrazione per eliminare gli inchiostri presenti nel macero.

Più i sistemi di epurazione e disinchiostrazione sono sofisticati e più la qualità del prodotto finito si avvicina a quello di fibra vergine. La produzione di carta riciclata non inquina purchè le cartiere siano dotate di attrezzature adeguate per il trattamento, sia delle carte da macero, che delle acque di scarico e dei residui di lavorazione. Data la grande eterogeneità della carta da macero è praticamente impossibile fare una esatta, chiara ed esauriente classificazione come può invece essere fatto per le cellulose.

L'impatto ambientale del processo di produzione è costituito essenzialmente dagli scarichi idrici, dai rifiuti solidi (particolarmente se la disinchiostrazione è applicata) e dalle emissioni atmosferiche. Le emissioni nell'atmosfera sono collegate principalmente alla generazione di energia da combustione dei combustibili fossili nelle centrali. Per un uso efficace di carta da macero è necessario raccogliere, scegliere e classificare i materiali nelle diverse qualità. Le impurità come per esempio la plastica, carte laminate ecc. sono rimosse il meglio possibile prima dell'imballaggio e il successivo trasporto presso le cartiere.

La fig. 1.1 fornisce schematicamente un'idea sul ciclo di lavorazione di una cartiera che lavora carta da macero⁴.

⁴ Progetto Closed

Spappolamento della carta da macero

La carta da macero è alimentata al pulper insieme ad acqua calda o ad acqua bianca, spappolata con agitazione meccanica ed idraulica con conseguente riduzione in fibre elementari. Dopo lo spappolamento la pasta ha una consistenza adeguata per il trattamento successivo. Alcuni prodotti chimici quali NaOH e agenti di disinchiostrazione sono aggiunti spesso come additivi di spappolamento. Varie soluzioni tecniche sono disponibili a secondo delle materie prime adoperate.

Ci sono tre tipi di pulper: a bassa densità, alta densità e pulper a tamburo. Ci sono di tipo batch e continui. Gli agenti inquinanti sono rimossi continuamente durante il funzionamento e sono inviati a un nastro trasportatore degli scarti, per evitare che gli inquinanti si riducano in piccole parti o che si accumulino nel pulper. C'è sempre di più un uso maggiore di pulper secondari per l'ulteriore riduzione in fibre elementari e pulizia dalle polveri pesanti e leggere. Normalmente, l'acqua di spappolamento è costituita completamente da acqua bianca di processo di ricircolo proveniente dalla macchina continua.

Rimozione meccanica delle impurità e raffinazione

Essenzialmente ci sono filtri di differenti dimensioni e vari tipi di idrocycloni (alta consistenza, centrifughi ecc.). Lo slurry (sospensione) parzialmente pulito è pompato dal pulper agli idro-cycloni (pulitori ad alta densità) in cui le forze centrifughe rimuovono le piccole particelle più pesanti. Gli scarti di questi pulitori così come quelli dal pulper normalmente sono inviati in discarica.

La fase successiva consiste in un'ulteriore filtrazione finalizzata a eliminare particelle più grandi. La filtrazione grossolana per la rimozione degli agenti inquinanti durante la preparazione dell'impasto può essere distinta dalla selezione fine del flusso inviato alla macchina continua. In generale, la filtrazione spinta è più efficiente ma richiede lay-out più complessi in relazione ai macchinari utilizzati e un maggior consumo di energia.

A secondo della qualità dell'impasto, l'impianto di produzione della pasta deve essere equipaggiato con macchine supplementari quali colonne di frazionamento, dispersori o raffinatori. Il frazionatore separa la pasta in due frazioni che permettono di trattare fibre corte e lunghe in modi differenti. Il processo di dispersione, ad alto consumo di energia, può essere effettuato per realizzare un miglior legame delle fibre (caratteristiche migliori di resistenza) nella carta prodotta e per ridurre le macchie sporche visibili nella bozzima.

Processi con disinchiostrazione mediante flottazione⁶

Gli obiettivi principali della disinchiostrazione sono l'aumento del grado di bianco e l'eliminazione di inquinanti quali inchiostri, vernici e smalti. Un impianto di disinchiostrazione include inoltre i già menzionati processi di spappolamento, di filtrazione e di pulizia per la rimozione degli inquinanti grossolani (pietre, sabbia, metallo, vetro, tessile, legno, fogli di plastica, fermagli e punti metallici ecc.).

Oltre all'epurazione meccanica dell'impasto, è effettuato un pre-trattamento chimico della pasta e una rimozione degli inchiostri di stampa in celle di flottazione. Un pre-requisito per la riuscita della disinchiostrazione è che le particelle di inchiostro vengano liberate dalle fibre e vengano mantenute in sospensione. A questo fine prodotti chimici quali NaOH, silicato di sodio, perossido di idrogeno, saponi, acidi grassi e agenti chelanti sono aggiunti già nella fase di spappolamento. Le particelle disperse di inchiostro sono poi separate dall'impasto di fibre per mezzo della flottazione (a più stadi). I principii di funzionamento della disinchiostrazione per flottazione sono i seguenti.

⁶ Processo non presente in tutte le cartiere

Viene introdotta aria nella pasta in arrivo in bolle piccole; le particelle di inchiostro sono catturate, tramite agenti chimici di superficie, dalle bolle di aria; la schiuma carica di inchiostro emerge dalla superficie del bagno. A secondo delle dimensioni e forma delle vasche, ci possono essere varie vasche in serie per conseguire un adeguato tempo di permanenza per la rimozione dell'inchiostro. Per ridurre la perdita di fibra nel fango di disinchiostrazione, la schiuma proveniente dalle vasche primarie è spesso trattata in vasche secondarie in cascata. Gli scarti vengono disidratati con filtro-presses o centrifughe fino al 50% di sostanza secca.

Dopo la disinchiostrazione la pasta è ispessita e, a volte, lavata per mezzo di vibro-vagli, ispessitori, presse a vite e gorgogliatori. Dopo queste fasi di pulizia, la pasta può ancora contenere piccole impurità residue, come residui di particelle dell'inchiostro, cere o adesivi. Queste impurità possono essere disperse così finemente che le particelle sono invisibili all'occhio nudo. Prima della dispersione il contenuto di sostanza solida secca della pasta deve essere aumentata da circa 5-12% a 25-30% perché la dispersione richiede forti forze di attrito e alte temperature oltre i 95 °C. Dopo la dispersione l'impasto è di nuovo diluito.

Processi con rimozione di cenere e disinchiostrazione mediante gorgogliamento⁷

La disinchiostrazione mediante flottazione è efficiente per dimensioni delle particelle a partire da μm 5-100. Particelle di inchiostro, che sono più piccole della gamma ottimale necessarie per la disinchiostrazione a flottazione, possono essere rimosse mediante la disinchiostrazione con gorgogliamento che è essenzialmente un processo di disidratazione a più stadi. Oltre agli inchiostri, anche cariche e residui fini sono rimossi da questo processo. Il lavaggio è effettuato spesso con vari stadi mediante un flusso di acqua controcorrente e cioè il filtrato dello stadio secondario è usato per la diluizione dell'impasto nella fase preliminare.

Un impianto di disinchiostrazione moderno finalizzato alla produzione di carta tissue include spesso la disinchiostrazione sia del tipo a flottazione che a gorgogliamento per il fatto che risultano complementari. Se la rimozione della cenere è richiesta, come per esempio per il tissue il sistema deve includere sempre una fase di gorgogliamento.

Sbianchimento⁸

Prima di entrare nel serbatoio di stoccaggio la pasta spesso è candeggiata per mezzo di agenti sbiancanti. In generale sono usati il perossido di idrogeno, l'idrosolfito o l'acido formammidensolfonico. Gli agenti sono aggiunti direttamente nel dispersore per mantenere o aumentare il grado di bianco. La stessa reazione avviene in un serbatoio di candeggio che assicura un tempo di permanenza sufficiente.

Qualsiasi possibile aumento del grado di bianco dipende dalla materia prima e dal trattamento preparatorio dell'impasto. Lo sbianchimento mediante perossido di idrogeno è effettuato in presenza di NaOH, di silicato di sodio e a volte di agenti chelanti. Infine la pasta è pompata nei serbatoi di stoccaggio o ai serbatoi di miscelazione. Questi serbatoi servono da polmone fra la fase di preparazione della pasta e la macchina continua, per garantire la continuità del processo. Nei serbatoi di miscelazione gli additivi richiesti sono aggiunti e la consistenza corretta della fibra viene raggiunta per la successiva fase nella macchina continua.

⁷ Processo non presente in tutte le cartiere

⁸ Processo non presente in tutte le cartiere

La trasformazione in carta⁹

In questa fase l'impasto fibroso, ottenuto con i processi in precedenza indicati viene portato su un macchinario, la macchina continua¹⁰, mediante il quale si trasforma la sospensione fibrosa in un nastro continuo.

In questa fase del ciclo la sospensione è già stata preparata allo scopo di generare carta con i requisiti fisico chimici voluti, inoltre miscelata, additivata e diluita ad una concentrazione che può arrivare intorno allo 0.2-0.3% di sostanza secca.

Questa rilevantissima aggiunta di acqua costituisce il mezzo insostituibile per raggiungere la feltrazione. Per feltrazione si intende quel fenomeno di natura fisico-chimica capace di tenere unite solidamente tra di loro le fibre cellulosiche precedentemente preparate a mezzo azione idrodinamica.

Le fibre in sospensione nell'acqua, cioè, vengono opportunamente feltrate su una tela onde trasformarle in un nastro di carta allo stato umido che, attraverso successive lavorazioni, viene disidratato e portato allo stato secco.

Di seguito si descrivono brevemente le varie sezioni di una macchina continua tipo e del processo che in esse si realizza.

La cassa di afflusso e la tela formatrice

L'impasto mescolato, diluito, dosato ed epurato è pronto per essere trasformato in foglio di carta. La sospensione fibrosa, molto diluita (oltre il 99% di acqua), arriva in un contenitore metallico opportunamente sagomato chiamato cassa di afflusso che ha la funzione di distribuire con la massima uniformità e regolarità la sospensione sulla tela formatrice, evitando la formazione di vortici e schiume.

La cassa di afflusso costituisce il cuore della macchina continua, dove in pratica nasce il foglio di carta. Essa ha in sostanza il difficile compito di distribuire un flusso di pasta ed acqua, in un sottile foglio largo parecchi metri, con caratteristiche uniformi su tutta la larghezza. La tela formatrice, che è un nastro senza fine che avvolge due o più cilindri che lo fanno ruotare in continuo, ha come funzione fondamentale quella di far perdere buona parte dell'acqua contenuta nell'impasto favorendo, allo stesso tempo, l'unione tra loro delle fibre di cellulosa. Alla fine del percorso che l'impasto deve fare sulla tela, il foglio di carta comincia ad avere una sufficiente consistenza per essere staccato dal supporto su cui è adagiato e permettere quindi l'inizio di una nuova fase di lavorazione.

Allorché il foglio abbandona la tela, contiene ancora una forte percentuale di umidità. Tale valore è molto variabile a seconda del tipo di macchina, di impasto e di grammatura, ma normalmente si aggira tra il 60 e l'80%.

Presse, seccheria e arrotolatore

Una volta staccato dalla tela, il foglio di carta viene adagiato su un feltro; questo è un tessuto sintetico poroso a forma di nastro continuo il cui compito, in primo luogo, è di far avanzare il foglio, su di esso posato, alla successiva sezione presse.

L'altro fondamentale compito del feltro deriva dal fatto che a questo punto del processo il foglio da solo non può essere compresso, perchè la sua maggiore componente è l'acqua ed un eventuale tentativo di compressione farebbe sì che le fibre vaganti nel mezzo acquoso si muovano disordinatamente distruggendo la struttura del semilavorato già formato.

Se invece la pressione viene esercitata sul foglio quando questo giace sul feltro soffice ed assorbente, l'acqua di spremitura si trasferisce al feltro senza disturbare il contesto fibroso.

Le presse sono costituite da coppie di cilindri contrapposti il cui numero e dimensione variano con le caratteristiche della carta da fabbricare.

Dopo l'ultima pressa termina la parte della continua detta zona umida.

⁹ valida anche per le cartiere che non utilizzano carta da macero

¹⁰ si chiama continua in quanto il foglio di carta si genera senza interruzioni

Da questo punto in avanti il foglio viene asciugato mediante calore. La carta entra in un complesso di cilindri chiamato seccheria e da questo punto in avanti la rimanente parte della macchina continua viene detta zona secca.

La funzione della seccheria è quindi quella di asciugare il foglio di carta, cioè di disidratarlo quasi completamente (circa 5% di acqua finale).

Il nastro di carta entra in seccheria ad una temperatura intorno ai 15°C e deve essere portato gradualmente ad un valore di poco superiore ai 100°C, onde consentire la trasformazione dell'acqua trattenuta dal supporto fibroso in vapore. Questa vaporizzazione dell'acqua deve avvenire nel tempo impiegato dal nastro di carta a percorrere lo spazio rappresentato dalla seccheria.

Si può indicativamente dire che, per una tonnellata di impasto secco, diluito in cassa di afflusso allo 0.5% risulta necessario una massa di acqua pari a circa 200.000 litri.

Nel passaggio sulla tavola piana si asportano circa 195.000 litri, 1.700 vengono asportati dalle presse e circa 2.300 devono essere asportati per evaporazione nelle seccherie.

Quando il foglio esce dalla seccheria viene avvolto, nella sezione arrotolatore (pope), su un'anima che funge da supporto per la carta che vi si avvolge intorno. Si crea così una bobina del peso di diversi quintali e di larghezza pari alla larghezza utile della macchina.

Purificazione dell'acqua di processo¹¹

L'acqua proveniente dalle fasi di disidratazione può essere chiarificata in un'unità di micro-flottazione. L'acqua trattata è allora riutilizzata nel processo. L'unità di micro-flottazione fornisce un fango che è ispessito e poi può essere inviato in discarica oppure incenerito. Nel caso di disinchiostrazione mediante gorgogliamento l'uso complessivo di acqua è ridotto ulteriormente riciclando anche l'acqua di lavaggio. I solidi devono essere rimossi dal filtrato da un'unità separata di flottazione.

Pulizia e disidratazione finale¹²

Tipi differenti di filtri a maglia stretta e cleaners rimuovono inquinanti residui prima che l'impasto altamente diluito venga alimentato alla macchina continua. La disidratazione/ispessimento può essere fatto tramite filtro-presse oppure presse a vite per ottenere la consistenza della pasta necessaria così come per mantenere i circuiti delle acque chiare separate.

Gestione degli scarti e del fango¹³

Durante la lavorazione sono raccolti vari tipi di scarti e fango, in quantità variabile, e devono essere trattati. Una riduzione della quantità di residui da smaltire può essere realizzata se tipi simili di scarti dalle varie fasi a partire dalla preparazione dell'impasto e durante tutto il processo sono raccolti insieme e trattati. Il recupero della fibra inoltre contribuisce a minimizzare la quantità di residui.

2.2 Consumi e Emissioni

2.2.1 Premessa

Le materie prime per la produzione di carta riciclata sono principalmente carta da macero, acqua e additivi chimici. Grandi quantità di acqua sono usate come acqua di processo e acqua di raffreddamento. Come ausiliari di processo e per migliorare le proprietà del prodotto vari additivi sono usati durante la produzione della carta. L'impatto ambientale consiste essenzialmente nelle emissioni in acqua, nella generazione di rifiuti solidi e nelle emissioni atmosferiche (principalmente quelle relative alla produzione di energia mediante l'utilizzo di combustibili fossili).

¹¹ valida anche per le cartiere che non utilizzano carta da macero

¹² valida anche per le cartiere che non utilizzano carta da macero

¹³ valida anche per le cartiere che non utilizzano carta da macero

Quando le tecniche di abbattimento sono applicate per ridurre le emissioni, possono esserci effetti trasversali. In questo capitolo i valori quantitativi sia per i consumi che per le emissioni sono forniti per i tipi principali di cartiere che utilizzano cartata macero.

La produzione della carta nelle cartiere che processano carta macero può suddividersi in tre parti: preparazione dell'impasto – processi intermedi per l'invio alla macchina continua – e fasi di qualificazione del prodotto. Le fasi di preparazione dell'impasto e di lavorazione alla macchina continua sono strettamente connesse tra di loro dal circuito dell'acqua di processo. La tabella 1.2 dà una descrizione delle principali materie prime usate e delle emissioni durante la preparazione dell'impasto in funzione delle diverse qualità di carta principali da produrre. I valori nella tabella contengono esclusivamente la preparazione dell'impasto e cioè non sono considerati i quantitativi che riguardano la successiva macchina continua. Un'eccezione risulta per le portate di acqua perché i flussi tra le due fasi sono normalmente collegati.

Consumo di materia prima e emissioni in acqua; rifiuti	Carta da imballaggio	Carta da giornale	Carta leggera rivestita	Tissue
Qualità della carta da macero	Misto carta e cartone	Carta da disinchiostare	Carta da disinchiostare	Carta da disinchiostare
Consumo di energia - Elettrica - Termica	150-250 kWh/t 0 MJ/t	300-420 kWh/t 450-900 MJ/t (=0.2-0.4 t _{steam} /t)	400-500 kWh/t 650-1100 MJ/t (=0.3-0.5 t _{steam} /t)	400-500 kWh/t 650-1100 MJ/t (=0.3-0.5 t _{steam} /t)
Prodotti chimici - Spappolamento - Flottazione I - Flottazione II - Sbiancamento - Flocculanti	Biocida	0.5-1.0% H ₂ O ₂ 0.5-1.0% NaOH 1-2% Na ₂ SiO ₃ 0.3-0.6% soap 0.2-0.4% soap (NaOH+fatty acids) 1-2% H ₂ O ₂ 0.5-1.2% NaOH 1 - 1.8% Na ₂ SiO ₃ 0.4 - 1% Dithionit up to 0.2% NaOH Flocculation auxiliary agents: 0.5-1 kg/t	0.5-1.0% H ₂ O ₂ 0.5-1.2% NaOH 1-2% Na ₂ SiO ₃ 0.3-0.6% soap 0.2-0.4% soap (NaOH+fatty acids) 1-2.5 % H ₂ O ₂ 0.5-1.5 % NaOH 1-2 % Na ₂ SiO ₃ 0.4 - 1% Dithionit up to 0.2 % NaOH Floc. auxil. agents: 1.6-2.6 kg/t Flocculants.: 1.5 - 2.5kg/t	0.0-1.0% H ₂ O ₂ 0.3-0.6% soap ----- 1-2 % H ₂ O ₂ 0.5-1.2 % NaOH 1-1.8 % Na ₂ SiO ₃ 0.4 - 1% Dithionit up to 0.2 % NaOH Floc. auxil. Agents: 1.8-2.8 kg/t
Acqua - Portata d'acqua - Emissioni prima del trattam. biologico	0 - 4 m ³ /t paper TSS : usually below 200 mg/l COD: 27-36 kg/t (6750-9000 mg/l) AOX: < 4 g/t (= 1 mg/l)	8 - 16 m ³ /t paper TSS : usually below 200 mg/l COD: 17-27 kg/t (1700-2700 mg/l) AOX: < 10 g/t (= 1 mg/l)	8 - 16 m ³ /t paper TSS : usually below 200 mg/l COD: 17-27 kg/t (1700-2700 mg/l) AOX: < 10 g/t (= 1 mg/l)	8 - 16 m ³ /t paper TSS : usually below 200 mg/l COD: 26-35 kg/t (2600-3500 mg/l) AOX: < 10 g/t (= 1 mg/l)
Rifiuti - Solidi - Contenuto organico	50-100 kg/t paper 70-80%	20% losses 170-190 kg/t paper 35-45%	35% losses 450-550 kg/t paper 45-55%	500-600 kg/t paper 40-50%

Tab. 1.2: Consumi e livelli di emissione per la preparazione dell'impasto¹⁴

¹⁴ BREF: BAT REFERENCE REPORT

I livelli complessivi di emissione e di consumo delle cartiere per alcuni tipi di carta prodotti a partire da carta da macero sono indicati in tabella 1.2.1 (testliner).

I dati provengono dal database europeo per cartone corrugato emanato dal FEFCO, Groupement Ondulé and Kraft Institute. Gli intervalli dei parametri si basano su dati provenienti da cartiere ubicate in Danimarca, Francia, Germania, Italia, Olanda, Spagna e Gran Bretagna. I dati sono stati raccolti dalle cartiere europee che producono il 52% del quantitativo annuale totale di carta. I dati sono forniti per tonnellata di prodotto finito.

Input			Output		
Materie prime	Valore	Unità di misura	Prodotto	Valore	Unità di misura
Carta da macero (a piè di impianto)	1100	Kg/t	Wllenstoff, testliner	1000	kg
Biocidi	0-0.12	Kg/t	Emissioni		
Coloranti	0.2-1	Kg/t	CO ²	320-600	Kg/t
Agente di eliminazione schiuma	0.1-0.4	Kg/t	CO	n.d.	Kg/t
Agenti ritentivi	0.3-2.4	Kg/t	NOx	0.4-1.1	Kg/t
Agenti collanti	1-3	Kg/t	SO ²	n.d.	Kg/t
Amido	20-50	Kg/t	Polveri	n.d.	Kg/t
Energia			COD	0-2.2	Kg/t
Combustibile fossile	5700-9600	MJ/t	BOD5	0-0.2	Kg/t
Energia elettrica	2.8-403	kWh/t	Solidi sospesi	0-0.5	Kg/t
			AOX	n.d.	Kg/t
			N totale	n.d.	Kg/t
			P totale	n.d.	Kg/t
			Acqua evaporata	1-2	m ³ /t
			Portata degli scarichi	0-11	m ³ /t
Fabbisogno di acqua			Residui		
Primaria	2-13	m ³ /t	Rifiuti in discarica	30-70	Kg/t

Tab. 1.2.1: Dati ambientali per la produzione di testliner¹⁵

Il combustibile fossile usato è al 94 % gas naturale nella produzione di Testliner. Tutte le cartiere producono il vapore per l'essiccamento della carta nella macchina continua, ma non tutte auto-producono l'elettricità. Le emissioni in atmosfera dipendono dal tipo di combustibile usato.

Il consumo di acqua per la produzione varia fra 2 e 13 m³ per tonnellata di prodotto finito. Quando la carta è prodotta con un sistema a circuito chiuso, il valore del consumo di acqua corrisponde alla quantità di acqua evaporata durante l'essiccamento di carta. I valori medi di consumo dell'acqua sono quasi identici per entrambe le qualità di carta con un valore di circa 6,5 m³ per tonnellata di prodotto finito. I valori di scarico variano tra 4.9 e 5.7 m³ per tonnellata di prodotto finito.

Le emissioni in acqua sono caratterizzate dalle sostanze che lasciano le cartiere mediante gli scarichi dopo un trattamento finale dell'acqua. I livelli dei solidi sospesi, di COD e di BOD₅ sono bassi per quanto riguarda i valori medi ma sono praticamente uguale a zero per i sistemi a circuito chiuso dell'acqua. Il contenuto in fosforo e azoto dell'acqua risulta molto basso. Un'aggiunta controllata di sostanze nutritive alla fase biologica di trattamento è necessaria per garantire il mantenimento e lo sviluppo dei micro-organismi.

Le cartiere che producono tissue sono caratterizzate dalla produzione di una varietà grande di prodotti. Queste cartiere necessitano di acqua molto pulita sugli spruzzatori perché la pulizia della tela formatrice e dei feltri risulta critica per la produzione di carta sottile a basso peso specifico.

¹⁵ BREF: BAT REFERENCE REPORT

Per quanto riguarda la materia prima fibrosa usata ci sono sia cartiere che si basano sul 100 % di fibre vergini sia quelle che usano il 100 % di fibre da carta da macero. In mezzo ci sono cartiere che utilizzano varie miscele di fibre con percentuali di fibre recuperate che vanno da 10 %, 20 % fino al 90 %. L'influenza delle materie prime nel complesso delle prestazioni ambientali di una cartiera si traduce principalmente in alti volumi del fango generati durante la disinchiostrazione per gorgogliamento.

Le differenze nelle emissioni in acqua non sono significative nell'ipotesi di un adeguato trattamento biologico delle acque di scarico. La prestazione ambientale della cartiera è influenzata da altri fattori come per esempio i prodotti chimici usati, il tipo di combustibile usato, il tipo di centrale di produzione di energia e infine il lay-out dell'impianto.

2.2.2 Consumi e emissioni delle varie fasi

I seguenti aspetti sono di particolare importanza per relativamente all'impatto sull'ambiente:

- Il consumo della carta da macero (materia prima)
- L'uso di acqua
- L'uso di additivi
- L'energia consumata
- Le emissioni in acqua
- La produzione di rifiuti solidi dalla preparazione della pasta, dal processo di chiarificazione dell'acqua e dal trattamento dell'acqua di scarico;
- Le emissioni in atmosfera dovute alla produzione di energia
- Le emissioni in atmosfera dall'incenerimento del fango e dei residui (opzionale)
- Il rumore generato
- Odori molesti provenienti dal vapore e dall'impianto di trattamento.

2.2.3 Consumo di carta da macero

Per la produzione di una tonnellata di carta sono utilizzati tra 1100 e 2000 kg di carta da macero. Secondo la lista europea delle qualità standard di carta da macero quest'ultima è classificata approssimativamente in quattro gruppi (ulteriormente suddivisi in sottogruppi) corrispondenti a: ordinario, a medio, alto e Kraft¹⁶. La carta da macero di qualità inferiore contiene più impurità e deve essere pulita più intensivamente per soddisfare i requisiti di prodotto se confrontata alla carta da macero di più alto grado. Le qualità migliori di carta da macero sono utilizzate principalmente per la produzione di carta grafica e di tissue.

Si prevede un aumento della percentuale di impurità nella carta da macero a causa dell'aumento continuo del riciclaggio della stessa¹⁷. Questo effetto sarà amplificato tramite l'uso intensificato di cariche nella produzione di carta. In generale è previsto che la quantità delle impurità nella carta da macero aumenti con il conseguente aumento delle fasi di cleaning e di sbianchimento. Inoltre aumenteranno i rifiuti solidi generati.

¹⁶ UNI EN 643

¹⁷ La qualità delle fibre dalla carta da macero, per quanto spinta sia la fase di eliminazione delle impurità, non è paragonabile a quella delle fibre vergini; pertanto, la carta prodotta conterrà già delle impurità che, in un nuovo ciclo di riciclaggio, andranno a incrementare il quantitativo totale di impurità.

2.2.4 Utilizzo di acqua

Le cartiere usano grandi quantità di acqua. D'altra parte, nella maggior parte delle cartiere una grande quantità di acqua è riciclata ed il volume specifico dell'acqua usata per la produzione della carta da macero è diminuito durante gli ultimi venti anni. A seconda della qualità della carta prodotta, l'acqua deve essere pre-trattata per soddisfare i requisiti richiesti per l'acqua di processo. Se necessario, il ferro, il manganese e a volte le alghe e la torbidezza devono essere rimossi mediante flocculazione e filtrazione a sabbia. L'acqua ha varie applicazioni di base nell'industria della carta come acqua di processo, acqua di raffreddamento e acqua d'alimentazione della caldaia.

Tutte le cartiere riciclano l'acqua di drenaggio dalla tela formatrice (acqua bianca). L'acqua bianca è riciclata senza trattamento come diluente nel tino di miscelazione oppure è riutilizzata dopo chiarificazione nell'unità di recupero della fibra in stadi specifici del processo dove sono richiesti più alti requisiti di qualità dell'acqua. Un flusso eccedente dall'unità di recupero della fibra è scaricato per mantenere l'equilibrio dell'acqua e per eliminare eventuali sostanze indesiderabili che non dovrebbero entrare nel flusso alla macchina continua.

Il tasso possibile di riciclaggio dipende dai requisiti di qualità della produzione e dalla qualità dell'acqua trattata sia di processo che di scarico. Inoltre, il lay-out dei circuiti dell'acqua influenza fortemente il limite di riutilizzazione.

La tabella 1.3 ricapitola il consumo specifico dell'acqua di diverse cartiere.

Processo	Consumo specifico di acqua (m ³ /t)
Cartone da imballaggio	2-10
Carta da pacchi	1.5-10
Carta per quotidiani	10-20
Tissue	5-100
Carta da stampa	7-20

Tab. 1.3 Consumi specifici di acqua

Per il distretto cartario lucchese, i valori di consumo idrici (totali), desunti dal rapporto sullo Stato dell'Ambiente della Provincia di Lucca, sono stati presentati precedentemente nello studio e per chiarezza vengono di seguito ripresentati.

Comuni	Consumi idrici fatturati	Stima fabbisogno produttivo	Stima fabbisogno TOT (mc/a)	Stima fabb. Prod/fabb. Tot	Consumi/fabbisogni %	Consumi procapite L/g
Altopascio	1.296.070	1.708.350	3.853.538	44,3	33,63	351
Borgo a Mozzano	361.000	1.524.479	3.008.239	50,6	12,00	134
Capannori	2.394.465	6.402.621	15.202.352	42,1	15,75	150
Porcari	3.736.413	2.186.715	3.555.222	61,5	105,10	1.473
Lucca	6.498.000	2.775.287	15.141.405	18,3	42,92	208
Villa Basilica	543.786	923.208	8.751.171	10,5	46,75	782
<i>Tot. distretto cartario</i>	<i>14.829.734</i>	<i>15.520.560</i>	<i>49.514.927</i>			
<i>Provincia di Lucca</i>	<i>41.530.497</i>	<i>24.530.828</i>	<i>84.671.349</i>	<i>28,9</i>	<i>49,05</i>	<i>303</i>

Tab. 1.3.1 Servizi Idrici della Provincia di Lucca 1996¹⁸

¹⁸ Progetto "Closed"

2.2.5 Utilizzo degli additivi

Tutte le materie fibrose per essere trasformate in carta devono essere opportunamente lavorate e mescolate con le sostanze denominate ausiliarie; queste conferiscono alla carta determinate caratteristiche desiderabili. I prodotti ausiliari si distinguono in sostanze di carica e sostanze collanti.

Le *sostanze di carica* adoperate più comunemente rientrano nelle categorie dei carbonati (carbonato di bario, di calcio e di magnesio); degli ossidi (biossido di titanio); dei silicati (asbestina, bentonite, caolino e talco); dei solfati (solfato di bario e di calcio) e dei solfuri (solfuro di zinco).

Le sostanze di carica riempiendo gli spazi compresi tra le fibre consentono di ottenere una superficie chiusa e piana, e conferiscono all'impasto fibroso determinate caratteristiche positive. I principali vantaggi sono quindi:

- migliore ricettività dell'inchiostro
- migliore lisciatura
- maggior grado di bianco (dipendente dal fatto che le sostanze impiegate sono generalmente bianche)
- favoriscono la formazione del foglio.

Si fa inoltre aggiunta di sostanze minerali di carica per conseguire determinati risultati in carte speciali. Per esempio, l'aggiunta di opportune sostanze alla carta da sigarette permette di regolare il tempo di combustione della carta su quello del tabacco. Le sostanze di carica hanno un costo notevolmente inferiore rispetto a quello dei materiali fibrosi. Il loro uso non deve però essere casuale. Ci sono, infatti, dei limiti sia quantitativi che qualitativi difficilmente superabili poichè la massa fibrosa non sarebbe più in grado di ricevere quantità eccessive di tali materiali; bisogna, inoltre, tener conto che le sostanze di carica abbassano notevolmente tutte le altre caratteristiche meccaniche della carta.

Le principali *sostanze collanti* sono: la resina, l'amido, la caseina, le cere, le resine sintetiche ecc. Il collaggio che si ottiene con l'impiego di tali prodotti conferisce alla carta una impermeabilità ai liquidi ed agli inchiostri (rendendola così scrivibile), infatti un foglio di carta non collato è generalmente assorbente.

e gli additivi utilizzati sono specifici non dovrebbero causare effetti negativi significativi sull'efficienza dell'impianto di trattamento delle acque di scarico. Cambiamenti improvvisi nei carichi a causa della pulizia delle macchine o a causa degli aggiustamenti richiesti nella formulazione degli additivi per soddisfare le specifiche di prodotto possono avere un effetto negativo sulle prestazioni dell'impianto di trattamento delle acque di scarico. Di conseguenza, la biomassa può avere bisogno di un determinato periodo per adattarsi agli additivi che compaiono negli effluenti. Durante questo periodo di tempo, abbastanza limitato, l'efficienza dell'impianto di trattamento può essere ridotta e la sedimentazione del fango potrebbe essere deteriorata (aumento dell'indice di volume del fango).

Le sostanze usate per la disinchiostrazione sono indicate in tabella 1.4. I prodotti chimici di disinchiostrazione hanno poca ritenzione nella cellulosa ed è possibile la loro presenza nel fango d'inchiostrazione che viene poi inviato in discarica o incenerito.

Sostanza chimica	Quantità (kg per tonnellata di pasta disinchiostata)
Iodossido di sodio	10-20
Silicato di sodio	20-30
Saponi	5-8
Talco	10-15
Perossido di Idrogeno	5-25
Agenti chelanti	2-3
Ditionito di sodio	6-10
Acido solforico	8-10

Tab. 1.4 Sostanze utilizzate per la fase di disinchiostrazione

Gli additivi non sono spesso completamente assorbiti durante il processo o non sono completamente inglobati nella carta e in particolare per quanto riguarda gli ausiliari di processo. Un determinato quantitativo è scaricato attraverso le acque di scarico. Additivi eccedenti, inoltre, lasciano il sistema attraverso gli scarti e il fango. Alcuni di questi additivi possono avere un'influenza negativa sul funzionamento degli impianti di trattamento delle acque o sulla qualità delle acque del ricettore (superficiale o non) nel caso non venissero completamente degradati o eliminati nell'impianto di trattamento.

2.2.6 Fabbisogno energetico

Le cartiere richiedono quantità notevoli di vapore per il riscaldamento dell'acqua, della pasta, dell'aria e dei prodotti chimici alla temperatura di processo e principalmente per l'essiccamento della carta. Inoltre, grandi quantità di energia elettrica sono richieste per l'azionamento del macchinario, per il pompaggio, per le pompe del vuoto, per la ventilazione e per il trattamento delle acque. Le cartiere hanno comunemente un'esigenza ben bilanciata di vapore e di elettricità; da ciò consegue una notevole convenienza nell'utilizzo di impianti di cogenerazione. I cogeneratori a volte producono più elettricità di quanto realmente necessario in base alla domanda di calore (vapore)

Normalmente, i lay-out di processo variano parzialmente da cartiera a cartiera. Tuttavia, alcune fasi del processo sono caratterizzate da principi di funzionamento uguali in tutte le cartiere che lavorano carta da macero. Per queste e, quindi, possibile dare un'indicazione sulla richiesta di energia prevista per questi tipi di cartiere.

Per confrontare i dati sul consumo di energia è necessario tener conto dei seguenti aspetti:

- La resa del processo varia essenzialmente in funzione della materia prima utilizzata;
- L'area di raccolta della carta influenza in modo significativo la qualità della materia prima;
- A causa della bassa qualità alcune cartiere sono costrette a potenziare la fase di preparazione dell'impasto;
- Solitamente, quando si analizzano i consumi di energia, solo le apparecchiature principali sono incluse e cioè le pompe e gli agitatori non entrano nel calcolo energetico. Queste ultime attrezzature non sono finalizzate al miglioramento della qualità della pasta ma sono tuttavia rilevanti in termini di richiesta di energia. In generale si può dire che il contributo delle pompe e degli agitatori alla potenza complessiva installata può variare dal 20 fino al 30%. Dal punto di vista energetico, bisogna valutare attentamente le scelte progettuali che fanno diminuire il numero di pompe installate.
- Anche i sottosistemi periferici per l'acqua, per il fango e per gli scarti (per esempio le diverse tipologie di presse) non sono inclusi perché non sono considerati come apparecchiatura principale. La loro richiesta energetica deve essere aggiunta ai dati di tabella.
- Esiste una differenza tra potenza installata (apparecchiatura principale) e la potenza media richiesta realmente usata. In generale, la potenza utilizzata è il 70 - 75 % della potenza installata.

Il consumo energetico nella provincia di Lucca (tab. 1.4.1) è stato, nel 1999, di 2.900 milioni di KWh. L'incidenza del settore cartario sul totale dei consumi energetici è molto significativa e pari al 50,9%

	Mni KWh	Lucca	var.% 98/99	Toscana	Incidenza %
	1998	Mni KWh 1999		Mni KWh 1999	
AGRICOLTURA	13,1	13,9	6,1	209,5	0,9
INDUSTRIA	1975,4	2069,6	4,8	9.479,6	9,8
Cartaria	1393,9	1476,4	5,9	1695,6	87,0
Materiali da costruzione	116,5	110,9	-4,8	1242,9	8,9
Tessile, abbigliamento	51,1	51,5	-1,2	1493,9	3,4
TERZIARIO	378,0	396,5	4,9	4.511,0	5,0
DOMESTICO	411,4	420,8	2,3	3.836,6	6,3
TOTALE	2777,9	2900,8	4,4	18.114,7	7,8

Tab. 1.4.1 Consumi di energia elettrica per settori 1999¹⁹

2.2.7 Scarichi

Le emissioni in acqua delle cartiere - ma anche la richiesta di energia e la generazione di rifiuti- sono collegate strettamente ai requisiti richiesti per le diverse qualità di carta, alla qualità delle materie prime (carta da macero) e alle tecniche applicate di abbattimento degli inquinanti; anche gli additivi possono influenzare i livelli delle emissioni. L'acqua di scarico da una cartiera è principalmente generata durante le fasi di pulizia. Gli stadi del processo ove l'acqua di scarico viene generata variano a secondo delle cartiere. L'acqua di processo viene contaminata durante le fasi di pulizia, di disinchiostroazione e di recupero della fibra. Di conseguenza, l'acqua di scarico dalle cartiere consiste di:

- acqua di separazione dei residui tramite filtri e centrifughe;
- filtrato proveniente dai gorgogliatori, dagli ispessitori e dalla gestione del fango;
- acqua bianca in eccesso che risulta funzione del grado di riciclo;

Nelle tabelle²⁰ 1.5 e 1.6 si forniscono i valori medi delle emissioni in acqua per cartiere che eseguono un trattamento esclusivamente primario con scarico in impianti centralizzati di trattamento e cartiere che hanno un impianto di trattamento biologico in sito.

Parametro	Senza disinchiostroazione		Con disinchiostroazione	
	mg/l (min-max)	kg/t (min-max)	mg/l (min-max)	kg/t (min-max)
BOD ₅	1900	4.7	550	10
COD	3800 (570-9000)	9.4 (1.2-24)	1100 (440-1900)	20 (7-40)
Kj-N (vd. nota)	16 (10-40)	0.05 (0.02-0.1)	20 (13-25)	0.35 (0.19-0.62)
Volumi scaricati		5.5 (0.4-15.5) m ³ /t		15 (9-39) m ³ /t

Nota: Il valore è dato dalla somma di azoto organico e ammonio-N.

Tab. 1.5: Emissioni in acqua dopo il trattamento primario

Parametro	Senza disinchiostroazione		Con disinchiostroazione	
	mg/l (min-max)	kg/t (min-max)	mg/l (min-max)	kg/t (min-max)
BOD ₅ prima del trattamento	1800	12.3	770	8.3
BOD ₅ dopo il trattamento	10 (3-28)	0.06 (0.01-0.13)	9	0.09
COD prima del trattamento	3200	22	1900	21
COD dopo il trattamento	150 (60-270)	0.77 (0.29-1.12)	290	3.1
Kj-N	5.6 (3-13)	0.03 (0.01-0.04)	7.8	0.08
P totale	1.5 (0.5-1.8)	0.01	n.d.	n.d.
Solidi Sospesi Totali	25 (17-40)	0.13 (0.06-0.21)	n.d.	n.d.
Volumi scaricati		5.7 (3.1-11) m ³ /t		11 m ³ /t

Tab. 1.6: Emissioni in acqua dopo il trattamento primario e biologico

¹⁹ Progetto "Closed"

²⁰ BREF: BAT REFERENCE REPORT

COD

Le emissioni di COD originano sia dalle materie prime che dagli additivi. I processi di disinchiostrazione e di sbianchimento liberano una parte notevole di COD dalla carta da macero. I valori delle emissioni di COD delle cartiere con scarico in fogna mostrano grandi variazioni a seconda della fase di processo in cui sono effettuate le misurazioni. La rimozione o riduzione del COD è effettuata presso l'impianto di trattamento.

Il processo di disinchiostrazione comporta un maggior valore di COD rispetto ai processi senza; infatti, per questi ultimi il COD rimane inglobato nel prodotto.

BOD₅

I dati delle emissioni di BOD₅ dopo il trattamento biologico non evidenziano differenze significative tra processi con e senza disinchiostrazione. In impianti di trattamento che funzionano correttamente la concentrazione di BOD₅ dopo il trattamento è inferiore a 20 mg/l indipendentemente dalla concentrazione in ingresso. Dopo il trattamento biologico sono stati riscontrati valori di emissioni di BOD₅ pari a 0.01–0.13 kg/t di carta. Un valore di 0.5 del rapporto BOD₅:COD per gli scarichi dopo il trattamento primario indica che l'effluente della cartiera è facilmente biodegradabile.

Sostanze nutritive

Le acque di scarico dagli impianti di trattamento contengono principalmente concentrazioni basse di sostanze nutritive sotto forma di azoto e fosfato. La presenza di questi composti è principalmente causata dalla necessaria aggiunta di nutrienti per il funzionamento efficace dell'impianto di trattamento biologico. Composti dell'azoto possono provenire anche da alcuni additivi. Durante il trattamento biologico una parte dell'azoto può essere idrolizzata in ammonio ed essere trasformata in nitrati.

Solidi sospesi totali

I dati sui Solidi Sospesi Totali dopo il trattamento mostrano poca variazione. A causa del tipo di composti organici nelle acque di scarico c'è una tendenza a sviluppare fango rigonfio negli impianti a fanghi attivi.

Metalli pesanti

Le concentrazioni dei metalli pesanti negli scarichi delle cartiere sono generalmente trascurabili. Non si verificano aumenti significativi se sono usate fibre secondarie. Tuttavia, misure occasionali in qualche cartiera europea in cui si effettua la disinchiostrazione hanno evidenziato che alcuni scarichi possono contenere concentrazioni elevate di rame e di zinco. In tal caso, l'inchiostro di stampa nella carta da macero è considerato come la fonte principale dei metalli pesanti.

Composti organici alogenati e altri inquinanti organici

Sorgenti di composti alogenati possono essere alcuni additivi (particolarmente agenti rinforzanti), carta da macero prodotta a sua volta da pasta candeggiata con cloro ed in parte inchiostri di stampa. Mentre il candeggio al cloro è oggi praticamente abbandonato c'è ancora carta da macero prodotta da pasta candeggiata con cloro che risulta, però, fortemente in diminuzione negli ultimi anni. Agenti rinforzanti con basse concentrazioni di composti alogenati sono disponibili sul mercato e sono un'opzione per l'ulteriore riduzione delle emissioni dei suddetti composti. I microinquinanti organici come i clorofenoli o i polidifenilclorurati possono essere rilevabili negli scarichi in concentrazioni molto basse a secondo delle materie prime usate.

Sali

Sali, principalmente solfati e cloruri, sono presenti essenzialmente nella carta da macero oppure in alcuni additivi come l'allume. A secondo del tipo di carta da macero usata come materia prima e in

funzione del grado di chiusura dei circuiti dell'acqua, concentrazioni di solfato fino a 1000 mg/l sono stati osservati anche se durante la lavorazione nessun solfato di alluminio è stato introdotto.

2.2.8 Produzione di rifiuti solidi

I principali rifiuti sono scarti, tipi differenti di fanghi e - nel caso di incenerimento sul posto dei residui - ceneri. Le fonti principali di produzione di rifiuti solidi sono la fase di preparazione della pasta, la chiarificazione dell'acqua di processo e le acque di scarico dal trattamento. A secondo delle materie prime usate, del lay-out di processo e del tipo di trattamento dei reflui sono generate differenti qualità e quantità di residui. I residui devono essere gestiti e trattati (ispessiti e disidratati) per generare un rifiuto con un alto residuo secco.

Il seguente elenco fornisce i codici del catasto europeo dei rifiuti per il settore cartario:

- 03 03 00** rifiuti della produzione e della lavorazione di polpa, carta e cartone
- 03 03 01** scarti di cortecchia e legno
- 03 03 02** fanghi di recupero dei bagni di macerazione (green liquor)
- 03 03 05** fanghi prodotti dai processi di disinchiostrazione nel riciclaggio della carta
- 03 03 07** scarti della separazione meccanica nella produzione di polpa da rifiuti di carta e cartone
- 03 03 08** scarti della selezione di carta e cartone destinati ad essere riciclati
- 03 03 09** fanghi di scarto contenenti carbonato di calcio
- 03 03 10** scarti di fibre e fanghi contenenti fibre, riempitivi e prodotti di rivestimento generati dai processi di separazione meccanica
- 03 03 11** fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti, diversi da quelli di cui alla voce 03 03 10
- 03 03 99** rifiuti non specificati altrimenti

Gli scarti possono suddividersi approssimativamente in scarti pesanti/grossolani, leggeri/piccoli e in fango. Secondo l'origine e la natura, il fango può suddividersi ancora in fango di disinchiostrazione, proveniente dalle micro-unità di flottazione, dalla chiarificazione dell'acqua di processo e dal trattamento delle acque di scarico (fango primario, fango eccedente dal trattamento biologico). Il residuo secco ottenibile dopo le fasi di riduzione dell'acqua e di ispessimento è circa 60-80% per gli scarti grossolani, 50-65% per scarti piccoli e circa 60% per il fango.

In tabella 1.7 sono presenti i valori percentuali degli scarti medi, rapportati alla materia prima in ingresso, in funzione del tipo di carta prodotta e in funzione della carta da macero utilizzata nel processo di fabbricazione.

Prodotto	Qualità della carta da macero	Perdite (%)	Scarti		Fango		
			Grossolano (%)	Fine (%)	Disinchiostrazione (%)	Chiarificazione (%)	Scarichi (%)
Carta da stampa	Carta da giornale, riviste	15-20	1-2	3-5	8-13	2-5	1
Tissue	Raccolta differenziata da uffici	28-40	1-2	3-5	8-13	15-25	1
Testliner	Raccolta differenziata domestica, Kraft	4-9	1-2	3-6		0-1	1
Cartone	Raccolta differenziata domestica	4-9	1-2	3-6		0-1	1

Tab. 1.7: Rifiuti prodotti in funzione del prodotto e della materia prima (carta da macero)

Scarti

Gli scarti sono impurità nella carta da macero e sono costituiti principalmente da graffette, dai metalli dei raccoglitori ad anello, da sabbia, da vetro e plastica. Gli scarti costituiscono circa il 6.5% della carta da macero acquistata e non hanno nessun potenziale di riciclaggio e di conseguenza sono inceneriti o inviati in discarica. Una suddivisione tipica degli scarti provenienti dalla lavorazione della carta da macero è data in tabella 1.8.

Parametro	Percentuale negli scarti (%)
Contenuto d'acqua	45
Plastiche	25.9
Fibre	27
Inerti	0.11
Metalli	0.88
Sostanze organiche	1.05
Cl – contenuto nelle plastiche	5.45
Cl – contenuto nel combustibile	1.43

Tab. 1.8: Composizione degli scarti nella produzione di componenti corrugati

Fango proveniente dalla chiarificazione dell'acqua di processo

Questi fanghi sono generati durante il recupero della fibra nei circuiti dell'acqua bianca e nell'unità meccanica di trattamento dell'impianto di trattamento delle acque di scarico. Il residuo di carta consiste in fibre corte e cariche (entrambi intorno a 50%) in funzione della carta da macero che viene processata. Nell'industria del cartone e per la produzione di componenti ondulati questo fango è spesso re-immesso nel processo. Per prodotti di maggiore qualità, il residuo non ottempera ai requisiti di qualità e pertanto viene incenerito o inviato in discarica.

A secondo della presenza di una precedente fase di disinchiostrazione, il fango può contenere particelle di inchiostro o pigmenti. Il recupero della fibra contribuisce a minimizzare la quantità di tali residui. La composizione tipica del residuo a seguito del recupero della fibra e del trattamento fisico delle acque di scarico è data in tabella 1.9.

Parametro	Unità di misura	Intervallo dei valori
Contenuto di sostanza secca	%	29.4-52.7
Solidi volatili	% SS (sostanza secca)	25.5-76.1
Piombo	mg/kg SS	10-210
Cadmio	mg/kg SS	0.01-0.98
Cromo totale	mg/kg SS	8.8-903
Rame	mg/kg SS	19.9-195
Nichel	mg/kg SS	< 10 – 31.3
Mercurio	mg/kg SS	0.1 -0.89
Zinco	mg/kg SS	34.2 -1320

Tab. 1.9: Composizione del fango dal recupero delle fibre e dal trattamento chimico-fisico

Fango da disinchiostrazione

Questo residuo contiene principalmente fibre corte, rivestimenti, cariche, particelle di inchiostro e additivi di disinchiostrazione. Le particelle di inchiostro sono una fonte potenziale di metalli pesanti ma il contenuto inquinante tipico dei residui di disinchiostrazione ha carichi inquinanti paragonabili al fango proveniente dal trattamento biologico con valori leggermente più alti per alcune sostanze come rame e zinco.

Il fango da disinchiostrazione viene normalmente incenerito o inviato in discarica.

Fango dal trattamento degli scarichi

Questo fango è generato nell'impianto di trattamento biologico e può essere riciclato nel prodotto (cartone e componenti ondulati) oppure ispessito, disidratato e inviato alternativamente all'incenerimento o in discarica.

Rifiuti prodotti nella Regione

L'elaborazione dei dati MUD ha fornito i seguenti valori principali per i rifiuti prodotti dal settore:

ISTAT 21: Fabbricazione della pasta-carta, della carta e dei prodotti di carta Rifiuti prodotti (TOTALE)			
PROV	Prodotto (1999)	Prodotto (2000)	Prodotto (2001)
AR	4.124,49	4.087,12	4.063,47
FI	12.433,78	11.670,46	12.527,93
GR	20,62	28,62	30,32
LI	4,89	13,35	6,27
LU	298.982,07	321.785,51	335.915,43
MS	4.251,83	4.231,44	7.127,45
PI	4.549,85	5.626,11	6.758,30
PO	586,91	404,99	256,27
PT	11.086,47	14.134,96	12.507,37
SI	2.821,38	4.536,31	4.383,32
Totale	338.862,30	366.518,89	383.576,11

Tab. 1.10: Rifiuti prodotti a livello regionale nel settore cartario (elaborazione dati MUD)

Produzione di rifiuti per codice ISTAT di attività (t/anno): regione Toscana				
ISTAT	Denominazione	Prodotto (1999)	Prodotto (2000)	Prodotto (2001)
21100	Fabbricazione della pasta-carta, della carta e del cartone	207,36	176,66	190,63
21110	Fabbricazione della pasta-carta	428,55	344,30	11.682,97
21120	Fabbricazione della carta e del cartone	248.734,82	262.762,33	263.677,29
21200	Fabbricazione di articoli in carta e cartone	1.071,46	896,08	2.150,64
21210	Fabbricazione di carta e cartoni ondulati e di imballaggi di carta e cartone	56.982,99	67.280,95	74.719,69
21220	Fabbricazione prodotti di carta e cartone per uso domestico, igienico-sanitario	16.940,71	22.884,99	18.939,25
21230	Fabbricazione di prodotti cartotecnici	9.095,89	8.432,81	8.627,03
21250	Fabbricazione di altri articoli di carta e cartone n.c.a.	5.400,52	3.740,75	3.588,61
TOTALE		338.862,30	366.518,89	383.576,11

Tab. 1.11: Rifiuti prodotti a livello regionale in funzione della specializzazione (elaborazione dati MUD)

La seguente tabella riporta i rifiuti specifici di settore con la codifica antecedente alla Decisione 2000/532/CE e s.m.i. in conseguenza della fonte dei dati (MUD effettuate fino al 2002); per questo settore, la tabella di transcodifica indicata dalla Direttiva del Ministero dell'Ambiente del 9/4/2002 non permette una trasposizione univoca dei codici rifiuti.

Produzione di rifiuti per CER principale (t/anno): regione Toscana				
CER	NP/P	Prodotto (1999)	Prodotto (2000)	Prodotto (2001)
030301	NP	4.301,02	-	9.846,08
030302	NP	-	1.092,90	1.576,81
030304	NP	-	-	637,72
030305	NP	146.752,15	147.013,05	148.225,17
030306	NP	46.103,84	52.579,73	56.881,66
030307	NP	87.823,38	99.715,66	105.703,98
030399	NP	3.500,72	4.887,73	1.197,04

Tab. 1.12: Rifiuti principali prodotti a livello regionale nel settore cartario (elaborazione dati MUD)

Dalla precedente tabella si nota come i principali rifiuti prodotti dal settore risultano:

- **03 03 05** fanghi prodotti dai processi di disinchiostrazione nel riciclaggio della carta
- **03 03 06** fibra e fanghi di carta
- **03 03 07** scarti del riciclaggio della carta e cartone (pulper)

2.2.9 Emissioni in atmosfera

Emissioni originate dalla produzione di energia

Le emissioni in aria originano principalmente dalla produzione di energia (vapore ed elettricità) e non dal processo di fabbricazione in sé. Le sostanze inquinanti più importanti nel caso di utilizzo di combustibile gassoso sono CO₂ e NO_x. Nel caso di utilizzo di olio combustibile o carbone si hanno CO₂, NO_x, SO₂, polveri e concentrazioni basse di metalli pesanti.

Soltanto in alcuni casi speciali possono esserci emissioni dalla sezione dell'essiccatore della macchina continua. In tal caso, sono originate dall'uso degli additivi o causate da una cattiva progettazione dei circuiti dell'acqua o degli impianti di trattamento delle acque; nella maggior parte dei casi sono emissioni trascurabili. Di conseguenza, si può affermare che le emissioni atmosferiche dalle cartiere sono collegate essenzialmente alla generazione di energia.

Odori emessi nei vapori e dagli impianti di trattamento degli scarichi

Problemi, a livello locale, possono esserci a causa degli odori e della polvere grossolana. In particolar modo, laddove si propende a operare con circuiti chiusi dell'acqua (con un consumo inferiore a 4 m³/t di carta), è possibile percepire odori causati da acidi organici e da H₂S nelle prossimità delle cartiere.

2.2.10 Rumore

Le macchine possono generare rumore. Molte cartiere hanno approntato misure per ridurre l'insorgenza del rumore. A volte anche le vibrazioni (a bassa frequenza) possono provocare fastidi a livello locale.

3. PROCESSI NELLA PRODUZIONE DELLA CARTA DA FIBRE VERGINI

Nei seguenti paragrafi vengo descritte le fasi di processo non indicate nel primo capitolo (cartiere che lavorano carta da macero) e che sono presenti nelle cartiere che lavorano sia fibre vergini (cellulosa, pastalegno) che carta da macero.

3.1 Processi e Tecnologie applicate

3.1.1 Preparazione dell'impasto

Considerando il caso di cartiere, come quelle italiane, che non sono in grado di integrare l'intero processo produttivo (dall'abbattimento del legno nel bosco, all'ottenimento del prodotto finito) e sono quindi costrette ad acquistare le materie prime fibrose allo stato secco, la prima operazione da effettuare in cartiera è quella di spappolare il materiale fibroso nella vasca di un apposito macchinario, denominato *pulper* (o spappolatore) e contenente acqua, che ha lo scopo di separare il materiale fibroso in fibre allo stato elementare. Lo spappolatore è costituito, oltre che dalla vasca già menzionata, da una girante dotata di lame posta sul fondo del pulper stesso; il moto vorticoso creato dalla girante provoca lo sfaldamento dei fogli delle diverse paste impiegate riducendole in fibre elementari.

Il prodotto finale di questa fase è denominato *sospensione* (slurry) e consiste in fibre in sospensione acquosa al 4% circa.

La pasta ottenuta con lo spappolamento deve essere poi sottoposta ad una ulteriore lavorazione meccanica chiamata *raffinazione*.

Un foglio di carta ottenuto con fibre non raffinate è generalmente caratterizzato da deficienti proprietà meccaniche; è molto voluminoso e presenta una superficie irregolare e aperta. Lo scopo principale della raffinazione è quindi quello di aumentare i legami tra le fibre per sviluppare solidità e resistenza del foglio.

Altri parametri modificabili dall'entità della raffinazione sono: l'opacità, la porosità, l'impermeabilità, la stampabilità, ecc.

Queste variazioni delle proprietà della carta sono da ricercare nelle mutazioni che la singola fibra subisce con la raffinazione.

Durante la fase di raffinazione le fibre subiscono uno schiacciamento, e una conseguente azione di taglio, che ha lo scopo di renderle più plastiche e più flessibili; inoltre sulle loro pareti cellulari compaiono sottili filamenti che prendono il nome di *fibrille*. In tal modo, dato che aumentano i punti di contatto tra fibra e fibra, nella successiva fase di formazione del foglio le caratteristiche di resistenza meccanica verranno esaltate.

Le fasi di miscelazione, diluizione ed epurazione

La miscelazione è la prima fase del processo di trasformazione vero e proprio e consiste nell'omogeneizzare in maniera ottimale le materie prime fibrose tra di loro e con le altre materie di natura non fibrosa.

A questo punto l'impasto viene portato a valori di diluizione piuttosto rilevanti (circa 1% di fibre), in quanto le successive fasi di fabbricazione sono agevolate da impasti in forte diluizione con l'acqua.

Questa operazione, che richiede enormi quantitativi di acqua, è attualmente realizzata con il reimpiego delle acque di lavorazione provenienti dalle fasi successive (acque del sottotela della tavola piana). Ciò consente un notevole risparmio in quanto queste acque di recupero contengono in sospensione

apprezzabili quantitativi di fibre e di sostanze di carica; con una conseguente riduzione del problema dell'inquinamento degli affluenti, dato che le acque vengono reimmesse nel ciclo produttivo e non scaricate nei corsi di acqua.

La precisione nella diluizione (spesso governata da sofisticati controlli di processo computerizzati) è una componente determinante per il successivo processo di formazione. L'accuratezza delle regolazioni assicura la costanza del parametro fondamentale, sia tecnologico che commerciale, che è la grammatura al mq, ossia il peso della carta espresso in grammi e riferito all'area di un metro quadrato. A valle del ciclo di diluizione e immediatamente prima della formazione, il flusso di sospensione fibrosa subisce un processo di *epurazione*, che permette l'eliminazione di eventuali impurità (sabbia, schegge di legno, grumi vari) utilizzando i principi fisici del differente peso specifico (cleaners) e differente dimensione (epuratori verticali).

3.1.2 Circuiti dell'acqua e recupero delle fibre

Ci sono tre circuiti di acqua di processo in una cartiera: il circuito primario, il circuito secondario ed il circuito terziario.

Nel circuito primario, l'acqua (chiamata acqua bianca I), ricca di fibre e di cariche, proveniente dalla macchina continua è riciclata per la diluizione dell'impasto. Il circuito primario è mantenuto, per quanto possibile, chiuso.

L'acqua eccedente dalla sezione di formatura e pressatura è chiamata acqua bianca II e circola nel circuito secondario. L'acqua bianca che drena dalla tela formatrice è trattata in una sezione di recupero che può essere un impianto di flottazione o di sedimentazione o un'unità di filtrazione come per esempio un filtro a tamburo o a disco. Questa acqua viene poi chiamata acqua chiarificata.

Un filtro a disco alimentato dall'acqua bianca produce impasti ad alta densità (10-30%) ed è progettato per realizzare tre (o quattro) vie di separazione dell'acqua bianca in fibra, una prima soluzione di acqua torbida e successive soluzioni di filtrato limpido e ultra-limpido. Il filtrato torbido è solitamente re-inviato al filtro come acqua di diluizione, ma può anche sostituire l'acqua fresca nel processo o essere usato per la diluizione dell'impasto. La concentrazione di solidi sospesi nel filtrato limpido è solitamente 10-150 mg/l per la pasta vergine²¹.

Sistemi di flottazione sono anche usati come sistemi di recupero. In condizioni ottimali, l'efficienza dei sistemi di flottazione per la rimozione dei solidi è spesso quasi il 100% con conseguente concentrazione dei solidi in sospensione di 10-50 mg/l (per pasta vergine). La consistenza del fango è fra il 3 e 10%. Impianti di flottazione consistono di un bacino di chiarificazione con rimozione del fango, attrezzatura di aerazione per una parte dell'acqua chiarificata e un impianto di dosaggio per i prodotti chimici di flottazione. Il vantaggio della flottazione è che materiale colloidale di piccola dimensione può essere rimosso (ciò è un vantaggio molto grande in cartiere che utilizzano pasta da carta da macero).

Installazioni di sedimentazione sono adatte alla chiarificazione di acqua di processo ricca di cariche ma necessitano di grandi spazi. Il flusso di fibra recuperata è rinvio ai serbatoi di stoccaggio della pasta e le diverse acque riciclate sono restituite all'interno del processo nelle varie sezioni dove è possibile sostituire l'acqua primaria.

Il circuito terziario contiene acqua in eccesso dal circuito secondario in aggiunta ad altra acqua di processo che non è o non è direttamente riutilizzabile a causa del grado di contaminazione. Il flusso è

²¹ 100-400 mg/l con pasta da carta da macero

trattato in impianti di trattamento chimico-meccanici e/o biologici. Finora la riutilizzazione di acqua purificata non è completamente applicabile per tutte le qualità di carta prodotta.

Nella figura 2.1 che segue viene fornito uno schema dei circuiti dell'acqua.

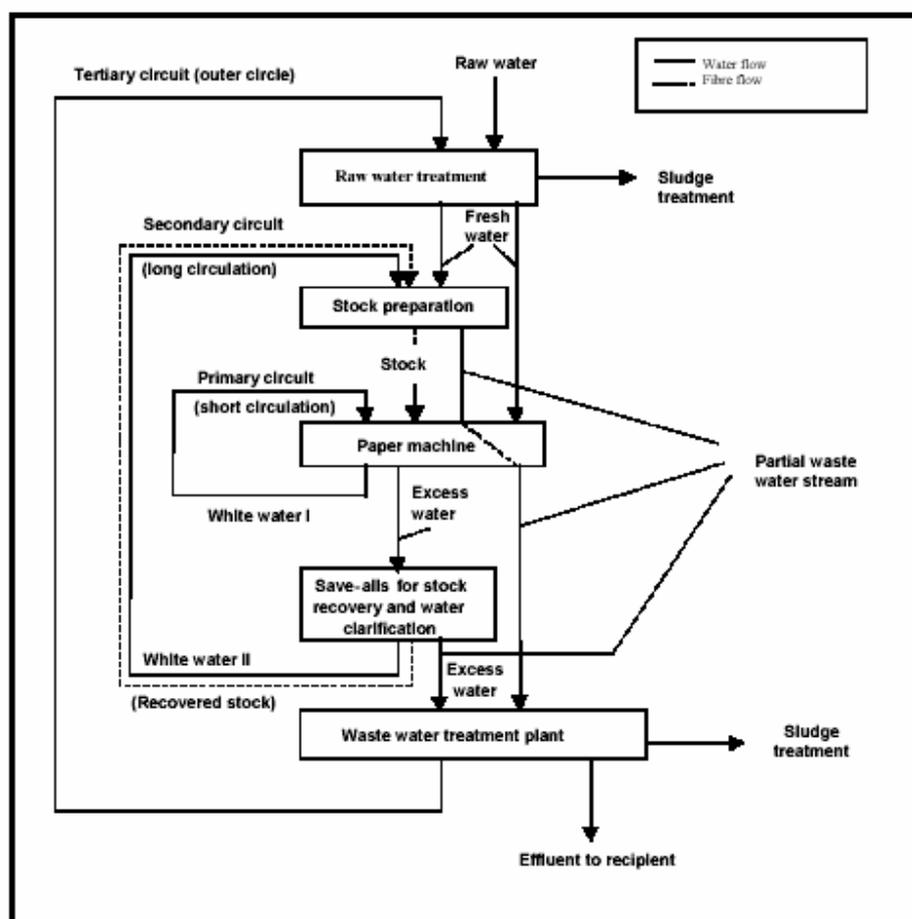


Figura 2.1 Schema semplificato dei circuiti dell'acqua e del percorso del materiale in lavorazione

3.1.3 Imbozzimatura²²

L'imbozzimatura consiste nell'applicazione di specifici prodotti (amido o agenti sintetici) alla matrice fibrosa per aumentare la resistenza della carta e per modificare le proprietà assorbenti.

Solitamente gli agenti di imbozzimatura vengono aggiunti direttamente sul foglio che esce dalla macchina continua per ridurre la tendenza naturale di assorbimento di liquidi da parte della carta (essenziale per la carta da stampa).

Gli agenti possono in alternativa essere applicati nell'impasto in specifiche fasi del ciclo di lavorazione.

L'impatto ambientale potenziale del processo consiste principalmente nei rilasci di inquinanti nelle acque reflue. L'aggiunta degli agenti di imbozzimatura all'impasto comporta maggiori concentrazioni di COD nei circuiti dell'acqua. Inoltre, il rispappolamento del prodotto fuori specifica proveniente dalla

²² Processo non presente in tutte le cartiere

macchina continua comporta ulteriori aumenti di BOD₅ nei circuiti. Per esempio, il processo di rispappolamento di carta fuori specifica rivestita di amido è una delle fonti principali di BOD₅ nelle cartiere che producono carta da stampa.

3.1.4 Rivestimento²³

La carta, composta di diverse fibre ha una superficie relativamente ruvida. Poiché questa rugosità ha un effetto negativo sulle qualità di stampa, svariate tipologie di carta e di cartone sono rivestite per ottenere una superficie regolare di stampa. Con rivestimento si intende l'applicazione di una miscela di acqua, di pigmenti bianchi, di leganti e di vari additivi su una o entrambe i lati del prodotto.

Il processo può avvenire direttamente sulla macchina continua oppure su macchine separate.

I rilasci nei reflui possono essere causati sia dalle perdite dei circuiti di distribuzione degli agenti di rivestimento (perdite accidentali) sia dalla presenza degli agenti nelle acque di lavaggio dei serbatoi e delle tubazioni di trasporto.

Solitamente, gli effluenti contenenti agenti di rivestimento richiedono un pretrattamento separato in un impianto di flocculazione perché, altrimenti, i reflui possono causare inefficienze nelle prestazioni nella sezione di trattamento biologico.

Negli ultimi anni la tecnologia di filtrazione a membrana²⁴ ha fornito i buoni risultati nel riciclaggio dei rivestimenti di colorazione.

3.1.5 Colorazione²⁵

Le carte colorate sono ottenute tingendo l'impasto o direttamente la superficie della carta.

Il processo di colorazione più usato risulta quello della miscelazione delle tinture, dei pigmenti dei brillantanti insieme all'impasto nella fase di spappolamento. Le modalità di alimentazione dei composti di colorazione nell'impasto possono essere di tipo batch o in continuo. L'alimentazione in continuo presenta il vantaggio di avere un tratto più breve dell'impianto²⁶ che deve essere lavato a ogni cambio di colore. Tuttavia, a causa del minor tempo di contatto rispetto al sistema batch si avrebbe una minore resa del colore; di conseguenza il sistema in continuo necessita di macchinari più complessi per ottenere una colorazione soddisfacente.

L'impatto ambientale di questa consiste principalmente nei rilasci nelle acque reflue e in particolar modo nelle cartiere che producono carte di diversi colori; per queste ultime, infatti, i circuiti dell'acqua devono essere frequentemente puliti. Solitamente, le cartiere producono le carte a partire da quelle con colori più tenui per arrivare infine a quelle con colori più scuri.

Le acque di lavaggio sono successivamente inviate al trattamento dei reflui; varie volte al mese il piping viene pulito con prodotti chimici (normalmente cloro o ipoclorito) per eliminare i vari depositi e l'eventuale colore residuo.

²³ Processo non presente in tutte le cartiere

²⁴ Vedi capitolo in cui si descrivono le migliori tecnologie disponibili.

²⁵ Processo non presente in tutte le cartiere

²⁶ Serbatoi, tubazioni, altre attrezzature.

3.2 Consumi e emissioni

3.2.1 Premessa

La tabella 2.1 mostra i dati della cartiera più grande in Europa di produzione di tissue. Questo esempio corrisponde a una cartiera che realizza i migliori livelli di rendimento.

Input			Output		
Materie prime	Valore	Unità di misura	Prodotto	Valore	Unità di misura
Pasta chimica	610	Kg/t	Carta fine	1000	kg
Cariche (CaCO ₃)	210	Kg/t	Emissioni		
Pigmenti (CaCO ₃ , caolino)	210.18	Kg/t	CO ₂	298	Kg/t
Amido	40.33	Kg/t	CO	0.02	Kg/t
Leganti	35	Kg/t	NO _x	0.2	Kg/t
Altri additivi	15.35	Kg/t	SO ₂	Trascurab.	Kg/t
		Kg/t	Polveri	Trascurab.	Kg/t
Energia			COD	0.44	Kg/t
Gas naturale per la produzione di vapore	5217	MJ/t	BOD ₅	0.11	Kg/t
Energia elettrica acquistata	611.8	kWh/t	Solidi sospesi	0.14	Kg/t
Energia totale consumata	2065	kWh/t	AOX	0.0007	Kg/t
			N inorganici	0.041	Kg/t
			P totale	0.003	Kg/t
			Acqua evaporata	1.5	m ³ /t
			Portata degli scarichi	4.5	m ³ /t
Fabbisogno di acqua			Residui		
Primaria	6	m ³ /t	Fanghi	12.7	Kg/t
			Altri rifiuti	5.1	Kg/t

Tab. 2.1: Valori dei consumi e emissioni di una grande cartiera europea che produce tissue

E' da sottolineare che cartiere più piccole hanno spesso più alti consumi specifici di energia e anche più alti consumi specifici di acqua rispetto a cartiere più grandi.

In tabella 2.2 si presentano livelli di emissione e di consumo per cartiere che producono tissue. La differenza principale fra cartiere che utilizzano fibre vergini e fibre da carta da macero è la produzione di rifiuti solidi. Mentre cartiere che usano fibre vergini generano 10-40 kg di rifiuto (sostanza secca)/ton di carta prodotta quelle che lavorano fibre da macero producono 400-1000 kg di rifiuto/ton di carta prodotta.

Input			Output		
Materie prime	Valore	Unità di misura	Prodotto	Valore	Unità di misura
Pasta chimica	1010-1020	Kg/t	Tissue	1000	kg
Resine	0-80	Kg/t	Emissioni		
Amido	0-30	Kg/t	CO ₂	300-1800	Kg/t
Coloranti	0-2	Kg/t	NO _x	0.5-5	Kg/t
Altri additivi	0-20	Kg/t	SO ₂	0.07-10	Kg/t
			Polveri	n.d.	Kg/t
			Emissioni in acqua dopo il trattamento		
Energia			COD	2-6	Kg/t
Combustibile per la produzione di vapore	5000-25000	MJ/t	BOD ₅	1-2	Kg/t
Energia elettrica acquistata	1000-3000	kWh/t	Solidi sospesi	1-3	Kg/t
Energia totale consumata	2000-10000	kWh/t	AOX	5-15	g/t
			N totale	5-100	g/t
			P totale	1-30	g/t
			Acqua evaporata	1	m ³ /t
			Portata degli scarichi	6-100	m ³ /t
Fabbisogno di acqua			Residui		
Primaria	7-100	m ³ /t	Rifiuti solidi	10-40	Kg/t

Tab. 2.2: Valori dei consumi e emissioni tipici di cartiere che producono tissue

3.2.2 Livelli dei consumi e delle emissioni

Per quanto riguarda i livelli dei consumi e delle emissioni si considerano i seguenti aspetti:

- Consumo delle materie prime
- Utilizzo dell'acqua
- Utilizzo degli additivi
- Fabbisogno di energia
- Emissioni in acqua
- Rifiuti solidi prodotti dal trattamento degli scarichi
- Emissioni in aria dalla macchina continua
- Emissioni in aria dalla produzione di energia
- Odori dai vapori e dall'impianto di trattamento degli scarichi (problematica locale)
- Rumore (problematica locale)

3.2.3 Consumo di materie prime

La carta è prodotta da fibre, dall'acqua e dagli additivi chimici. Il consumo delle materie prime nella fabbricazione della carta dipende fortemente dalla qualità della carta da produrre e dalle proprietà richieste. La tabella 2.2.1 fornisce esempi di materia prima usata.

Qualità di carta	Principali materie prime	Alcune caratteristiche del prodotto
Carta per quotidiani	- carta da macero e pasta meccanica - pochi coloranti, pochi pigmenti	- peso del prodotto: circa 40-40 g/m ² - utilizzato circa 70% di carta da macero e 30% di pasta meccanica per la produzione
Qualità Kraft	- prodotto colorato - utilizzata pasta kraft non candeggiata	- peso del prodotto: circa 70-100 g/m ² - alta resistenza;
Testliner	- utilizzata pasta kraft mescolata a carta da macero, oppure utilizzata solo carta da macero	- peso del prodotto: circa 110-160 g/m ²
Cartone	- prodotto a partire da qualsiasi tipo di pasta (inclusa quella da carta da macero)	- peso del prodotto: a partire da 175 g/m ² (può arrivare fino a 2000 g/m ²)
Carta per scrivere	- Prodotto da qualsiasi tipo di pasta, normalmente candeggiata; - possono essere usati vari colori, pigmenti, agenti di riempimento, leganti	- peso del prodotto: a partire da 30 g/m ² (può arrivare fino a 120 g/m ²)
Tissue	- prodotto a partire da pasta da carta da macero mescolata alla pasta chimica; - additivati anche rinforzanti	- peso del prodotto: 15-20 g/m ²

Tab. 2.2.1: Esempio delle materie prime utilizzate per i vari prodotti

3.2.4 Utilizzo di acqua

Nelle cartiere l'acqua primaria è usata principalmente per:

- Acqua di pulizia per la macchina continua mediante spruzzatori.
- Come acqua di tenuta
- Come solvente e agente disperdente per cariche e additivi
- Come acqua di raffreddamento
- In caldaia per la produzione di vapore.

L'acqua primaria è introdotta normalmente nel processo di fabbricazione della carta principalmente nella sezione di formatura e negli spruzzatori della sezione di pressatura della macchina continua, dopo di che viene alimentata in controcorrente a monte nei vari processi di lavaggio e di diluizione presenti in cartiera. Nelle unità di preparazione della pasta in genere non c'è domanda di acqua primaria. Se risultano presenti diverse qualità di acqua bianca allora quella con il più elevato contenuto in fibra potrebbe essere usata nelle unità di spapolamento. Tuttavia, la maggior parte del filtrato torbido è usato per la registrazione della densità dell'impasto di fibre. L'esigenza di acqua primaria è limitata alla diluizione dei prodotti chimici e all'utilizzo come acqua di tenuta per alcune apparecchiature. Molti prodotti chimici devono essere diluiti con acqua primaria prima di entrare nella macchina continua perché potrebbero nascere problemi legati alla qualità del prodotto.

Mentre le fibre vengono processate, nei diversi stadi del processo viene richiesta una consistenza diversa alle fibre. Ogni aumento nella consistenza genera un effluente nello specifico stadio con conseguente produzione di un contaminante. Valori tipici per il consumo di acqua nella fabbricazione di un certo numero di tipi di carta sono forniti in tabella 2.3.

Qualità di carta	Scarichi d'acqua (m ³ /t)	Note
Tissue	10-50	Da carta da macero
Da Stampa	5-40	Può includere l'acqua utilizzata nel pulper
Cartone	0-20	Include l'acqua utilizzata nel pulper
Carta Speciale	10-300	

Tab. 2.3: Valori di scarichi in cartiere europee

Per quanto riguarda l'uso dell'acqua primaria ci sono due fattori principali da considerare riguardo alle cartiere che producono tissue. Uno è l'esigenza di alti livelli elevati di pulizia sia del prodotto finito (uso igienico) che dei componenti della macchina continua. L'altro è relativo ai bassi volumi specifici di produzione dovuti al basso peso specifico del prodotto per m². In una cartiera per tissue dovrebbe essere necessario utilizzare acqua primaria solo per alcuni componenti: spruzzatori sulla macchina continua per la pulizia della tela formatrice e per i feltri. In una cartiera che applica le BAT l'acqua utilizzata nelle altre fasi di processo dovrebbe essere esclusivamente acqua recuperata dal trattamento dei reflui.

3.2.5 Uso di additivi

Premessa

Il numero di additivi chimici usati dipende dalla qualità della carta prodotta. Per la produzione di qualità grossolane, l'uso di prodotti chimici è limitato a circa 10-20 gruppi differenti di additivi. D'altra parte per qualità superiori o per carte speciali un numero molto più alto di prodotti chimici deve essere usato. La quantità totale di additivi chimici usati per la produzione di carta raggiunge oltre 8 milioni di ton in tutto il mondo. Di questi quasi 3 milioni sono prodotti sintetici.

I prodotti ausiliari si distinguono in sostanze di carica e sostanze collanti.

Le *sostanze di carica* adoperate più comunemente rientrano nelle categorie dei carbonati (carbonato di bario, di calcio e di magnesio); degli ossidi (biossido di titanio); dei silicati (asbestina, bentonite, caolino e talco); dei solfati (solfato di bario e di calcio) e dei solfuri (solfuro di zinco).

Le sostanze di carica riempiendo gli spazi compresi tra le fibre consentono di ottenere una superficie chiusa e piana, e conferiscono all'impasto fibroso determinate caratteristiche positive.

I principali vantaggi sono quindi:

- migliore ricettività dell'inchiostro
- migliore lisciatura
- maggior grado di bianco (dipendente dal fatto che le sostanze impiegate sono generalmente bianche)
- favoriscono la formazione del foglio.

Si fa inoltre aggiunta di sostanze minerali di carica per conseguire determinati risultati in carte speciali. Per esempio, l'aggiunta di opportune sostanze alla carta da sigarette permette di regolare il tempo di combustione della carta su quello del tabacco.

Le sostanze di carica hanno un costo notevolmente inferiore rispetto a quello dei materiali fibrosi. Il loro uso non deve però essere casuale, ci sono infatti dei limiti sia quantitativi che qualitativi difficilmente superabili poiché la massa fibrosa non sarebbe più in grado di ricevere quantità eccessive di tali materiali, bisogna inoltre tener conto che le sostanze di carica abbassano notevolmente tutte le altre caratteristiche meccaniche della carta.

Le principali *sostanze collanti* sono: la resina, l'amido, la caseina, le cere, le resine sintetiche ecc. Il collaggio che si ottiene con l'impiego di tali prodotti conferisce alla carta una certa impermeabilità ai liquidi e agli inchiostri (rendendola così scrivibile), infatti un foglio di carta non collato è generalmente assorbente.

In generale, i rilasci potenziali degli additivi chimici sono costituiti da scarti di filtrazione, scarichi (dopo il trattamento), fanghi dal trattamento primario e secondario e emissioni in atmosfera dalla macchina continua. Un determinato quantitativo di additivi rimane inglobato nel prodotto finito.

La degradabilità di una sostanza è una caratteristica cruciale per valutare la quantità della sostanza che verrà scaricata nell'ambiente esterno.

3.2.6 Fabbisogno energetico

L'energia è il terzo più alto costo nel processo di fabbricazione della carta e vale circa l'8% del fatturato. I processi di fabbricazione della carta possono essere divisi nelle zone principali: preparazione dell'impasto, zona umida e zona secca. Questi possono essere ulteriormente suddivisi in sotto unità.

Per una valutazione dei consumi energetici si rinvia al capitolo 1.

3.2.7 Scarichi idrici

Ci sono diverse sorgenti di scarichi idrici:

Scarti dalla pulizia dell'impasto

Gli scarti provenienti dai cleaner contengono impurità e anche fibre ri-utilizzabili sospesi in acqua. Questi scarti sono inviati solitamente all'impianto di trattamento ma possono anche essere inviati direttamente ai disidratatori del fango.

Acqua bianca in eccesso

L'acqua di processo insieme agli additivi chimici viene drenata nella sezione della tela formatrice (la maggior parte) nella sezione della pressa e nella seccheria. L'acqua bianca contiene inoltre l'acqua di pulizia della macchina continua. La parte principale dell'acqua bianca è re-immessa all'interno della macchina continua come acqua di diluizione e di lavaggio. L'eccesso di acqua bianca viene scaricato oppure inviato al pulper (in cartiere integrate che producono la pasta); prima di essere scaricato, l'eccesso di acqua passa attraverso una sezione di recupero delle fibre.

I parametri di qualità più comuni includono i solidi sospesi totali; BOD(5 o 7); COD; N e P totali; AOX; e qualche volta alcuni metalli. I dati in tabella 2.4 rappresentano valori tipici per alcuni parametri degli scarichi di cartiere francesi che producono diverse qualità di carta.

Qualità di carta	Solidi Sospesi totali (kg/t)		COD (kg/t)		BOD5 (kg/t)	
	Prima	Dopo Trattamento	Prima	Dopo Trattamento	Prima	Dopo Trattamento
Da stampa	12-25	0.3-2	7-15	1.5-4	4-8	0.4-0.8
Cartone	2-8	0.3-1	5-15	1.2-3	3-7	0.3-0.6
Tissue	2-30	0.3-3	8-15	1.2-6	5-7	0.3-2
Carta Speciale	20-100	0.1-6	n.d.	1.5-6	n.d.	0.3-6

Tab. 2.4: Valori degli scarichi prima di qualsiasi trattamento e dopo un trattamento biologico

I valori dipendono dal grado di chiusura dei circuiti dell'acqua e dall'età degli impianti.

3.2.8 Produzione di rifiuti solidi

Scarti di preparazione dell'impasto

Questi contengono sabbia, fibre indesiderate, plastica e altro. Il contenuto in sostanza secca varia da 1 al 25%. Tali scarti possono essere inviati all'impianto di trattamento degli scarichi o direttamente alla sezione di disidratazione. La maggior parte degli scarti solidi si troveranno nel fango primario conseguente alla chiarificazione primaria.

Fango dal trattamento delle acque

Si distinguono i seguenti tipi di fango:

- Fango dal pre-trattamento chimico di acqua di superficie (laghi, fiumi) per l'eventuale produzione di acqua di processo precipitazione/flocculazione. La quantità di fango può essere significativa.
- Fango da chiarificazione primaria. È generato nella maggior parte delle cartiere. È costituito soprattutto di fibra e di materiale inorganico presso cartiere che usano cariche.
- Fango in eccesso dal trattamento biologico. Contiene un'alta percentuale di materiale organico.
- Fango da flocculazione chimica è generato presso cartiere che effettuano il trattamento terziario degli scarichi. La tabella 2.5 fornisce alcuni valori sulle quantità e tipi di scarti, di fango e di altre frazioni residue generate per tonnellata di carta prodotta.

	Carta e Cartone da pasta non legnosa (t/a)	Tissue da pasta chimica (t/a)	Carte speciali (t/a)
Produzione annua	904.509	24.540	965.962
Numero di cartiere	6	1	20
Rifiuti solidi, TOTALE	29.761	211	161.945
Fanghi, TOTALE	27.972	50	76.506
- Fango dal chimico-fisico	8.852	0	46.259
- Fango dal biologico	120	0	159
- Fango dal trattamento degli scarichi	19.000	50	30.088
Residui d'incenerimento, TOTALE	1	0	26.842
- ceneri, scorie	1	0	26.671
- ceneri dall'abbattimento emissioni	0	0	171
Altro, TOTALE	1.788	161	58.597
- carta residua	1.709	90	46.817
- altro	79	71	11.780
Rifiuto specifico (kg rifiuto/t prodotto)	33	9	168

Tab. 2.5: Esempi di quantità e tipi di rifiuti prodotti presso cartiere per tonnellata di carta prodotta.

I fanghi biologici e chimici hanno basse caratteristiche di disidratazione. Il fango è ispessito prima della fase di disidratazione utilizzando varie tipologie di presse. Sono mescolati normalmente con fango primario prima della disidratazione. Prodotti chimici inorganici e/o organici sono aggiunti per migliorare la disidratazione del fango formando flocculi più grandi. Il fango può arrivare a valori di disidratazione fino al 60%. In alcune cartiere il fango viene anche successivamente essiccato.

Altre frazioni di rifiuto

Altre frazioni residue, di minore entità, risultano prodotte; queste possono generare ancora problemi per quanto riguarda lo smaltimento. Le seguenti tipologie, difficilmente quantificabili, possono essere distinte:

- residui metallici
- plastiche
- prodotti chimici
- residui oleosi delle macchine
- vetro
- inerti da demolizione.
- rifiuti domestici
- residui tessili

4. BAT PER LE CARTIERE

Per cartiere che processano sia carta da macero che fibre vergini, le migliori tecnologie disponibili (BAT) per la riduzione e prevenzione della produzione di rifiuti riguardano principalmente il miglioramento della gestione dei flussi di acqua con particolare riferimento al trattamento interno finalizzato al riutilizzo nel ciclo di produzione.

Di seguito si analizzano brevemente i criteri da seguire per l'individuazione delle BAT da adottare nei cicli di lavorazione. Di seguito saranno analizzate le tecnologie disponibili.

Misure specifiche per la riduzione dei rifiuti

Le BAT per la riduzione dei rifiuti devono minimizzare la generazione di rifiuti solidi e recuperare, riciclare e riutilizzare questi materiali, dovunque possibile. La raccolta separata e l'immagazzinamento intermedio dei residui in corrispondenza della sorgente possono essere viste favorevolmente per questo scopo. La riduzione di rifiuti solidi può essere realizzata ottimizzando il recupero della fibra mediante l'ammodernamento degli impianti di preparazione della pasta, ottimizzando il numero delle fasi di cleaning nella preparazione della pasta, applicando la flottazione ad aria disciolta come trattamento in-linea dei circuiti dell'acqua per recuperare le fibre e le cariche e per chiarificare l'acqua di processo.

La riduzione della quantità di rifiuti solidi da inviare in discarica può essere realizzata gestendo nel sito in modo efficiente gli scarti e il fango favorendo la disidratazione e il successivo incenerimento finalizzato al recupero di energia.

Misure specifiche per la riduzione delle emissioni in acqua

La riduzione del consumo di acqua fresca e di conseguenza il flusso di acque di scarico può essere realizzata con l'applicazione di una combinazione di tecniche differenti come:

1. Separazione delle acque meno contaminate e riciclaggio delle acque di processo. Separazione e riutilizzazione delle acque pulite di raffreddamento e riciclaggio delle acque di processo e di tenuta.
2. Gestione ottimale delle acque (corretta progettazione del ciclo dell'acqua), chiarificazione dell'acqua mediante tecniche di sedimentazione, filtrazione o flottazione e riciclaggio dell'acqua di processo per scopi differenti.
3. Produzione di acqua chiarificata per impianti di disinquinazione.
4. Installazione di un bacino di equalizzazione e un impianto di trattamento primario.
5. Trattamento biologico aerobico.
6. Trattamento biologico combinato anaerobico-aerobico.
7. Riciclaggio parziale dell'acqua dopo il trattamento biologico.
8. Trattamento intermedio dei circuiti interni dell'acqua

È difficile presentare dati certi sugli inquinanti contenuti nell'acqua di scarico prima del trattamento biologico perché è raro che tali emissioni siano segnalate in modo trasparente. Per esempio, non è spesso chiaro quali tecniche integrate nel processo sono applicate per conseguire i livelli segnalati delle emissioni con il solo trattamento primario. Le emissioni in acqua prima del trattamento

dipendono in larga misura dalla qualità delle materie prime usate (carta da macero, additivi chimici) e dal lay-out di processo (consistenza, temperatura, trattamento alcalino, progetto del ciclo dell'acqua).

Misure specifiche per la riduzione dei rifiuti solidi

Per ridurre i quantitativi inviati in discarica sono da considerare BAT le seguenti:

1. Minimizzazione della produzione di rifiuti solidi, il recupero, il riutilizzo dei materiali per quanto possibile.
2. La raccolta separata e l'immagazzinamento intermedio dei residui in corrispondenza della sorgente permettono di riutilizzare un quantitativo maggiore di rifiuti invece dell'invio in discarica.
3. L'ammodernamento degli impianti di preparazione della pasta per ottimizzare il recupero delle fibre.
4. L'ottimizzazione del numero degli stadi di cleaning nella fase di preparazione della pasta.
5. Utilizzo della tecnica della flottazione ad aria disciolta come trattamento in-linea dei circuiti dell'acqua per recuperare le fibre e le cariche per chiarificare l'acqua di processo. Nel progetto dell'impianto di preparazione della pasta bisogna effettuare un corretto bilancio tra la pulizia della pasta, delle fibre perse, della qualità del prodotto, del fabbisogno energetico e dei costi.
6. Trattamento biologico aerobico delle acque di scarico. Paragonato all'impianto di solo trattamento aerobico, un trattamento anaerobico/aerobico genera un quantitativo di fango sensibilmente inferiore.
7. Gestione efficiente in situ degli scarti e del fango favorendo la disidratazione e aumentando il potere calorifico finalizzato al successivo incenerimento.

Utilizzo dei prodotti chimici

Le BAT per l'uso dei prodotti chimici sono:

1. Assicurarsi della disponibilità di un database per tutti i prodotti chimici e additivi che contenga informazioni sulla composizione chimica delle sostanze, degradabilità, tossicità. Etc..
2. Perseguire il principio di sostituzione dei prodotti con altri meno pericolosi.
3. Implementare misure di gestione per evitare scarichi accidentali nel terreno e nelle acque.

4.1 Tecnologie disponibili

In questo paragrafo sono elencate tutte le tecnologie più rilevanti attualmente disponibili per la prevenzione o la riduzione di rifiuti sia per nuove che per cartiere esistenti. Alcune tecnologie descritte sono valide solo per cartiere che fabbricano prodotti specifici a partire da carta da macero. Impianti di recupero della carta, con poche eccezioni, sono normalmente integrati con le cartiere.

Le schede che seguono sono organizzate nelle seguenti sottosezioni:

- Descrizione della tecnologia;
- Applicabilità;
- Prestazioni ambientali;
- Effetti trasversali;
- Dati operativi;
- Dati economici;
- Punti di forza;
- Esempi di impianti.

L'assenza di alcune delle suddette voci per alcune tecnologie esaminate è dovuta alla mancanza di informazioni in merito.

4.1.1 Gestione ottimale dell'acqua (progettazione del circuito dell'acqua) e chiarificazione dell'acqua

Descrizione della tecnologia: I circuiti dell'acqua nella produzione di carta sono progettati generalmente per un consumo minimizzato di acqua primaria. Nei circuiti dell'acqua delle attuali cartiere l'acqua di processo è riutilizzata parecchie volte.

Il principio della riutilizzazione dell'acqua di processo è l'utilizzo del flusso di ritorno dell'acqua di processo in contro-corrente al flusso della fibra. Tutte le cartiere usano l'acqua bianca non trattata, arricchita di fibra proveniente dalla macchina continua per la diluizione della pasta nel serbatoio di miscelazione a monte della macchina continua (circuito primario) o nella preparazione della pasta (circuito secondario).

Una parte dell'acqua bianca è chiarificata mediante filtrazione (filtri a dischi multipli, filtri a tamburo), flottazione ad aria disciolta o sedimentazione. L'acqua chiarificata è quindi riutilizzata al posto dell'acqua primaria, per esempio, presso gli spruzzatori. L'eccesso dell'acqua di processo chiarificata è scaricata nell'impianto di trattamento degli scarichi. E' realizzabile un consumo minimizzato di acqua fresca nella produzione di testliner nel range tra 4-7 m³ acqua /tonnellata di carta prodotta. Alcune cartiere europee operano con un circuito dell'acqua completamente chiuso.

In molte cartiere l'acqua primaria è usata soltanto per la diluizione degli additivi chimici e in postazioni della macchina continua dove è necessaria un'alta qualità dell'acqua (esente da particelle solide). Tuttavia, la chiusura completa del circuito dell'acqua offre sia vantaggi che svantaggi. La chiusura spinta del sistema conduce a un aumento considerevole nell'acqua di processo di residui organici ed inorganici colloidali e disciolti che possono causare problemi seri nel processo di produzione se nessuna contro-misura viene intrapresa.

In impianti a circuito chiuso ulteriori problemi seri possono presentarsi e precisamente:

- sensibile decremento del contenuto di ossigeno dell'acqua di processo che raggiunge una condizione quasi anaerobica associata alla riduzione microbiologica indotta del solfato in solfuro di idrogeno e la formazione di acidi grassi a basso peso molecolare con produzione di odori molesti;
- crescita intensificata di microorganismi;
- corrosione causata dalle alte temperature e da alti contenuti di cloruri;
- emissioni significative di composti organici malodorevoli dalla sezione di asciugatura della macchina continua;
- qualità non omogenea della carta prodotta.

Per controllare questi problemi, alcune cartiere che producono carte da imballaggio hanno riaperto il circuito completamente chiuso dell'acqua e stanno ora producendo con un piccolo volume di acqua di scarico con valori di 2.5-5.0 m³/tonnellata di carta prodotta. A causa della legislazione in vigore all'epoca, alcune cartiere hanno applicato i nuovi metodi negli anni 90 per controllare le criticità dei propri circuiti chiusi. Hanno installato trattamenti in-linea per ridurre il carico organico dell'acqua di processo.

Per controllare i vari problemi appena descritti conseguenti a sistemi chiusi e garantire allo stesso tempo la qualità del prodotto, bisogna mettere in conto un consumo di acqua fresca di 4-7 m³/tonnellata di carta prodotta.

Applicabilità: Tecnologia integrata nel processo di produzione.

Per la produzione di carta da imballaggio è possibile ridurre il consumo di acqua fresca a un livello di 4-7 m³/tonnellata di carta prodotta. Tuttavia, questo livello può essere raggiunto con bassi costi soltanto in cartiere con impianti già rinnovati. In vecchie cartiere che hanno un più alto consumo di acqua primaria, la riduzione può causare problemi di corrosione, a secondo delle caratteristiche dei materiali con cui sono costruiti macchine e tubazioni. Inoltre, gli impianti di trattamento delle acque di scarico devono essere modificati.

Prestazioni ambientali: La chiusura del sistema genera meno scarichi ma con un livello maggiore di contaminazione organica nei circuiti. Per testliner la riduzione dell'acqua primaria a un livello di 4-7 m³/tonnellata di carta prodotta comporta un incremento di COD dell'acqua di processo a una concentrazione adatta a un trattamento anaerobico con conseguente beneficio nella generazione di biogas.

In impianti che effettuano la disinchiostrazione, il grado di chiusura dei sistemi è limitato dalle proprietà del prodotto da conseguire (grado di bianco, pulizia). Pertanto, in tali impianti è possibile raggiungere volumi di scarichi di circa 10 m³/t. L'acqua di scarico è trattata solitamente da sistemi aerobici.

Effetti trasversali: La riutilizzazione intensificata dell'acqua di processo aumenta la temperatura della stessa. Di conseguenza, il consumo di vapore per riscaldare l'acqua di processo può essere ridotto. Un consumo di acqua fresca di 4-7 m³/tonnellata di carta prodotta minimizza il rischio di emissioni odorose. L'applicazione del trattamento anaerobico comporta una riduzione della richiesta di combustibile fossile primario.

Dati Operativi: La produzione di wellenstoff ed il testliner con un consumo specifico di acqua fresca di 4-7 m³/tonnellata di carta prodotta risulta già realizzato nelle odierne cartiere. Le esperienze indicano che questi valori di consumo non provocano effetti negativi né sul funzionamento delle macchine né sulla qualità del prodotto.

Dato economici: Un minor consumo di acqua fresca fa diminuire i costi di purificazione della stessa e i costi di trattamento degli scarichi. Le misure applicate dipendono dalle specifiche condizioni operative nelle cartiere. Di conseguenza, non è possibile fornire costi specifici.

Punti di forza: I punti di forza sono i seguenti:

- Riduzione nei costi della acqua primaria
- Risparmi nella purificazione dell'acqua primaria
- Risparmi nel trattamento e nello smaltimento degli scarichi
- Un minore impatto sull'ambiente esterno.

Esempi di Impianti: Numerose cartiere in Europa raggiungono i valori indicati.

4.1.2 Circuiti chiusi con trattamento biologico in linea dell'acqua di processo

Questa tecnica è da considerarsi attualmente una BAT soltanto per le carte da imballaggio. Tuttavia, il principio di base, e cioè il trattamento di una parte del flusso per mezzo di un sistema combinato fisico/biologico è di interesse per molte altre produzioni. Le sezioni di trattamento dell'acqua di processo possono essere considerate come sistemi intermedi all'interno dell'intero circuito chiuso.

Descrizione della tecnologia: L'accumulo inevitabile di materiale organico colloidale disciolto in sistemi chiusi genera problemi come la corrosione e odore sgradevole presente sia nel prodotto che negli scarichi in atmosfera. Per ridurre l'inquinamento organico dell'acqua di processo, è possibile adattare in-linea tecniche di trattamento ordinariamente usate per il trattamento finale degli scarichi. Una parte del flusso dell'acqua di processo è trattata con trattamento biologico e l'acqua purificata è riutilizzata nella linea.

Attualmente, ci sono opzioni tecniche differenti. Due di loro sono brevemente descritte qui sotto:

Opzione 1: Trattamento anaerobico seguito da una fase di re-aerazione e da una sezione di decarbonizzazione.

Dopo la rimozione delle fibre recuperabili mediante trattamento fisico, una parte del flusso dell'acqua di processo viene purificata in una sezione di trattamento e riutilizzata come acqua di processo. Il ciclo di riduzione delle concentrazioni si compone di un trattamento anaerobico in un reattore a letto fluido completato con una fase di re-aerazione per la trasformazione dei solfuri in solfati e con un impianto di decarbonizzazione per evitare la produzione di incrostazioni di carbonato di calcio sia nel reattore anaerobico che in altre parti del circuito dell'acqua.

Opzione 2: Trattamento anaerobico unito con un sistema a fanghi attivi e un filtro a sabbia. Un flusso parziale dell'acqua di processo viene raffreddato per ridurre la temperatura dell'acqua da 55°C a 35°C. Un reattore di preacidificazione è utilizzato per il pre-trattamento dell'acqua con sostanze nutritive prima di inviarla nel reattore UASB²⁷. La fase nel reattore è seguita dal trattamento aerobico in due serbatoi paralleli di aerazione. Dopo una fase di sedimentazione l'acqua trattata è inviata a filtri a sabbia per ridurre la concentrazione della sostanza solida. Il biogas prodotto nei reattori anaerobici viene lavato in uno scrubber per eliminare l'H₂S per poi essere usato per la produzione di vapore.

²⁷ Reattore anaerobico a mantello per fanghi a flusso ascendente.

Tramite il trattamento in-linea è possibile conseguire il livello voluto di COD nei circuiti a secondo del flusso trattato e le dimensioni dell'impianto. Nel mantenere il livello COD vicino a 7000-8000 mg/l nel sistema chiuso, si rileva una qualità dell'acqua di processo simile a quella che si riscontra nelle cartiere che hanno scarichi medi di circa 3-4 m3/t.

Applicabilità: Tecnologia integrata nel processo di produzione.

Ci sono alcuni motivi per i quali questa tecnologia non viene sempre considerata una BAT. Il motivo principale è la precipitazione del carbonato di calcio sia nel circuito dell'acqua di processo che nelle sezioni di trattamento anaerobico ed aerobico. Il controllo della concentrazione di calcio nelle acque bianche è molto complesso. Soluzioni tecniche per questo problema devono ancora essere sviluppate. Il riciclaggio di una parte dell'acqua dopo il trattamento biologico è effettuato da un numero limitato di cartiere in Europa che fabbricano ondulati.

Prestazioni ambientali: Sistemi chiusi con trattamento in-linea forniscono zero emissioni in acqua. Per cartiere che già utilizzano sistemi chiusi, il trattamento in-linea può essere una misura efficiente per ridurre l'inquinamento della carta prodotta e la concentrazione dei residui odorosi.

Una cartiera tedesca che produce testliner dal 1970 con il sistema chiuso (senza il trattamento biologico in-linea) ha ottenuto miglioramenti considerevoli nella qualità dell'acqua di processo, nella qualità della carta e nelle emissioni di sostanze organiche dopo aver inserito la sezione di trattamento biologico in-linea nel 1995.

Effetti trasversali: Le tecniche anaerobiche per il trattamento in-linea riducono la generazione di biomassa in eccesso. La biomassa eccedente può essere riutilizzata o per la produzione della carta o essere incenerita per il recupero di energia. La richiesta energetica della sezione di trattamento in-linea (pompe, aeratori, agitatori) è completamente coperta tramite l'uso dei biogas generati. Confrontato con il sistema chiuso senza trattamento in-linea, la concentrazione dei residui odorosi nell'acqua di processo (per esempio acidi formici, acido acetico, acido metilacetico ed acido lattico) può essere ridotta del 95%.

Dati Operativi: Nella cartiera tedesca che ha realizzato l'opzione 2, il trattamento in-linea è iniziato nel mese di settembre del 1995. Da allora l'impianto sta funzionando senza alcune difficoltà significative. Tuttavia, i problemi causati dalla precipitazione del carbonato di calcio nelle tubazioni e nel bacino di aerazione devono essere risolti in futuro. L'affidabilità idraulica del sistema chiuso necessita di introdurre in continuo soltanto 50% della portata di acqua che vaporizza nella sezione di essiccamento della macchina continua (circa 1 m3/t).

Una cartiera francese con trattamento in-linea con decarbonizzazione (opzione 1) ha realizzato le prefissate condizioni di gestione non prima di marzo del 1997. Il circuito è completamente chiuso. Il funzionamento della macchina continua e la qualità di carta prodotta non sono stati influenzati negativamente.

Dati economici: Le installazioni anaerobiche richiedono componenti più piccole e meno costose rispetto al trattamento aerobico con costi di gestione più bassi e un risparmio di energia mediante la produzione di metano. Per l'opzione 1 è stato segnalato un costo di investimento di 2.5 MEuro. Gli investimenti supplementari necessari per la decarbonizzazione ammontano a circa 0.5 MEuro.

Per un altro stabilimento tedesco che ha realizzato l'opzione 2 sono stati indicati costi di investimento di 6 MEuro. Il costi operativi dovuti ai prodotti chimici, allo smaltimento dello zolfo, al personale e alla manutenzione è di circa 165.000 Euro. Sono inclusi nei dati risparmi di energia di 13000 Euro/anno. Ipotizzando una produzione di carta di 360000 ton/a e una quantità di acqua di processo trattata di

1.000.000 m³/a, si ricavano costi operativi specifici di 0.5 Euro/ton carta prodotta e 0.2 Euro/m³ acqua di processo. I costi totali del capitale e operativi ammontano a 1.8 Euro/ton carta prodotta e 0.7 Euro/m³ acqua di processo.

Punti di forza: Cartiere che producono testliner a volte sono situate presso fiumi usati per il rifornimento di acqua potabile o presso piccoli corsi di acqua che, in periodi di siccità, sono più vulnerabili ai livelli di inquinanti. In tale situazione le cartiere devono adottare il sistema a circuito chiuso. Per evitare un aumento del contenuto salino, della durezza dell'acqua e della concentrazione degli acidi grassi volatili maleodoranti, il trattamento biologico in-linea può essere una misura adatta.

Esempi di impianti: Assi Domaen Packaging Lecoursonnois Paper Mill, Mennecy/Francia; Zülpich Papier-Recycled Paper Europe, Zülpich/Germania; Tillmann, Germania

4.1.3 Tecnologie anaerobiche come primo stadio del trattamento biologico degli scarichi

Questa tecnologia è da considerarsi BAT principalmente per la carta da imballaggio prodotta da carta da macero.

Descrizione della tecnologia : La chiusura dei circuiti dell'acqua nelle cartiere che lavorano carta da macero causa alte concentrazioni delle sostanze organiche disciolte nell'acqua di processo. Di conseguenza, prima di essere scaricate nei ricettori idrici, le acque trattate devono essere purificate mediante trattamento biologico.

Come reattori anaerobici è possibile considerare i seguenti sistemi:

- Reattore per contatto
- Reattore UASB
- Reattore a letto fisso
- Reattore a letto fluido.

Il concetto principale alla base del corretto funzionamento dei diversi tipi di reattore è quello di assicurare un'alta concentrazione della biomassa all'interno dei reattori. Ciò è realizzata riciclando la biomassa dopo la sedimentazione in un separatore esterno (reattore per contatto) o fissando la biomassa a un mezzo di supporto all'interno del reattore (reattore a letto fisso, reattore a letto fluido, reattore UASB). Confrontato al trattamento aerobico, molto meno biomassa è prodotta durante il processo di degradazione anaerobico. Tuttavia, gli scarichi da trattamento anaerobico non raggiungono i requisiti di concentrazione finale per il COD e BOD₅. Di conseguenza, il solo trattamento anaerobico non risulta sufficiente.

Per un'applicazione economica delle tecnologie anaerobiche come fase primaria del trattamento biologico, il carico di COD dell'acqua di processo non dovrebbe essere inferiore a 2000 mg/l.

Applicabilità: Quando una fase anaerobica è aggiunta prima del trattamento aerobico in un impianto esistente, può essere ridotta la potenzialità delle facilities finali di trattamento aerobico. L'inserimento di una fase anaerobica di pre-trattamento è una misura conveniente quando la fase aerobica del trattamento finale ha raggiunto la massima potenzialità e probabilmente risulta sovraccaricata.

I problemi principali ancora da affrontare sono l'accumulo di cloruri, calcio e solfati, che causano corrosione, precipitazione di carbonato di calcio e incrostazioni su tubazioni, sulle tele formatrici e sui feltri.

Prestazioni ambientali: I rendimenti di trattamento in reattori anaerobici dipendono dal lay-out degli impianti e dalle condizioni operative. Rendimenti ottenibili sono del 60-85% per la rimozione di COD e 85-95% per la rimozione di BOD₅. Il rendimento complessivo per l'utilizzo combinato di tecniche anaerobiche/aerobiche sono del 95-97% per l'eliminazione di COD e 99.0-99.8% per la rimozione di BOD₅.

Negli impianti di trattamento combinato anaerobico/aerobico la richiesta di energia riferita alla rimozione di 1 tonnellata di COD (energia usata principalmente per le pompe e per gli aeratori) è di circa 200-300 KWh, mentre in impianti solo aerobici la domanda di energia per la rimozione di 1 tonnellata di COD è di circa 500-600 KWh. Il volume di biogas prodotto durante la degradazione anaerobica varia da 400 a 600 m³/ton di COD rimosso.

Effetti trasversali: Confrontato al solo trattamento aerobico, nel trattamento combinato anaerobico/aerobico la produzione della biomassa è ridotta del 70 - 80 %.

Dati operativi: Impianti combinati sono funzionanti dal 1990/91. Solidi in sospensione con concentrazione superiore a 200 mg/l possono causare problemi nei sistemi anaerobici, particolarmente nei reattori a letto fisso.

Dati economici: I costi di investimento per impianti combinati anaerobico/aerobico variano in una vasta gamma a secondo del carico specifico di COD e della portata degli scarichi. Assumendo carichi di COD di 20-35 ton/die, che corrispondono ad una produzione annuale di testliner di 200.000 – 350.000 tonnellate, i costi di investimento variano da 7 a 12 MEuro. Considerando il risparmio di energia dovuto all'utilizzo dei biogas prodotti, i costi di gestione annuali, compresi i prodotti chimici, lo smaltimento dei rifiuti, il personale e la manutenzione sono nella gamma di 0.6-1.0 Euro/ton carta prodotta.

Punti di forza: La ragione più importante per installare i sistemi combinati anaerobico/aerobico per il trattamento biologico delle acque di processo consiste nella maggiore stabilità per quanto riguarda le fluttuazioni del carico di COD se confrontato a un impianto con il solo trattamento aerobico. Un altro motivo risulta la produzione del biogas e del suo uso come combustibile nelle centrali. Per concludere, il volume considerevolmente più piccolo di fango in eccesso comporta una notevole riduzione del fabbisogno di smaltimento finale dei fanghi.

Esempi di impianti: Numerosi impianti anaerobici sono funzionanti come primo stadio del trattamento degli scarichi in cartiere europee che producono testliner. Molti impianti sono installati in Germania (con le diverse opzioni di reattore).

3.1.4 Produzione di acqua chiarificata nei processi con disinchiostrazione

Descrizione della tecnologia: Il riciclaggio di grandi quantità di acque bianche nelle cartiere che recuperano la carta anche con la fase di disinchiostrazione è possibile se è presente un sistema per la chiarificazione dell'acqua bianca. I sistemi di chiarificazione, usati quasi esclusivamente nell'industria della carta, sono basati sulla sedimentazione, sulla filtrazione (filtro a disco) e sulla flottazione (la BAT attualmente disponibile è la flottazione ad aria disciolta). I rifiuti e i residui fini anionici sono conglobati in flocculi fisicamente trattabili usando specifici additivi. Polimeri ad alto peso molecolare e solubili in acqua oppure elettroliti inorganici sono usati come flocculanti. Gli agglomerati generati (flocculi) sono

poi fatti flottare nel bacino di chiarificazione. Nella flottazione ad aria disciolta, i solidi sospesi risultano attaccati alle bolle d'aria. Le bolle trasportano il materiale alla superficie del bacino (circolare o rettangolare) mentre l'acqua chiarificata viene recuperata dal fondo del bacino.

In un sistema di flottazione con un bacino circolare, le bolle di aria sono generate mescolando l'aria nell'acqua di circolazione ad alta pressione. Quando la pressione è ridotta all'ingresso del bacino, si formano bolle microscopiche di aria. Agenti flocculanti sono aggiunti solitamente all'acqua bianca prima della flottazione per migliorare la separazione. Il vantaggio della flottazione è che anche materiale colloidale di piccola dimensione può essere rimosso. In un impianto di disinchiostrazione il materiale è pompato alla fase di disidratazione del fango invece di essere inviato al riciclaggio nel ciclo di lavorazione come invece nelle cartiere che usano fibre vergini. Un altro vantaggio della flottazione è che la saturazione di aria (ossigeno) nell'acqua di processo impedisce la formazione di batteri anaerobici.

Applicabilità: Tecnologia integrata nel processo di produzione.

L'aggiornamento dell'impianto di chiarificazione dell'acqua è unito spesso alla riorganizzazione dei circuiti dell'acqua.

Prestazioni ambientali: Il vantaggio della flottazione ad aria disciolta è che materiale colloidale di piccole dimensioni può essere rimosso. Ciò è molto importante nelle cartiere che lavorano carta da macero con la fase di disinchiostrazione in quanto nelle acque di processo sono presenti parti grossolane di materiale colloidale.

Effetti trasversali: Sono necessari prodotti chimici come flocculanti. Viene generato fango da flottazione che deve essere disidratato.

Dati operativi: I sistemi di flottazione ad aria disciolta sono tecnologie mature.

Dati economici: Nessun dato disponibile.

Punti di forza: Permette la gestione ottimale delle acque e la registrazione del sistema chiuso in funzione delle esigenze.

Esempi di impianti: Numerosi in tutta Europa.

4.1.4 Utilizzo e smaltimento eco-compatibile dei residui

Le sorgenti principali di rifiuti solidi nelle cartiere sono la preparazione dell'impasto, la chiarificazione dell'acqua di processo e il trattamento degli scarichi. Due tipi importanti di processi devono essere distinti:

- 1) Nei processi senza disinchiostrazione (per esempio testliner, cartone) residui grossolani dal pulper, scarti dalle varie fasi di filtraggio e di pulizia nell'impianto di preparazione dell'impasto e fango dal trattamento degli scarichi sono i rifiuti principali.

Gli scarti generati ammontano a circa il 4-10 % dell'input di materia prima. Gli scarti provenienti dall'impianto di preparazione dell'impasto per la fabbricazione di prodotti da imballaggio senza disinchiostrazione hanno un basso potenziale di riciclaggio perché sono costituiti di una miscela non ben definita di vari componenti non cartacei presenti nella carta di recupero. Normalmente

questi scarti sono inviati in discarica. Tuttavia, considerando l'alto potere calorifico di 22-24 MJ/kg della sostanza secca (dovuto all'elevata presenza di plastica), gli scarti sono adatti al recupero di energia mediante termovalorizzazione.

Soltanto per gli scarti provenienti dalle fasi finali di selezione e di pulizia della macchina continua c'è la possibilità di riciclaggio perché hanno un contenuto basso in plastica e in altre impurità. Di conseguenza, in alcune cartiere questa frazione residua è raccolta e disidratata ed è usata come substrato negli impianti di compostaggio.

2) Nei processi con disinchiostrazione si producono elevate quantità di fango da disinchiostrazione e frequentemente anche fango da chiarificazione dell'acqua di processo. Gli scarti ed il fango prodotti ammontano a circa il 15-40 % dell'input di materia prima. Nelle cartiere con disinchiostrazione il fango da disinchiostrazione, contenente principalmente fibre corte, rivestimenti, cariche e particelle d'inchiostro, è la frazione residua più critica da trattare/smaltire.

Spandimento in Agricoltura

Comunemente, la maggior parte del fango è ancora inviata in discarica. In alcune nazioni è diffuso lo spandimento in agricoltura o il compostaggio mentre in altri paesi queste opzioni sono scoraggiate o vietate.

In Toscana lo spandimento in agricoltura dei fanghi da depurazione risulta disciplinato dal DPGRT del 17/7/2001 n°32/R *“Regolamento regionale di attuazione ai sensi della lettera e), comma 1, dell'articolo 5 della legge regionale 18 maggio 1998, n. 25, “Norme per la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti inquinati”, contenente norme tecniche e procedurali per l'esercizio delle funzioni amministrative e di controllo attribuite agli enti locali nelle materie della gestione dei rifiuti e delle bonifiche”*.

Al Capo III “Autorizzazione per lo spandimento dei fanghi in agricoltura” vengono disciplinati i seguenti aspetti:

- Disposizioni generali per il rilascio dell'autorizzazione²⁸;
- Limiti quantitativi e distanze minime²⁹;
- Divieti e esclusioni³⁰.

In impianti più grandi, il fango da disinchiostrazione insieme a quello da trattamento degli scarichi può essere incenerito.

Esistono opzioni differenti per l'utilizzazione energetica degli scarti e del fango contenente materiale organico (plastica, fibre):

- incenerimento in un inceneritore in-situ;
- co-combustione nella centrale termica della cartiera;
- co-combustione nei cementifici e per la produzione di laterizi.

Utilizzo nel settore della produzione di Laterizi³¹

Per quanto riguarda l'utilizzo dei fanghi derivanti dalla depurazione delle acque reflue di cartiera nel settore dei laterizi, si rileva che questi sono caratterizzati da un contenuto in sostanze organiche di

²⁸ Art. 9 e 11 del Regolamento. Si fa specifico riferimento al D.Lgs 27 gennaio 1992 n. 99: “Attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura”.

²⁹ Art. 10 del Regolamento.

³⁰ Art. 12 del Regolamento.

³¹ Dati ANDIL Assolaterizi.

circa il 20% del peso secco e da un potere calorico attestato attorno a 2000 kcal/kg. Un semplice essiccamento a 100°C produce generalmente una perdita di peso superiore al 50%. La componente inorganica è data principalmente da SiO₂, Al₂O₃ e, in taluni casi, MgO e CaO.

Sono state sperimentate aggiunte di tali fanghi essiccati agli impasti in quantità sempre inferiori al 10%; la quantità ottimale è indicata fra 3% e 8%. Queste aggiunte producono sull'impasto un lieve aumento dell'acqua di impastamento e del ritiro in secco. Nelle fasi di estrusione ed essiccamento non si nota l'insorgere di particolari problemi, sebbene in alcuni casi si lamentino delle difficoltà in fase di dosaggio e di trafilatura a causa delle parti fibrose vegetali contenute nei fanghi.

Le proprietà dei cotti non vengono particolarmente influenzate dalle modeste aggiunte di fanghi dell'industria cartaria. Sono stati riscontrati solo lievi incrementi di assorbimento d'acqua e di attitudine alle efflorescenze, con un debole decremento della resistenza meccanica e talora un peggioramento di aspetto del prodotto finito. Per ciò che concerne il risparmio di combustibile si va da valori trascurabili sino a risparmi del 18% circa.

Le conclusioni circa l'utilizzo dei fanghi reflui dell'industria cartaria sono però contrastanti; essi sembrerebbero economicamente vantaggiosi, soprattutto per il loro contributo energetico, senza compromettere la qualità del prodotto finito. In effetti, il riciclaggio di questi scarti è divenuto ormai una realtà in una serie di laterifici italiani.

Utilizzo come combustibile nei cementifici

Gli scarti solidi, invece, possono essere usati come combustibile sostitutivo nell'industria del cemento al posto dei combustibili fossili. Scarti alimentati al bruciatore principale saranno decomposti nella prima camera di combustione alla temperatura di 2000°C. Componenti inorganici saranno inglobati nel clinker di cemento. Scarti alimentati al bruciatore secondario, al pre-riscaldatore o al precalcinatore saranno bruciati a temperature minori, non sempre sufficienti a ossidare completamente il materiale organico. Gli scarti sono alimentati normalmente al secondo bruciatore in corrispondenza dell'ingresso del forno rotante. L'alimentazione degli scarti e del fango nel bruciatore secondario determina il rischio che possono insorgere emissioni indesiderabili di idrocarburi (VOC, diossine). In questa camera di combustione la temperatura aumenta lentamente, il che potrebbe indurre la plastica a bruciare senza fiamma.

L'idoneità delle frazioni residue dalle cartiere come sostituti per i combustibili fossili nell'industria del cemento deve essere deciso caso per caso. Nell'incenerire gli scarti il contenuto in cloro della cenere volatile può essere un fattore di limitazione per l'ulteriore uso della cenere nel processo di produzione del cemento. Poiché l'attuale legislazione sulle discariche consente l'invio in discarica soltanto di rifiuti inertizzati o con un contenuto basso dei componenti organici, lo sviluppo di tecniche di utilizzazione degli scarti rappresenta una sfida per l'industria europea della carta.

L'incenerimento, unito alla produzione di vapore e energia, è considerato come una soluzione ambientalmente compatibile. Opzioni tecniche differenti per l'incenerimento dei residui con recupero di energia sono realizzate in cartiere europee.

4.1.5 Gestione delle acque e minimizzazione dell'uso di acqua per diverse qualità di carta

Descrizione della tecnologia: Sebbene ci siano molte alternative tecniche che potrebbero differire da cartiera a cartiera, sono applicabili alcune soluzioni di base per la riduzione dell'acqua che comprendono:

- Separazione efficiente delle acque di raffreddamento dalle acque di processo e raffreddamento delle stesse mediante torri di raffreddamento. Per un corretto riutilizzo si suggerisce l'uso di un micro-filtro per rimuovere i solidi.
- Il sistema di spruzzamento (macchina continua) è solitamente il consumatore più grande di acqua primaria. Per ridurre il consumo a livelli ragionevoli, la maggior parte dell'acqua deve essere sostituita da acqua bianca chiarificata. Tuttavia, non è normalmente raccomandabile usare tutta l'acqua così ottenuta perché risulta possibile la precipitazione di materiale colloidale dall'acqua bianca depositata sul feltro.
- Implementazione di un circuito di recupero dell'acqua di tenuta da integrare ai circuiti delle acque di raffreddamento e delle acque chiarificate.
- Formazione del personale.
- Adeguati impianti di stoccaggio e di trasferimento delle acque che mantengano inalterate le caratteristiche.

La riduzione del consumo di acqua con conseguente ulteriore riduzione degli scarichi richiede trattamenti supplementari di tipo fisico-chimico, biologico o meccanico o la loro combinazione per permettere il riciclo dell'acqua.

Applicabilità: Tecnologia integrata nel processo di produzione.

Un problema da richiamare nelle cartiere esistenti è l'idoneità dei materiali per resistere alle sostanze corrosive, quali i cloruri, e alle alte temperature. In generale, diventa più difficile chiudere i cicli dell'acqua più sono differenziati i prodotti e maggiore è la frequenza di cambio del prodotto (cosa frequente nelle piccole cartiere).

Prestazioni ambientali: I miglioramenti dipendono principalmente dalla situazione esistente della cartiera. In cartiere esistenti è possibile una riduzione di acqua primaria di 10-15 m³/ADt (tonnellata di pasta al 90% di sostanza secca) per le acque di raffreddamento e una riduzione di 5-8 m³/ADt per l'acqua di processo che può essere ottenuta spesso senza l'inserimento di un trattamento speciale in-linea, sebbene il grado di chiusura dipenda molto dal prodotto.

Effetti trasversali: In cartiere con un consumo basso di acqua gli agenti inquinanti sono più concentrati negli scarichi, il che contribuisce spesso a più alte efficienze di rimozione.

Dati operativi: Le misure descritte sono applicate in molte cartiere in Europa. Acqua bianca ultra-chiarificata è sempre più usata nelle fasi di lavaggio presso la macchina continua.

Dati economici: Non ci sono dati disponibili sui costi per la chiusura del ciclo dell'acqua perché ogni singola cartiera è un caso a parte.

Punti di forza: Molte misure possibili per ridurre il consumo dell'acqua primaria sono disponibili laddove la disponibilità dell'acqua primaria risulta limitata.

Esempi di impianti: Numerosi impianti in Europa.

4.1.6 Controllo degli svantaggi potenziali nella chiusura completa dei circuiti d'acqua

Descrizione della tecnologia: L'aumento del riciclo di acqua di processo causa un aumento nella concentrazione dei costituenti organici ed inorganici colloidali e disciolti. A seconda delle caratteristiche della pasta e dei prodotti chimici usati, i sistemi chiusi possono avere un effetto negativo sul funzionamento della macchina continua, sulla qualità del prodotto finale e perfino sui costi di produzione dovuto all'incremento dei prodotti chimici usati.

La pasta e l'acqua che la trasporta contengono residui organici colloidali disciolti (scarti anionici). A più alte concentrazioni queste sostanze organiche complicano la fase di lavoro sulla tela formatrice, aumentano il rischio di otturazione dei feltri e riducono la successiva lavorazione alla macchina continua. Nell'utilizzo della pasta meccanica i problemi sono più pronunciati perché la maggior parte dei residui del legno sono ancora presenti nella pasta e solo parzialmente sono disciolti nell'acqua di processo.

L'aumento di temperatura alla macchina continua deve inoltre essere controllato in modo da non oltrepassare i limiti della temperatura di funzionamento e cioè 45-55 °C nella zona umida della macchina. D'altra parte, nella sezione della tela formatrice una sospensione calda della pasta è conveniente perché la viscosità dell'acqua risulta diminuita con conseguente miglioramento del processo di disidratazione.

I requisiti necessari per tenere sotto controllo gli effetti negativi dei circuiti chiusi dell'acqua sono di sotto elencati:

- le acque di raffreddamento o di tenuta e l'acqua bianca pulita sono alimentate alla sezione di lavaggio della macchina continua previo trattamento con filtri per prevenire pericoli di otturazione e di usura dei componenti.
- l'acqua di tenuta riciclata è raffreddata sufficientemente mediante scambiatori termici.
- la composizione (per esempio presenza di sostanze colloidali), la durezza, il pH e la temperatura delle acque riciclate devono essere compatibili con l'apparecchiatura ove tale acqua viene utilizzata.
- le paste dovrebbero essere lavate in modo efficiente prima dell'alimentazione alla cartiera (per cartiere non integrate) per ridurre il contenuto delle sostanze colloidali disciolte.
- la scelta dei prodotti chimici deve essere rivista perché alcuni prodotti chimici si comportano molto diversamente in circuiti chiusi rispetto a quelli aperti.

Applicabilità: Tecnologia integrata nel processo di produzione.

Elevate concentrazioni di materia colloidale disciolta sono presenti nel prodotto finale in circuiti chiusi (non sempre accettabile).

Prestazioni ambientali: Le misure sono da considerarsi come una parte integrante di quelle descritte nel capitolo 1. Vi è una forte riduzione del consumo di acqua.

Effetti trasversali: Necessità di un maggior controllo del processo. In alcuni casi bisogna aumentare l'uso di prodotti chimici sia per il prodotto finale sia come ausiliari di processo.

Dati operativi: Risulta non trascurabile il rischio di corrosione causato da composti del calcio così come non sono trascurabili i problemi di messa a punto della macchina; questi devono essere risolti con un insieme di misure caratterizzate dal controllo del pH, dall'aumento degli ausiliari di processo e dall'eliminazione appropriata del calcio. Se la macchina può lavorare a una temperatura maggiore di

50°C lo sviluppo dei microorganismi risulta minore. Ma attività anaerobiche possono esserci ugualmente (batteri termofili) con conseguente produzione di cattivi odori.

Il successo nell'applicazione di questa tecnologia dipende anche dalla corretta gestione della zona umida della macchina continua.

Dati economici: I costi delle misure dipendono dal numero e dalla natura delle modifiche necessarie e del tipo di installazione supplementare.

Punti di forza: Il riciclaggio spinto può avere effetti negativi sul funzionamento della macchina continua e sulla qualità del prodotto finale.

Esempi di impianti: Numerose cartiere in Europa

4.1.7 Trattamento dell'acqua bianca mediante tecnologie a membrana

Sebbene la tecnologia risulti simile a quella utilizzata per le cartiere che lavorano carta da macero, l'applicazione qui descritta risulta molto diversa.

Descrizione della tecnologia: Filtri convenzionali non intercettano piccoli batteri e materiale colloidale. Tuttavia, questo è vero solo per solidi e colloidali non flocculati.

Tali materiali possono essere trasformati in flocculi da 100-1000 µm tramite flocculazione ed essere facilmente separati mediante filtrazione; dall'altra parte è da sottolineare che l'aggiunta di agenti flocculanti può avere lo svantaggio di introdurre sali indesiderabili nel circuito dell'acqua.

Le *tecnologie a membrana*, a seconda delle dimensioni della stessa membrana e della pressione di filtrazione, possono rimuovere teoricamente quasi il 100 % del materiale organico senza introdurre residui indesiderabili nei circuiti dell'acqua. A seconda delle diverse dimensioni dei pori è possibile distinguere differenti processi a membrana:

- Microfiltrazione, che funziona a pressioni inferiori a 1 bar; potrebbe essere usata laddove risulta accettabile la presenza di 1-5 mg/l di solidi molto fini dopo il trattamento.
- Ultrafiltrazione, che funziona a pressioni di 1-2 bar, è considerata una soluzione possibile per la rimozione del 100% di solidi residui e colloidali e di prodotti organici ad alto peso molecolare.
- Nano-filtrazione o osmosi inversa che funziona a pressioni di 15-25 bar (esiste un'applicazione industriale nel Nuovo Messico; USA).

Qualunque tipo di filtrazione a membrana non può gestire picchi improvvisi nelle portate dei reflui (in tal caso bisogna avere un filtro di riserva in parallelo). I punti chiave da considerare per la scelta di una tecnologia a membrana sono:

- Portata, composizione e concentrazione (valutando eventuali condizioni di picco).
- Quantità e qualità dell'acqua e i loro effetti sulla variabilità della pasta e del prodotto finale.
- Metodi ad alta pressione di filtrazione producono acqua più pulita ma consumano più elettricità e devono essere dotati di pre-trattamenti per proteggere contro pericoli di otturazione.
- E' necessario un alto livello di manutenzione;
- Smaltimento finale del fango che nella maggior parte dei casi è un rifiuto non ri-utilizzabile.

Il rifiuto liquido può avere una concentrazione tale da causare effetti tossici a un impianto esterno di trattamento o può richiedere un'ulteriore concentrazione o disidratazione per essere eliminato mediante incenerimento. Alcuni sali inorganici nella soluzione possono risultare corrosivi.

Applicabilità: Tecnologia integrata nel processo di produzione. La tecnologia a membrana è stata applicata in alcune cartiere nel mondo per rimuovere solidi in sospensione, batteri, colloidali, rifiuti anionici e residui organici ad alto peso molecolare.

Per acque di processo ad alta concentrazione, l'applicazione del trattamento biologico in-linea seguito da una filtrazione a sabbia risulta un'opzione perseguibile. Ci sono anche sistemi combinati, in fase di sviluppo, i cosiddetti bioreattori a membrana. In alcune applicazioni speciali l'ultrafiltrazione è già una tecnologia testata.

Prestazioni ambientali: Oltre alla parziale rimozione dei residui organici, la Nanofiltrazione o Osmosi inversa può anche ridurre il materiale inorganico ma aumenta notevolmente anche il fabbisogno energetico e le dimensioni dell'impianto. L'ultrafiltrazione a membrana rimuove fino al 100 % dei solidi totali sospesi, 99% di batteri, 100% di torbidità (tutto il materiale colloidale è rimosso), 45 -70% dei residui anionici. Il COD disciolto è diminuito di circa il 10 - 20%.

L'ultrafiltrazione di acque bianche dà una qualità migliore di acqua riciclata da utilizzare alla macchina continua, per la diluizione di prodotti chimici e per altri scopi di pulizia.

Effetti trasversali: L'ultrafiltrazione consuma, per il trattamento di acque bianche, un'energia di circa 2,6 kWh per m³ di acqua trattata. Non ci sono dati disponibili per paragonare le prestazioni ambientali con i comuni sistemi a fanghi attivi rispetto a quelli che usano in modo integrato l'ultrafiltrazione e il trattamento biologico.

Dati operativi: I processi a membrana sono stati applicati soltanto in pochi siti in Europa. Le applicazioni industriali finora sono in:

- Cartiera Metsä -Serla Kirkiniemi, Finlandia, (trattamento delle acque bianche per il lavaggio nella macchina continua)
- Stora Uetersen, Germania, (trattamento delle acque bianche)
- Rottneros board, Svezia, (separazione dei solidi sospesi)

Dati economici: Per l'applicazione alle acque bianche i costi di investimento sarebbero di circa 0,3 Euro/m³. I costi di manutenzione (cambiamento della membrana ed ore lavorative) sono dell'ordine di 0,05 Euro/m³, costi energetici circa 0,07 Euro/m³, prodotti chimici di lavaggio 0,02 Euro/m³. Le spese di funzionamento totali sono di circa 0,14 Euro/m³.

Punti di forza: Questa tecnica può essere applicata in primo luogo in cartiere che devono rispettare requisiti rigorosi per gli scarichi.

Esempi di impianti: vd. Sopra.

4.1.8 Opzioni di trattamento dei rifiuti

Nelle cartiere, i residui di lavorazione più consistenti sono gli scarti dalla preparazione dell'impasto, e il fango prodotto nelle varie fasi di trattamento delle acque.

Le cartiere che non utilizzano carta da macero hanno una produzione di rifiuti sensibilmente più bassa, circa 50 kg/t di carta prodotta, rispetto a quelle che usa la fibra riciclata (p.es. tissue) dove si può arrivare fino a 1000 kg/t di carta prodotta. La composizione e la quantità dei rifiuti dipende dal tipo di carta prodotta, dalle materie prime usate e dalle tecnologie di produzione.

Una corretta gestione dei rifiuti deve prevedere una politica di prevenzione nella produzione dei rifiuti, di riutilizzo direttamente nel processo di alcuni residui, di riciclaggio di altri residui, di invio al compostaggio di alcune frazioni, di recupero energetico dei residui termovalorizzabili e di smaltimento finale in discarica.

Sebbene la tendenza delle cartiere sia stata negli anni quella di inviare i rifiuti in discarica, l'attuale legislazione sulla disciplina delle discariche ("Direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche" approvata in Italia con il D.Lgs 36/2003³²), che scoraggia lo smaltimento di residui organici degradabili, costringerà le cartiere a individuare altre forme di smaltimento.

La legislazione vigente incoraggia in via prioritaria la fase di riutilizzo dei residui per poi passare al riciclaggio per le frazioni non riutilizzabili nel ciclo di lavoro; la valorizzazione energetica dei residui è da preferire laddove le altre opzioni non risultassero tecnicamente e economicamente perseguibili. La legislazione europea raccomanda ai Paesi comunitari di adottare legislazioni che favoriscano il recupero della materia rispetto al recupero energetico.

Riciclaggio dei rifiuti

Il compostaggio dei fanghi o lo spandimento in agricoltura può essere un'opzione perseguibile fermo restando l'adeguato controllo delle sostanze potenzialmente inquinanti o moleste (metalli pesanti, microinquinanti organici, odori); un aspetto che può scoraggiare lo spandimento dei fanghi deriva da una questione di immagine delle aziende alimentari.

Per lo spandimento, è da rilevare comunque che il fango delle cartiere non contiene solitamente più sostanze inquinanti di quello proveniente dagli impianti di trattamento degli scarichi civili. Inoltre, in limitate applicazioni l'uso dei fanghi delle cartiere sui terreni agricoli può avere alcuni effetti positivi sul terreno (CaCO₃ come agente neutralizzante di suoli acidi; ritenzione dell'umidità da parte delle fibre; basso contenuto di azoto). Per questo scopo, considerando che lo spandimento in agricoltura è effettuabile solo in pochi mesi all'anno, risulta necessario costruire aree di stoccaggio temporaneo dei fanghi.

Considerazioni simili possono essere fatte per il compostaggio dei fanghi insieme a rifiuti organici di altra provenienza (p.es. raccolta differenziata dei rifiuti organici di origine domestica).

Un'altra opzione di riciclaggio consiste nell'utilizzo dei fanghi e di alcuni residui solidi nel settore dei laterizi e nei cementifici. Per queste opzioni si rimanda alle considerazioni fatte nel capitolo 1 nei paragrafi che riguardano le BAT.

Recupero Energetico

I residui ed i fanghi contengono sostanze organiche che possono essere bruciate in termovalorizzatori dedicati con recupero di energia oppure in impianti di co-combustione.

³² Il D.Lgs 36/2003 è stato reso completamente operativo con il DM del Ministero dell'Ambiente del 13 marzo 2003, che ha individuato i criteri di ammissibilità dei rifiuti nelle discariche per rifiuti inerti, non pericolosi e pericolosi.

Nei termovalorizzatori dedicati vengono bruciati esclusivamente rifiuti provenienti dalle cartiere (con temperature della camera di combustione dettate dalla vigente legislazione sugli inceneritori).

La co-combustione dei residui delle cartiere può essere praticata in cementifici, in centrali elettriche a carbone, in termovalorizzatori per rifiuti urbani e assimilati e nell'industria siderurgica. In questi impianti, i residui delle cartiere sono mescolati con altri combustibili normalmente utilizzati (carbone, olio combustibile) ma, spesso, devono essere disidratati e a volte addirittura essiccati (se usati nell'industria siderurgica o nei cementifici).

Gli effetti della co-combustione dei residui solidi e dei fanghi delle cartiere sulle emissioni in aria dipendono dalla composizione del materiale bruciato. L'uso nelle centrali elettriche a carbone non comporta alcun peggioramento sulle emissioni e al contrario possono produrre una riduzione degli inquinanti; le emissioni di SO₂, di HCl e di HF sono ridotte mediante il co-incenerimento di fango con alto contenuto alcalino (fango di disinchiostrazione, fango dal trattamento del circuito primario delle acque contenente pigmenti di rivestimento e agenti di riempimento) e, inoltre, il contenuto di metalli pesanti nei fanghi risulta minore a quello presente nel carbone e nella lignite. Problemi possono sorgere per i residui solidi delle cartiere che lavorano carta da macero (maggior contenuto di cloro).

4.2 Tecnologie emergenti

In questo paragrafo vengono brevemente descritte cinque tecnologie che non sono ancora state applicate a scala industriale. Sono descritte, inoltre, altre tecnologie che hanno raggiunto una fase più avanzata di sviluppo ma ancora non sono considerate come BAT.

4.2.1 Disinchiostrazione con getti d'acqua ad alta pressione

Descrizione: La materia prima delle cartiere italiane è costituita per oltre il 50% dal "macero", cioè da carta di recupero; una quota sempre più alta di carta da recupero è costituita da carta stampata. La rimozione degli inchiostri e dei residui da stampa è quindi fondamentale per ottenere carta di buona qualità.

Come alternativa alla tecnologia classica di spappolamento meccanico e flottazione, sta suscitando interesse una nuova tecnologia basata su un getto d'acqua ad alta pressione uscente da un ugello di piccolo diametro. Si tratta sostanzialmente di produrre un getto d'acqua sottile ma con un'alta capacità erosiva; in questo modo il macero viene ridotto in pasta mentre le particelle di inchiostro e le altre impurità vengono staccate e successivamente eliminate (mediante trascinamento con bolle d'aria o con altri sistemi).

Stato della ricerca e sviluppo: Non disponibile.

Considerazioni economiche: Non disponibile.

Implicazioni ambientali: L'accoppiamento delle fasi di macerazione e di disinchiostrazione consente risparmi di energia e riduzione nell'impiego di tensioattivi e altre sostanze chimiche che altrimenti sarebbero destinati a essere scaricati nei reflui.

4.2.2 Trattamento avanzato degli scarichi con un processo combinato di ozonizzazione e reattore a biofilm a letto fisso

Descrizione: La ricerca attuale nell'industria della carta sta provando a ridurre ulteriormente i rilasci di sostanze organiche e il calore perso nei processi combinando tecnologie integrate nel processo con misure esterne.

Il trattamento efficace degli scarichi avviene normalmente a valle della fase biologica. È stato sviluppato negli ultimi anni un processo di trattamento per migliorare la qualità degli scarichi in vista delle restrizioni legislative e della possibilità di riutilizzare l'acqua trattata nel processo di produzione. Questo trattamento, a valle del trattamento biologico, consiste nella combinazione di ozono con reattori a bio-film a letto fisso e comporta una forte eliminazione di COD, di colore e di alogeni organici con un minimo utilizzo di ozono.

L'acqua così trattata ha un contenuto basso di materiale indesiderato e tale da renderne interessante la riutilizzazione nel processo produttivo. In questo modo, infatti, l'acqua trattata può essere alternativamente scaricata o riutilizzata nella produzione. Analisi chimiche indicano che oltre all'eliminazione del materiale organico (misurato come COD) altre sostanze sono ridotte

drasticamente o eliminate quali colore, alogeni organici, agenti chelanti altamente degradabili, batteri e spore.

Stato della ricerca e sviluppo: La tecnologia viene testata da anni in laboratorio e su impianti-pilota di piccole dimensioni. Queste prove di laboratorio [Öller, 1997] e le indagini su scala più grande [Möbius, 1996] hanno indicato che il trattamento con ozono può ridurre significativamente il COD e i colori a seconda della quantità di ozono applicata. Il processo può essere considerato in una fase avanzata di sviluppo.

Implicazioni ambientali: L'efficienza del trattamento con ozono dipende fortemente dalla qualità dell'acqua da trattare e dal lay-out del sistema di trattamento. La caratteristica principale di questo processo è il trasferimento di persistenti residui organici (COD residuo, alogeni e colore) nelle frazioni biodegradabili. Ciò provoca un aumento significativo del rapporto BOD₅/COD. I risultati delle prove pilota con gli effluenti dopo il trattamento biologico indicano che un'efficienza di rimozione di COD fino al 90 % (riferita alla concentrazione di COD dopo il chiarificatore secondario) può essere realizzata con un consumo specifico di ozono del 0.7-1.0 kg O₃/kg COD_{eliminato} dopo i biofiltri.

Considerazioni economiche: Stime hanno evidenziato che, rispetto alle correnti tecniche quale flocculazione/precipitazione, il trattamento con ozono fornisce un'alternativa economicamente valida in determinate condizioni. I costi specifici per un processo a singolo stadio con la biofiltrazione a valle dell'ozonizzazione sono di 0.5 Euro/m³ effluente trattato. Il valore copre il volume globale dell'investimento e i costi di gestione (produzione dell'ozono, pompe, ecc.) e include l'ossigeno fornito come ossigeno liquido.

4.2.3 Bioreattore a membrane per trattamenti finali o parzialmente in-linea

Descrizione: I bioreattori a membrana sono processi combinati di separazione-ossidazione. Gli obiettivi principali della tecnologia sono:

1. Ossidazione biologica rinforzata (decomposizione di materiale organico). L'ossidazione risulta incrementata perché le condizioni in un bioreattore a membrana sono tali da favorire l'adattamento della biomassa (lungo tempo di permanenza del fango e totale ritenzione della biomassa: nessun chiarificatore che agisce da selettore di biomassa).
2. Separazione dei solidi e liquidi mediante un processo a membrana

Le membrane sono immerse direttamente nella biomassa dell'impianto a fanghi attivi e funzionano a pressioni molto basse (circa 0.2 bar). Il consumo di energia del processo è di soltanto 0.2 kWh/m³ per la filtrazione (compreso il pompaggio e l'aerazione della membrana per la formazione di turbolenze) confrontato ai circa 4-8 kWh/m³ per bioreattori a ciclo esterno.

Stato della ricerca e sviluppo: La prima applicazione su scala industriale è entrata in funzione nel 1999 in una cartiera francese che produce cartone (Papeterie du Rhin). Per questa cartiera il fango viene re-immesso nel pulper. La portata di progetto è relativamente piccola (900 m³/giorno).

Implicazioni ambientali: Per cartiere non in grado di rispettare i limiti imposti di scarico, un bioreattore aumenta le possibilità di raggiungere tali limiti. Ma il processo potrebbe anche essere usato come pre-trattamento per i processi a valle di separazione/concentrazione quali nano-filtrazione (NF) o evaporazione. Questa applicazione potrebbe essere interessante per le cartiere che progettano di usare i bio-reattori nei loro programmi di chiusura totale dei circuiti dell'acqua, offrendo, infatti, la possibilità di usare configurazioni NF meno costose e conseguire condizioni di gestione più stabili. I

bio-reattori a membrana possono produrre meno fango (fino alla metà) rispetto a un trattamento biologico convenzionale.

Considerazioni economiche: Nessun dato disponibile.

4.2.4 Recupero del CO₂ e delle ceneri di caldaia per produrre cariche minerali riciclate per la produzione della carta³³

Descrizione: Un nuovo processo chimico utilizza sia la cenere della combustione dei residui di disinchiostrazione sia anidride carbonica prodotta durante la combustione per produrre un tipo di carica minerale riciclata a base di carbonato di calcio precipitato (RMF PCC) per la produzione della carta. Il nuovo processo deriva dalla metodologia usata per produrre carbonato di calcio precipitato puro (PCC), un minerale comunemente usato nella fabbricazione della carta. Il carbonato di calcio precipitato è chimicamente identico al carbonato di calcio naturale ma generalmente è più puro. Il vantaggio principale nella fabbricazione, tuttavia, è che il processo chimico di formazione permette alle diverse particelle di PCC di assumere una varietà di forme e dimensioni. Questi vantaggi inoltre si trasmettono alla carta quando il RMF PCC è utilizzato come carica.

La cenere proveniente dalla combustione dei residui della cartiera o del fango di disinchiostrazione contiene principalmente residui ricchi in calcio, silicio ed alluminio. Questi derivano dai minerali contenuti nel rifiuto recuperato. È stato inoltre scoperto che gli alluminosilicati di calcio presenti nelle ceneri sono adatti alla nucleazione e allo sviluppo del PCC. Inoltre è stato scoperto che queste ceneri possono sostituire fino a metà della calce (CaO) usata per produrre l'impasto a base di idrossido di calcio. Le singole particelle di RMF PCC sono composti di PCC e di cenere. La reazione è controllata, in modo che il PCC con una particolare morfologia precipita e copre la superficie del "nucleo" delle particelle di ceneri. Il processo è stato brevettato (U.S 5.759.258) ed è fornito da Speciality Minerals Inc (SMI), uno dei fornitori principali di carbonato di calcio precipitato (PCC) all'industria cartaria europea.

Stato della ricerca e sviluppo: Una cartiera tedesca (Haindl Schongau) sta effettuando una prova pilota per adattare l'attuale impianto per la produzione di PCC puro in uno per la produzione di PCC riciclato.

Implicazioni ambientali: Il processo riduce significativamente la quantità di rifiuti solidi da inviare in discarica provenienti da impianti di disinchiostrazione. L'utilizzazione della cenere come materia prima nella produzione del carbonato di calcio precipitato (PCC) riduce fino al 50% il consumo di combustibili fossili per la produzione di CaO a partire dal calcare (CaCO₃) e così riduce le emissioni di CO₂. Sebbene le cartiere che generano grandi quantità di residui da disinchiostrazione riducano la quantità di rifiuti solidi provenienti dal processo di disinchiostrazione mediante incenerimento, viene ancora emessa CO₂ e la cenere deve ancora essere smaltita. Un processo per produrre RMF PCC può parzialmente o completamente utilizzare la cenere e il CO₂ prodotti in queste cartiere.

Considerazioni economiche: Il grado di bianco di PCC riciclato, basato su una miscela di circa un terzo di cenere e due terzi di PCC puro, è del 90% e quindi inferiore a quella di PCC puro (96%). Potrebbe anche aumentare le proprietà abrasive. D'altra parte il RMF PCC ha proprietà migliori di opacità del PCC puro. L'economia del PCC riciclato dipende molto dalla qualità della carta da macero

³³ Una sperimentazione simile è stata effettuata dalla Cartiera Favini (Rossano Veneto: VI) per la produzione di carbonato di calcio mediante il riutilizzo dei gas acidi di combustione.

da cui deriva il residuo di disinchiostrazione. Più elevato risulta essere il contenuto di calcio nella carta da macero e migliori risultati conseguono da questo processo. Un prerequisito per l'applicazione della tecnologia è la presenza di una caldaia per la combustione dei residui di disinchiostrazione.

4.2.5 Processo batch in continuo per il recupero delle fibre

Descrizione: Questa tecnologia (nota anche come "Tunnelwasher") ha il potenziale di migliorare la competitività di piccole cartiere e delle macchine continue perché può lavorare economicamente materiali di carta da macero in quantità basse fino a 3 t/die. Lo scopo primario è di creare impianti di riciclaggio di piccole dimensioni nelle vicinanze delle piattaforme di conferimento della carta. L'apparecchiatura non è intesa essere adeguata per grandi cartiere. La tecnologia combina un pulper, un gorgogliatore e un filtro grossolano in un'unica macchina. È basata su concetti sviluppati nel settore delle lavanderie industriali.

Il sistema consiste di celle all'interno di unità che possono essere ampliate e aggiunte a secondo del prodotto finale. Idealmente due unità da quattro celle verrebbero unite insieme per fornire una potenzialità di lavorazione di 7-8 t/die di carta da macero. La carta da macero è caricata nella prima cella. Le celle sono divise all'interno di un tamburo rotativo con una sequenza definita. Il primo carico è trasportato alla cella successiva mentre la prima cella riceve un nuovo carico. Il processo continua fino a che le fibre in specifica, sotto forma di soluzione, sono scaricate in fondo alle celle finali.

Stato della ricerca e sviluppo: Esiste un'installazione in una cartiera degli USA, la cartiera di IPMC a Detroit, Michigan. La cartiera produce 175 tonnellate al giorno di qualità speciali di carta e ha installato una linea di lavorazione di carta da macero da 25 t/die. Un secondo sistema per la produzione di 20-25 t/die di fibre riciclate da contenitori di bevanda è stato installato in Messico. Altre installazioni sono in progetto nell'immediato futuro.

Implicazioni ambientali: Il beneficio del sistema è che combina diversi componenti tradizionali che sono usati comunemente nella lavorazione della carta da macero. Quindi, elimina il bisogno di diverse apparecchiature di processo (per esempio il gorgogliamento, la flottazione, la dispersione, l'impastatrice) con conseguente risparmio in energia e investimenti. Come nei sistemi convenzionali il flusso dell'acqua di processo risulta essere in controcorrente nel sistema. Il beneficio è che riduce il volume necessario di acqua di processo. Gli scarichi possono essere trattati con la flottazione ad aria disciolta che fornisce acqua pulita adeguata per essere riutilizzata. E' verosimile un consumo di acqua di processo di circa 4.5 m³/t.

Il sistema processa inoltre materiali più difficili (quali contenitori del latte, contenitori di bevanda, materiale con paraffina, ecc) che contengono fibre di alta qualità ma che non vengono normalmente selezionati perché sono presenti in piccoli volumi e non sono economicamente convenienti da riciclare. Con questo sistema la cartiera può mirare a materiale raccolto in aree circoscritte intorno alla cartiera. Il sistema può anche essere applicato alla lavorazione degli scarti provenienti dalle cartiere convenzionali. Il recupero delle fibre conduce a un maggiore rendimento nel riciclaggio della carta da macero con conseguente riduzione degli scarti inviati in discarica.

Considerazioni economiche: Nessun dato è disponibile. Il fornitore dichiara che il sistema può lavorare economicamente materiali di carta da macero in quantità di circa 3 t/d a causa dei bassi costi di investimento richiesti.

4.3 Progetti LIFE

Di seguito si forniscono alcune informazioni sui progetti LIFE più recenti dei Paesi della Comunità Europea.

Alcuni progetti risultano conclusi e altri in fase di svolgimento.

Per quelli già conclusi, si forniscono (laddove disponibili) i risultati delle sperimentazione.

4.3.1 Trattamento dei residui della disinchiostrazione con un processo di combustione a letto fluido

Obiettivi

Lo scopo del progetto consisteva nella dimostrazione di una nuova metodologia di trattamento dei residui della disinchiostrazione mediante l'incenerimento in un letto fluido a gorgogliamento in un impianto avente la capacità di trattare fino a 200.000 t/anno di residui.

Con questa tecnologia risulta possibile convertire il residuo di disinchiostrazione in un prodotto, Top-Crete, usato come sostituto del cemento. Gli impianti esistenti di combustione dei residui possono al più produrre prodotti di riempimento di basso valore commerciale.

Il processo CDEM, inoltre, produrrebbe minori emissioni e un miglior rendimento energetico rispetto ai processi convenzionali.

I processi attesi erano:

- Evitare lo smaltimento in discarica di di 165.000 tonnellate/anno di residui di disinchiostrazione;
- Minor uso di materie prime vergini (41.250 t/anno);
- Risparmio energetico per circa 3.6 GJ/anno;
- Riduzione delle emissioni di CO₂ per circa 23.000 t/anno.

Risultati

I risultati principali ottenuti sono:

- sviluppo di un impianto di trattamento di residui di disinchiostrazione per 200.000 tonnellate all'anno;
- sviluppo di un impianto di produzione per 50.000 tonnellate all'anno di Top-Crete, quest'ultimo collocabile sul mercato dei minerali;
- un alto grado di recupero di energia, mediante la produzione di energia elettrica (in parte venduta) e di calore (usato per il teleriscaldamento);
- un minor costo di trattamento rispetto agli impianti esistenti sul mercato;
- interesse significativo del mercato per il prodotto ottenuto.

In Olanda è stata installata una linea con la tecnologia CDEM (in un inceneritore con 3 linee già dedicate ai rifiuti urbani).

Il prodotto Top-Crete ha proprietà pozzolaniche e idrauliche.

Le proprietà idrauliche sono caratterizzate dall'indurimento del prodotto a contatto con l'acqua (simile al comune cemento).

Le proprietà pozzolaniche si caratterizzano dalla reazione del prodotto con idrossidi e con acqua formando (come il cemento) un materiale indurito.

Eventuali sostanze nocive, quali i metalli pesanti, presenti nei rifiuti trattati sono assorbiti nel processo CDEM.

Analisi sulle emissioni mostrano il rispetto dei livelli presenti nella legislazione europea sulla disciplina degli inceneritori per rifiuti.

Questo processo è stato protetto da brevetto dalla CDEM.

Alcuni governi nazionali e associazioni industriali hanno mostrato interesse per il processo; l'interesse è dimostrato dal fatto che alcune cartiere hanno inviato campioni dei propri fanghi di disinquinazione per valutarne la compatibilità con il processo CDEM: i risultati hanno dato esiti positivi per vari fanghi testati.

Il mondo scientifico e quello industriale hanno riconosciuto l'alto contenuto di innovazione del processo: articoli sul processo sono stati pubblicati da decine di riviste scientifiche e industriali.

Budget:	9,067,571.74 €
Contributo Life:	1,363,066.35 €
Durata:	Dal 01-Lug-1997 al 31-Dic -2001
Codice progetto:	LIFE97 ENV/NL/000117

4.4 Altri Progetti

In questo paragrafo vengono presentati altri progetti finanziati finalizzati alla riduzione dell'impatto ambientale dell'industria cartaria.

4.4.1 Progetto SCA PACKAGING ITALIA SpA

Premessa

In relazione alla DGRT n° 588 del 10/6/2002 la SCA Packaging Italia SpA ha presentato un progetto finalizzato a ottenere un finanziamento in relazione a "bando di idee per la riduzione della produzione di rifiuti rivolto alle attività produttive e/o commerciali" (scheda n°23 del Programma di tutela ambientale 2002-2003 approvato dalla DCRT 24/2002).

Tale finanziamento è stato approvato con DGRT n°7481 del 6/12/2002.

La SCA produce nello stabilimento di Porcari circa 350.000 tonnellate di carta per ondulatori partendo da carta da macero.

Nello stabilimento di Lucca la produzione annua di scarto da pulper³⁴ è di circa 35.000 t/anno; l'umidità media dello scarto è di circa il 50% (valore ottenuto dopo pressatura con pressa a vite).

Nelle norme tecniche inserite nel DM 5/2/98 e s.m.i., per tale rifiuto è previsto l'utilizzazione come combustibile³⁵.

Nell'analisi merceologica del pulper si possono varie tipologie di scarti solidi (plastiche, gomme, stracci, piccoli pezzi di pietra, ferro vetro, sabbie, polistirolo, materiali colloidali, adesivi) e fibra cellulosa non completamente separata dai macchinari della preparazione della pasta.

Questa fibra rappresenta una perdita di efficienza del processo produttivo per i seguenti due motivi principali:

- perché induce un notevole appesantimento dello scarto di pulper in quanto, per sua natura, è igroscopica e di conseguenza trattiene una grossa quantità di acqua;
- perché rappresenta uno spreco di materia prima necessaria al ciclo produttivo.

Obiettivi

Il progetto è finalizzato a ottenere una riduzione della presenza di fibra nello scarto e di conseguenza arrivare a una significativa riduzione della quantità di pulper prodotta.

La strategia adottata, che sarà perseguita intervenendo sulle varie fasi del processo produttivo così come di seguito delineato, si stima che possa portare a una riduzione della produzione di pulper pari al 15% della produzione totale e cioè 5.250 t/anno.

Materia prima in ingresso

La qualità della materia prima in ingresso raramente risulta costante e il controllo qualità in ingresso non è così accurato da cogliere sempre tali variazioni; pertanto, al momento dell'utilizzo in linea

³⁴ Codice CER 0300307

³⁵ Allegato, sub-allegato 1 del DM 5/2/98

risulta possibile una contaminazione dell'impasto: ciò costringe l'operatore a scaricare le linee e di conseguenza ad arricchire di fibra lo scarto del pulper.

Come soluzione è stato proposto di potenziare il controllo in ingresso della materia prima, di effettuare uno stoccaggio più selettivo della varie tipologie di materia prima e di sottoporre e le stesse a pretrattamenti.

Il progetto propone di raggiungere gli obiettivi per questa fase mediante una formazione del personale e la revisione delle procedure di accettazione.

Manutenzione delle macchine

Le macchine dedicate alla separazione delle materie prime possono funzionare in modo non ottimale a causa di una carenza di efficienza.

Il progetto propone, mediante una revisione delle procedure di manutenzione, un piano di manutenzione più specifico per le suddette macchine il cui malfunzionamento può contribuire alla presenza di una maggiore quantità di fibra nel pulper (fibersorter, rejectsorter, giranti spappolatori, ecc.).

Analisi dei flussi

La pulizia dell'impasto è ottenuta mediante vari stadi in serie nei quali entra un flusso di impasto, ne esce uno pulito, il cosiddetto "accettato", e uno contaminato che viene chiamato "scarto"; quest'ultimo, ancora ricco di fibra, viene processato nel secondo stadio. Lo scarto finale viene eliminato.

Mediante un potenziamento dell'analisi dei flussi, un "feedback" delle informazioni e un potenziamento degli impianti, con tecnologie esistenti sul mercato, risulta possibile un maggior recupero delle fibre. Quest'azione richiede, pertanto, una formazione specifica del personale insieme a un potenziamento delle fasi di controllo (anche mediante analisi).

Contenuto di acqua nel pulper

L'alto contenuto di acqua, caratteristico del pulper, contribuisce a aumentare il peso dello scarto: ciò porta a un maggior peso di rifiuti da smaltire e un maggior spreco di acqua.

Il progetto propone di ridurre l'umidità mediante una pressatura più spinta (aggiunta di altre unità) e di valutare il possibile utilizzo di una tecnologia alternativa (essiccazione) caratterizzata dall'uso di vapore (trattamento già adoperato per altre tipologie di rifiuti come per esempio fanghi). Preliminarmente a tale fase di pressatura si ipotizza la possibilità di recuperare la plastica ancora presente nel pulper e di verificare la commercializzazione della stessa.

4.4.2 PRAI- PROGRAMMA REGIONALE DI AZIONI INNOVATIVE

Di seguito sono indicati i progetti finanziati dalla Regione Toscana con decreto n° 4230 del 09/08/2002 in base al Programma Regionale di Azioni Innovative (PRAI).

4.4.3 Sostegno alle strategie di INnovazione del Distretto Cartario

Informazioni generali

- *Acronimo:* INDICA
- *Titolo Progetto:* Sostegno alle strategie di INnovazione del Distretto CARTario
- *Proponente:* Lucense S.c.p.a., Lucca

- *Abstract:* INDICA è articolato su 3 linee di intervento - Consumi idrici, Manutenzione, Sicurezza - e affronta i temi della R&S, dell'Innovazione Tecnologica e Gestionale, della Formazione delle risorse umane
- *Azione:* 1
- *Data Inizio/Fine:* 14.10.02 - 31.12.03
- *Spese ammissibili:* 399.664 Euro
- *Quota finanziamenti totali:* 275.718 Euro
- *Parole chiave:* Ambiente, direttiva europea IPPC e riduzione dei consumi idrici, Moderne metodologie di gestione della Manutenzione industriale e CMMS, Simulatore motion-based per l'addestramento alla guida di carrelli elevatori e sicurezza nella movimentazione merci
- *Settore:* Cartario
- *Partner:*
 - 6 partner operativi
 - Lucense SCpA - LU, capofila e responsabile della linea 1;
 - Consorzio Qualità - PI;
 - DIMNP - Università di Pisa, responsabile della linea 2;
 - ISE Srl - LU;
 - Laboratorio PERCRO - SSSA, responsabile della linea 3;
 - VRMedia Srl - PI
 - 16 partner imprese - utenti finali
- *Persona di contatto:* Mauro Fenili
- *Lucense SCpA*
via di Piaggia, 2 - 55100 LUCCA
Tel. 0583 493616
Fax 0583 493617
Sito web: <http://www.indica.lucense.it/>

Il Contributo agli obiettivi del programma

Concepito nell'ottica strategica di stimolare in modo ampio, strutturato e durevole i processi di diffusione dell'innovazione tecnologica nell'ambito di un settore caratteristico dell'area della Toscana occidentale quale quello rappresentato dal Distretto Cartario, il Progetto INDICA rispecchia in maniera articolata le finalità del Programma sia dal punto di vista metodologico (struttura e funzionamento della rete di cooperazione; modello di processo di trasferimento) che dal punto di vista progettuale (definizione di servizi per l'innovazione tecnologica di processo e organizzativa corrispondenti ai bisogni delle aziende finali).

Fondato su una rete di cooperazione già potenzialmente strutturata, il Progetto privilegia la partecipazione delle imprese, le quali sono state coinvolte e attori fondamentali fin dalle prime fasi di definizione delle attività. Nelle tre attività proposte, i processi di trasferimento elaborati rispondono infatti alle esigenze e alle problematiche delle aziende. Grazie ad un'attenta analisi dei punti di forza e delle criticità del Distretto Cartario, è stato delineato un modello di innovazione in grado di favorire l'allargamento ed il consolidamento della rete di cooperazione e capace, in prospettiva, di proporsi quale modello territoriale di innovazione trasferibile ad altri settori.

Il Contesto

Concepito nell'ottica strategica di stimolare e supportare in modo diversificato, strutturato e sistemico i processi di diffusione dell'innovazione nell'ambito di un settore caratteristico dell'area della Toscana occidentale quale quello rappresentato dal Distretto Cartario, il Progetto INDICA intende rispondere a

diverse esigenze -ricerca, innovazione tecnologica e gestionale, sicurezza, sviluppo delle risorse umane- ritenute prioritarie e strategiche dal Distretto Cartario stesso.

Gli Obiettivi

INDICA è articolato su 3 aree e linee di intervento:

- Ambiente (consumi idrici): metodo innovativo di analisi del ciclo delle acque nelle cartiere e ricerca sui potenziali di riduzione dei consumi idrici Obiettivi:
 - migliorare la gestione ed il riutilizzo delle acque nelle cartiere;
 - supportare le PMI nell'applicazione della direttiva europea IPPC-Integrated Pollution Prevention and Control;
 - disporre di dati e casistiche significative per una eventuale revisione dei limiti imposti dalla IPPC-BREF
- Manutenzione: trasferimento delle metodologie innovative di gestione della manutenzione e sviluppo di un software CMMS tarato sulle specifiche esigenze del settore cartario. L'obiettivo strategico è quello del recupero di efficacia ed efficienza nella gestione del processo di manutenzione.
- Sicurezza: realizzazione di un simulatore di guida di carrello elevatore di tipo motion-based e suo impiego per l'addestramento del personale

Obiettivi

- sviluppare un sistema ed una metodologia innovativa per l'addestramento del personale addetto alla movimentazione delle merci;
- fornire un contributo innovativo per affrontare il problema della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- stimolare l'introduzione di tecnologie di realtà virtuale in ambito industriale e l'avvicinamento di centri di eccellenza nel campo della robotica, della RV e della progettazione avanzata al sistema delle imprese

Le Attività principali

Le tre linee di azione si articolano sostanzialmente e rispettivamente in:

- analisi dettagliata del ciclo delle acque e degli impianti in alcune aziende pilota;
- individuazione dei potenziali di ottimizzazione del consumo idrico; simulazione statica degli stadi di ottimizzazione;
- formulazione di proposte alle aziende pilota per il raggiungimento di potenziali di ottimizzazione;

- corso di formazione sulle metodologie innovative di gestione della Manutenzione;
- definizione puntuale in co-design e sviluppo di un nuovo software CMMS specifico per il settore cartario;
- installazione, test, tuning e addestramento allo start-up del software CMMS presso le aziende;

- progettazione e sviluppo del sotto-sistema di simulazione audiovisiva;
- progettazione e sviluppo del sotto-sistema di movimentazione motion-based;
- integrazione dei sottosistemi e test del simulatore completo;
- primo addestramento dei carrellisti sul simulatore.

I risultati attesi

Sono previsti livelli di riduzione dei consumi idrici - che complessivamente ammontano a oltre 18 mln di m³/anno e che, per le aziende pilota partecipanti alla presente azione (3) o direttamente interessate (oltre 15), si stima ammontino a circa 5 mln m³/anno - dal 10% al 40%. Le aziende cartarie partecipanti all'azione 2 (alcune delle quali anche per più stabilimenti e/o divisioni produttive) sono 12, di cui 3 anche potenziali aziende pilota per l'implementazione del CMMS. Partecipano inoltre anche 3 aziende produttrici di macchine per il settore cartario, interessate al prodotto CMMS. Le aziende partecipanti all'azione 3 sono 10. Il simulatore risulta inoltre di interesse per molti altri settori produttivi e mercati.

5. BIBLIOGRAFIA

- EcoMondo 2003 Rimini. F. Cecchi, L. Innocenti, D. Bolzonella: *Digestione anaerobica e compostaggio di rifiuti solidi urbani e /o fanghi da impianti di trattamento acque reflue.*
- EcoMondo 2003 Rimini. G. Mininni, A.C. Di Pinto, R. Passino: *Le strategie nella gestione dei fanghi di depurazione alla luce dei decreti legislativi 22/97, 152/99 e 258/2000.*
- EcoMondo 2003 Rimini. G. Mininni: *Aspetti innovativi del trattamento dei fanghi di depurazione finalizzati alla prevenzione.*
- EcoMondo 2003 Rimini. F. Degli Atti, N. Di Franco: *IPPC e prevenzione nella produzione di rifiuti industriali: analisi dei BREFs.*
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC): *Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry.* December 2001
- Ambiente: n° 7 Agosto 2003
- EcoMondo 2003 Rimini. P. Amista, M. Pellicciardi: *Disinquinazione di macero da raccolta differenziata: problematiche nella flottazione e recupero energetico.*
- EcoMondo 2003 Rimini. C. Nicolucci, M. Campagnaro: *Nuove materie prime da esuberanti vegetali per la produzione di carte e cartoncini di qualità.*
- EcoMondo 2003 Rimini. C. Nicolucci, M. Campagnaro: *Nuove materie prime da emissioni inquinanti industriali: Farina di Smog e Smog Paper.*
- EcoMondo 2003 Rimini. P. Di Franco, P.G. Landolfo, A. Mura, E. Farotto, C. Montalbetti: *Opportunità tecnico-economiche nello sviluppo del riciclaggio di materiali a base cellulosa. Primi risultati dello studio Enea-COMIECO.*
- EcoMondo 2003 Rimini. L. Setti, L. Morselli, S. Tomasin, F. Passarini, M. Batoli, S. Giuliani: *Inchiostri per stampa ink-jet a basso impatto ambientale all'interno del ciclo di lavorazione di una cartiera.*

Siti WEB

- <http://www.recycle.net/recycle>
- <http://www.thepapermill.com>
- <http://www.eurekarecycled.com>
- <http://www.rcl.it>
- <http://www.epa.gov>
- <http://www.europa.eu.int/comm/life>
- <http://www.caddet-re.org>
- <http://www.itut.de>
- <http://www.cordis.lu>
- <http://www.enviroaccess.ca>
- <http://www.environet.ea.gov.au>
- <http://www.eco-web.com>
- <http://www.greentie.org>
- <http://www.iges.or.jp>
- <http://www.iswa.org>
- <http://www.unep.or.jp/maestro2>
- <http://www.nett21.gec.jp>
- <http://www.oceta.on.ca>
- <http://www.undp.org>