



CERTIFICATI BIANCHI Allegato 2.4 alla Guida Operativa

Guide Settoriali

IL SETTORE INDUSTRIALE DELLA PRODUZIONE DELLA CARTA

INDICE

1	DESCRIZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO	3
1.1	Preparazione dell'impasto.....	3
1.2	Fabbricazione del foglio.....	4
1.3	Trattamenti superficiali ed allestimento	5
2	DESCRIZIONE DELLE MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI E DEGLI INTERVENTI DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	8
2.1	Interventi sulla sezione di preparazione impasti.....	9
2.2	Interventi sulla sezione di fabbricazione del foglio	10
2.3	Interventi sulla sezione di allestimento del foglio.....	11
2.4	Ulteriori interventi di efficienza energetica	12
3	INDIVIDUAZIONE DEI VALORI DI BASELINE PER IL CALCOLO DEI RISPARMI ENERGETICI ADDIZIONALI 13	
3.1	Nuove installazioni di intere linee produttive o fasi di processo	13
3.2	Efficientamento di linee produttive esistenti.....	14
4	INDIVIDUAZIONE DEGLI ALGORITMI DI CALCOLO DEI RISPARMI	16
5	METODOLOGIA ADOTTATA PER LA PRESENTE GUIDA	18
6	BIBLIOGRAFIA	20

1 DESCRIZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO

Il settore della fabbricazione della carta e dei prodotti della carta, si suddivide in due ambiti principali, quello della produzione di pasta-carta, carta e cartone e quello della fabbricazione di prodotti mediante ulteriori lavorazioni, fasi successive di un unico processo, integrate in alcuni casi anche a livello di singolo stabilimento.



Figura 1: Schematizzazione settore della fabbricazione della carta

In particolare, al primo ambito afferiscono le due fasi della fabbricazione di pasta-carta relativa alla separazione delle fibre di cellulosa dalle altre impurità del legno o dalla carta da macero e quella specifica della fabbricazione di carta e cartone che trasforma le fibre in fogli destinati a lavorazioni successive.

Il secondo ambito comprende la trasformazione e lavorazione della carta e cartone per ottenere, mediante varie tecniche e anche l'apporto di vari materiali, prodotti destinati a differenti utilizzi, come cartone ondulato, prodotti igienico-sanitari, prodotti cartotecnici, etc.

Il processo produttivo può essere genericamente suddiviso in tre fasi principali:

1. preparazione dell'impasto;
2. fabbricazione del foglio;
3. trattamenti superficiali ed allestimento finale.

Di seguito viene riportata una breve descrizione delle singole fasi. Tuttavia, il processo descritto ha carattere generale e potrebbero riscontrarsi discrepanze rispetto ad alcune applicazioni attualmente installate.

1.1 Preparazione dell'impasto

La preparazione dell'impasto si divide a sua volta nei processi di spappolamento meccanico, raffinazione, miscelazione, epurazione ed allestimento.

Spappolamento meccanico

La prima fase del processo cartario prevede la preparazione di una sospensione acquosa di fibre di cellulosa (polpa). La materia prima viene infatti acquistata allo stato secco, sotto forma di fogli pressati in balle. Essa, previa aggiunta di acqua, viene spappolata nei cosiddetti pulper, capienti serbatoi ad asse verticale in cui un rotore, posto sul fondo, provvede alla separazione delle fibre per ottenere una sospensione acquosa più omogenea.

Raffinazione

Si tratta della fase più importante e critica della produzione della carta ed è necessaria per conferire al foglio finale una buona resistenza meccanica e grana uniforme. I raffinatori sono costituiti da coni o piastre munite di lame e sottopongono le fibre ad un energico trattamento meccanico di compressione, frizione e taglio che ne modifica la struttura fisica. In questo modo, l'acqua imbibisce meglio la fibra, rendendola più plastica e flessibile, caratteristiche indispensabili per la successiva formazione del foglio e per una buona resistenza dello stesso.

Miscelazione

La sospensione raffinata viene poi inviata alla tina di miscela, dove vengono aggiunte varie sostanze ausiliarie (materie prime non fibrose) che conferiscono al prodotto finito determinate caratteristiche desiderabili. Le materie ausiliarie si dividono in *sostanze di carica* e *sostanze collanti*: le prime, riempiendo gli spazi compresi fra le fibre, consentono di ottenere una superficie chiusa e piana e favoriscono quindi la formazione del foglio; le seconde conferiscono alla carta una impermeabilità ai liquidi ed agli inchiostri, rendendola dunque scrivibile. Così preparato, l'impasto viene poi raccolto nella tina di macchina, che mantiene in agitazione l'impasto e funge da serbatoio di accumulo per il disaccoppiamento tra la fase di preparazione e quella successiva di fabbricazione.

Epurazione ed assortimento

La polpa viene prelevata dalla tina di macchina ed inviata, previa diluizione, alle operazioni successive di epurazione ed assortimento: la prima utilizza separatori ciclonici per eliminare le impurità e corpi estranei pesanti; la seconda permette di intercettare particelle più leggere, come grumi o schegge legnose. Una volta lavato e setacciato, l'impasto è pronto per essere inviato alla fabbricazione vera e propria.

1.2 Fabbricazione del foglio

Il cuore del processo di produzione della carta è costituito dalla macchina continua, così chiamata in quanto su di essa il foglio di carta si genera linearmente e senza interruzioni. La macchina si divide in quattro principali sezioni: cassa d'afflusso, tavola piana, sezione presse, seccheria.

Formazione del foglio

La cassa d'afflusso distribuisce uniformemente la sospensione fibrosa su tutta la larghezza della tavola piana, una tela metallica sulla quale avviene la separazione dell'acqua per drenaggio. Inizialmente il drenaggio avviene semplicemente per gravità ed è favorito dai foils, barre sottotela cuneiformi a rivestimento ceramico, che oltre a sostenere la tela generano zone di depressione che incrementano la velocità di drenaggio dell'acqua. Tuttavia, nel processo di avanzamento sulla tela si rende necessaria l'applicazione di un sistema di aspirazione forzata sempre più intensa, al fine di ottenere un'ulteriore rimozione dell'acqua. Dopo la zona foils si susseguono dunque altri sistemi drenanti posti sottotela che afferiscono all'impianto del vuoto della macchina continua (vacufoils, casse aspiranti). Il foglio umido così formato passa alla fase successiva di pressatura (il contenuto d'acqua è ancora elevato, in genere 75-80%).

Pressatura

Le presse umide sono costituite da una serie di grandi rulli di compressione in acciaio, la cui funzione è quella di comprimere uniformemente il foglio per ridurre il contenuto d'acqua. Tali presse sono rivestite di uno strato di feltro poroso che permette di assorbire l'acqua senza compromettere la struttura fibrosa del foglio.

All'uscita dalle presse il foglio ha un'umidità del 40-50% che non può essere eliminata ulteriormente per via meccanica e può essere asportata solo tramite l'azione del calore.

Essiccazione

La seccheria è l'ultima sezione della macchina continua: l'acqua residua trattenuta per capillarità viene eliminata per evaporazione tramite una serie di cilindri riscaldati con vapore saturo, attraverso i quali passano i fogli. Per evitare che il nastro di carta sia sottoposto a shock termici, la seccheria è suddivisa in più batterie, ciascuna con temperatura crescente rispetto alle precedenti: il calore viene dunque somministrato con temperature che variano da 60-70°C nei primi settori fino a 120-140°C nelle sezioni finali (anche 160°C per il cartone). Oltre al calore per la disidratazione, in questa fase è necessario garantire la circolazione di aria calda secca per rimuovere il vapore prodotto ed asciugare progressivamente il foglio di carta. Per tale motivo i cilindri essiccatori ruotano all'interno di cavità formate dalle cappe di asciugatura: qui l'aria prelevata dall'esterno viene riscaldata ad alta temperatura per mezzo di bruciatori a gas naturale ed insufflata sulla superficie dei cilindri; l'umidità residua della carta viene pertanto rimossa e le *fumane* (l'insieme dei fumi di combustione e aria umida) vengono aspirate ed espulse dalle cappe stesse.

1.3 Trattamenti superficiali ed allestimento

Finitura

Generalmente, all'uscita dalla seccheria, il foglio viene sottoposto a trattamenti specifici in funzione delle tipologie di carta che si vuole ottenere. I principali sono la *calandratrice* e la *patinatura*: nella prima il foglio viene fatto passare attraverso rulli controrotanti, la cui azione consente di ottenere sulla carta l'effetto finale liscio e lucido, correggendo eventuali piccoli difetti; la seconda consiste nella stesura di una miscela di pigmenti (patina) sul foglio per migliorare l'aspetto superficiale della carta e la stampabilità. All'uscita dalla macchina continua il nastro di carta viene arrotolato da un cilindro avvolgitore, a formare una grossa bobina madre, del peso di diversi quintali e di larghezza pari alla larghezza utile della macchina.

Allestimento

L'allestimento è l'insieme di operazioni a cui viene sottoposto il nastro di carta finito nella sua struttura per essere trasformato in bobine e/o in fogli stesi e reso idoneo alla commercializzazione. In particolare, le operazioni relative all'allestimento sono: svolgimento e riavvolgimento; taglio con lame circolari e bobinatura; taglio in fogli; imballaggio ed etichettatura. La bobinatura, effettuata mediante le bobinatrici, costituisce la prima fase dell'allestimento del rotolo e permette di conferire la giusta tensione al rotolo, sistemare le eventuali rotture, tagliare e suddividere il rotolo di carta nel formato desiderato dal cliente finale. Le macchine di imballaggio, che si trovano a valle delle bobinatrici e delle ribobinatrici, svolgono il compito di avvolgere il prodotto con un film estensibile e termoretraibile o con carta kraft. Al fine di dar luogo al processo di termoretrazione, la macchina di imballaggio è costituita da un forno per la produzione di aria calda alimentato a gas naturale o energia elettrica.

La Figura 2 mostra il layout produttivo tipico riassumendo le fasi di processo precedentemente descritte, riportando inoltre la distribuzione delle risorse energetiche nelle varie fasi di trasformazione del prodotto.

Il gas naturale è in gran parte impiegato per la produzione di vapore, tipicamente tramite impianti cogenerativi e in alcuni casi nei generatori di vapore di stabilimento. Il vapore è poi distribuito alle utenze di stabilimento, in particolare per i seguenti usi di processo:

- tina di macchina e cassa d'afflusso: al fine di migliorare la fase iniziale di dewatering, il vapore è utilizzato per riscaldare l'impasto e la cassa di afflusso al fine di aumentare la viscosità dell'acqua e facilitarne l'allontanamento in macchina continua;
- seccheria: si tratta della sezione più energivora dal punto di vista termico. Mediamente l'80-90% del vapore prodotto in cartiera è consumato nella fase di essiccazione nel foglio umido;
- trattamenti superficiali: parte del vapore può essere utilizzato per riscaldare sostanze ed additivi per facilitarne l'adesione al foglio e la successiva asciugatura ad aria.

Altri impieghi di vapore si hanno in corrispondenza dei servizi ausiliari (depurazione acque, trattamento scarti) e dei servizi generali (riscaldamento e acqua calda sanitaria); si tratta tuttavia di consumi marginali rispetto a quelli sopra elencati e quindi generalmente trascurabili.

Una frazione di gas è utilizzata direttamente in seccheria e, laddove prevista, nella fase di patinatura (area trattamenti superficiali). Qui i bruciatori delle cappe di asciugatura riscaldano l'aria prelevata dall'esterno necessaria per asciugare il foglio di carta e permettere l'adesione delle patine superficiali.

Per quanto riguarda il vettore energia elettrica, nell'industria della carta esso è utilizzato per azionare i motori di stabilimento (compressori, pompe, agitatori, tele essiccatrici, presse, rulli di seccheria, sistemi per il vuoto, avvolgitori, etc.).

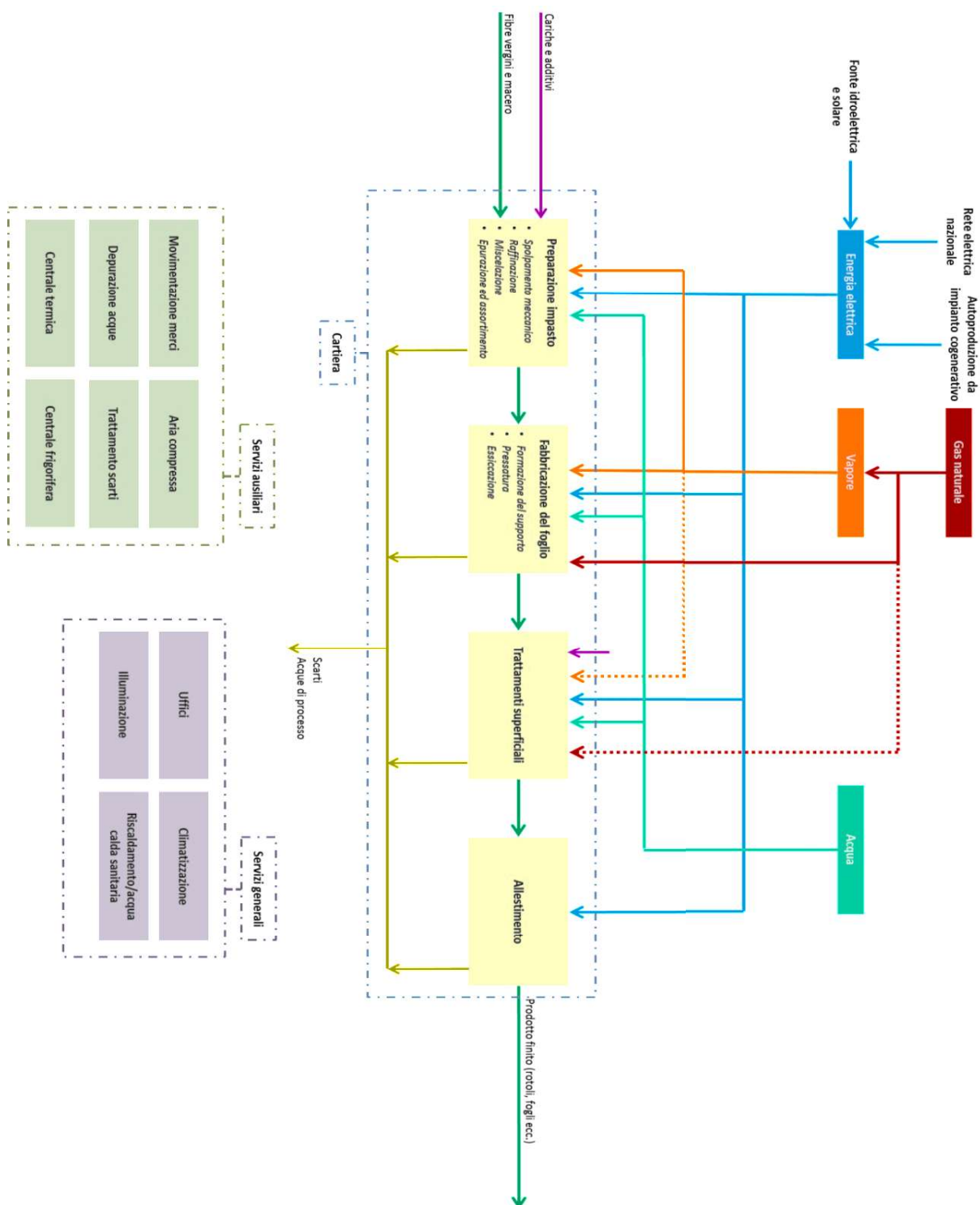


Figura 2: Flussi di materia ed energia nel layout produttivo tipico di una cartiera

2 DESCRIZIONE DELLE MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI E DEGLI INTERVENTI DI EFFICIENZA ENERGETICA

Con riferimento ai progetti di efficienza energetica presentati nell'ambito del meccanismo dei Certificati Bianchi, nonché alla letteratura di settore e alle soluzioni tecnologiche ad oggi installabili, di seguito è presente una descrizione degli interventi di efficienza energetica riconducibili al settore di produzione della carta presenti all'Allegato 2, Tabella 1 del D.M. 21 luglio 2025. Per gli ulteriori interventi di efficienza energetica si rimanda al paragrafo 2.4.

Tipologie di intervento del settore cartario <i>Allegato 2, Tabella 1 del D.M. 21 luglio 2025</i>	Vita utile		
	Nuova installazione	Sostituzione	Efficientamento integrato
Dispositivi per la preparazione impasti nel settore cartario	10	10	-
Macchina continua	10	10	5
Casse aspiranti e cassa a vapore in macchine continue	10	10	-
Sistemi del vuoto	10	10	-
Presse	10	10	5
Cilindri essiccatori in macchine continue	7	7	-
Tele di formazione per produzione di carta	7	7	-
Cappe in seccheria	10	10	-
Termocompressori	7	7	-
Isolamento termico di componenti	5	5	-
Dispositivi per la fase di allestimento foglio: bobinatrici	10	10	-
Macchine di imballaggio	10	10	-
Macchine formatrici	10	10	5
Misure comportamentali: adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti	3	-	-
Misure comportamentali: variazione delle materie in ingresso nel processo produttivo, compreso l'utilizzo di materiale di scarto della lavorazione, a parità di prodotto finito o semilavorato	5	-	-
Misure comportamentali: variazione del processo produttivo per la realizzazione di prodotti finiti o semilavorati funzionalmente analoghi	5	-	-
Misure comportamentali: impiego di risorse a minor impatto energetico	5	-	-
Misure comportamentali: elettrificazione dei consumi attraverso l'impiego di sistemi alimentati da energia elettrica proveniente da FER	5	-	-

Tabella 1: tipologie di intervento del settore di produzione della carta Allegato 2, Tabella 1 del D.M. 21 luglio 2025

Si precisa che, per la realizzazione degli interventi riportati nella seguente Tabella, il calcolo dei risparmi potrà essere effettuato in relazione al consumo specifico del “*sistema tecnologico assunto come riferimento*”, ovvero sia del componente primario. Infatti, nelle cartiere, gli impatti generati dall'installazione/sostituzione di un componente hanno effetti non solo sui consumi connessi allo specifico componente, ma anche sulle sezioni a valle del componente stesso. Pertanto, il sistema di riferimento è quello relativo all'intera fase di processo, così come di seguito indicato.

Il medesimo approccio è da utilizzare anche per gli interventi che rientrano nelle *Misure comportamentali*. Si specifica che le misure comportamentali sono applicabili a interventi riguardanti ognuna delle fasi del processo riportate nella Tabella 2, ovvero riguardanti contestualmente più fasi del processo.

L'applicazione di differenti modalità di calcolo dei risparmi verrà valutata dal GSE nell'ambito dell'iter istruttorio, qualora sia comunque garantita la corretta quantificazione dei risparmi sul componente assunto come riferimento.

Sistema tecnologico assunto come riferimento	Tipologie di intervento secondo l'Allegato 2, Tabella 1 del D.M. 21 luglio 2025
Preparazione dell'impasto	Dispositivi per la preparazione impasti nel settore cartario
Fabbricazione del foglio	Macchina continua
	Casse aspiranti e cassa a vapore in macchine continue
	Sistemi del vuoto
	Presse
	Cilindri essiccatori in macchine continue
	Tele di formazione per produzione di carta
	Cappe in seccheria
	Termocompressori
	Isolamento termico di componenti
Allestimento del foglio	Dispositivi per la fase di allestimento foglio: bobinatrici
	Macchine di imballaggio
	Macchine formatrici
Preparazione dell'impasto/ Fabbricazione del foglio/ Allestimento del foglio	Misure comportamentali: adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti
	Misure comportamentali: variazione delle materie in ingresso nel processo produttivo, compreso l'utilizzo di materiale di scarto della lavorazione, a parità di prodotto finito o semilavorato
	Misure comportamentali: variazione del processo produttivo per la realizzazione di prodotti finiti o semilavorati funzionalmente analoghi
	Misure comportamentali: impiego di risorse a minor impatto energetico
	Misure comportamentali: elettrificazione dei consumi attraverso l'impiego di sistemi alimentati da energia elettrica proveniente da FER

Tabella 2: correlazione tra "sistema tecnologico assunto come riferimento" e tipologie di intervento

2.1 Interventi sulla sezione di preparazione impasti

I consumi energetici della linea di preparazione impasti sono prevalentemente di natura elettrica. I possibili interventi volti a migliorare l'efficienza energetica della sezione sono tipicamente l'ottimizzazione dei cicli di spappolamento e raffinazione. In particolare:

- installazione di pulper più efficienti. L'installazione di pulper con una girante ad elevata efficienza facilita il trasporto del materiale dalla parte alta alla parte bassa (scarico) del pulper, riducendo le turbolenze fluidodinamiche interne durante la fase di spappolamento, con una conseguente diminuzione degli "sforzi di rotazione" della stessa. Tale configurazione garantisce una diminuzione della potenza assorbita dal motore con una conseguente riduzione dei consumi elettrici rispetto ad una girante convenzionale.

Un'efficiente tipologia di pulper è quella dei *drum pulper* che, a differenza dei sistemi tradizionali verticali a bassa consistenza, non presenta alcuna girante, ma utilizza basse quantità di acqua spappolando il macero per attrito tra le fibre di carta stesse;

- installazione di raffinatori più efficienti. I raffinatori sono dotati di statore e rotore, i quali sono composti da lame metalliche a forma di barre al cui interno vengono fatte passare le fibre. Le fibre, nello spazio tra le lame creato dal movimento di statore e rotore, vengono sottoposte a elevate sollecitazioni di compressione, frizione e taglio, impartendo solidità al foglio prodotto. Poiché, tale processo risulta altamente energivoro, appare evidente come l'utilizzo di macchine ad alta efficienza consenta di ottenere sensibili riduzioni dei consumi specifici di energia primaria associata ai consumi di energia elettrica.

2.2 Interventi sulla sezione di fabbricazione del foglio

La sezione di fabbricazione del foglio (macchina continua) è quella su cui si concentra gran parte degli interventi di efficienza energetica, sia per numero che per tipologia. I principali interventi di efficientamento energetico che si possono effettuare nelle sezioni di formazione del foglio e pressatura sono:

- utilizzo di tele più efficienti nella tavola piana. In particolare, il loro impiego consente di ridurre il grado di umido, determinando una riduzione dei consumi termici nelle successive fasi del processo;
- installazione di casse aspiranti e dei sistemi del vuoto. In particolare, l'impiego di casse collegate a pompe da vuoto efficienti o l'installazione di turbosoffianti multistadio con recupero termico sull'aria in uscita determinano una riduzione dei consumi termici grazie ad una maggiore efficacia nell'estrazione dell'acqua;
- installazione di una cassa a vapore. In particolare, la cassa a vapore consente di convogliare il vapore saturo direttamente sul foglio di carta prima del suo ingresso al monolucido. La somministrazione del vapore consente di innalzare la temperatura del foglio e rendere più fluida l'acqua in esso contenuta, comportando una maggiore efficacia nell'estrazione dell'acqua ad opera della pressatura meccanica;
- utilizzo di presse più efficienti. Un'efficiente tipologia di pressa è la *“shoe press”* o *“presse a scarpa”* che, mediante una deformazione localizzata delle superfici, consente di ottenere una maggiore azione disidratante legata a una differente e più efficace azione di schiacciamento del foglio. L'innovazione consiste nella creazione di una zona di pressatura più ampia attraverso la deformazione locale della shoe press. Ciò consente di incrementare il grado di secco della carta in uscita dalla sezione di pressatura garantendo una riduzione dei consumi termici in fase di asciugatura.

Un esempio di intervento di efficientamento energetico integrato sulle presse è costituito dalla contestuale sostituzione di feltri semplici con altri più innovativi e dall'adozione di un sistema di controllo della pressa. L'adozione di feltri aventi una struttura interna più stratificata garantisce un minor ribagnamento della carta. L'adozione di un sistema di controllo consente di variare, tra le altre cose, la curva di pressione nel “nip” (zona di contatto), in base alle condizioni di lavoro della macchina e alla tipologia di carta prodotta.

Alcuni esempi di interventi di efficientamento energetico che si possono effettuare nella sezione di asciugatura sono:

- installazione di cilindri più efficienti. I cilindri essiccatori, realizzati solitamente in ghisa presentano una lunghezza che dipende esclusivamente dalla larghezza della macchina, mentre il loro diametro dipende dai vincoli costruttivi. Maggiore è il diametro, maggiore sarà la superficie di contatto con il foglio, di conseguenza si avrà un miglior essiccamento. Interventi di efficienza riguardano l'installazione di cilindri in acciaio. L'impiego dell'acciaio, anziché della ghisa, offre la possibilità di ridurre notevolmente lo spessore del manto e di conseguenza migliorare lo scambio termico durante l'asciugatura del foglio, con conseguente riduzione dei consumi termici.
- l'installazione di barre di turbolenza. L'adozione di barre di turbolenza consente di aumentare la capacità di scambio termico del cilindro essiccatore soprattutto per macchine continue che lavorano a velocità elevate. Infatti, in tali casi, si ha una ridotta turbolenza dello strato di condensa che si forma in prossimità del mantello del cilindro, pertanto l'utilizzo delle barre consente di ovviare a tale problema.

- la sostituzione dei sifoni. La scelta del sifone opportuno può favorire la riduzione della quantità di condensa che si forma all'interno del cilindro consentendo, nella fase di formazione dell'anello liquido, la riduzione dell'assorbimento di energia elettrica da parte dei motori che muovono i cilindri.
- la sostituzione dei motori elettrici dei cilindri essiccatori. La sostituzione dei motori elettrici con altri più efficienti consente di ridurre il consumo di energia elettrica associato al lavoro compiuto per la rotazione dei cilindri;
- installazione di cappe più efficienti. Le cappe di ultima generazione sono ad elevato grado di isolamento termico e dotate di un design degli ugelli ottimizzato per consentire una distribuzione uniforme dell'aria e garantire un'elevata voluminosità e morbidezza nella carta. Inoltre, i flussi di aria di scarico sono più uniformi e con basse perdite di pressione e in alcuni casi sono previste sul lato periferico della cappa delle scanalature di scarico per ridurre la perdita di aria calda;
- installazione di termocompressori. L'impianto di termocompressione (alimentato con almeno una linea a media pressione) permette il recupero del vapore inviato in seccheria. Il termocompressore lavora come un tubo venturi, dove il vapore che serve per alimentarlo, arrivando ad alta velocità e pressione, crea una depressione che permette di aspirare il vapore attraversante ed espellerlo alla pressione desiderata.

Nei casi di efficientamento energetico integrato, ovvero nel caso si adottino anche uno solo dei succitati interventi, il consumo di baseline corrisponde al consumo della situazione ante intervento, ovvero al consumo di riferimento¹. In questi casi, il calcolo dei risparmi di energia primaria potrà essere effettuato in relazione alla riduzione del consumo specifico del "sistema tecnologico assunto come riferimento", ovvero sia la macchina continua. Si specifica che, qualora sulla macchina continua siano realizzati più interventi, ciascuno riconducibile ad una specifica tipologia riportata nella Tabella 1 dell'Allegato 2 al DM 21 luglio 2025 (ad esempio: sostituzione di "Cilindri essiccatori" e sostituzione delle "Cappe in seccheria", ecc.), il progetto potrà essere ricondotto, in luogo della tipologia "Efficientamento energetico integrato", alla tipologia "Nuova installazione", ovvero "Sostituzione", di "Macchina continua", al fine di consentire la conformità del programma di misura alle previsioni di cui alla presente Guida e la rendicontazione dei suddetti interventi per una vita utile coerente con quella prevista dalla suddetta Tabella 1 per le singole tipologie di progetto.

2.3 Interventi sulla sezione di allestimento del foglio

Tra gli interventi di efficienza energetica che si possono realizzare all'interno della sezione di allestimento del foglio vi sono quelli relativi alla sostituzione delle macchine bobinatrici, ribobinatrici e di imballaggio con altre più efficienti. Tra gli interventi relativi alle bobinatrici, vi sono quelli di sostituzione delle stesse con macchine più efficienti, ovvero sia dotate di: sistemi completamente automatizzati per ridurre i tempi di attesa della bobinatura (ad esempio i tempi morti per il cambio formato), azionamenti elettrici con recupero di energia in frenata, sistemi efficienti di rimozione dei rifili, etc. Per quanto riguarda le macchine di imballaggio, in alcuni casi, si può verificare il passaggio tecnologico dall'utilizzo di forni a gas naturale a forni elettrici, che comporta nelle condizioni post intervento il mancato utilizzo del gas naturale per soddisfare il fabbisogno energetico di tali macchine.

¹ Secondo quanto previsto dal punto 1.3 dell'Allegato 1 al D.M. 21 luglio 2025

2.4 Ulteriori interventi di efficienza energetica

Ulteriori interventi di efficienza energetica riportati all'Allegato 2, Tabella 1 del D.M. 21 luglio 2025, che non riguardano strettamente il processo produttivo della carta ma che risultano essere trasversali a tutta l'industria riguardano:

- altri sistemi di recupero del calore;
- gruppi frigo e pompe di calore, centrali frigorifere, anche accompagnati dall'installazione di sistemi di free-cooling;
- impianti di produzione di energia termica, ivi compresi gli impianti solari termici;
- economizzatori sulla linea fumi di impianti di produzione di energia termica;
- motori elettrici, anche accompagnati dall'installazione o sostituzione dei relativi inverter;
- impianti per la climatizzazione degli ambienti in ambito industriale con sistemi radianti ad alta temperatura;
- gruppi frigo e pompe di calore, centrali frigorifere, anche accompagnati dall'installazione di sistemi di free-cooling;
- sistemi di free-cooling;
- impianti di produzione dell'aria compressa;
- sistemi di trattamento degli effluenti gassosi;
- sistemi di pompaggio, anche accompagnati dall'installazione o sostituzione dei relativi inverter;
- efficientamento reti di alimentazione elettrica tramite sistemi di power quality;
- sistemi per l'illuminazione;
- realizzazione e riqualificazione profonda di edifici;
- isolamento termico di superfici disperdenti opache degli edifici;
- interventi di riduzione del consumo idrico con riduzione del consumo energetico nei propri sistemi di pompaggio, ivi compreso il riciclo.

Si rappresenta che l'elenco soprariportato non è esaustivo degli interventi ammissibili al meccanismo dei Certificati Bianchi.

3 INDIVIDUAZIONE DEI VALORI DI BASELINE PER IL CALCOLO DEI RISPARMI ENERGETICI ADDIZIONALI

In base ai tipi di processo ed al prodotto realizzato sono riscontrabili consumi specifici di energia termica ed elettrica sensibilmente differenti. I processi produttivi nel settore industriale cartario possono essere distinti in integrati e non, a seconda che presso lo stabilimento sia prevista la produzione anche della cellulosa o della sola carta. Un'ulteriore distinzione può essere effettuata in relazione alla tipologia di materia prima in ingresso al processo, fibra vergine o carta riciclata (RCF). Altre variabili operative che influenzano sensibilmente i consumi energetici sono la grammatura, la velocità di funzionamento della macchina continua, la tipologia di carta prodotta e la producibilità dell'impianto.

In fase di presentazione di un progetto, al fine di caratterizzare l'intervento di efficienza energetica, il soggetto proponente dovrà descrivere le variabili operative che influiscono sui consumi di energia primaria, quali ad esempio:

- la percentuale delle diverse tipologie di materiale in ingresso al processo;
- la tipologia di processo;
- la tipologia di carta prodotta;
- la grammatura della carta prodotta;
- la producibilità dell'impianto;
- la velocità di funzionamento della macchina continua.

Inoltre, il soggetto proponente è sempre tenuto a fornire un'analisi dettagliata che consenta di verificare l'eventuale dipendenza dei consumi specifici di energia termica e di energia elettrica dalle succitate variabili operative, al fine di individuare le correlazioni che consentano di determinare i risparmi a parità di servizio reso, normalizzando i possibili effetti che tali variabili possono avere sui consumi.

Il consumo di baseline è il consumo di energia primaria del sistema tecnologico assunto come riferimento per il calcolo dei risparmi energetici addizionali riconosciuti ai fini dei Certificati Bianchi. Il consumo di baseline termico ed elettrico deve essere espresso in termini di consumo specifico in relazione alla producibilità dell'impianto (tonnellate di carta prodotta, metri quadrati di carta prodotta, etc.), opportunamente normalizzato rispetto alle variabili operative che influenzano il consumo energetico.

Ai fini della definizione del consumo specifico di baseline occorre distinguere le seguenti casistiche:

1. nuove installazioni di intere linee produttive o fasi di processo (preparazione dell'impasto, fabbricazione del foglio, trattamenti superficiali ed allestimento finale);
2. intervento di efficientamento, anche parziale, di linee produttive esistenti.

3.1 Nuove installazioni di intere linee produttive o fasi di processo

Il consumo specifico di baseline dell'intera fase di processo è pari a quello della situazione di riferimento e potrà essere definito moltiplicando i valori riportati nella Tabella 3, con quelli della Tabella . I dati delle variabili operative del sistema oggetto di intervento potranno essere utilizzati ai fini della verifica della corretta individuazione del consumo di baseline qualora i dati di consumo post intervento siano inferiori in maniera sensibile a quelli di riferimento (vedi Tabella 3), ovvero superiori ad essi.

In particolare, nella Tabella 3 sono riportati i consumi specifici di riferimento di energia finale (consumi di processo), distinti per tipologia di carta prodotta e per processo. Si precisa che tali dati sono al netto della quota energetica delle condense di ritorno. In fase di presentazione di un progetto di efficienza energetica, pertanto, al fine di garantire un confronto omogeneo tra la situazione di baseline e quella post intervento, i consumi relativi alla situazione post intervento non dovranno includere la quota energetica delle condense di ritorno.

La Tabella , invece, indica le ripartizioni percentuali dei consumi di energia finale. Tale ripartizione dovrà essere dimostrata a seconda della tipologia di carta prodotta e della materia prima utilizzata.

Tipologia di carta-processo			Consumi specifici termici	Consumi specifici elettrici
Processo		Tipo di carta	kWh/t	kWh/t
RCF	con disinchiostrazione	Cartoncino	1.100	450
		Carta grafica	1.400	900
	senza disinchiostrazione	Carta per imballaggi	1.500	400
		Cartone patinato o non	1.200	400
Non integrato		Carta grafica patinata o non	1.500	675
		Tissue	1.950	850

Tabella 3: consumi specifici di riferimento dell'intero processo produttivo

Fasi di processo	% rispetto ai consumi di stabilimento	
	termici	elettrici
Preparazione dell'impasto	20%	30%
Fabbricazione del foglio	80%	60%
Trattamenti superficiali e allestimento	0%	10%

Tabella 4: ripartizione percentuale dei consumi

3.2 Efficientamento di linee produttive esistenti

Nel caso di efficientamento di linee produttive esistenti, al fine di contabilizzare sia i risparmi diretti che indiretti legati alla sostituzione di un componente, il consumo di baseline² potrà essere definito considerando il consumo specifico dell'intera fase di processo di cui il componente fa parte (preparazione dell'impasto, fabbricazione del foglio, trattamenti superficiali ed allestimento finale), ovverosia del "Sistema tecnologico assunto come riferimento" di cui alla Tabella 2. Si rappresenta che, per le fasi di processo come la preparazione dell'impasto e i trattamenti superficiali e allestimento, sarà possibile proporre un perimetro del programma di misura e quindi un consumo di baseline limitato al componente oggetto di intervento, purché si dimostri che l'intervento non comporti effetti indotti sugli altri componenti della fase di processo, ovvero su altre fasi di processo. Ad esempio, i risparmi energetici relativi all'intervento di sostituzione della macchina di imballaggio, ovvero della bobinatrice, possono essere determinati considerando un programma di misura i cui confini coincidono con la macchina di imballaggio, ovvero della bobinatrice, senza che vi sia la necessità di estendere il programma di misura a tutta la fase di trattamenti superficiali e allestimento.

Pertanto, ad esempio, nel caso di un intervento di efficientamento integrato all'interno della seccheria, ai fini della definizione del consumo specifico di baseline saranno rilevanti i consumi ante intervento, ovverosia di riferimento², dell'intera fase di fabbricazione del foglio.

² Secondo quanto previsto dal punto 1.3 dell'Allegato 1 del D.M. 21 luglio 2025

I dati delle variabili sopracitate potranno essere utilizzati per verificare la corretta individuazione del consumo di baseline qualora i dati di consumo post intervento siano inferiori in maniera sensibile a quelli di riferimento (vedi [Tabella 3](#)), ovvero superiori ad essi.

Per entrambe le casistiche sopradescritte di nuova installazione che di interventi di sostituzione e efficientamento, anche parziale, di linee produttive esistenti nei casi non riconducibili a quelli della [Tabella 3](#), è data facoltà al soggetto proponente di proporre un differente consumo specifico termico ed elettrico di riferimento per il calcolo dei risparmi energetici addizionali. Inoltre, qualora si dimostri che tali valori non siano normalizzabili in relazione alle tonnellate di carta prodotta, questi ultimi potranno essere definiti in relazione ad altri indicatori del quantitativo di carta prodotta (ad es. superficie di carta prodotta).

4 INDIVIDUAZIONE DEGLI ALGORITMI DI CALCOLO DEI RISPARMI

Nel presente capitolo vengono indicati gli algoritmi di calcolo che possono essere utilizzati per determinare i risparmi energetici addizionali per le tipologie di intervento di cui alla Tabella 2.

Formula	Algoritmo
1	$RISP_{energia\ termica} = (CST_{baseline} - CST_{post}) \cdot P$
2	$RISP_{energia\ elettrica} = (CSE_{baseline} - CSE_{post}) \cdot P$

dove:

- $RISP_{energia\ termica}$ è il risparmio di energia finale termica;
- $RISP_{energia\ elettrica}$ è il risparmio di energia finale elettrica;
- $CST_{baseline}$ è il consumo specifico di energia termica di baseline per quantità di carta prodotta, espresso in [kWh/t, kWh/m²];
- CST_{post} è il consumo specifico di energia termica post intervento per quantità di carta prodotta, espresso in [kWh/t, kWh/m²];
- $CSE_{baseline}$ è il consumo specifico di energia elettrica di baseline per quantità di carta prodotta, espresso in [kWh/t, kWh/m²];
- CSE_{post} è il consumo specifico di energia elettrica post intervento per quantità di carta prodotta espresso in [kWh/t, kWh/m²];
- P è la quantità di carta prodotta, espressa in [t, m², etc.].

Si precisa che, il fattore di conversione da utilizzare per riportare in energia primaria un consumo finale di energia elettrica, in caso di prelievo dell'energia elettrica dalla rete elettrica nazionale, è pari a 0,000187 tep/kWh.

Inoltre, ai fini del calcolo dei risparmi di energia finale in energia primaria, si dovrà far riferimento all'effettivo assetto della centrale termica dello stabilimento. In presenza di un intervento che comporti una riduzione di fabbisogno di calore in una cartiera dove sono presenti un impianto di cogenerazione e sistemi tradizionali di produzione dell'energia termica (es. caldaie), ai fini della conversione dei risparmi di energia termica in energia primaria, è necessario verificare se questi siano ascrivibili alle caldaie ausiliarie, all'impianto di cogenerazione o ad entrambi. A tal fine dovranno essere descritte dettagliatamente le caratteristiche della centrale termica, le logiche di funzionamento e le eventuali variazioni del funzionamento degli impianti termici a seguito dell'intervento di efficienza energetica. Si specifica che qualora l'intervento di efficienza energetica impatti sul funzionamento del cogeneratore, potrebbe essere necessario determinare l'eventuale mancata produzione di energia elettrica in seguito alla diminuzione della richiesta di energia termica all'impianto di cogenerazione.

Nel caso di interventi riguardanti il recupero di energia termica dalle fumane in uscita dalla cappa di essiccazione, finalizzato alla produzione di vapore per il monolucido, dovrà essere utilizzata la formula 3, sotto riportata.

Formula	Algoritmo
3	$RISP = \frac{E_t}{\eta_t} \cdot f_t - (CST_{post} - CST_{baseline}) \cdot P \cdot f_t - E_e \cdot f_e$

dove:

- $RISP$ è il risparmio di energia primaria, espresso in [tep];
- E_t è l'energia termica recuperata resa alle utenze, espressa in [kWh];
- η_t è rendimento di produzione dell'energia termica nella situazione post intervento;
- CST_{post} è il consumo specifico di energia termica nella situazione post intervento delle apparecchiature impattate dall'installazione del sistema di recupero termico, espresso in [kWh/t];
- $CST_{baseline}$ è il consumo specifico di energia termica nella situazione di baseline delle apparecchiature impattate dall'installazione del sistema di recupero termico, espresso in [kWh/t];
- E_e è il maggior consumo di energia elettrica nella situazione post intervento rispetto alla situazione ante intervento, espresso in [kWh];
- f_t è il fattore di conversione dell'energia termica in tep, pari a 0,086 tep/MWh;
- f_e è il fattore di conversione dell'energia elettrica in tep, pari a 0,187 tep/MWh, in caso di prelievo di energia elettrica dalla rete elettrica nazionale;
- P rappresenta la quantità di carta prodotta, espressa in [t, m², etc.].

Si specifica che, per la corretta contabilizzazione dei risparmi di energia primaria conseguiti, è necessario:

- quantificare la quota di energia termica recuperata ascrivibile a eventuali impianti di cogenerazione presenti in sito;
- considerare eventuali variazioni del consumo specifico dell'impianto o di parti dell'impianto per effetto del recupero di energia termica. Ad esempio, qualora il sistema di recupero venga posizionato a monte di un preriscaldatore esistente dell'aria comburente dei bruciatori asserviti alla cappa, riducendo l'energia termica destinata al suddetto preriscaldatore, potrebbe essere necessario incorporare nel calcolo dei risparmi l'eventuale maggior consumo di combustibile dei bruciatori nella situazione post intervento rispetto alla situazione ante intervento.

Infine, l'applicazione di differenti modalità di calcolo rispetto a quanto sopra riportato verrà valutata dal GSE nell'ambito dell'iter istruttorio, al fine di verificare che sia comunque garantita la corretta quantificazione dei risparmi.

5 METODOLOGIA ADOTTATA PER LA PRESENTE GUIDA

Al fine di individuare i consumi di riferimento per le diverse tipologie di processo, l'analisi è partita dai dati del documento *"Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board, 2015"* (di seguito, Bref) che distingue i consumi tra termici ed elettrici secondo la tipologia di prodotto. I valori di consumo specifico del Bref sono stati quindi confrontati con i dati di consumo specifico ante intervento dei progetti a consuntivo del database GSE e con i dati estrapolati dalle diagnosi energetiche effettuate ai sensi del D.lgs. 102/2014 fornite da ENEA.

Al fine di garantire un confronto omogeneo tra le tre fonti dati, tutti i valori di consumo specifico sono stati suddivisi rispetto alle tipologie di prodotto e processo individuate dal Bref. Quest'ultimo identifica diverse tipologie di carta in funzione del tipo di materia prima in ingresso. Nello specifico, le classi di prodotto contraddistinte dalla sigla RCF (Recovered Cellulose Fibers) utilizzano come materia prima percentuali variabili di carta riciclata. Le tipologie di carta sono le seguenti:

- RCF con disinchiostrazione: carta grafica;
- RCF con disinchiostrazione: cartoncino;
- RCF senza disinchiostrazione: carta per imballaggi;
- RCF senza disinchiostrazione: cartone patinato o non;
- processo non integrato: carta grafica patinata o non;
- processo non integrato: tissue.

Si precisa che, vista la mancanza di dati in tutte e tre le fonti analizzate, nell'analisi non è stato possibile considerare le ulteriori variabili che normalmente influenzano i consumi energetici, ad esempio la quantità di macero, la grammatura, la velocità di funzionamento della macchina continua e la producibilità dell'impianto.

I dati in Tabella 3, relativi ai consumi specifici termici ed elettrici, sono stati definiti secondo i seguenti criteri:

- *RCF con disinchiostrazione, carta grafica (es. carta giornale)*: per questa tipologia di carta si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, mentre non si sono individuati progetti nel database GSE.

Il valore di consumo specifico termico è stato posto pari al valore medio del Bref, in quanto risulta allineato con quello individuato dalle diagnosi energetiche. Per il valore di consumo specifico elettrico, ci si è riferiti al minimo del Bref, in quanto prossimo a quello delle diagnosi energetiche;

- *RCF con disinchiostrazione, cartoncino*: per questa tipologia di carta si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, inoltre è stato individuato un progetto nel database GSE (trattandosi di un solo progetto non lo si è ritenuto rappresentativo dell'intero cluster).

I valori di consumo specifico termico ed elettrico sono stati posti pari ai valori massimi del Bref, in quanto risultano allineati con quelli individuati dalle diagnosi energetiche;

- *RCF senza disinchiostrazione, carta per imballaggi*: per questa tipologia di carta si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, inoltre sono stati individuati diversi progetti nel database GSE.

Il valore di consumo specifico termico è stato posto pari al valore massimo del Bref, in quanto risulta allineato con quello individuato dalle diagnosi energetiche e con i dati ante intervento dei progetti del database GSE. Per il valore di consumo specifico elettrico, ci si è riferiti al medio del Bref, in quanto

prossimo a quelli ante intervento del database GSE. In questo caso i dati delle diagnosi energetiche sono stati ritenuti non rappresentativi in quanto nettamente superiori ai dati ante intervento del database GSE;

- *RCF senza disinchiostrazione, cartone patinato o non*: per questa tipologia di carta non si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, mentre sono stati individuati diversi progetti nel database GSE.

Il valore di consumo specifico termico è stato posto pari al valore minimo del Bref, in quanto risulta allineato con quello ante intervento individuato dai progetti del database GSE. Per il valore di consumo specifico elettrico, ci si è riferiti al medio del Bref in mancanza di progetti nel database GSE;

- *processo non integrato, carta grafica patinata o non*: per questa tipologia di carta non si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, mentre sono stati individuati diversi progetti nel database GSE.

Il valore di consumo specifico termico è stato posto pari al valore medio del Bref, in quanto risulta allineato con quello ante intervento individuato dai progetti del database GSE. Per il valore di consumo specifico elettrico, ci si è riferiti al medio del Bref in mancanza di progetti nel database GSE;

- *processo non integrato, tissue (carta per uso sanitario e/o igienico)*: per questa tipologia di carta si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, inoltre sono stati individuati diversi progetti nel database GSE.

I valori di consumo specifico termico ed elettrico sono stati posti pari ai valori medi del Bref, in quanto prossimi a quelli ante intervento del database GSE. In questo caso i dati delle diagnosi energetiche sono stati ritenuti non rappresentativi in quanto nettamente inferiori ai dati ante intervento del database GSE.

I dati in Tabella , relativi alla ripartizione percentuale dei consumi tra le fasi di preparazione impasti e macchina continua, sono stati ottenuti dai seguenti studi:

- Benchmarking energy use in the paper industry: a benchmarking study on process unit level, 2013;
- tab 6.26 del Bref.

Non avendo dati sufficienti a differenziare la ripartizione dei consumi per tutte le tipologie di processo, il valore riportato è il valor medio risultante tra quelli riportati negli studi sopra indicati.

Si precisa che tutti i dati relativi ai consumi di riferimento, sia termici, sia elettrici, sono espressi in termini di energia finale.

6 BIBLIOGRAFIA

- L'efficienza energetica nell'industria: potenzialità di risparmio energetico e impatto sulle performance economiche e sulla competitività delle imprese, RSE, RdS n 17001209, 2017;
- Rapporto ambientale dell'industria cartaria italiana dati 2013-2014, Assocarta, 2016;
- Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board, 2015;
- Guida operativa per il settore di produzione della carta, ENEA, 2014.