



Politecnico di Milano

Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica

“Giulio Natta”

Comitato Nazionale EPAL del Consorzio Servizi Legno Sughero

EPAL European Pallet Association

In collaborazione con

Assoimballaggi/Federlegno Arredo

LIFE CYCLE ASSESSMENT DEL PALLET EUR/EPAL



Prof. Giovanni Dotelli

Milano, settembre 2011

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le riproduzioni per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da AIDRO, corso di Porta Romana n. 108, 20122 Milano, e-mail segreteria@aidro.it e sito web www.aidro.org.

Edizione fuori commercio a cura di
Lampi di stampa
Via Perugino, 23- 20093 Cologno Monzese (MI)
ISBN 978-88-488-1305-1
e-mail: [lapidistampa@lapidistampa.it](mailto:lampidistampa@lapidistampa.it)
internet: www.lapidistampa.it

Introduzione

In un mondo globalizzato sempre più “Green-oriented” che misura le proprie prestazioni anche in base alle emissioni di CO₂ non poteva sottrarsi ad un'analisi del proprio ciclo di vita il pallet che permette, almeno in Europa, la movimentazione dei principali prodotti destinati al largo consumo e non solo: l'Epal.

Con oltre 40 milioni di pezzi prodotti e oltre 20 milioni di pezzi riparati soltanto nel 2010 e un parco circolante superiore a 200 milioni di pezzi, l'Eur/Epal è il pallet standardizzato più diffuso al mondo e da esattamente 50 anni (proprio nel 1961 è stato depositato il capitolato del pallet Eur) la sua importanza non smette mai di crescere.

Grazie al suo utilizzo in interscambio si è sempre pensato che il Sistema Epal portasse oltre ai noti vantaggi economici anche vantaggi a livello ambientale.

Proprio per valutare questi aspetti e presentare in maniera chiara, oggettiva e verificabile la sostenibilità del pallet EUR/EPAL, il Comitato Nazionale EPAL Italia, con il supporto della European Pallet Association e V. EPAL, nel 2010 ha avviato la presente ricerca sull'LCA del pallet EUR/EPAL.

Il Life Cycle Assessment (LCA), ovvero la valutazione dell'impatto ambientale dell'intero ciclo di vita di un prodotto dall'estrazione delle materie prime sino agli scenari di fine vita, rappresenta attualmente uno degli strumenti maggiormente riconosciuti, a livello internazionale, volti alla misurazione del livello di 'eco-compatibilità' di un bene; questa rappresenta una delle principali motivazioni che hanno spinto il Comitato Nazionale EPAL a sostenere la ricerca.

Lo studio, commissionato al Politecnico di Milano, dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica 'G. Natta' coordinato dal Prof. Giovanni Dotelli, è stato condotto in accordo con la vigente normativa ISO in materia di LCA e seguendo le quattro fasi previste:

definizione degli obiettivi e del campo di applicazione, analisi di inventario, analisi degli impatti, interpretazione e miglioramento.

Nella presente ricerca è stata valutata la sostenibilità del pallet EUR/EPAL sia in termini di emissioni di gas serra, attraverso il Global Warming Potential, sia in termini di un eco-indicatore multi-categoria (EcoIndicator 99), il quale considera anche molte altre categorie di impatto ambientale e non solamente i cambiamenti climatici dovuti alle emissioni di gas ad effetto serra.

Particolarmente rilevante è risultato l'aspetto relativo al ruolo dell'interscambio del pallet EUR/EPAL rispetto all'utilizzo dello stesso senza l'interscambio.

Per elaborare lo studio sono state realizzate numerose visite ed interviste ad aziende del settore che hanno messo a disposizione il loro tempo e i loro dati: a queste Aziende va il ringraziamento di tutto il Comitato Tecnico Epal.

Un ringraziamento particolare anche ai precedenti Coordinatore e Vice-Coordinatore del Comitato Nazionale Epal Italia, rispettivamente Claudio Cassotti e Nicola Semeraro, che hanno dato il via alla ricerca, al Dott. Claudio Garrone che, insieme al team del Prof. Giovanni Dotelli, ha speso molte energie nella raccolta dei dati ed a tutti i collaboratori di Assoimballaggi (associazione di FederlegnoArredo) e del Consorzio Servizi Legno Sughero per la loro attiva collaborazione.

Per concludere vorrei fare un augurio al Sistema Eur/Epal affinché possa continuare ad essere un faro per la logistica mondiale anche per i prossimi 50 anni ed oltre.

Emanuele Barigazzi
Coordinatore
Comitato Nazionale Epal Italia

Indice

1.	Premessa	9
2.	Metodologia	11
3.	Descrizione del prodotto: Il pallet EUR/EPAL.....	13
	Chiodi.....	17
	Graffe.....	18
	Viti.....	18
	Bulloni.....	18
	Angolari metallici.....	18
	Piastrine metalliche.....	19
4.	La normativa tecnica di riferimento.....	20
5.	Scopo e campo di applicazione dello studio	23
6.	Eco-Indicator 99.....	27
	La macrocategoria “salute umana”	28
	La macrocategoria “qualità dell’ecosistema”	29
	La macrocategoria “risorse”	30
	Il processo di normalizzazione.....	31
	Il metodo di pesatura	32
7.	IPCC2007: GWP 100.....	35
8.	La filiera del pallet’.....	36
	I produttori di pallet	37
	I riparatori di pallet.....	42
	Gli utilizzatori di pallet.....	44
	I noleggiatori di pallet.....	45
	Il sistema in interscambio.....	46
9.	Raccolta dei dati	47
	Produttori Integrati	47
	Assemblatori.....	48
	Riparatori.....	48
	Aziende pilota	50
	Consumi di energia elettrica.....	51
	Dati sui produttori integrati.....	52

Dati relativi agli assemblatori	54
Dati relativi ai riparatori	57
Analisi dei trasporti.....	59
Trasporti dei produttori con segheria	62
Trasporti relativi agli assemblatori	65
Trasporti dei riparatori	68
10. Analisi di Inventario (Life Cycle Inventory o LCI)	72
Unità di processo dei produttori con segheria.....	72
Segheria	72
Assemblaggio.....	73
Forno fitotrattamento	76
Unità di processo degli assemblatori	76
Assemblaggio.....	76
Unità di processo dei riparatori.....	78
Riparazione	79
Uso del pallet.....	83
Pallet in interscambio	84
Pallet a perdere	88
Fine vita del pallet	89
Fine vita del legno.....	90
Fine vita dei materiali metallici	92
La vita del pallet EUR/EPAL.....	93
11. Analisi degli impatti (LCIA).....	95
Produzione di pallet da aziende con segheria.....	95
Confronto fra aziende del settore	95
“Segheria”	96
“Assemblaggio”	97
Produzione di pallet da aziende senza segheria.....	99
Confronto fra aziende del settore	99
Tipologia A: blocchetti in agglomerato	100
Tipologia B: blocchetti in legno massello	102
Confronto fra i metodi di produzione	102
Riparazione del pallet	104

Confronto fra aziende del settore	104
“Riparazione”	105
Confronto tra metodi di produzione con Eco-Indicator 99	107
Riparazione con Eco-Indicator 99	108
La vita del pallet.....	109
Scenario 1	110
Scenario 2	114
Confronto tra i sistemi di gestione del pallet	117
12. Interpretazione dei risultati (<i>Life Cycle Interpretation</i>)	120
Ecoindicatori	120
Raccolta dati	121
Utilizzo del pallet	122
Completezza dello studio	123
Considerazioni sull’ analisi degli impatti: produzione dei pallet EUR/EPAL.....	123
Considerazioni sull’ analisi degli impatti: sistemi di gestione dei pallet	125
Considerazioni sull’ analisi degli impatti: la vita dei pallet EUR/EPAL.....	127
13. APPENDICE A: potenziali di riscaldamento globale.....	128
14. APPENDICE B: La gestione dei pallet ‘.....	131
Sistema cauzionale e fatturazione.....	131
Noleggio.....	132
Interscambio.....	132
Criticità del sistema interscambio	133
15. APPENDICE C: Schede raccolta dati aziende con segheria	135
16. APPENDICE D: schede raccolta dati aziende senza segheria	138
17. APPENDICE E: Schede raccolta dati riparatori.....	141
18. APPENDICE F: Tabelle trasporti dei produttori con segheria	144

19.	APPENDICE G: Tabelle trasporti dei produttori senza segheria	146
20.	APPENDICE H: Tabelle trasporti dei riparatori	150
21.	Elenco delle figure	155
22.	Elenco delle Tabelle	159
23.	Riferimenti bibliografici	161

1. Premessa

Il lavoro commissionato dal Comitato Nazionale EPAL del Consorzio Servizi Legno-Sughero, EPAL European Pallet Association in collaborazione con Assoimballaggi/Federlegno Arredo ha lo scopo di valutare il ciclo di vita (*Life Cycle Assessment o Life Cycle Analysis, LCA*) del pallet EUR/EPAL nella prospettiva “dalla culla alla tomba” (*from cradle to gate*). Una esemplificazione del concetto è riportata in Figura 1.

Lo studio vuole mettere in luce i vantaggi ambientali derivanti dall’uso di pallet EUR/EPAL in un sistema basato sull’interscambio rispetto a un sistema senza interscambio.

Il lavoro è stato svolto in stretta collaborazione con il committente che ha favorito il reperimento dei dati mettendo in contatto il Politecnico con numerosi produttori e riparatori di pallet.

Il lavoro ha avuto quindi due momenti principali:

- a. Raccolta dati primari
- b. Realizzazione dello studio

I risultati preliminari dello studio sono stati presentati ad un incontro nazionale tenutosi presso la sede milanese di Assoimballaggi Federlegno Arredo in luglio 2010 e poi presentati ufficialmente al Comitato Nazionale EPAL del Consorzio Servizi Legno-Sughero e all’ EPAL European Pallet Association in settembre 2010. A febbraio 2011 il lavoro è stato presentato al comitato nazionale EPAL.

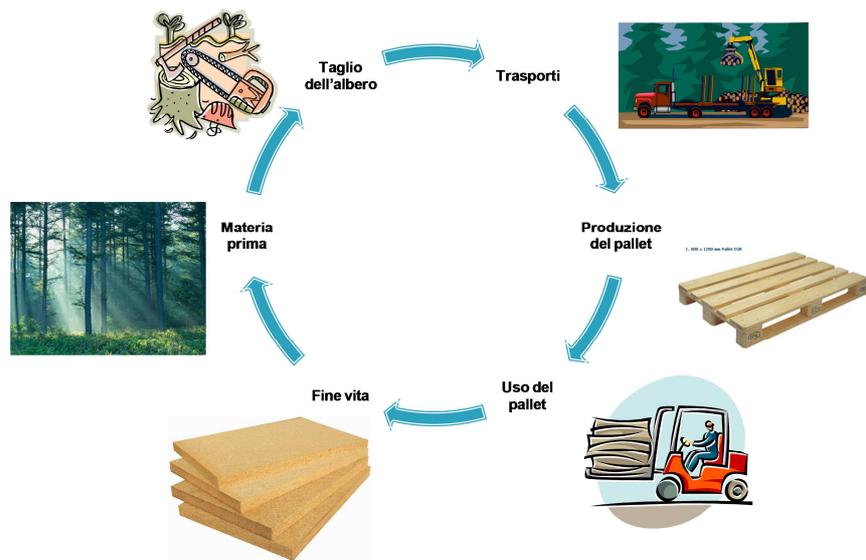


Figura 1: Rappresentazione grafica del concetto “dalla culla alla tomba “

2. Metodologia

L'analisi del ciclo del pallet EUR/EPAL è stata condotta in accordo con la vigente normativa ISO in materia di LCA. In particolare le norme di riferimento in tema di LCA sono due: ISO14040¹ e ISO14044². Lo studio in oggetto è stato condotto seguendo le 4 fasi previste: definizione degli obiettivi e del campo di applicazione (*Goal and scope definition*), analisi di inventario (*Life Cycle Inventory o LCI*), analisi degli impatti (*Life Cycle Impact Analysis o LCIA*), interpretazione e miglioramento (*Life Cycle Interpretation*) (Figura 2).

Lo studio rientra nelle analisi di ciclo di vita di prodotto; infatti, l'oggetto di studio è il pallet EUR/EPAL.

Maggiori dettagli circa la metodologia LCA possono essere ritrovati in testi specifici sull'argomento^{3,4}. Recentemente è stato realizzato anche un manuale, *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook*, dietro richiesta della comunità europea per aiutare tutti coloro che realizzano studi LCA, come chiaramente dichiarato nella prefazione, dove si legge esplicitamente^a:

"This document provides technical guidance for detailed Life Cycle Assessment (LCA) studies and provides the technical basis to derive product-specific criteria, guides, and simplified tools. The principle target audience for this guide is the LCA practitioner as well as technical experts in the public and private sector dealing with environmental decision support related to products, resources, and waste management."

^a <http://lct.jrc.ec.europa.eu/>, visitato agosto 2011



Figura 2: fasi di studio LCA (normativa ISO 14040).

3. Descrizione del prodotto: Il pallet EUR/EPAL⁵

L'oggetto dello studio LCA è il pallet, di cui esistono diversi tipi. A seguire un breve resoconto delle caratteristiche e delle tipologie di prodotto.

Il pallet è una "piattaforma orizzontale caratterizzata da un'altezza minima, compatibile con la movimentazione tramite carrelli transpallet e/o elevatori a forche o altre appropriate attrezzature di movimentazione, impiegata per la raccolta, l'immagazzinamento, la movimentazione e il trasporto di merci e carichi"⁶.

In relazione al materiale costruttivo si distinguono cinque categorie di pallet:

- Pallet in legno: è la tipologia di pallet più diffusa e può essere realizzata con diversi tipi di legno (abete, pino, faggio, pioppo); la presenza di materiale vergine conferisce a questi pallet elevate performance di resistenza sia statica che dinamica.
- Pallet pressato: composto da tavole di legno ottenute da sottoprodotti di segheria incollati con resine sintetiche e poi pressati in stampi ad alta temperatura; si tratta di pallet leggeri con capacità di carico limitata.
- Pallet in plastica: possono essere di polistirene espanso o di polietilene ad elevata densità; sono impiegati di solito nel settore farmaceutico.
- Pallet in metallo: di solito in acciaio o alluminio, hanno ottime caratteristiche di resistenza e durata, ma hanno costi molto alti.
- Pallet in cartone: sono molto leggeri e sono usati principalmente per scopi espositivi.

I pallet di qualità certificata vengono denominati "pallet standard"; grazie alle loro proprietà conferiscono elevata stabilità all'unità di carico, rendendo i processi di carico e scarico più sicuri ed efficienti e hanno vita media intorno ai 5/6 anni. La produzione del "pallet standard" rispetto a un pallet qualunque presenta dei vantaggi notevoli legati alla durata, alla standardizzazione del processo produttivo e alla gestione dei flussi di merci, nonostante la qualità elevata comporti un costo di produzione maggiore.

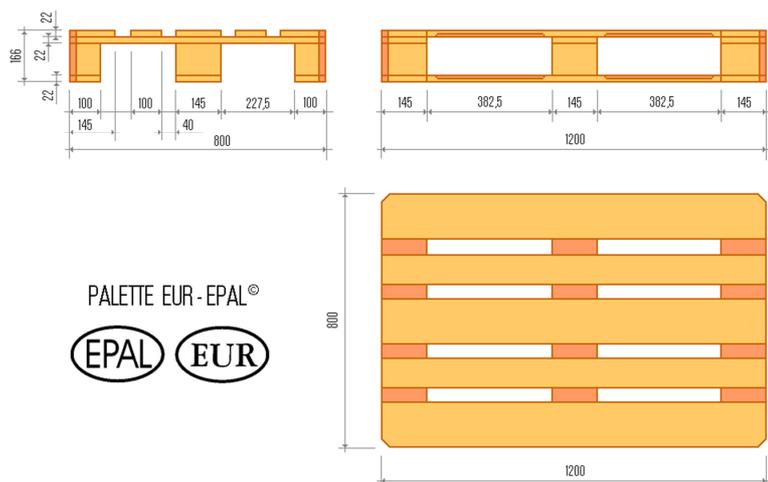


Figura 3: pallet EUR-EPAL

Le due principali tipologie di “pallet standard” sono:

Pallet EUR-EPAL: è marcato con la sigla EUR, marchio di proprietà di EPAL a partire dal 1995. Si tratta di un pallet piatto non reversibile a quattro vie di dimensioni 800 x 1200 mm (Figura 3).

Pallet CP: ovvero i “chimica” pallet; attualmente sono utilizzati nove tipi di pallet contrassegnati da codici da CP1 a CP9.

I pallet senza certificazione sono definiti “non standard” e sono progettati su specifica del cliente per un numero ridotto di movimentazioni. Una volta giunti a destinazione diventano materiale di rifiuto/recupero, ma possono comunque essere riparati e riutilizzati. Si possono distinguere in :

- Pallet a perdere: monouso e costituiti da legno di modesto spessore, usati quando le dimensioni della merce o le dimensioni dei contenitori non rispettano gli standard presenti.
- Pallet a uso limitato: utilizzati per due o tre rotazioni costituiti da legni con sezioni più consistenti.
- Pallet personalizzati: realizzati il più delle volte come base per imballaggi derivati da pallet.

- Pallet espositori: solitamente di dimensioni ridotte e molto leggeri, sono usati come supporti alla promozione nei punti vendita della grande distribuzione.
- Pallet contenitori: sviluppati per il trasporto e la movimentazione di elementi e prodotti di piccole dimensioni e forma irregolare. Esistono numerosi modelli in legno, metallo o plastica.
- Pallet gabbia: dotati di fiancate in rete metallica, aste o barriere, di cui almeno una con porta incernierata o staccabile per l'accesso.
- Pallet usati: quelli che hanno avuto almeno un ciclo di utilizzo e che prima di essere riutilizzati necessitano di selezione e/o riparazione.

Ulteriori classificazioni dei pallet possono definirsi in relazione alla reversibilità e al numero di "vie d'inforcamento", ovvero le aperture (solitamente due o quattro) che permettono l'ingresso delle forche dei carrelli impiegati per la movimentazione (Figura 4 e Figura 5). Un pallet è reversibile solo se entrambi i piani superiore e inferiore possono essere utilizzati indifferentemente come basi di appoggio, mentre è definito a due o quattro vie a seconda che permetta il passaggio delle forche solo sui due lati opposti o su tutti e quattro i lati.



Figura 4: pallet a 2 vie



Figura 5: pallet a 4 vie

I componenti principali di cui è composto il pallet secondo la norma UNI EN ISO 445⁴ sono:

- Piani: i pallet possono essere di uno o due piani. In caso di pallet a due piani si distingue tra il piano superiore, ossia la superficie piana orizzontale su cui posa il carico (può essere una superficie orizzontale piena o con tavole distanziate); e il piano inferiore, ossia la superficie piana orizzontale che ripartisce il peso a terra.
- Travetti/blocchetti: i due piani sono uniti da elementi distanziatori che creano uno spazio per il passaggio delle forche dei carrelli elevatori. Questi elementi sono realizzati con “travetti” per i pallet a due vie (elementi a sezione rettangolare), o con “blocchetti” per i pallet a quattro vie (elementi corti a base quadrata rettangolare o circolare). Il travetto del pallet a due vie può essere dotato di scanalature (incavi) per permettere il passaggio delle forche degli elevatori; un pallet di questo tipo viene chiamato pallet parzialmente a quattro vie.
- Elemento/tavola di entrata: tavola del piano più vicina al vano d’inforcamento.
- Traverse: elementi orizzontali, disposti perpendicolarmente alle tavole, di collegamento tra i blocchetti e le tavole stesse del piano.
- Biselli/smussi d’invito: vengono asportati gli spigoli superiori delle travi per facilitare il passaggio delle forche.

- Luci: aperture nel piano inferiore di un pallet a due piani che permettono alle branche munite di ruote dei carrelli dei trans pallet di poggiare al suolo.
- Aletta: parte di uno o più piani che fuoriesce dai travetti o dai blocchetti, prevista per il sollevamento mediante gru.
- Bordo: sporgenza del piano superiore finalizzata a trattenere il carico.

In relazione all'impiego del pallet, i collegamenti dei suoi componenti possono essere realizzati mediante l'uso di chiodi, graffe e altri particolari elementi di fissaggio.

Chiodi

Il chiodo è quell'elemento di fissaggio costituito da una testa e da un gambo a sezione tonda o quadrata, generalmente a punta, concepito per essere infisso a impulsi. Le caratteristiche che definiscono tecnicamente un chiodo sono la lunghezza, il diametro del filo, la testa, le tacche di mordenza, il gambo, la punta e la parte filettata.

La scelta dei chiodi da usare nella fabbricazione dei pallet dipende dal tipo di legno, dalla sua umidità, dallo spessore dei segati, dalla resistenza allo strappo e a volte dall'ambiente climatico o chimico di destinazione del prodotto. Per la realizzazione di un pallet occorrono in media una settantina di chiodi aventi peso complessivo compreso tra i 400 e i 1000 grammi. Nel caso di fabbricazione a catena, con caricamento automatico dei chiodi, questi ultimi sono venduti sfusi o confezionati in rulli nelle pistole pneumatiche. La composizione chimica e gli eventuali trattamenti tecnici conferiscono al chiodo resistenze meccaniche anche notevolmente diverse. I chiodi più impiegati sono quelli con una parte del gambo sagomata in modo tale da offrire un'aderenza migliore e una maggiore resistenza all'estrazione. Sono suddivisi in (Figura 6):

- Chiodo liscio
- Chiodo elicoidale
- Chiodo anellato
- Chiodo a filettatura interrotta
- Chiodo dentellato
- Chiodo ritorto

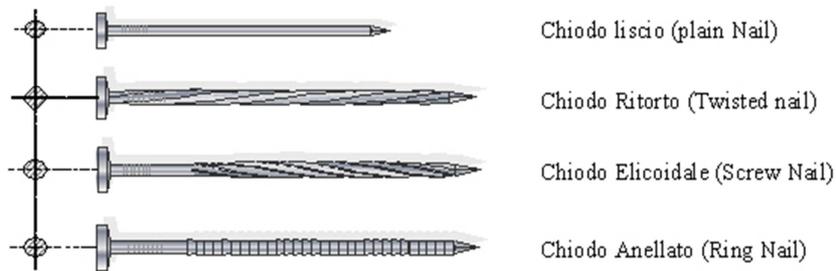


Figura 6: tipi di chiodi utilizzati

Graffe

La graffa è un elemento di fissaggio a forma di U, realizzato con filo a sezione rotonda o quadrata, con due gambe generalmente appuntite e per lo più della stessa lunghezza. Sono impiegate di solito per la fabbricazione di pallet a perdere a due vie e , qualche volta, per assemblare i piani del pallet a quattro vie; nel caso di pallet EUR-EPAL la graffa riveste il ruolo di marchio di qualità.

Viti

Elemento di fissaggio munito di punta e di testa, con filettatura lungo una parte del gambo e una tacca, o altro tipo di incisione, nella testa in cui si introduce la punta del cacciavite per facilitare la rotazione al momento dell'inserimento.

Bulloni

Elemento metallico di collegamento costituito da una testa quadrata o esagonale e da un gambo cilindrico filettato su cui si avvita un dado, si utilizza insieme a rondelle nei pallet che devono supportare carichi elevati.

Angolari metallici

Impiegati in certi casi per tenere insieme i quattro angoli. Fissati con rivetti, gli angolari conferiscono al pallet una maggiore rigidità, ma provocano una perdita di elasticità rispetto ai pallet assemblati coi chiodi.

Piastre metalliche

Usate nella riparazione. Devono misurare minimo 70 mm in lunghezza e larghezza e avere almeno quattro file di denti con altezza 8,3 mm. Sono applicate con attrezzi meccanici, idraulici o pneumatici e vengono soprattutto adoperate per la riparazione dei travetti dei pallet a due vie. Per ogni riparazione occorrono almeno due piastre applicate una opposta all'altra, devono essere allineate in modo che non superino i bordi, mentre i denti della piastra devono essere inseriti nel legno.

Le caratteristiche dei chiodi e degli altri elementi di fissaggio sono particolarmente importanti per stabilire la prestazione dei pallet. Le prove effettuate su pallet uguali, ma realizzati usando chiodi di diversa tipologia hanno evidenziato variazioni, anche notevoli, della capacità di carico.

Oltre a fare molta attenzione ai tipi di elementi di fissaggio scelti non bisogna trascurare la loro disposizione nelle diverse parti del pallet. Gli elementi di fissaggio devono essere disposti in maniera tale da non fuoriuscire dai bordi di una tavola, di una traversa o di un blocchetto; devono essere infissi nel legno a una profondità per cui le teste non sporgano e si trovino al massimo a 3 mm sotto la superficie e a una distanza minima di 20 mm da bordi, traverse, blocchetti e dal foro centrale del blocchetto in agglomerato. Non devono essere inseriti parallelamente alla direzione della fibratura del legno per non provocare la formazione di fessurazioni; il chiodo dovrebbe penetrare nel blocchetto per almeno due terzi della sua lunghezza, senza fuoriuscire dalla parte opposta (Figura 7).

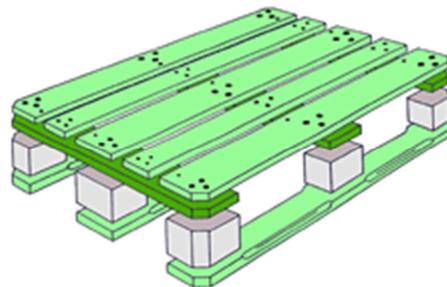


Figura 7: corretta chiodatura di un pallet

4. La normativa tecnica di riferimento

Le caratteristiche dei pallet necessitano di essere vincolate da norme tecniche di riferimento che riguardano diversi ambiti. Le norme generali sono relative alle dimensioni principali del pallet e alla definizione delle sue componenti. Per quanto concerne le prime si fa riferimento alla norma UNI EN 13382⁷ valida in Europa a partire dal 2002. La norma specifica le principali dimensioni e le tolleranze per nuovi pallet piatti a un piano e a due piani e per i pallet piatti non reversibili. A livello internazionale è inoltre in vigore la norma ISO 6780⁸ che definisce anch'essa dimensioni e tolleranze per pallet nuovi e ne indica sei tipi in relazione alla regione di utilizzo.

Per quanto riguarda invece le componenti si fa riferimento alla norma UNI EN ISO 445⁴. Essa definisce i termini relativi al pallet usato per la movimentazione e il trasporto di merci in carichi unitari, descrivendone le componenti principali.

Le Norme prestazionali fanno invece riferimento alle prove statiche (compressione, flessione, deformazione e resistenza ad assemblaggi) e dinamiche (es. comportamento agli urti) cui sottoporre il pallet per testarne le prestazioni meccaniche. In questo caso le norme in vigore sono la UNI EN ISO 8611-1⁹ e la UNI 11066¹⁰. La prima fa riferimento ai prototipi e ai pallet piatti per la movimentazione. La seconda norma costituisce invece uno strumento tecnico per la realizzazione di pallet riutilizzabili di legno e fornisce i termini, le definizioni, gli elementi necessari per la progettazione, i criteri di costruzione, le prestazioni, le prove, i limiti di accettabilità e la marcatura. Essa definisce anche le modalità per la riparazione e l'utilizzo di tali pallet, riutilizzabili purché non superino il carico nominale originario per la destinazione d'uso prevista.

Le Norme relative ai materiali fissano le caratteristiche dei materiali di base utilizzati per la fabbricazione del pallet e dei suoi elementi. A livello europeo sono in vigore la norma UNI EN 12246¹¹ e la UNI EN 12249¹².

Le norme relative agli assemblaggi sono concepite per garantire un'elevata qualità degli assemblaggi, fattore sostanziale per determinare le caratteristiche dei pallet e la loro solidità e resistenza a urti e deformazioni. In particolare si fa riferimento alla norma EN ISO 12777¹³, divisa in tre parti.

Le norme relative al prodotto sono la UNI EN 13698-1¹⁴ e la UNI EN 13698-2¹⁵, che stabiliscono i requisiti di prestazione e le specifiche per la produzione del pallet, con particolare riferimento a quelli di legno con

dimensioni 800 x 1200 mm e 1000 x 1200 mm, ovvero i pallet maggiormente prodotti a livello europeo.

Le norme UIC-EPAL (Fiche UIC 435-2^b, Fiche UIC 435-4^c) rispondono alle esigenze di standardizzazione relative all'interscambio, la produzione, il commercio e la riproduzione del pallet in legno 800 x 1200; si tratta di un capitolato tecnico definito dall'UIC (Unione Internazionale delle Ferrovie o Union Internationale des Chemins de Fer) e supportato dall'introduzione del sistema di qualità EPAL. Ad esse va aggiunto il regolamento tecnico EPAL per la fabbricazione, il commercio, e la riparazione dei prodotti di qualità certificata e del controllo di qualità che definisce le condizioni di omologazione di fabbricanti e riparatori, così come le esigenze e le modalità di controllo, è un documento di riferimento per produttori commercianti e riparatori.

Le norme di manutenzione fissano le condizioni generali di manutenzione dei pallet usati, affinché garantiscano adeguate prestazioni meccaniche nel tempo (UNI EN ISO 18613¹⁶).

Nel 2002 la convenzione internazionale per la protezione dei vegetali, supervisionata dalla Fao, ha elaborato lo standard ISPM-15^d, per la regolamentazione degli imballaggi in legno nel commercio internazionale. Tale norma è molto importante ai fini della riduzione dei parassiti e per la protezione dal rischio di introduzione di organismi nocivi, soprattutto quando si esportano o importano merci da un continente a un altro. Le misure di intervento previste dall' ISPM-15 sono il trattamento termico (HT), che prevede di portare la temperatura del cuore del legno ad almeno 56° per un minimo di 30 minuti; e la fumigazione con bromuro di metile per un tempo di esposizione di almeno 16 ore alla concentrazione di 48 g/m³ a una temperatura di 21°C.

Le linee guida prevedono che gli imballaggi in legno grezzo e il materiale da stivaggio trattati in conformità all'ISPM-15 siano certificati attraverso l'apposizione del marchio "IPPC/FAO-FITOK" in maniera indelebile e chiaramente visibile.

^b Fiche UIC 435-2 per la costruzione di un pallet europeo in legno a quattro entrate 800 x 1200 e del pallet piano a quattro entrate 1000 x 1200.

^c Fiche UIC 435-4 per definire i danni ai pallet Eur e in funzione di essi fissare le necessarie esigenze di riparazione, controllo e marcatura.

^d <http://www.ispm15.com/start.htm#europe>

Esiste infine una normativa ambientale che serve a stabilire i requisiti essenziali specifici relativi all'impatto ambientale degli imballaggi a cui le imprese, nel proprio sistema di qualità si devono adeguare. In alternativa, all'applicazione delle norme tecniche specifiche sui requisiti essenziali, un'azienda può dimostrare la conformità ai requisiti essenziali attraverso una propria metodologia inserita in un sistema di gestione della qualità (UNI EN ISO 9000) o dell'ambiente (UNI EN ISO 14000). In Italia attualmente l'applicazione di queste norme tecniche non è ritenuta obbligatoria.

L'attuale studio LCA rientra proprio nelle attività facoltative di tipo ambientale che un'azienda può decidere di intraprendere e rientra a pieno titolo nella normativa generale ISO 14000.

5. Scopo e campo di applicazione dello studio

La scelta dell'unità funzionale in uno studio LCA dipende fortemente dallo scopo per cui lo studio è stato intrapreso. Nel caso presente, oltre a valutare la sostenibilità del pallet EUR/EPAL come prodotto, si vuole anche mettere in evidenza il ruolo della gestione in interscambio rispetto ad una modalità a perdere (o one-way). Pertanto vi è un duplice obiettivo: l'analisi del prodotto in sé, ma anche la valutazione comparativa dei due sistemi di gestione. Le due scelte non sono neutre ai fini della definizione del campo di applicazione dello studio. In particolare, la scelta dei confini del sistema risulta influenzata dall'obiettivo dello studio, almeno per quanto riguarda la fase di uso del pallet.

Il pallet una volta prodotto viene venduto alle industrie che lo utilizzano per movimentare le merci. Le distanze percorse dal pallet durante la sua vita, sia esso carico di merce o a vuoto, possono essere considerate parte della sua vita o meno. La risposta a questa domanda non è affatto scontata in quanto si potrebbe obiettare che senza pallet non ci sarebbe movimentazione merci e quindi il carico ambientale dei trasporti non debba essere attribuito al pallet, bensì alle merci trasportate.

Ovviamente un pallet in interscambio, che ha una lunga vita (stimata in circa 2,5 anni), viene caricato delle emissioni del trasporto se tutti i chilometri percorsi nei due anni e mezzo di vita devono essere inclusi nella fase di uso; ai fini quindi di una analisi LCA del prodotto in sé avrebbe senso considerare una distanza prefissata, come potrebbe essere altrettanto interessante valutare il contributo complessivo dei chilometri percorsi per fare una comparazione interna con le altre fasi della vita del prodotto. La scelta, invece, non è più neutra nel momento in cui si deve fare una analisi comparativa, in particolare con un altro sistema di gestione. La scelta del sistema di gestione ha una notevole influenza sulla vita del pallet, misurata in termini di distanza media percorsa dal pallet dal momento in cui lascia l'azienda produttrice fino a quando non viene conferito al centro di raccolta imballaggi a fine vita.

Nel caso quindi in cui si voglia fare una analisi comparativa tra sistemi di gestione occorre ripensare alla funzione del pallet. Poiché la funzione del prodotto oggetto di studio, vale a dire il pallet EUR/EPAL, è trasportare merci, l'unità funzionale del sistema è il trasporto di una quantità prefissata di merce per una distanza predefinita. Potendo decidere a priori una quantità prefissata di merce trasportata senza ledere la generalità dello studio, l'unità funzionale è una distanza prefissata di trasporto merce

misurata in km. Tuttavia è possibile assumere come flusso di riferimento il pallet stesso e solo in un secondo momento considerare l'unità funzionale.

In accordo con questa scelta verranno presentati i risultati in una duplice veste:

1. Riferiti alla vita di un pallet EUR/EPAL, considerando pertanto tutti i km percorsi dal pallet durante la sua vita
2. Riferiti ad una distanza prefissata in modo da poter effettuare un confronto sensibile con altri sistemi di gestione.

In termini di materiali si è assunto che un pallet EUR/EPAL, come descritto precedentemente, equivalga a 21,8 kg di legno, 0,7 kg di chiodi e 13,15 g di metallo per la graffa EPAL.

I dati utilizzati nello studio sono in parte dati primari forniti dalle aziende visitate che sono state suddivise in tre tipologie:

- Produttori integrati, ovvero aziende con la segheria interna
- Assemblatori, ovvero aziende senza segheria
- Riparatori

Il confine temporale dello studio è l'anno 2008; il confine geografico è limitato al territorio nazionale per quanto riguarda le aziende coinvolte, ma le distanze percorse dai materiali sono quelle reali anche per i materiali importati dall'estero.

L'analisi degli impatti è stata eseguita utilizzando due metodologie che fanno riferimento a due diversi indicatori:

- ECOINDICATOR 99 – PROSPETTIVA HIERARCHIST (H/A)
- IPCC2007 GWP100

Il primo è un indicatore che considera 11 diverse categorie di impatto, è molto noto e ampiamente utilizzato nell'ambito degli studi LCA. Vista la sua ampia diffusione, questo indicatore offre anche la possibilità eventualmente di effettuare analisi comparative con altri studi di settore.

Gli impatti considerati in Ecoindicator99 (EI99) sono: sostanze cancerogene (Carcinogens), affezioni respiratorie da sostanze organiche (Respiratory organics), affezioni respiratorie da sostanze inorganiche (Respiratory inorganics), cambiamenti climatici (effetto serra) (Climate change), radiazioni (Radiation), assottigliamento dello strato di ozono (Ozone layer),

ecotossicità (Ecotoxicity), acidificazione e eutrofizzazione (Acidification/Eutrophication), uso del suolo (Land use), consumo di risorse minerali (Minerals), consumo di combustibili fossili (Fossil fuels).

L'utilizzo di indicatori che fanno ricorso a molteplici categorie di impatto richiede che i risultati vengano normalizzati e pesati affinché le diverse categorie siano omogenee e confrontabili anche tra loro. Questa procedura, peraltro approvata dalle norme ISO, consente di esprimere il risultato degli impatti in un'unica unità di misura chiamata Eco-punto (Pt). Nel processo di pesatura vengono introdotti dei fattori che variano in funzione della prospettiva adottata; in questo lavoro è stata scelta la prospettiva che è normalmente consigliata e più usata negli studi di settore: prospettiva Hierarchist (H/A). I risultati normalizzati e pesati possono essere anche raggruppati in tre macrocategorie di danno: salute umana, qualità dell'ecosistema, risorse naturali.

Il secondo indicatore considera una sola categoria di impatto, l'effetto serra, e utilizza grandezza di riferimento il Global Warming Potential o GWP misurato in quantità di CO₂-equivalente. I dati di conversione per i diversi gas ad effetto serra sono prodotti dall'organismo internazionale "International Panel on Climate Change" (IPCC) e in questo lavoro si è adottata la prospettiva di 100 anni. Questo indicatore ha il pregio di essere molto immediato, universalmente riconosciuto e offre una facile interpretazione dei risultati di uno studio LCA. La sua popolarità è in continua crescita anche grazie all'attenzione mediatica rivolta ai problemi di riscaldamento globale. Inoltre, uno studio LCA che esprima gli impatti in questa unità è anche noto con il nome di Carbon Footprint Analysis¹⁷.

I confini tecnologici dei sottosistemi studiati sono delineati con precisione nei rispettivi paragrafi.

Lo studio è stato condotto in accordo con quanto richiesto dalle norme di riferimento in materia di analisi del ciclo di vita, ISO 14040 e ISO 14044.

Per l'esecuzione dello studio è stato utilizzato un software dedicato: SIMAPRO 7.1. I dati primari e secondari necessari per l'analisi dei diversi cicli di vita sono stati quindi introdotti conformemente alle richieste dello strumento adottato che talvolta non risultano sempre intuitive.

E' stata adottata la seguente regola di cut-off. Sono stati trascurati i flussi di materia che contribuivano a impatti percentuali inferiori a 1% rispetto alla singola unità di processo a cui erano riferiti.

L'allocazione dei flussi di energia, combustibili e materiali è stata effettuata in base alle produttività su media annuale. In molti casi non è stato possibile scorporare le linee di produzione di pallet EUR/EPAL da pallet non standard e quindi l'allocazione è stata effettuata sulla produttività complessiva.

6. Eco-Indicator 99^e

Il primo indicatore scelto per il presente studio è l'Eco-Indicator 99, sviluppato da Prè Consultant e disponibile nel software Simapro 7.1^f (Figura 8).

L'Eco-Indicator 99 si autodefinisce un metodo di pesatura e valutazione degli effetti ambientali che danneggiano gli ecosistemi o la salute umana su scala europea.

L'importanza relativa dei diversi effetti deve essere stabilita tramite opportuni fattori di pesatura che consentano il confronto della gravità dei diversi impatti potenziali normalizzati su una stessa scala di riferimento (Eco-Indicator-Points); in pratica viene stabilita una correlazione di confronto che consente di determinare livelli di danno equivalente per i diversi effetti ambientali.

Per pervenire a un risultato totale e univoco dell'impatto ambientale del processo in esame non resta che definire l'Eco-Indicator come la somma degli Eco-Indicator-Points calcolati per i singoli impatti.

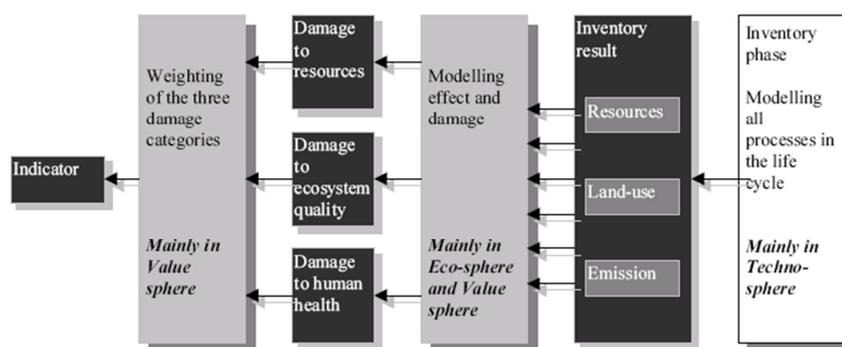


Figura 8: schema generale di Eco-Indicator 99^g

^e <http://www.pre.nl/eco-indicator99/ei99-reports.htm>, visitato agosto 2011

^f http://www.pre.nl/simapro/simapro_lca_software.htm, visitato agosto 2011

L'Eco-Indicator 99 si basa sull'utilizzo di tre macrocategorie di danno ambientale :

- 1 Salute umana (Human Health).
- 2 Qualità dell'ecosistema (Ecosystem Quality).
- 3 Risorse (Resources).

La macrocategoria "salute umana"

La salute di un individuo e la sua normale vita possono essere ridotte o alterate da malattie o disfunzioni temporanee o permanenti. In particolare, l'Eco-Indicator 99 analizza i danni alla salute provocati dalle seguenti categorie d'impatto (per ognuna vengono anche indicati i principali effetti):

- Danni causati da sostanze cancerogene (HH Carcinogenic effects).
- Danni respiratori causati da sostanze organiche (HH Respiratory effects (organics)).
- Danni respiratori causati da sostanze inorganiche (HH Respiratory effects (inorganics)).
- Danni causati dai cambiamenti climatici (HH Climate change).
- Danni causati dalle radiazioni ionizzanti (HH Radiation).
- Danni causati dall'assottigliamento dello strato di ozono (HH Ozone depletion).

Per soppesare i diversi danni provocati da alterazioni ambientali Eco-Indicator 99 utilizza come unità di misura il DALY (Disabled Adjusted Life Years), una scala sviluppata da WHO^h e World Bank che racchiude molte disabilità e attribuisce un valore tra 0 (perfetta salute) e 1 (morte). Ad esempio, se un tipo di cancro riduce di 10 anni l'aspettativa di vita media, ogni caso ha un valore di 10 DALY (1 x 10 anni)¹⁸.

^g The Eco-Indicator 99. A damage oriented-method for Life Cycle Impact assessment, <http://www.pre.nl/eco-indicator99/ei99-reports.htm>, visitato agosto 2011

^h http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/, visitato agosto 2011

La macrocategoria “qualità dell’ecosistema”

La complessità degli ecosistemi, a tutt’oggi oggetto di studio in numerose discipline, non consente di determinare facilmente gli impatti determinati dal fattore di pressione oggetto d’analisi. Numerose sono infatti le interazioni che avvengono all’interno di un ecosistema, con la conseguente determinazione di feedback, effetti non previsti, non-linearità in processi all’apparenza semplici.

Eco-Indicator 99 esprime i danni potenziali per questa macrocategoria sotto forma di frazione di specie minacciate o scomparse in una certa area geografica, in un dato intervallo di tempo, per la mutazione di determinate condizioni. In pratica, la qualità dell’ecosistema analizzato diminuisce all’aumentare della percentuale di specie (animali o vegetali) in pericolo o scomparse. La qualità dell’ecosistema viene valutata mediante differenti criteri, a seconda della categoria d’impatto alla base della pressione generata:

- Danni causati dall'emissione di sostanze tossiche (Ecotoxicity):
per la valutazione del danno conseguente alla presenza di sostanze tossiche nell’ambiente si utilizza il metodo sviluppato dal RIVMⁱ, che determina la frazione potenzialmente colpita o danneggiata (PAF, Potentially Affected Fraction) delle specie animali o vegetali in relazione alla concentrazione di elementi tossici. La PAF esprime la percentuale delle specie esposte ad una concentrazione superiore al NOEC (No Observed Effect Concentration), ossia la soglia sotto cui non si rilevano effetti osservabili.
- Danni causati dalla combinazione degli effetti di acidificazione ed eutrofizzazione (Acidification/eutrophication):
i danni indotti da questi due fenomeni si manifestano con processi biochimici complessi; di conseguenza, non è possibile utilizzare la PAF per quantificarne i danni. Si considerano allora gli effetti osservati direttamente sulle piante colpite, utilizzando la probabilità che una specie vegetale sopravviva in un’area colpita da acidificazione ed eutrofizzazione. Questa probabilità è definita POO (Probability Of Occurrence) e viene

ⁱ Istituto nazionale per la salute pubblica e l’ambiente dell’Olanda, www.rivm.nl/en

utilizzata per ricavare la frazione di specie potenzialmente scomparsa, o PDF (Potentially Disappeared Fraction) con la relazione: $PDF = 1 - POO$. Questo indicatore utilizza solamente specie obiettivo poiché non sempre acidificazione ed eutrofizzazione provocano una diminuzione di tutte le specie animali; inoltre, queste due categorie di impatto sono state combinate perché non è stato possibile separarne gli effetti. Un'ulteriore ipotesi sottende che la situazione ambientale olandese sia rappresentativa per l'Europa, visto che il modello informatico "Natuurplanner" utilizzato è disponibile solo per l'Olanda. Non sono considerate per questi fenomeni le emissioni in acqua per mancanza di dati in proposito e perché la superficie europea coperta dall'acqua è limitata (circa il 3%). Va aggiunto che nei danni prodotti da acidificazione ed eutrofizzazione viene considerata anche la scomparsa di specie riconducibile alle modalità di uso del territorio (e da eventuali cambiamenti di destinazione): in questo modo è possibile considerare gli effetti ambientali provocati, ad esempio, dalla scelta di destinare una parte del territorio a discarica.

- Danni causati dall'occupazione e riconversione del territorio (Land-use):

anche per questa categoria d'impatto si utilizza la PDF (Potentially Disappeared Fraction). Vengono considerate tutte le specie e non solo alcune utilizzate come obiettivo. In particolare, per l'uso del suolo vengono considerati quattro effetti: occupazione locale del territorio, conversione locale del territorio, occupazione regionale (cioè nelle zone adiacenti alle aree effettivamente occupate) del territorio, conversione regionale del territorio. I dati sono ottenuti da osservazioni e non da modelli attraverso le due unità di misura PDF e PAF utilizzando la relazione $PDF = PAF/10$.

La macrocategoria "risorse"

Viene qui considerato l'utilizzo di alcune risorse non rinnovabili:

- Danni causati dall'estrazione dei minerali (R Minerals)
- Danni causati dall'estrazione dei combustibili fossili (R Fossil fuels)

Gli effetti dell'utilizzo di aree agricole e dello sfruttamento delle miniere non

vengono qui considerati: essi sono infatti analizzati all'interno degli effetti generati dalla categoria di impatto uso del suolo (land use), compresa nella macrocategoria qualità dell'ecosistema.

Data l'incertezza presente sui depositi naturali e sulle riserve di combustibili fossili e minerali, non è stata effettuata un'analisi quantitativa sul rapporto consumi/riserve ma è stata analizzata solo la qualità delle risorse disponibili. Si parte dal presupposto che le risorse vengano estratte innanzitutto dalle zone ad alta concentrazione, dai depositi ricchi, e a seguire in maniera decrescente dalle zone a bassa concentrazione. Il calo della concentrazione delle risorse fossili o minerali viene poi convertito nell'energia aggiuntiva necessaria per l'estrazione della stessa risorsa (MJ surplus). È stato utilizzato come valore di riferimento l'aumento di energia necessario per l'estrazione di un kg di sostanza a seguito di un'estrazione globale che è 5 volte la quantità totale estratta dall'inizio dell'estrazione fino al 1990. Questo valore non ha significato in termini assoluti, ma serve a uniformare le estrazioni di materiali diversi.

Va precisato che, al contrario delle due macrocategorie precedenti, il metodo utilizzato per determinare i danni potenziali arrecati alle risorse non è accettato a livello internazionale.

Il processo di normalizzazione

La normalizzazione dei risultati consiste nell'effettuare un rapporto tra i punteggi delle tre macrocategorie di danno e i rispettivi valori di riferimento. Questi ultimi sono definiti come il contributo medio annuo di un determinato impatto ambientale imputabile ad un abitante in Europa. Si può quindi affermare che la normalizzazione è una procedura necessaria a mostrare se un sottoprocesso (ad es. la composizione e il trasporto del vetro) ha un contributo rilevante rispetto ad un determinato problema ambientale (ad es. la qualità dell'ecosistema).

Operativamente, il procedimento consiste nel dividere il punteggio dell'indicatore d'impatto considerato per il valore di riferimento; quest'ultimo può essere ottenuto in vari modi, ad esempio utilizzando il seguente metodo:

- Trovare le emissioni totali e il consumo totale di risorse causate dal sistema di riferimento durante un periodo di riferimento (di solito pari ad un anno).
- Calcolare le categorie di impatto e, se possibile, i punteggi di danno, usando la caratterizzazione e i fattori di danno.

- Dividere il risultato ottenuto per il numero di abitanti dell'area considerata.

I dati di riferimento utilizzati per la normalizzazione sono costituiti dalla somma delle emissioni e delle estrazioni di materie prime per abitante calcolate sulla base di dati europei ed olandesi tra il 1990 ed il 1994.

Il principale vantaggio derivante dalla fase di normalizzazione è la possibilità di ottenere tutti i risultati nella medesima forma dimensionale, operazione preliminare alla successiva pesatura. In questo modo i risultati così ottenuti sono confrontabili tra di loro in termini di abitante equivalente, per cui è possibile valutare relativamente a ogni singolo effetto ambientale l'entità dell'impatto potenziale.

Un altro vantaggio è che le categorie d'impatto che contribuiscono in maniera poco rilevante al totale degli impatti possono essere facilmente individuate ed escluse dall'analisi, riducendo così il numero di fattori da valutare.

Il metodo di pesatura

La pesatura è la fase successiva alla normalizzazione e consiste nello scalare l'importanza relativa dei diversi impatti potenziali normalizzati su una stessa scala di riferimento.

Come si può facilmente intuire, la pesatura è il passaggio che maggiormente si presta a critiche per il suo carattere di soggettività intrinseco nella scelta dei pesi, infatti con questo procedimento l'importanza e la gravità di determinati problemi ambientali rispetto ad altri non vengono determinati attraverso metodi scientifici, ma semplicemente riflettono il modo di pensare di una società o del gruppo di persone che ha codificato il set di pesi.

Secondo quanto viene dichiarato dagli studiosi che hanno implementato il metodo, la fase di pesatura delle macrocategorie dovrebbe rappresentare la visione della società europea nella maniera più fedele possibile.

Per ottenere questo dato si può procedere utilizzando due differenti approcci:

- attraverso le preferenze rivelate (*revealed approach*): i metodi basati su tale assunto valutano solitamente gli obiettivi che si prefiggono le organizzazioni governative oppure il costo che la società è disposta a pagare per evitare o limitare un certo impatto.
- Attraverso il *panel approach*: cioè fornendo questionari a un gruppo

selezionato di persone che rappresentano l'intera società (panel).

Nel metodo Eco-Indicator 99 i creatori hanno scelto di studiare le preferenze attraverso un campione di 365 membri della piattaforma di discussione svizzera sugli LCA, adottando quindi il metodo del panel approach. Per evitare i problemi che si erano già manifestati in altri casi di uso di tale approccio (grande dispersione nelle risposte, grande influenza del modo di porre le domande, astrattezza di molte richieste) gli estensori del metodo hanno deciso di limitare la scelta dei pesi a sole tre macrocategorie, facilitando il compito delle persone chiamate a esprimersi poiché non erano necessari esperti nei vari settori come nei casi in cui si pesano le categorie d'impatto invece che quelle di danno (Tabella 1).

In sintesi, i possibili modelli di attribuzione di peso sono:

- Individualistico (Individual perspective – I): questo approccio considera solo le sostanze i cui effetti dannosi, sul breve periodo (100 anni al massimo), sono dimostrati; assume inoltre che l'adozione di opportune tecnologie e lo sviluppo economico possano risolvere tutti i problemi ambientali. La differenza eclatante rispetto alle altre due prospettive è l'assunzione secondo cui i combustibili fossili non sono esauribili: la categoria di impatto relativa è, infatti, lasciata fuori dalla fase di attribuzione dei pesi. I pesi attribuiti alle categorie di danno per l'individuazione dell'indicatore sono: HH 55 % - EQ 25 % - R 20 %.
- Gerarchico (Hierarchical perspective – H): questo approccio considera tutte le sostanze sui cui effetti dannosi c'è consenso, anche se non sono dimostrati, e si esplicano sul medio periodo; assume inoltre che i problemi ambientali possano essere risolti attraverso adeguate scelte politiche. I pesi attribuiti alle categorie di danno per l'individuazione dell'indicatore sono: HH 30 % - EQ 40 % - R 30 %.
- Egalitario (Egalitarian perspective – E): questo approccio considera tutte le sostanze che possono provocare effetti dannosi, anche se su tali effetti non c'è consenso, e li considera sul lungo periodo. È un approccio molto conservativo in quanto è basato sul presupposto che i problemi ambientali siano difficilmente risolvibili e possano portare a catastrofi. I pesi attribuiti alle categorie di danno per l'individuazione dell'indicatore sono: HH 30 % - EQ 50 % - R 20 %.

Tabella 1: Pesi relativi delle tre macrocategorie d'impatto nei tre metodi di attribuzione

Macrocategoria	Eco-Ind. 99 Individualist	Eco-Ind. 99 Hierarchist	Eco-Ind. 99 Hierarchist
Qualità dell'ecosistema	25%	40%	50%
Salute umana	55%	55%	30%
Risorse	20%	30%	20%

7. IPCC2007: GWP 100

Questo metodo è stato creato nel 2007 dall'International Panel on Climate Change (IPCC)^j come upgrade dell'IPCC2001. Il Global Warming Potential (GWP) è una misura di quanto una massa di gas contribuisce al "global warming" o effetto serra. È una scala relativa che compara il gas in questione con la stessa massa di CO₂. Un GWP è sempre calcolato in riferimento ad uno specifico intervallo temporale, nel caso del GWP 100 il periodo individuato è pari a 100 anni, ma potrebbe essere anche 20 o 500. Il metodo non necessita di normalizzazione o pesatura e si basa su alcune considerazioni:

- Non viene inclusa la formazione indiretta di monossido di diazoto dalle emissioni di azoto.
- Non vengono considerati gli effetti indiretti descritti dall'IPCC.
- Non viene inclusa la formazione di CO₂ dalle emissioni di CO.
- La CO₂ biologica immagazzinata nel materiale ha un impatto negativo.

I valori di GWP_i relativi a tutte le sostanze classificate dall'IPCC come aventi un'influenza sull'effetto serra e attualmente utilizzati nel calcolo dell'effetto serra sono riportati in Appendice A. Il calcolo della quantità di CO₂-equivalente viene effettuato così:

$$GWP = \sum GWP_i \cdot m_i$$

GWP_i: potenziale di riscaldamento globale della sostanza i-esima
m_i: quantità in massa della sostanza i-esima.

^j <http://www.ipcc.ch/>, visitato agosto 2011

8. La filiera del pallet^{19,20}

Per poter effettuare un'analisi accurata del prodotto pallet sono necessarie alcune premesse su quella che possiamo definire la filiera del pallet. La catena logistica del pallet (Figura 9) può essere descritta in base a chi fa della gestione del pallet il proprio business principale: gli "attori dell'offerta" e gli "utilizzatori" che se ne servono per le loro attività operative. Nella prima categoria si possono distinguere:

- Produttori: aziende specializzate nella produzione di differenti tipologie di pallet.
- Riparatori: si occupano del ricondizionamento dei pallet danneggiati.
- Grossisti/importatori: commercializzano i pallet nuovi e usati prodotti in Italia e all'estero.
- Noleggiatori: offrono la gestione del parco pallet.

Sul lato degli utilizzatori troviamo operatori logistici, aziende manifatturiere, aziende commerciali e trasportatori; ovvero tutti quei soggetti che in modo diretto utilizzano i pallet per movimentare le merci proprie e/o per conto terzi.

I pallet EPAL nuovi, la cui produzione in Italia è stata di 8,5 milioni di unità nel 2008, possono essere realizzati assemblando i semilavorati di provenienza estera oppure mediante lavorazione di materie prime direttamente in loco; una quota di tale produzione viene immessa direttamente sul mercato tramite il canale del commercio all'ingrosso degli imballaggi industriali, anche se gran parte dei pallet venduti in Italia dai commercianti è di provenienza estera.

I produttori di pallet forniscono sia gli utilizzatori sia i noleggiatori; prendendo come riferimento CHEP^k, il maggiore operatore del noleggio pallet presente in Italia, si stima un parco di oltre 9 milioni di pezzi, 13,5 milioni di pallet noleggiati (di cui il 30% è destinato alle esportazioni) e circa 1000 clienti.

Le aziende manifatturiere (industrie di marca) ricevono i pallet dai fornitori di materie prime o dal mercato, dai produttori di pallet o dai riparatori di pallet.

^k www.chep.com, visitato agosto 2011

Le aziende della distribuzione si interfacciano da un lato con i fornitori di beni e servizi e dall'altro con i clienti; ricevono la merce e la distribuiscono tramite l'utilizzo di operatori logistici e trasportatori con cui spesso hanno anche accordi di gestione e movimentazione presso i centri di distribuzione.

I riparatori assistono gli utilizzatori per la gestione del parco EPAL nazionale, cercando di limitare le perdite di pallet sia riparandoli sia offrendo agli utilizzatori pallet usati in cambio di pallet danneggiati.

Da ultimo, lo smaltimento dei pallet non riparabili è assicurato da appositi operatori, mentre nel caso vengano barattati con il riparatore è quest'ultimo che decide se smaltirli, ripararli o recuperare i componenti riutilizzabili.

I produttori di pallet

In Italia si stimano circa 300 aziende produttrici di pallet e imballaggi terziari di cui 52 certificate per la produzione di pallet EUR/EPAL e riunite nel gruppo produttori pallet di FEDERLEGNO.

Le aziende produttrici si dividono in due principali categorie:

- Produttori integrati: aziende che acquistano come materia prima legname e che sono dotate di segheria interna per formare tavole, blocchetti e travi. Attualmente ci sono sette aziende di questo tipo in Italia.
- Assemblatori: aziende che non sono dotate di segheria interna e acquistano come materia prima assi, blocchetti, infissi, e travi; sono presenti 45 aziende di questo tipo in Italia.

Ai fini dello studio LCA è necessario definire i flussi di materia ed energia che attraversano i confini di queste aziende. I modelli che verranno poi usati nella fase di inventario sono schematizzati in Figura 10 e Figura 11.

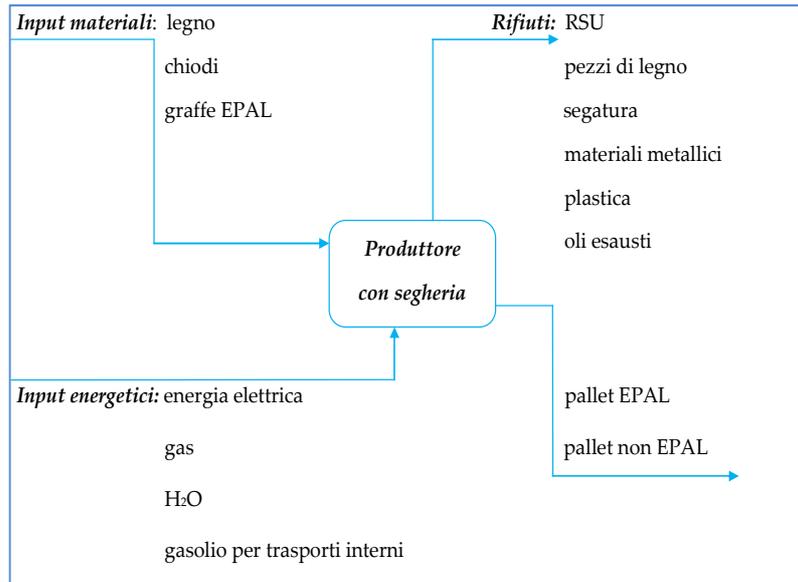


Figura 10: schema di processo dei produttori integrati.

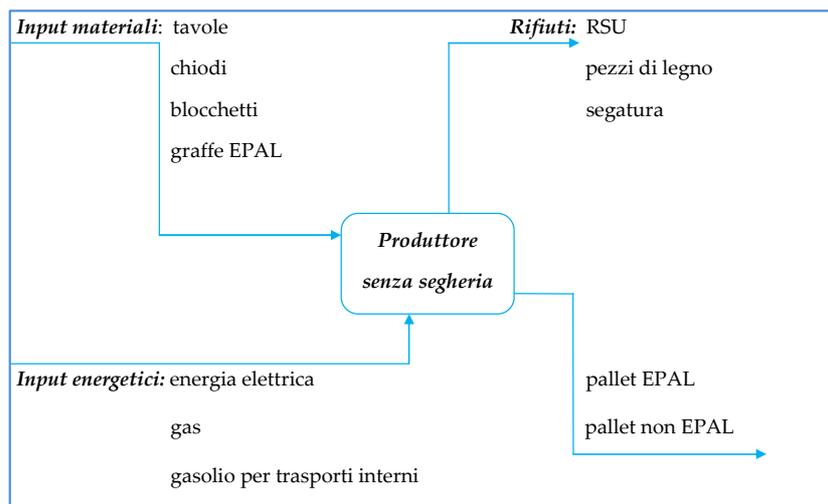


Figura 11: Schema di processo degli assemblatori.

In base ai volumi di produzione realizzati e ai modelli fabbricati, la realizzazione di pallet può essere suddivisa in quattro categorie.

- Fabbricazione artigianale: gli investimenti sono poco elevati e la produzione è bassa, circa 20-25 pallet a persona per ora. La pistola chiodatrice e la stazione di chiodatura rappresentano le attrezzature di base.
- Fabbricazione semiautomatizzata: il ritmo di produzione di questi impianti è compreso tra i 60 e gli 80 pallet all'ora in base al modello. L'attrezzatura di lavoro è composta da uno o più banchi automatici di chiodatura riforniti di tavole e blocchetti sia automaticamente sia manualmente.

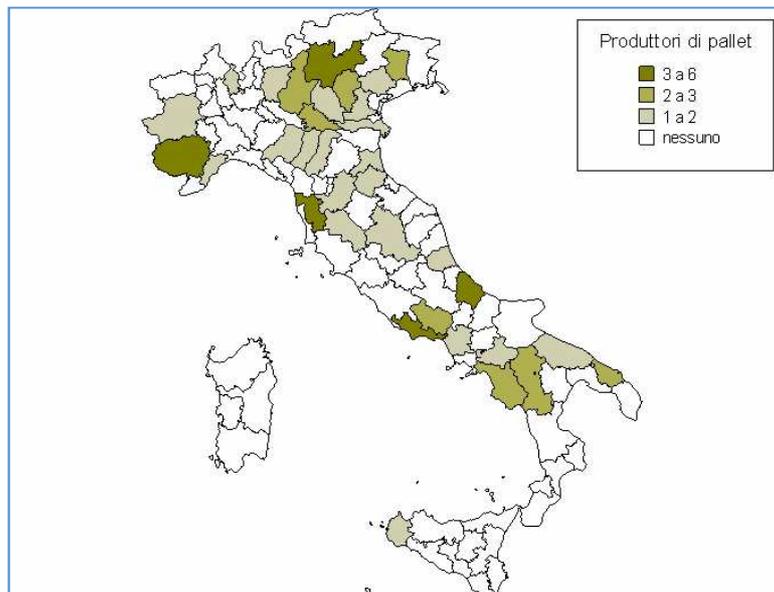


Figura 12: ripartizione geografica dei produttori EPAL. [www.liuc.it]

- Fabbricazione industriale automatizzata: effettuata con impianti completamente automatizzati, composti da linee con tutte le attrezzature adeguate e regolabili, la produzione è di circa 200-250 pallet all'ora.

- Fabbricazione industriale automatizzata-computerizzata: si usano impianti simili ai precedenti ma la messa a punto della macchina avviene tramite computer; in questo modo si riesce a ridurre i tempi nel caso di variazione del modello di pallet e si riesce a realizzare il 20% in più di produzione.

La produzione di pallet a livello artigianale avviene tramite due stazioni di chiodatura che permettono l'assemblaggio delle tavole con i blocchetti per formare i "pattini del pallet" (prima stazione di chiodatura) e di questi con le traverse e il piano superiore (seconda stazione di chiodatura).

Il processo di produzione dei modelli a più larga diffusione è da sempre legato all'ottenimento di una qualità accurata, di una maggior velocità e di una maggiore automatizzazione per contenere i costi del personale. Una linea di produzione comporta l'uso di una macchina sezionatrice che forma i blocchetti e di due chiodatrici multiple in linea, meccaniche o elettroidrauliche che si occupano di fissare tutte le parti del pallet.

La produzione EUR/EPAL europea negli ultimi anni è notevolmente cresciuta arrivando a superare i 68 milioni di unità nel 2008. Questo fenomeno è una diretta conseguenza dell'allargamento dello standard EUR/EPAL verso i paesi dell'est Europa che attualmente incidono per il 25% della produzione complessiva soprattutto grazie a paesi come la Polonia.

Nonostante la tendenza alla crescita registrata a livello continentale, la produzione nazionale di pallet EPAL, che nel 2008 è stata fra le maggiori in Europa con un'incidenza del 16%, presenta un andamento altalenante, soprattutto a causa delle incertezze relative al costo delle materie prime, che attualmente incide sul 74% del costo di produzione complessivo (Figura 13).

Analizzando la produzione nazionale in relazione alle tipologie di pallet prodotti, emerge che la produzione EPAL incide per il 27% del totale in valore (il 20% in quantità), i CP per il 6% e i pallet non standard per il 67% (Figura 14).

Analizzando nel dettaglio l'andamento dei prezzi si vede che nel periodo 2001-2005 si è verificata una rapida flessione dei prezzi, tuttavia il trend degli ultimi anni è di un generale aumento del pallet EPAL passato dai 7-7,2 euro del 2005 agli 8,8 euro del 2007. Le cause sono da ricercare in un continuo incremento dei costi dovuto sia al reperimento delle materie prime sia all'adeguamento degli impianti produttivi per la realizzazione di pallet in linea con gli standard indicati dalle normative.

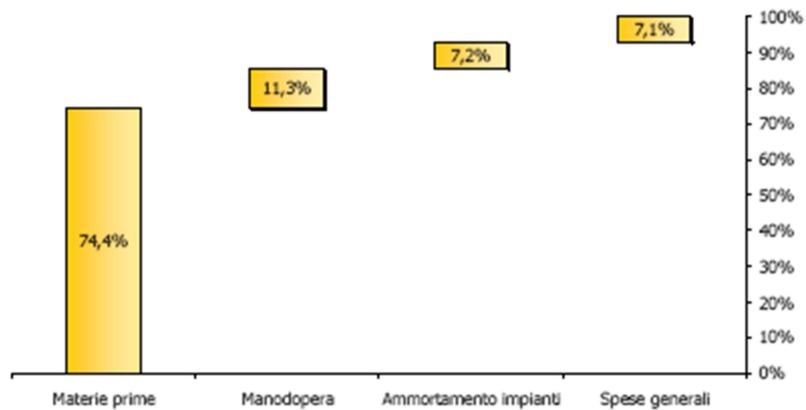


Figura 13: ripartizione del costo di produzione di un pallet. [www.liuc.it]

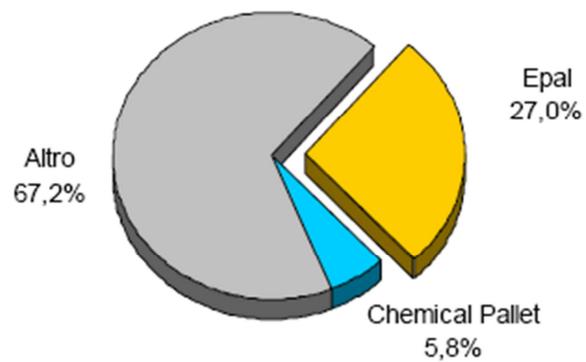


Figura 14: quota sul fatturato delle tipologie di pallet prodotti. [www.liuc.it]

I riparatori di pallet

L'attività del riparatore ha assunto un ruolo chiave nel settore, passando da semplice fornitura di servizi operativi a gestione di parchi pallet; in Italia sono circa 600 le aziende che si occupano della riparazione di pallet e

imballaggi in legno, di cui circa 120 omologate per la riparazione certificata EPAL.

I riparatori sono distribuiti omogeneamente nei dintorni dei maggiori centri di utilizzo e produzione dei pallet, in particolare nel Nord Italia e nel Lazio, si occupano della raccolta, ricezione, selezione, riparazione e redistribuzione dei pallet usati, occupano fino a 30 operatori e raggiungono un fatturato complessivo di circa 10 milioni di Euro.

Le aziende possono essere dotate di sistemi semiautomatici che consentono grandi volumi e un minor impiego di manodopera.

Si stima che a livello nazionale i pallet riparati siano circa 3 milioni l'anno (dati aggiornati al 2008), il 4% circa del parco pallet italiano.

La riparazione consiste in due fasi principali: la scelta e la sostituzione dei componenti. Nella prima fase i pallet sono controllati e selezionati per numero e tipologia dei punti di rottura; nella seconda gli operatori sostituiscono le componenti danneggiate o mancanti (esclusivamente con materiale nuovo per i pallet EPAL) per ripristinare lo stato di utilizzo del pallet.

In Figura 15 è riportato il modello che verrà usato nella fase di inventario per descrivere i riparatori.

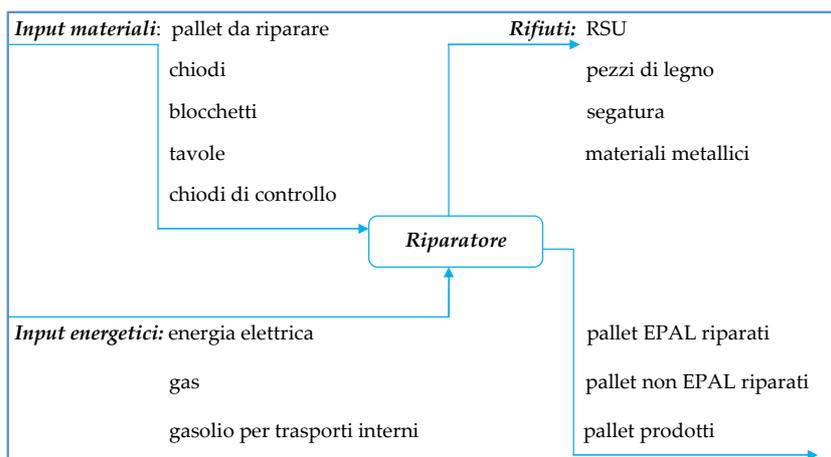


Figura 15: schema di processo dei riparatori.

I costi di riparazione sono evidentemente legati all'andamento del costo di legname e chiodi, ma risentono dell'impiego di manodopera (soprattutto nei casi di riparazione semiautomatica) e del costo di trasporto per il recupero.

La varietà di operazioni svolte dal riparatore rende difficile stabilire un prezzo medio di riparazione per un pallet EPAL (Figura 16). Per es. nel caso di tre componenti rotte, recupero dal luogo di stoccaggio e consegna si pagano in media 3,5 euro per pallet riparato, che possono variare anche sensibilmente in funzione degli accordi intercorrenti tra i soggetti.

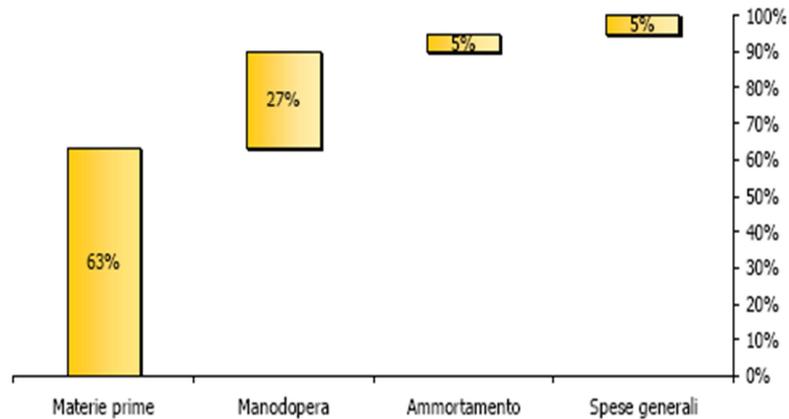


Figura 16: ripartizione costi di riparazione di un pallet EPAL. [www.liuc.it]

Gli utilizzatori di pallet

Il pallet è lo strumento essenziale per un'applicazione sicura ed economica dei processi di produzione, movimentazione, stoccaggio e distribuzione e costituisce l'investimento migliore per proteggere i prodotti dopo la fase di produzione fino al punto finale di vendita, per questo il 90% delle spedizioni da parte delle aziende produttrici avviene su pallet, principalmente EPAL. L'industria in prevalenza acquista pallet nuovi per garantire l'operatività dei sistemi produttivi e dei sistemi di pallettizzazione automatici (che impediscono l'utilizzo di pallet non conformi o fuori misura), oltre che per evitare problematiche inerenti igiene, pulizia, odore o umidità.

Per quanto riguarda i pallet EUR/EPAL il 71% della produzione è destinato all'industria mentre operatori logistici e aziende assorbono il restante 29%. Per tutti il fattore determinante è il prezzo di acquisto del pallet, mentre poca rilevanza è data al servizio, anche se alcune aziende alimentari richiedono dei pallet opportunamente trattati per ragioni igieniche.

Tra le grandi aziende multinazionali è particolarmente sviluppata l'adesione a sistemi di pallet pooling, inoltre è molto diffuso l'utilizzo di pallet a perdere ovvero privi di certificazione; infatti essendo meno costoso del pallet EUR/EPAL risulta conveniente per la palletizzazione di prodotti a basso valore o di peso non elevato.

Le imprese di solito non sono proprietarie dei pallet gestiti, quindi si limitano al reintegro dei pallet persi e alla restituzione dei pallet vuoti ai produttori, sia tramite interscambio diretto sia attraverso il pagamento periodico dei buoni pallet (documenti che certificano il debito/credito di pallet con gli operatori mittenti); attualmente le aziende pagano in media un valore di 6,5 euro per ogni pallet che non sono in grado di restituire. Aziende e operatori logistici in genere acquistano pallet EPAL usati, mentre l'acquisto di pallet nuovi avviene in occasione delle aperture di nuovi magazzini o piattaforme, per i quali è necessario un parco pallet iniziale per garantire l'operatività.

I noleggiatori di pallet

Le società di noleggio si occupano della gestione integrale del parco pallet dei propri clienti (siano essi aziende manifatturiere, distributive o operatori logistici), creando dei propri circuiti di raccolta, controllo, selezione e riparazione, offrendo un servizio completo di noleggio delle attrezzature. Il noleggiatore si incarica inoltre di recuperare i pallet vuoti a scadenze predefinite, li seleziona, li ripara presso i propri depositi e li riconsegna al produttore.

Il mercato del noleggio è principalmente rappresentato da tre grandi gruppi internazionali: CHEP, PRS e LPR.

CHEP, società australiana fondata nel 1946, rappresenta la realtà più diffusa in Italia e si occupa della gestione integrale di attrezzature di movimentazione merci (pallet, container, cassette). In Italia movimentata circa 15 milioni di pallet in un anno, mentre si stima un parco pallet europeo di circa 60 milioni di unità, tutte colorate di blu. Il sistema di pallet pooling permette al cliente di ordinare i pallet in base al proprio programma produttivo, senza dover affrontare spese di acquisto di un parco pallet o di doverlo gestire in seguito a variazioni del volume di affari. Inoltre CHEP si

assume la totale responsabilità della disponibilità, delle consegne e della raccolta delle attrezzature presso i punti di consegna finali nelle operazioni di controllo e resa.

LPR, società francese fondata nel 1992, ha un parco pallet stimato di circa quattro milioni di unità. L'offerta dell'azienda è basata su tre tipologie di contratto che possono corrispondere a una gestione completa del parco pallet aziendale (full service), al noleggio del solo servizio di movimentazione dei pallet (transfer hire), fino a offerte di noleggio di un pallet per una singola movimentazione (one way trip).

Inizialmente orientata al settore industriale, la società si è recentemente espansa in settori quali agroalimentare e grande distribuzione, incaricando un ente esterno per il controllo del rispetto degli standard qualitativi della riparazione.

Il sistema in interscambio

Il sistema, promosso in Italia da INDICOD-ECR, associazione italiana che si occupa degli standard adottati a livello mondiale, si basa sull'utilizzo del pallet EUR/EPAL e prevede la restituzione contestuale di un numero di pallet equivalenti in quantità e qualità ai pallet ricevuti (interscambio immediato). E' possibile avere anche l'interscambio in differita

Ai fini del presente studio verranno considerati i seguenti attori della filiera del pallet EUR/EPAL:

1. Produttori integrati
2. Assemblatori
3. Riparatori
4. Utilizzatori

Nella categoria degli utilizzatori sono raggruppati tutti coloro che fanno uso del pallet per il trasporto delle merci e per semplicità in seguito indicheremo con il termine **Industria di Marca (IdM)**.

Nello studio attuale non compaiono i noleggiatori in quanto il pallet EUR/EPAL viene gestito in interscambio. Una descrizione più dettagliata delle tipologie di gestione del pallet è riportata alla fine dello studio in Appendice B.

9. Raccolta dei dati

Il panorama italiano del settore presenta circa 200 aziende certificate EPAL per la produzione e riparazione di pallet suddivise in tre tipologie: produttori integrati, assemblatori e riparatori.

Su queste tre categorie si è focalizzato il lavoro di raccolta dati primari, preparando appositi questionari per la raccolta dei dati sensibili e andando a visitare in loco alcune aziende pilota per poter meglio comprendere lo schema di processo.

Per ogni categoria è stato preparato un diverso tipo di questionario, infatti, sebbene producano (o riparino) tutte lo stesso oggetto, il pallet, sono molto diverse sia per gli input materiali ed energetici richiesti sia per gli scarti e gli output aziendali.

Per facilitare le aziende che non abbiamo visitato personalmente sono stati preparati dei Fac-simile dei questionari in modo che la compilazione del questionario ufficiale risultasse più semplice possibile.

Per la stesura dei questionari è stata preparata una scheda introduttiva sull'azienda uguale per tutte e tre le categorie, dove vengono richiesti alcuni dati generali, quali ragione sociale dell'azienda, pallet totali riparati o prodotti nell'anno, pallet EPAL riparati o prodotti sul totale nell'anno, linee di produzione o riparazione presenti nell'azienda e se esistono linee specifiche per la produzione o riparazione dei pallet EPAL.

Per ognuna delle tre categorie sopraelencate è stato preparato un apposito questionario diversificato per poter meglio descrivere e analizzare le tre tipologie di aziende. Tutti i dati raccolti sono da riferirsi all'anno solare 2008.

Produttori Integrati

I produttori integrati sono aziende provviste di segheria interna, che acquistano legname in prevalenza dall'estero (Nord ed Est Europa) e che necessitano di grandi automezzi per il trasporto della materia prima all'azienda. Generalmente sono aziende molto grandi dotate di una linea di segheria e decortecciamento che produce grazie a un apposito sistema computerizzato il maggior numero di tavole possibili da ogni singolo tronco limitandone al minimo gli sprechi. Sono provviste di più linee di produzione di pallet e di forni per il fitotrattamento, spesso dispongono di impianti per lo smaltimento e per il recupero di energia grazie al riutilizzo della segatura e del cippato prodotti. La scheda per la raccolta dati di questa tipologia di azienda è stata preparata tenendo conto di queste caratteristiche, ovvero

input di legname vergine, molte linee di produzione con maggiori consumi energetici, utilizzo di lame metalliche e output e scarti molto diversi tra loro. In Appendice C vengono presentate le schede di raccolta dati utilizzate per i produttori integrati ovvero le aziende con segheria interna. Lo schema di flusso di questa tipologia di azienda è riportato in **Figura 17**.

Assemblatori

Gli assemblatori sono aziende che acquistano da segherie esterne travi e blocchetti che poi assemblano in loco per produrre i pallet. Hanno minor consumo di energia elettrica e minori scarti e output, generalmente anche esse presentano un forno per il fitotrattamento dei pallet. Spesso dispongono di impianti per lo smaltimento e per il recupero di energia grazie al riutilizzo della segatura e del cippato prodotti. In Appendice D possiamo trovare i fac-simile delle schede raccolta dati utilizzate. Lo schema di flusso di questa tipologia di azienda è riportato **Figura 18**.

Riparatori

I riparatori sono una tipologia di azienda molto diversa dalle precedenti; infatti presenta notevoli differenze sia per gli input materiali sia per gli output.

Gli input sono solitamente pallet da riparare che vengono recapitati alle aziende dagli utilizzatori in grandi cassoni. Per prima cosa viene eseguita una divisione dei pallet in riparabili (che possono essere riparati con la sostituzione di alcune parti), recuperabili (da cui possono essere recuperate alcune parti per la riparazione di altri pallet) e irrecuperabili (destinati a produrre segatura e cippato). Successivamente i pallet riparabili vengono divisi in EPAL e non EPAL, in quanto per i pallet EPAL i pezzi di ricambio devono essere nuovi, mentre per tutti gli altri pallet si usano pezzi di recupero dai materiali in ingresso. Nelle aziende generalmente sono presenti una o più linee di riparazione dove manualmente vengono riparati i pallet e un forno per il fitotrattamento.

Generalmente è presente un macinatore per produrre segatura e cippato dai pallet giudicati non recuperabili e una caldaia per produrre energia o magazzini per stoccare le polveri in attesa di essere vendute.

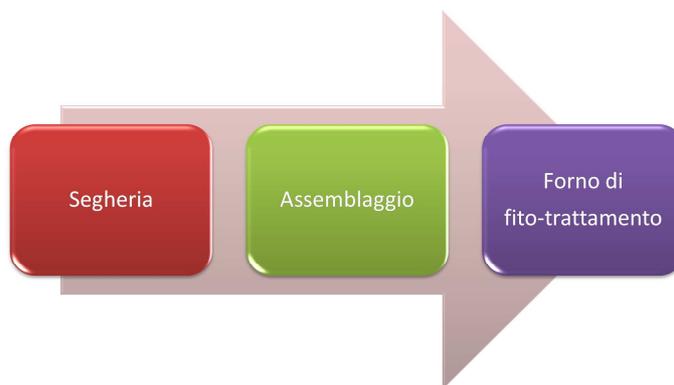


Figura 17: unità di processo¹ del sistema produttore con segheria.

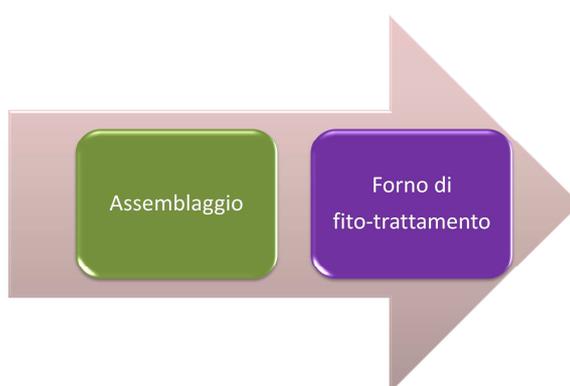


Figura 18: unità di processo del sistema produttore senza segheria (assemblatore).

¹ La suddivisione in unità di processo di un sistema produttivo risulta particolarmente conveniente quando si esegue l'analisi di inventario come risulterà chiaro in seguito. La scelta delle unità di processo risponde a criteri logici e di convenienza pratica e non necessariamente corrisponde ad una particolare attività o linea produttiva del processo.

In questa tipologia di aziende sono presenti numerosi tipi di scarti che variano da pezzi di legno, segatura e cippato a chiodi metallici, cartone, materie plastiche e rifiuti organici.

In Appendice E vengono presentate le schede utilizzate per la raccolta dei dati degli utilizzatori. Lo schema di flusso di questa tipologia di azienda è riportato in Figura 19.



Figura 19: unità di processo del sistema riparatore

Aziende pilota

Per poter meglio comprendere le tre diverse tipologie di produzione e riparazione dei pallet e riuscire a raccogliere i migliori dati possibili dai questionari inviati, abbiamo visitato alcune aziende pilota: due produttori integrati, due assemblatori e quattro riparatori.

I produttori integrati presentano entrambi le stesse caratteristiche aziendali: spazi molto ampi per poter stoccare sia il legname in entrata sia i pallet prodotti sia i materiali da inviare a riciclo (segatura e pezzi di legno); una segheria interna con gestione computerizzata per minimizzare gli scarti di legno e massimizzare la resa in tavole e blocchetti; un reparto di manutenzione di lame e seghe circolari; più linee di produzione di pallet (sia EPAL che non EPAL), un forno per il fitotrattamento in grado di trattare circa 2000 pallet per volta e un bruciatore per recuperare energia dagli scarti materiali (cippato e segatura).

Gli assemblatori visitati presentano anche loro caratteristiche molto simili, differenziandosi solo per le linee di produzione presenti e per i pallet prodotti.

Non disponendo di una segheria interna entrambe le aziende dispongono di un'ampia superficie per lo stoccaggio delle tavole e dei blocchetti, oltre che per i pallet prodotti. Presentano entrambe più linee di produzione, un forno per il fitotrattamento e un metodo per il recupero energetico dagli output materiali in eccesso (segatura).

I riparatori visitati pur riparando tutti lo stesso oggetto, il pallet, presentano differenze sostanziali da azienda ad azienda sia per gli input materiali, sia per gli output che per i volumi di produzione. Molti riparatori non si limitano a riparare i pallet rotti che ricevono, ma parallelamente alle linee di riparazione presentano una linea di produzione di pallet non EPAL fatti interamente con materiali riciclati dai pallet rotti in ingresso, come nel caso di due aziende da noi visitate. Tutte le aziende sono provviste di un forno per il fitotrattamento, anche se con volumi di pallet trattati inferiori ai produttori. I riparatori visitati presentano output molto diversi rispetto ai produttori, infatti le aziende visitate dispongono di spazi per lo stoccaggio di diversi materiali, da inviare a riciclo o essere venduti, come plastica, rifiuti metallici, RSU, pezzi di legno, segatura carta e cartone.

Aver visitato queste otto aziende è stato molto utile per avere un'idea precisa dei tre processi produttivi e poter preparare meglio i questionari da spedire a tutte le aziende del settore. Per schematizzare meglio le tre diverse tipologie di azienda e organizzare nel miglior modo possibile i dati in ingresso sono stati preparati degli schemi di flusso che consentono di visualizzare più facilmente gli input e gli output di ogni azienda.

Consumi di energia elettrica

Per poter fare delle prime considerazioni sulle aziende è stata impostata una analisi statistica sui dati ricevuti. Per ognuna delle tre tipologie di processo, le aziende visitate sono state organizzate in base al numero crescente di pallet prodotti in un anno ed è stato associato il quantitativo di energia elettrica utilizzato durante l'anno.

Per ogni categoria si è creato un istogramma per poter visualizzare meglio i dati e un diagramma a dispersione per riuscire a trarre più facilmente le prime considerazioni. In ognuno di questi diagrammi è presente anche l'azienda media del settore per poter confrontare meglio i dati delle singole aziende.

Nei diagrammi a dispersione si possono distinguere tre zone:

La zona di ottimo situata in basso a destra nel diagramma, ovvero la zona con alte produzioni di pallet e bassi consumi energetici.

La zona intermedia situata nel centro del diagramma dove si trova la maggioranza delle aziende, ovvero la zona con produzioni e consumi medi.

La zona critica situata in alto nel diagramma, ovvero la zona dove sono presenti le aziende poco efficienti, che presentano alti consumi energetici al fronte di basse produzioni oppure alte produzioni con consumi energetici troppo elevati.

Per ogni azienda è stato calcolato il rapporto tra pallet prodotti ed energia elettrica utilizzata riuscendo ad avere una stima sull'energia elettrica necessaria per produrre un singolo pallet. I valori variano da azienda ad azienda, ma sono molto importanti e significativi per ottenere una media e una varianza per ognuno dei tre settori e per capire quali aziende hanno consumi energetici troppo alti o troppo bassi per poter essere confrontati con le altre.

Dati sui produttori integrati

Nell'istogramma sottostante (Figura 20) possiamo vedere la produzione di pallet e i consumi energetici delle aziende intervistate.

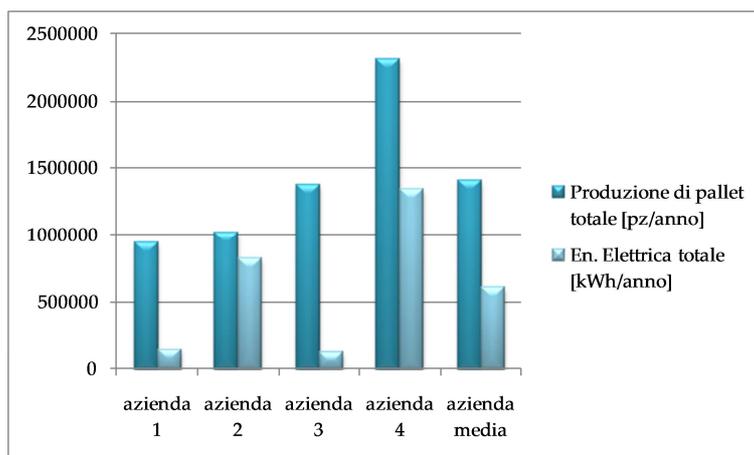


Figura 20: pallet prodotti ed energia elettrica utilizzata dai produttori con segheria.

Si nota subito come l'azienda 2 ha un consumo troppo alto di energia elettrica sia per il numero di pallet prodotti sia se rapportato al consumo energetico dell'azienda media. L'azienda 1 e l'azienda 3 hanno un buon rapporto tra i due valori. L'azienda 4 ha un elevato consumo di energia elettrica, ma anche un'elevata produzione. Confrontando i dati delle aziende intervistate con l'azienda media di settore notiamo subito come i consumi energetici dell'azienda 1 e 3 siano notevolmente al di sotto della media a fronte però di una produzione anch'essa più bassa della media, mentre le altre due aziende hanno consumi superiori alla media e una produzione superiore nel caso dell'azienda 4 e più bassa nel caso dell'azienda 2.

Con il diagramma a dispersione seguente (Figura 21) si possono fare delle interessanti considerazioni sull'efficienza delle singole aziende; il diagramma è in scala logaritmica. Le aziende 1 e 3 hanno una buona efficienza in quanto la produzione e i consumi energetici sono proporzionati tra loro, mentre l'azienda 2 è la meno efficiente di tutte perché presenta una produttività non molto elevata, ma consumi energetici molto elevati. Anche l'efficienza dell'azienda 4 è bassa, ma è migliore di quella dell'azienda 2 perché presenta un volume di produzione annuo molto maggiore.

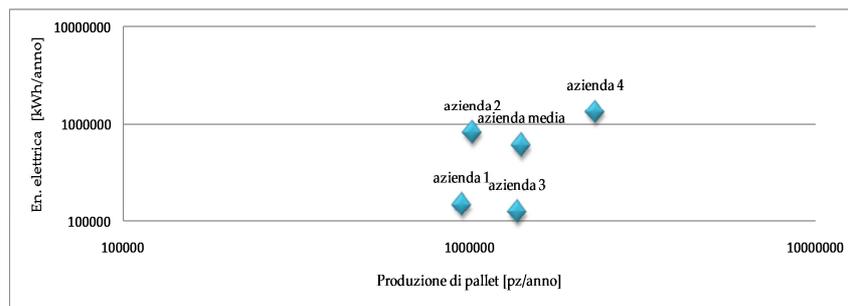


Figura 21: confronto tra pallet prodotti ed energia elettrica utilizzata.

Possiamo calcolare il rapporto tra energia elettrica consumata e pallet prodotti per avere il dato di energia elettrica necessaria per la produzione di un singolo pallet per ogni azienda (Tabella 1).

Tabella 2: consumi di energia elettrica e produttività - dati relativi ai produttori integrati

	Produzione di pallet totale [pz/anno]	En. Elettrica totale [kWh/anno]	kWh/pallet
azienda 1	949959	150000	0,16
azienda 2	1.020.000	822000	0,81
azienda 3	1372937	126000	0,09
azienda 4	2310000	1342535	0,58
azienda media	1413224	610133,75	0,41

Quest'ultima tabella di valori è molto importante perché ci permette di calcolare il valore medio di energia necessaria per produrre un singolo pallet nel processo dei produttori con segheria: si ottiene una media pari a 0,409 con una varianza di 0,296.

Dati relativi agli assemblatori

Nell'istogramma seguente (Figura 22) si riportano la produzione annuale e i relativi consumi energetici delle aziende del settore intervistate. Le aziende 1 e 2 hanno un consumo di energia elettrica molto alto rispetto alla produzione di pallet che è molto bassa. L'azienda 3 ha un consumo energetico anch'essa troppo elevato per il quantitativo di pallet prodotto, ma è comunque leggermente migliore delle prime due. Le restanti aziende producono un quantitativo di pallet molto elevato e consumano un quantitativo energetico appropriato alla produzione e addirittura le aziende 5 e 7 consumano un quantitativo energetico molto basso se paragonato alla produzione annua. Le aziende 1, 2 e 3 hanno una produzione molto al di sotto della media, mentre il consumo di energia elettrica delle aziende 1, 4 e 6 è molto superiore alla media, anche se le produzioni annue delle ultime due aziende giustificano il grande quantitativo di energia elettrica utilizzata.

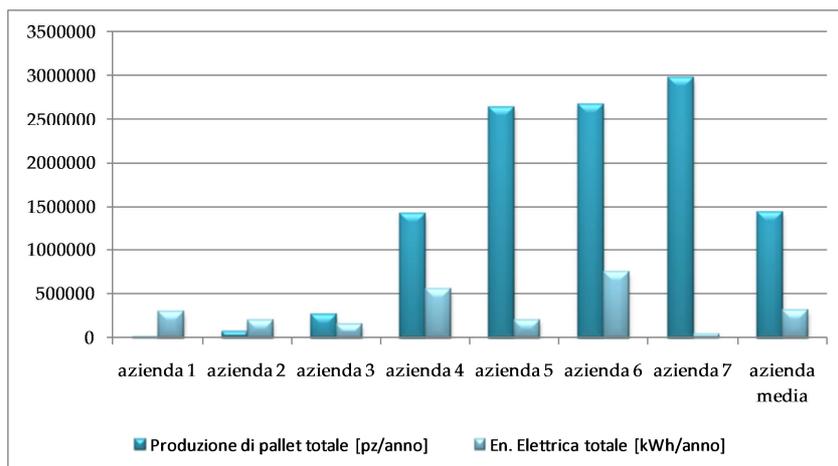


Figura 22: pallet prodotti ed energia elettrica utilizzata dai produttori con segheria.

Considerazioni molto interessanti sull'efficienza, o inefficienza, di tali aziende possono essere dedotte dal seguente grafico a dispersione (Figura 23); il grafico è in scala logaritmica. Si nota subito che l'azienda 1 e l'azienda 2 sono totalmente inefficienti in quanto il loro volume di produzione è troppo ridotto rispetto ai loro consumi energetici, che sono troppo elevati.

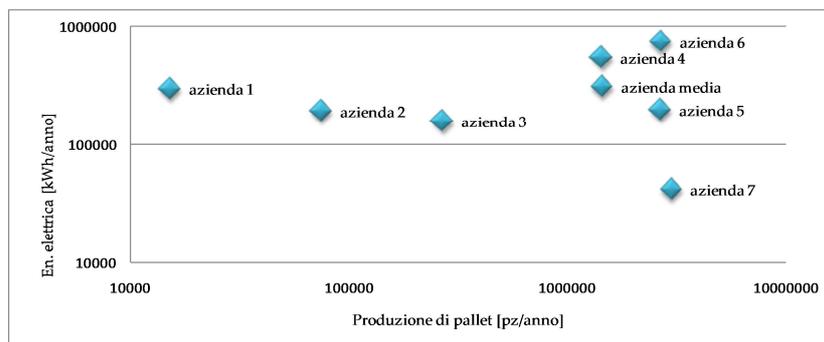


Figura 23: confronto tra pallet prodotti ed energia elettrica utilizzata.

Il grafico è in scala logaritmica. Possiamo subito notare come l'azienda 1 e l'azienda 2 siano totalmente inefficienti in quanto il loro volume di produzione è troppo ridotto rispetto a i loro consumi energetici, che sono troppo elevati.

L'azienda 3 è al limite tra la zona di inefficienza e la zona intermedia di cui fa parte l'azienda 5, in quanto ha un volume di produzione abbastanza elevato, ma non così elevato per giustificare i suoi consumi energetici.

L'azienda 7 è nella zona di ottimo in quanto ha elevati volumi produttivi e utilizza un quantitativo basso di energia.

Le aziende 4 e 6 sono nella zona di alta produzione, ma consumano troppa energia per essere nella zona intermedia o di ottimo, zona che potrebbero facilmente raggiungere limitando gli sprechi o ottimizzando il consumo energetico aziendale.

Anche per questo settore si può calcolare il rapporto tra pallet prodotti ed energia utilizzata, per ricavare il valore di energia necessaria per produrre un singolo pallet di ogni azienda (Tabella 3).

Come si può facilmente intuire il valore relativo all'azienda 1 è troppo fuori scala per poter essere confrontato con gli altri e quindi per il calcolo della media e della varianza è stato omissso. Il secondo valore relativo all'azienda 2 è anch'esso elevato, ma è stato mantenuto nel calcolo di media e varianza.

Tabella 3: consumi di energia elettrica e produttività - dati relativi agli assemblatori.

	Produzione di pallet totale [pz/anno]	En. Elettrica totale [kWh/anno]	kWh/pallet
azienda 1	15154	302979	19,99
azienda 2	74424	195520	2,63
azienda 3	267019	160450	0,60
azienda 4	1427841	552404	0,39
azienda 5	2650000	200000	0,08
azienda 6	2672139	753176	0,28
azienda 7	2980691	42350	0,01
azienda media	1441038,29	315268,43	0,66

Per questa tipologia di aziende i risultati ottenuti sono stati: consumo medio di energia elettrica 0,664 kWh/pallet con una varianza di 0,899

Dati relativi ai riparatori

Nell' istogramma sottostante possiamo vedere i consumi energetici e la relativa produzione delle aziende del settore intervistate(Figura 23).

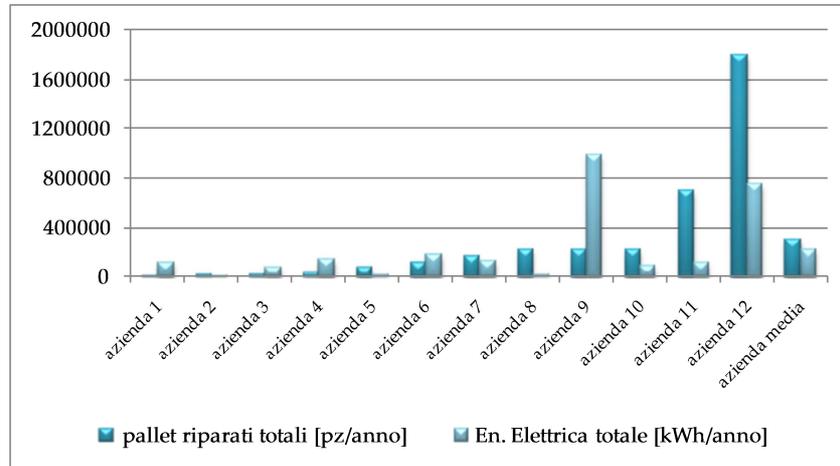


Figura 24: pallet riparati ed energia elettrica utilizzata dai riparatori.

Si nota che le aziende del settore sono molto diverse tra di loro sia per i volumi di riparazione sia per i consumi di energia elettrica. Si va infatti dai 6000 pallet riparati per l'azienda 1 fino a 1800000 pallet riparati per l'azienda 12. Si nota subito che i consumi energetici delle aziende 1, 3, 4, 6 e 9 sono totalmente sproporzionati rispetto ai loro volumi di riparazione e anche come il consumo dell'azienda 12 è molto alto, ma giustificato dall'elevato numero di pallet riparati.

Le aziende 5, 8, 10 e 11 hanno consumi energetici bassi se paragonati ai loro volumi di riparazione, mentre le aziende 2 e 7 hanno consumi energetici alti se paragonati ai loro volumi di riparazione, ma rimangono nella zona intermedia e quindi accettabili.

Solo con questi dati e con questo grafico risulta difficile confrontare realtà così diverse tra loro, per questo si deve fare riferimento al seguente diagramma a dispersione (Figura 25).

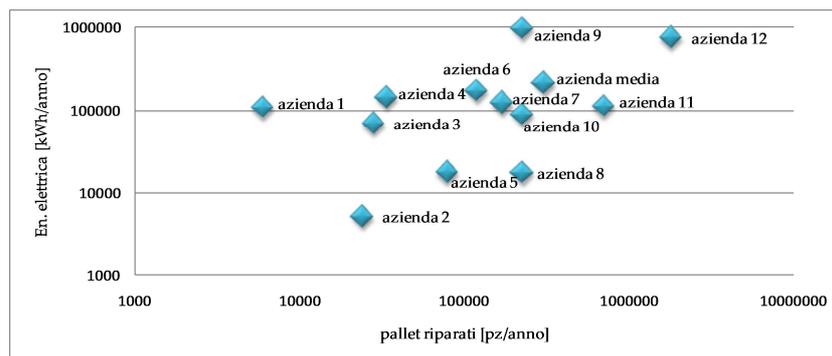


Figura 25: confronto tra pallet riparati ed en. elettrica utilizzata.

Notiamo subito come non ci siano aziende posizionate nella zona di ottimo e come tutte le aziende, a parte la 2, 5 e 8, che sono situate nella zona intermedia, siano tutte inefficienti in quanto hanno consumi troppo elevati.

Le aziende 1, 3 e 4 hanno un'efficienza molto bassa in quanto presentano bassi volumi di riparazione e consumi energetici molto alti. Le aziende 9 e 12 sono le due aziende che consumano di più, ma che con qualche accorgimento potrebbero migliorare notevolmente la loro efficienza e risultare facilmente nella fascia di ottimo grazie ai loro alti volumi di riparazione.

L'azienda 11 ha un volume di riparazione molto alto, ma allo stesso tempo consuma troppo per risultare sia nella fascia intermedia che in quella di ottimo; infatti, è posizionata appena al di sopra della fascia intermedia, con qualche piccolo accorgimento potrebbe facilmente migliorare la sua efficienza.

Le restanti aziende hanno tutte un consumo energetico troppo elevato se paragonato ai propri volumi di riparazione; la loro efficienza risulta bassa, ma sono aziende che con piccoli accorgimenti potrebbero facilmente rientrare nella zona intermedia.

Possiamo calcolare il rapporto tra pallet riparati ed energia elettrica utilizzata per trovare il dato di energia elettrica utilizzata per singolo pallet riparato (Tabella 4).

I risultati ottenuti sono molto vari tra loro dovuti alle notevoli differenze di volumi di produzione e di energia consumata tra le diverse aziende. Si

possono calcolare media e varianza anche di questo settore omettendo il primo dato in quanto è troppo fuori scala. I risultati ottenuti sono i seguenti: valore medio 1,355 e varianza 1,565.

Tabella 4: consumi di energia elettrica e produttività - consumi dati relative ai riparatori.

	pallet riparati totali [pz/anno]	En. Elettrica totale [kWh/anno]	kWh/pallet
azienda 1	5945	109308	18,39
azienda 2	24000	5274	0,22
azienda 3	28000	70000	2,50
azienda 4	33600	144000	4,29
azienda 5	78133	18000	0,23
azienda 6	118356	175000	1,48
azienda 7	168500	124000	0,74
azienda 8	223300	17600	0,08
azienda 9	224157	985000	4,39
azienda 10	225000	89502	0,40
azienda 11	700000	113720	0,16
azienda 12	1800000	759652	0,42
azienda media	302415,9167	217588	1,36

Analisi dei trasporti

Il contributo dovuto ai trasporti di materiale in ingresso e in uscita al sistema in esame ricopre un ruolo fondamentale nell'analisi LCA di un sistema produttivo. Per il calcolo delle emissioni specifiche si sono utilizzati i dati forniti dalla banca dati ECOINVENT^m.

Le emissioni dovute al trasporto vengono normalmente riferite alle [ton km], ovvero alle tonnellate di materiale trasportato per i km percorsi dal mezzo. Esistono quindi tre variabili che fan cambiare notevolmente le emissioni, tra cui anche la CO₂:

- quantità trasportata
- km percorsi dal mezzo
- tipo di mezzo utilizzato

^m www.ecoinvent.ch, visitato agosto 2011

Ogni mezzo presente nella banca dati ha una sua [t km] equivalente calcolata sulla base dei km mediamente percorsi dal mezzo e del carico medio trasportato nella sua vita. Moltiplicando questi due valori si ottiene il valore di tkm della vita del mezzo.

Per ogni mezzo il programma assegna un valore di CO₂ emessa per ogni tkm trasportata. Il valore viene facilmente calcolato tramite una semplice proporzione.

Un automezzo EURO 4 da 16 t nella sua vita percorre mediamente $5,4 * 10^5$ km trasportando un carico medio di 2,93 t. Le tkm equivalenti del mezzo risulteranno pertanto $1,58 * 10^6$ tkm. Applicando ora una proporzione tra i km percorsi e le tkm equivalenti possiamo ricavare i km percorsi dal camion per 1 tkm equivalente:

$$1,58 \times 10^6 : 5,4 \times 10^5 = 1 : y$$

Otteniamo come risultato $x = 0,35$ km, ovvero i km percorsi dal mezzo per 1 tkm. Il valore trovato si riferisce alla somma dei km percorsi dal mezzo per il viaggio di andata e per il viaggio di ritorno, se vogliamo trovare i km percorsi dal mezzo per 1 tkm su singolo viaggio dobbiamo dividere questo valore per due e otteniamo 0,17346 km.

Questo valore è molto importante perché ci fornisce i km percorsi dal nostro mezzo, in questo caso EURO 4 da 16 t, senza carico equivalenti a 1 tkm trasportata. Grazie a questo procedimento applicato a qualsiasi mezzo il programma è in grado di calcolare le emissioni di 1tkm calcolando semplicemente le emissioni del mezzo utilizzato prodotte nei km equivalenti percorsi.

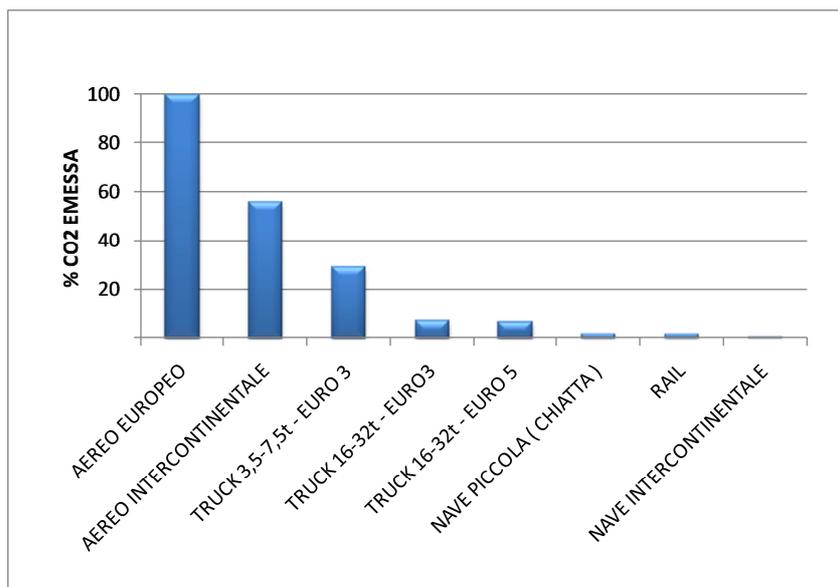


Figura 26: emissioni % di CO₂-equivalente per diversi mezzi di trasporto [Fonte SimaPro / banca dati Ecoinvent].

La Figura 26 fornisce un'idea chiara delle emissioni percentuali dei vari mezzi di trasporto mettendo a confronto tra loro aerei, camion, treni e navi.

Navi e treni sono i mezzi che inquinano di meno perché sono in grado di trasportare molto carico in un solo viaggio riducendo quindi i viaggi necessari per il trasporto. Anche gli aerei hanno grande capacità di carico, ma vengono penalizzati per le grandissime quantità di inquinanti dovute al combustibile utilizzato. I camion variano molto le loro emissioni rispetto al carico trasportato piuttosto che alla tipologia, infatti tra EURO 3 ed EURO 5 dello stesso modello la differenza è minima, mentre tra un camion da 7,5 t e uno da 32 t la differenza in termini di CO₂ emessa è molto significativa.

I trasporti risultano molto importanti nello studio LCA ed è importante sapere con precisione per ogni materiale in input o output il mezzo utilizzato per il trasporto, i km percorsi e le ton trasportate.

L'organizzazione dei trasporti di materiale alle aziende non è stata banale e ha richiesto oltre alla raccolta dei dati dalle aziende intervistate ulteriori ipotesi per schematizzare il modello.

Per le tre tipologie di aziende analizzate si sono create delle apposite tabelle sui trasporti per ogni materiale in ingresso e si sono realizzati degli appositi grafici sul trasporto di ogni materiale.

Trasporti dei produttori con segheria

Questa tipologia di aziende ha in ingresso tre diversi tipi di materiale: legno, chiodi e graffe EPAL. Ognuno di questi trasporti differisce da azienda ad azienda sia per il mezzo utilizzato sia per i km percorsi dal mezzo. Il carico trasportato risulta essere lo stesso in quanto è stato usato come peso trasportato quello dell'unità funzionale; in questo caso 21,8 kg di legna, 0,7 kg di chiodi e 13,15 g di graffa EPAL.

I dati ricevuti attraverso i questionari hanno richiesto una rielaborazione. Come esempio vediamo il caso del trasporto di legno per l'azienda con segheria 2. Tutti i dati sono da riferirsi a una ton di materiale in ingresso.

Sulla base dei dati ricevuti notiamo che il legno in ingresso proviene da quattro differenti località (Figura 27). Sul totale di legno in arrivo: il 15% percorre 500 km in automezzo EURO3, il 30% percorre 100 km in automezzo EURO3, il 27,5% percorre 560 km in automezzo EURO3 e il restante 27,5% percorre 114 km in automezzo EURO3 + 650 km in treno.

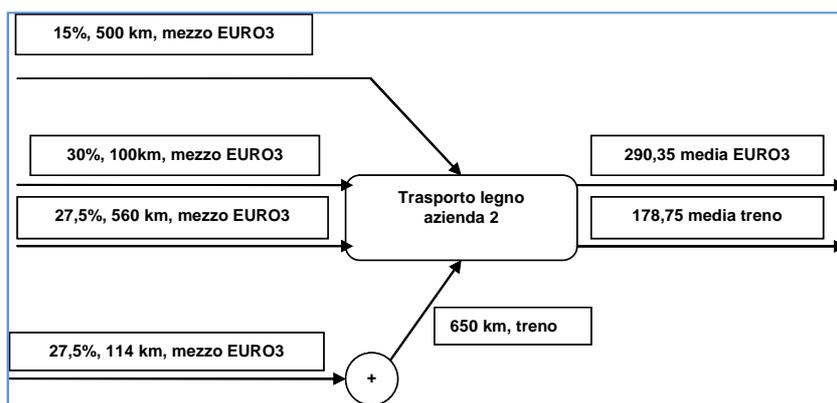


Figura 27: schema dei trasporti di legno per l'azienda con segheria (azienda 2).

Per creare un trasporto medio di legno riferito all'azienda 2 è stata eseguita una media pesata. Per primo si è stabilito il numero di mezzi differenti usati per il trasporto; nel presente caso sono due: automezzo EURO3 e treno. Successivamente è stata eseguita una media pesata sui km percorsi dal mezzo per ottenere un trasporto medio con i due differenti tipi di automezzo.

Media EURO 3 = $500 * 0,15 + 100 * 0,3 + 560 * 0,275 + 114 * 0,275 = 290,35$ km

Media treno = $650 * 0,275 = 178,75$ km

Questo procedimento è stato eseguito per tutte le aziende intervistate e per tutte e tre le tipologie di materiali in ingresso. In Appendice F sono presentate le tabelle dei trasporti create per tutte le aziende del settore e per i relativi input materiali.

Per il calcolo dei trasporti dell'azienda media del settore è stato eseguito un procedimento analogo. Per prima cosa sono stati controllati quanti mezzi diversi vengono utilizzati dalle aziende del settore per il trasporto dei materiali in ingresso; nel presente caso sono tre: automezzo EURO3, automezzo EURO4 e treno.

Per ognuno di essi sono stati sommati i km percorsi dai mezzi per trasportare ogni diverso materiale all'azienda e diviso il totale per quattro (le aziende del settore intervistate).

Ad es. per il trasporto del legno si ha:

Automezzo EURO3: $290,35$ km azienda 2 + $603,55$ km azienda 3 = $893,88$ km tot

Automezzo EURO4: 700 km azienda 1 + $1202,5$ azienda 4 = $1902,5$ km tot

Treno: $178,75$ km azienda 2 = $178,75$ km tot

Media EURO3 = $893,88 / 4 = 223,475$ km

Media EURO4 = $1902,5 / 4 = 475,625$ km

Media treno = $178,75 / 4 = 44,687$ km

Quindi il legno in ingresso all'azienda con segheria media percorre: $223,475$ km in EURO3 + $475,625$ km in EURO4 + $44,687$ km in treno.

Questo procedimento è stato seguito per ottenere i trasporti di tutti i materiali in ingresso. I dati relativi al trasporto dell'azienda media saranno presentati anch'essi nell'Appendice F.

Di seguito verranno presentati i grafici dei trasporti degli input materiali per le aziende con segheria (Figure 28-30). I dati sono espressi in ton*km ovvero i km percorsi dal mezzo per trasportare 1 tonnellata di materiale all'azienda.

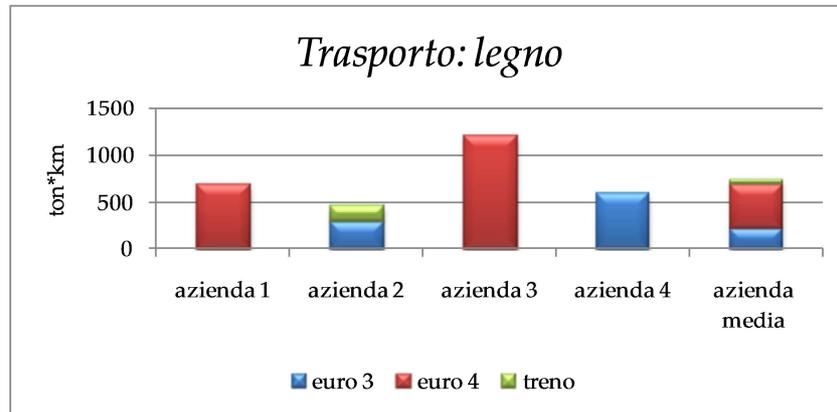


Figura 28: trasporto del legname per i produttori con segheria

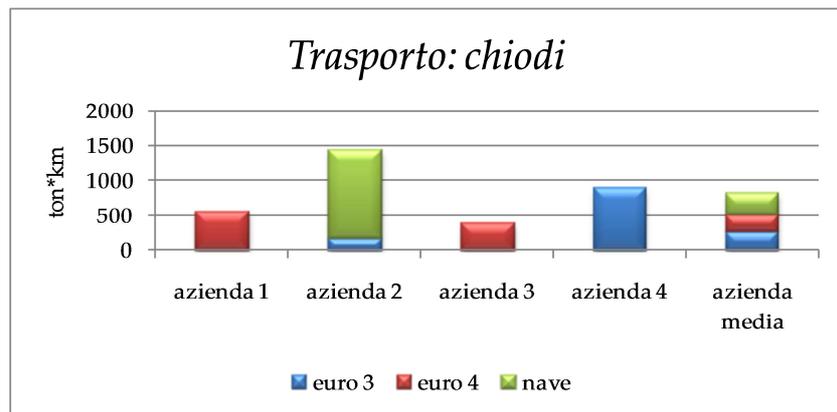


Figura 29: trasporto dei chiodi per i produttori con segheria.

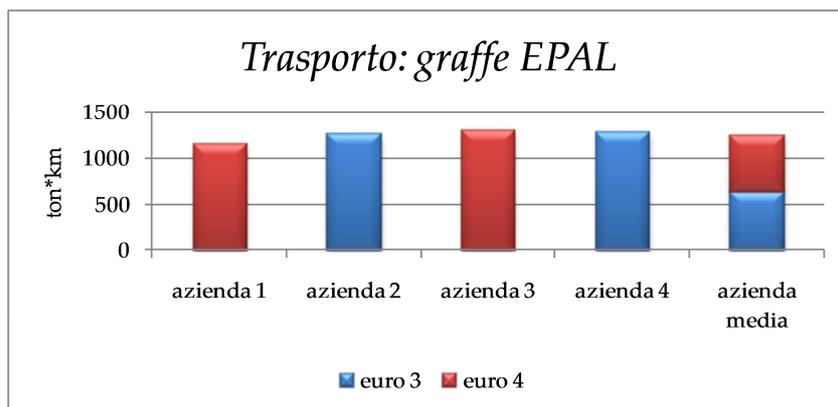


Figura 30: trasporto delle graffe EPAL per i produttori con segheria.

Possiamo notare come i mezzi di trasporto più utilizzati siano il camion EURO3 e il camion EURO4, anche se alcune aziende utilizzano il treno o la nave per il trasporto dei materiali. Queste aziende otterranno un sicuro beneficio in termini di impatto ambientale in quanto gli ultimi due mezzi emettono molta meno CO₂ equivalente rispetto agli altri.

Trasporti relativi agli assemblatori

Per gli assemblatori gli input aziendali sono quattro: tavole, blocchetti, chiodi e graffe EPAL. Ognuno di questi trasporti differisce da azienda ad azienda sia per il mezzo utilizzato sia per i km percorsi dal mezzo. Il carico trasportato risulta essere lo stesso in quanto è stato usato come peso trasportato quello dell'unità funzionale; in questo caso 15,05 kg di tavole, 6,75 kg di blocchetti, 0,7 kg di chiodi e 13,15 g di graffa EPAL.

I dati ricevuti dalle sette aziende intervistate sono stati trattati come nell'esempio precedente dell'azienda con segheria 2 per ottenere i dati medi di ciascuna azienda e i dati relativi all'azienda media. Le tabelle con i dati relativi a ciascun materiale delle aziende intervistate e dell'azienda media sono riportati in Appendice G.

Di seguito verranno presentati i grafici dei trasporti degli input materiali per la aziende con segheria (Figure 31-34). I dati sono espressi in ton*km ovvero i km percorsi dal mezzo per trasportare 1 tonnellata di materiale all'azienda.

Possiamo subito notare come l'utilizzo del treno per il trasporto di tavole e blocchetti favorisca l'azienda 7 che avrà emissioni minori rispetto a tutte le

altre. L'azienda 4 avrà emissioni molto alte perché oltre a percorrere la distanza maggiore vengono utilizzati come mezzi di trasporto i camion EURO 3. L'azienda 2 oltre a percorrere poca distanza utilizza mezzi EURO 4 producendo quindi poca CO₂ equivalente.

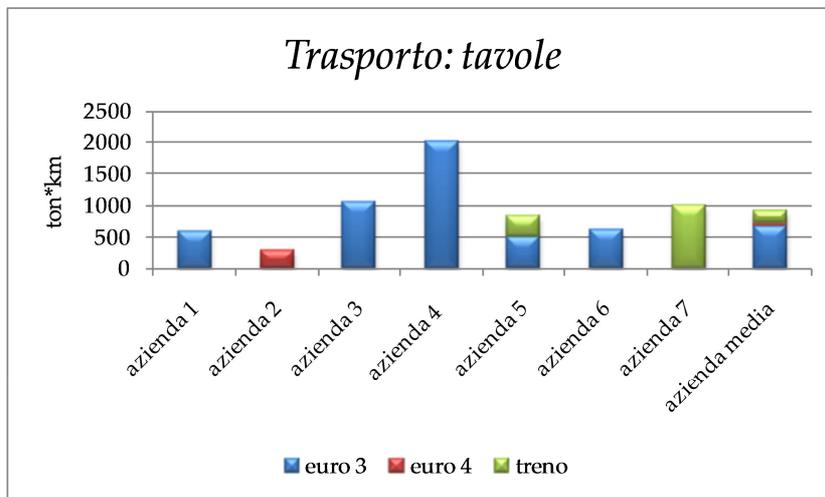


Figura 31: trasporto di tavole per gli assemblatori.

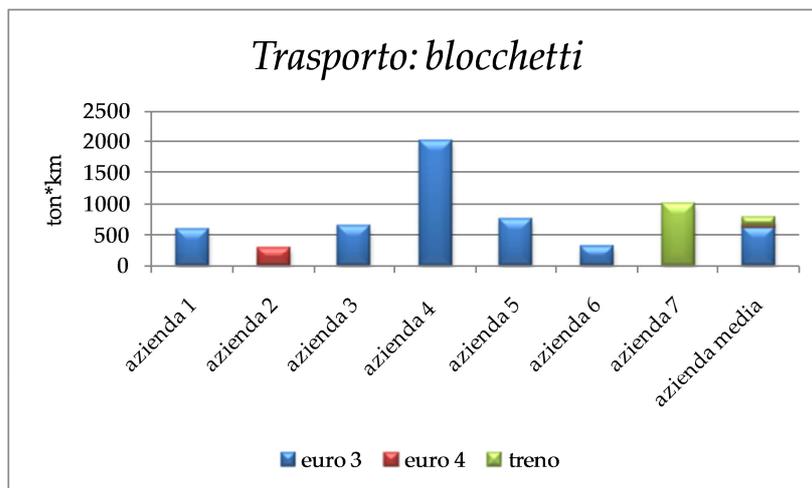


Figura 32: trasporto dei blocchetti per gli assemblatori.

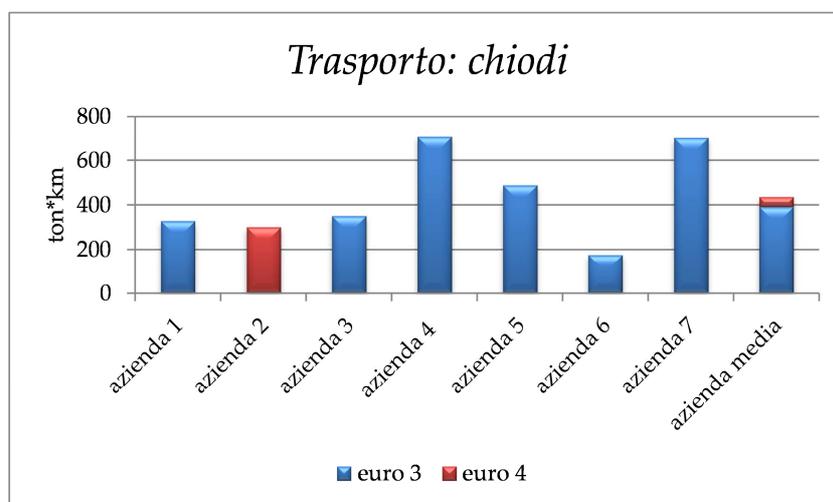


Figura 33: trasporto dei chiodi per gli assemblatori.

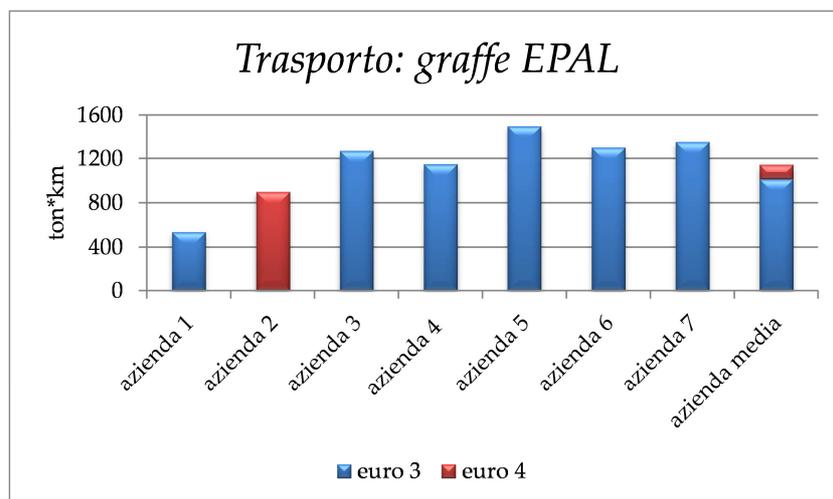


Figura 34: trasporto delle graffe EPAL per gli assemblatori.

Dalle ultime due Figure possiamo facilmente intuire come l'azienda 2 essendo l'unica che utilizza mezzi EURO 4 avrà emissioni minori rispetto alle altre aziende.

Trasporti dei riparatori

I riparatori hanno cinque input aziendali: pallet da riparare, tavole, blocchetti, chiodi e chiodi di controllo. Ognuno di questi trasporti differisce da azienda ad azienda sia per il mezzo utilizzato, sia per i km percorsi dal mezzo. Il carico trasportato risulta essere lo stesso in quanto è stato usato come peso trasportato quello dell'unità funzionale; in questo caso 1 pallet da riparare, 1,023 kg di tavole, 0,8 kg di blocchetti, 0,09 kg di chiodi e 3 g di chiodo di controllo.

I dati ricevuti dalle dodici aziende intervistate sono stati trattati come nell'esempio precedente dell'azienda con segheria 2 per ottenere i dati medi di ciascuna azienda e i dati relativi all'azienda media. Le tabelle con i dati relativi a ciascun materiale delle aziende intervistate e dell'azienda media sono riportati in Appendice H.

Di seguito verranno presentati i grafici dei trasporti degli input materiali per la aziende con segheria (Figure 35-39). I dati sono espressi in ton*km ovvero i km percorsi dal mezzo per trasportare 1 tonnellata di materiale all'azienda.

I pallet da riparare provengono per quasi tutte le aziende da zone limitrofe percorrendo in media meno di 50 km, quindi le emissioni saranno ridotte rispetto agli altri materiali in ingresso.

I trasporti di tavole e blocchetti differiscono notevolmente da azienda ad azienda sia per il mezzo utilizzato sia per i km percorsi. Alle aziende 2, 4, 9 e 12 saranno imputabili basse emissioni di CO₂ in quanto hanno distanze percorse molto ridotte rispetto alle altre.

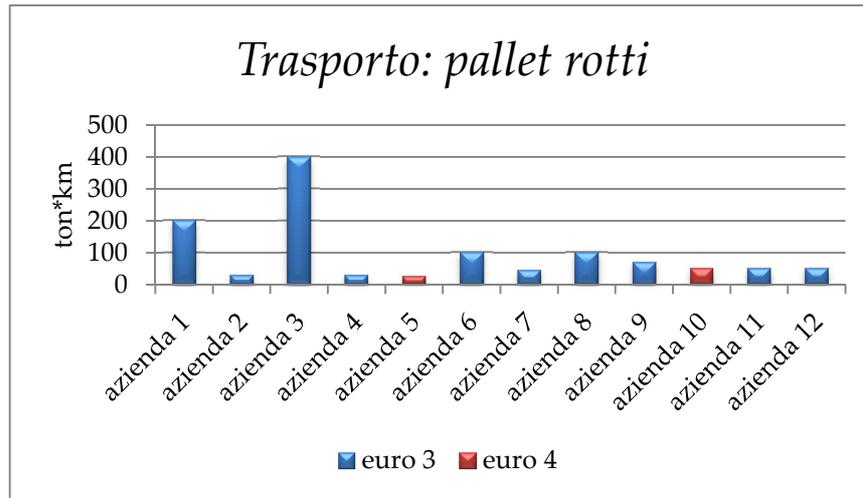


Figura 35: trasporto dei pallet rotti per i riparatori.

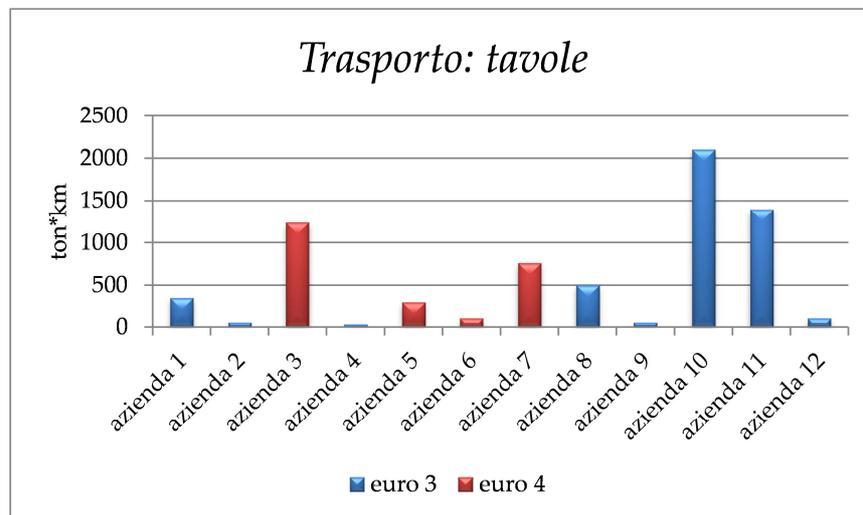


Figura 36: trasporto delle tavole per i riparatori.

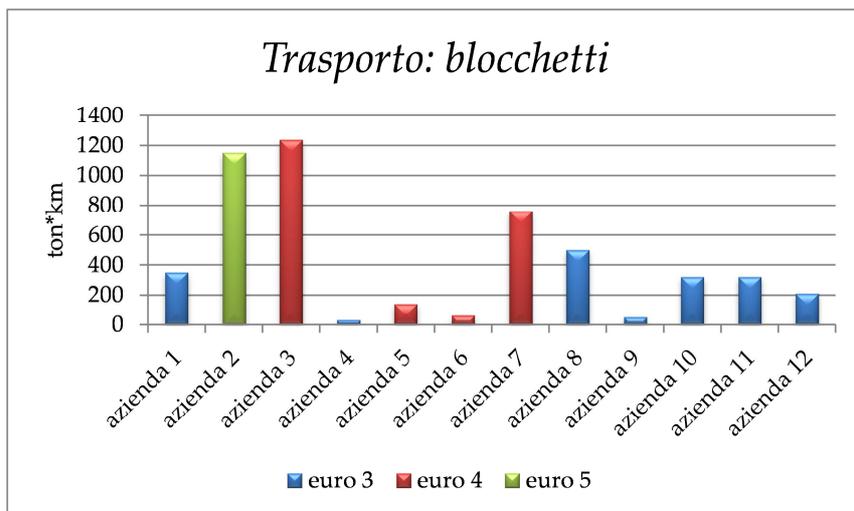


Figura 37: trasporto dei blocchetti per i riparatori.

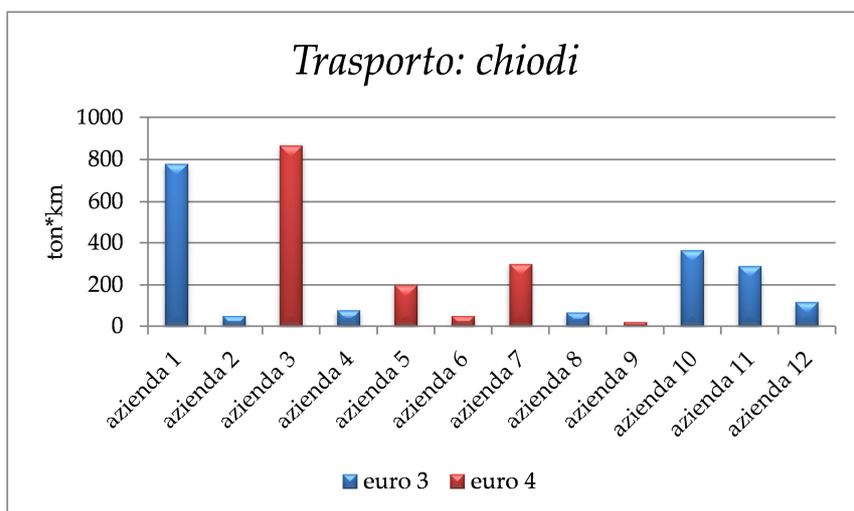


Figura 38: trasporto dei chiodi per i riparatori.

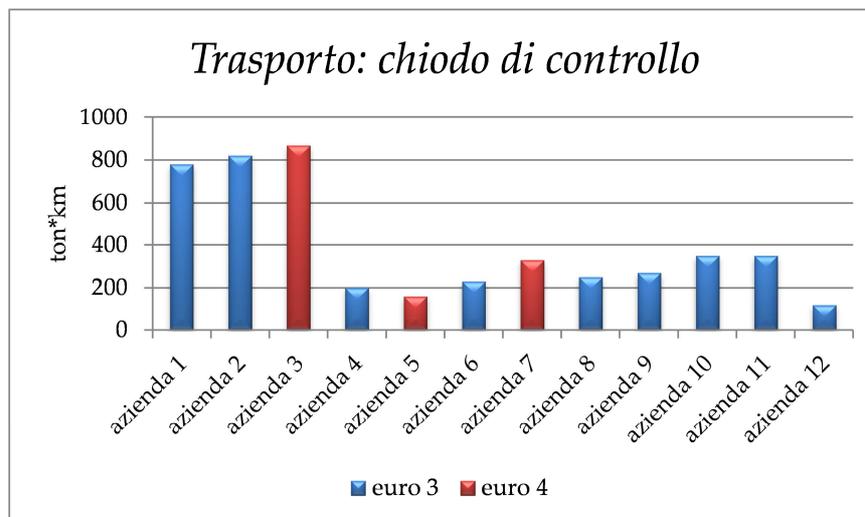


Figura 39: trasporto dei chiodi di controllo per i riparatori.

10. Analisi di Inventario (Life Cycle Inventory o LCI)

Unità di processo dei produttori con segheria

Per le aziende con segheria lo schema di flusso generale (Figura 10) è stato suddiviso in tre unità di processo sequenziali: segheria, assemblaggio e forno di fitotrattamento (Figura 17).

Segheria

Questa unità di processo schematizza il taglio dei tronchi in ingresso all'azienda per produrre blocchetti e tavole da utilizzarsi nell'unità successiva per l'assemblaggio dei pallet. Gli input di questa unità di processo sono i tronchi decortecciati, la costruzione e utilizzo della segheria, i trasporti espressi in tkm (tonnellate per chilometro) per portare i materiali all'azienda e l'energia elettrica utilizzata.

Per costruire questa unità di processo si è utilizzata la scheda "sawn timber, softwood, raw, forest-debarked, u=70%, at plant/RER U" già esistente nel programma Simapro e successivamente modificata in base alle esigenze.

Per questioni di comodità si è deciso di allocare in questa unità tutta l'energia elettrica utilizzata dall'azienda annullando gli input energetici delle successive due unità.

L'unità produce 1 m³ di tavole e blocchetti, quindi assumendo come densitàⁿ del legno 750 kg/m³ è immediato passare dal volume ai kg prodotti. Per ognuna delle quattro aziende è stato calcolato il rapporto energia elettrica/input legno ovvero l'energia elettrica utilizzata per ogni tonnellata di legno in ingresso. Pertanto i consumi di energia elettrica sono stati allocati sulla base della quantità di legno lavorato. La stessa regola di allocazione è stata utilizzata per i trasporti dei materiali in ingresso.

I dati riportati in ultima colonna di tabella (Tabella 5) sono riferiti a 1 tonnellata di legno in ingresso; la conversione ai volumi di legno è poi immediata utilizzando la densità ipotizzata. Come legno in ingresso è stato scelto di usare il materiale "round wood, softwood, debarked, u=70% at forest road/RER U" già presente nella banca dati di SimaPro.

Tabella 5: confronto tra energia elettrica totale [kWh] e input totali di legno [ton].

ⁿ Dato medio dedotto da comunicazioni private con le aziende intervistate.

	En. Elettrica tot [kWh]	input legno [ton]	En. elettrica/ input legno
azienda 1	150000	1125	133,33
azienda 2	822000	9375	87,68
azienda 3	126000	52500	2,40
azienda 4	1342535	18337,5	73,21
azienda media	610133,75	20334,375	74,16

Il trasporto è stato espresso in ton km; per ogni azienda è stato selezionato il mezzo di trasporto appropriato dalla banca dati del programma e come valore è stato inserito i km percorsi dal mezzo moltiplicati per le tonnellate trasportate, nel nostro caso 750 kg di legno in ingresso.

In **Tabella 6** è riportato l’inventario relativo all’unità di processo “segheria” per l’azienda con segheria media, ovvero l’azienda modello creata dalla media pesata delle quattro aziende intervistate. Si osservi che l’input di legno è 750 kg e non una tonnellata. Il calcolo dei trasporti è stato effettuato secondo le modalità descritte nel capitolo precedente.

Assemblaggio

Questa unità rappresenta l’assemblaggio del pallet. Gli input sono tavole e blocchetti provenienti dall’unità precedente, chiodi e relativo trasporto, graffa EPAL e relativo trasporto e il combustibile usato per i mezzi interni dell’azienda. Gli output sono, oltre ai pallet EPAL prodotti, segatura, cippato, RSU, pezzi di legno, plastica e materiali metallici.

Tabella 6: unità di processo “segheria” per azienda media - inventario.

segheria			
input	quantità	unità di misura	note
tronchi	1,6416	m ³	
costruzione della segheria	3,84E(-7)	pz	
fattore correttivo del legno	-0,642	m ³	
energia elettrica	55,6	kWh	eq. a 1 m ³
trasporto tronchi con EURO 3	168	tkm	
trasporto tronchi con EURO 4	357	tkm	
trasporto tronchi in treno	33,5	tkm	
output	quantità	unità di misura	note
tavole + blocchetti	750	kg	eq. a 1 m ³
calore rilasciato in aria	113,28	MJ	

L'unità produce un pallet EPAL che pesa 22,5 kg quindi tutti i dati in ingresso e uscita sono riferiti a questa quantità.

Per i chiodi in input si è usato il materiale “steel, low-alloyed, at plant RER/U” già presente nella banca dati di SimaPro mettendo come quantità in ingresso 0,7 kg ovvero il peso dei chiodi in un pallet EPAL; per il loro trasporto, dopo aver scelto l'appropriato mezzo dalla banca dati, è stato sufficiente moltiplicare la quantità in ingresso per i km percorsi dal mezzo per ottenere le tkm equivalenti.

Lo stesso materiale è stato usato per la graffa EPAL, inserendo però 13,15 g come quantità in ingresso (il peso di una graffa), discorso analogo al precedente per calcolarne il trasporto.

Per le tavole e blocchetti è stato usato come materiale in ingresso l'output dell'unità di processo “segheria” usando come quantità 21,8 kg ovvero il peso di tavole e blocchetti in un pallet EPAL.

Per la movimentazione interna alle aziende è stato scelto il mezzo “transport, lorry 3,5-7,5t, EURO 3/RER U” già presente nella banca dati di SimaPro. Avendo il consumo totale di combustibile aziendale e la produzione di pallet aziendale è stato calcolato il rapporto tra i due dati

ottenendo il combustibile medio utilizzato per la produzione di un pallet (Tabella 7).

Assumendo come densità del gasolio 845 kg/m³ si possono calcolare i kg di gasolio utilizzati. Sapendo che 0,143 kg di gasolio muovono il macchinario per 1 km con una semplice proporzione possiamo calcolare quanti km percorre il macchinario con i kg di gasolio dell'azienda. Moltiplicando poi il risultato per il peso di un singolo pallet, 22,5 kg, otteniamo i kg km. La misura ottenuta è la distanza percorsa dal nostro mezzo, che trasporta un pallet, assumendo come input i litri di combustibile utilizzati per singolo pallet.

Per la segatura è stato usato il materiale "industrial residue wood, from planing, softwood, air dried, u=20%, at plant/RER U", mentre per il cippato "wood chips, softwood, from industry, u=40%, at plant/RER U", materiali già presenti nella banca dati di Sima Pro. Come quantità anche per essi è stata calcolata la produzione di cippato e segatura riferita a un singolo pallet prodotto e per il loro trasporto le t km sono state calcolate analogamente ai casi precedenti. Questi due materiali sono da considerarsi prodotti evitati; pertanto è stato utilizzato il metodo della sostituzione per il calcolo degli impatti da scontare. Si noti però che ai fini del calcolo della CO₂ esiste un contributo negativo in quanto viene restituita all'ambiente parte della CO₂ originariamente immagazzinata nel legno.

Tabella 7: litri di combustibile utilizzati per la movimentazione interna per pallet prodotto.

	gasolio (l)
azienda 1	5,45E-02
azienda 2	9,80E-03
azienda 3	6,90E-02
azienda 4	3,00E-02
azienda media	4,44E-02

Per i calcolo delle t km si è proceduto come nei casi precedenti. In Tabella 8 viene rappresentata l'unità di processo "assemblaggio" per l'azienda media. Si noti che i trasporti dei materiali sia in ingresso che in uscita sono conteggiati in ingresso in quanto impatti attribuiti all'attività dell'azienda.

I processi utilizzati per lo smaltimento dei rifiuti sono: per gli RSU è stato usato "disposal, municipal solid waste, 22,9% water, to sanitary landfill", per i pezzi di legno "disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration", per la plastica "riciclo plastica" e per i materiali metallici

“scarto materiali metallici”. Queste due ultime unità sono state create ad hoc usando dati ottenuti da precedenti lavori.

Forno fitotrattamento

Questa unità rappresenta il fitotrattamento dei pallet negli appositi forni

Tabella 9). L'unità fornisce un pallet EPAL fitotrattato e ha come input un pallet EPAL non trattato, che è l'output dell'unità precedente, e i MJ necessari per il trattamento in forno.

Questa unità rimane identica per tutte le aziende e per tutte le tipologie di produzione o riparazione, cambia solo il pallet in ingresso all'unità che sarà quello specifico di ogni azienda. Le specifiche del forno sono: 1000 kW di potenza, alimentazione a cippato. Infatti, le aziende intervistate hanno tutte dichiarato di usare gli scarti di produzione al loro interno per alimentare il forno. Questo spiega anche i valori bassi di sottoprodotti generati per ogni pallet prodotto.

I trattamenti durano in media 7 ore e devono portare la temperatura del centro del pallet a 57,5°C. Per calcolare i MJ necessari si è scelto di utilizzare come materiale di alimentazione del forno “cippato wood chips, from industry, softwood, burned in furnace 1000 kW/CH U” già presente nella banca dati di SimaPro, opportunamente modificato, ad ex. trasporto del materiale e energia elettrica sono già allocate nelle precedenti unità.

I MJ necessari al trattamento di un pallet sono stati facilmente calcolati e sono risultati pari a 0,81 MJ. Tutti i dati riportati nelle tabelle per l'azienda media sono la media pesata dei dati delle aziende intervistate del settore.

Unità di processo degli assemblatori

Per le aziende senza segheria, sono state create due unità di processo interconnesse tra loro: assemblaggio e forno di fitotrattamento.

Assemblaggio

Questa unità di processo schematizza l'assemblaggio dei pallet fornendo come output un pallet EPAL, quindi tutti gli input e output saranno riferiti a un pallet EPAL di peso 22,5 kg.

Gli input materiali sono tavole, blocchetti, chiodi e graffa EPAL; come input energetici si ha l'en. elettrica consumata dall'azienda e il gasolio utilizzato per i mezzi interni aziendali; mentre per i trasporti sono considerati tutti i

mezzi utilizzati per trasportare i materiali per l'assemblaggio all'azienda e tutti i mezzi per il trasporto degli output aziendali.

Come altri output oltre a un pallet EPAL l'unità produce segatura, pezzi di legno, plastica, RSU e materiali metallici.

Tabella 8: unità di processo "assemblaggio" per azienda media con segheria - inventario.

assemblaggio			
input	quantità	unità di misura	note
tavole + blocchetti	21,8	kg	
chiodi	0,7	kg	
graffa EPAL	13,15	g	
utilizzo mezzi interni aziendali	3,98	kgkm	
trasporto chiodi con EURO 3	0,189	tkm	
trasporto chiodi con EURO 4	0,166	tkm	
trasporto chiodi in nave	0,219	tkm	
trasporto graffa EPAL con EURO 3	8,35	kgkm	
trasporto graffa EPAL con EURO 4	8,09	kgkm	
trasporto segatura prodotta	0,063	tkm	100 km
trasporto cippato prodotto	0,144	tkm	100 km
trasporto pezzi di legno	0,029	tkm	10 km
trasporto RSU	0,0287	kgkm	10 km
trasporto plastica	0,0163	tkm	10 km
trasporto materiali metallici	0,0154	tkm	10 km
output	quantità	unità di misura	note
pallet EPAL	1	pz	
segatura	0,00252	m ³	sottoprodotto
cippato	0,00576	m ³	sottoprodotto
RSU	2,87	g	a discarica
pezzi di legno	0,29	kg	a inceneritore
plastica	1,63	g	a riciclo
materiali metallici	1,54	g	a riciclo

Tabella 9: unità di processo “forno fitotrattamento” - inventario

forno fitotrattamento			
input	quantità	unità di misura	note
pallet non trattati	1	pz	
forno fitotrattamento	0,81	MJ	calore stimato
output	quantità	unità di misura	note
pallet fitotrattati	1	pz	

Per le tavole in ingresso è stato utilizzato il materiale “sawn timber, softwood, raw, plant debarked, u=70%, at plant/RER U” già presente nella banca dati di SimaPro con quantità in ingresso di 0,2 m³. Questo valore è stato facilmente ricavato sapendo la densità del legno pari a 750 kg/m³ e il peso delle tavole in un pallet EPAL pari a 15,05 kg. Per il trasporto dopo aver scelto il mezzo appropriato sono state calcolate le t km moltiplicando la distanza percorsa (precedentemente calcolata) per il carico trasportato, ovvero 15,05 kg di tavole.

Per i blocchetti è stato utilizzato il materiale “particle board,outdoor use, at plant/RER U” con quantità in ingresso 0,012 m³. Il valore è stato facilmente calcolato conoscendo il peso dei blocchetti in un pallet EPAL, pari a 6,75 kg e la densità dei blocchetti pari a 570 kg/m³. Per il calcolo delle t km equivalenti si è moltiplicata la distanza percorsa per il carico trasportato di 6,75 kg, dopo aver scelto l’apposito mezzo.

Per i chiodi e graffa EPAL si è proceduto come nel caso dei produttori con segheria. L’energia elettrica è stata calcolata effettuando una allocazione sul numero totale di pallet prodotti dall’azienda.

Unità di processo dei riparatori

Per i riparatori sono state utilizzate due unità di processo: riparazione e forno di fitotrattamento. L’unità di processo forno di fitotrattamento è identica a quella utilizzata per le aziende con segheria.

Riparazione

Questa unità fornisce un pallet EPAL riparato. Tra gli input si è deciso di omettere il pallet da riparare in ingresso all'azienda per non calcolare ulteriormente gli impatti dovuti alla produzione del pallet e per calcolare gli impatti relativi solo al processo di riparazione. Il trasporto del pallet da riparare è però stato preso in considerazione.

Per questo processo si è considerata come riparazione media effettuata su un pallet la sostituzione di una tavola, tre blocchetti e 0,09 kg di chiodi.

Per le tavole in ingresso è stato usato il materiale "Sawn timber, softwood, raw, plant-debarked, u=70%, at plant/RER U" utilizzando come quantità 0,00136 m³. Questo valore è stato calcolato facilmente conoscendo il peso di una tavola, 1,023 kg, e la sua densità pari a 750 kg/m³.

Per i blocchetti è stato usato il materiale "Particle board, outdoor use, at plant/RER U", utilizzando come quantità 0,0039 m³. Questo valore è stato calcolato conoscendo il peso di tre blocchetti, 2,25 kg, e la loro densità pari a 570 kg/m³.

Per i chiodi è stato usato come materiale "steel, low-alloyed, at plant RER/U" utilizzando 0,09 kg come quantità, ovvero il peso dei chiodi utilizzati per riparare un pallet.

Per il chiodo di controllo, ovvero il chiodo che autentica la riparazione avvenuta seguendo la normativa EPAL, è stato usato come materiale "steel, low-alloyed, at plant RER/U" utilizzando 3 g come quantità, ovvero il peso del chiodo.

Tabella 10: unità di processo “assemblaggio” per l’azienda media senza
segheria - inventario

assemblaggio		
input	quantità	unità di misura
tavole	0,02	m ³
blocchetti	0,012	m ³
chiodi	0,7	kg
graffa EPAL	13,15	g
utilizzo mezzi interni aziendali	4,92	kgkm
energia elettrica	0,66	kWh
trasporto tavole con EURO 3	10,3	tkm
trasporto tavole con EURO 4	0,645	tkm
trasporto tavole in treno	2,86	tkm
trasporto blocchetti con EURO 3	4,17	tkm
trasporto blocchetti con EURO 4	0,289	tkm
trasporto blocchetti in treno	0,964	tkm
trasporto chiodi con EURO 3	0,275	tkm
trasporto chiodi con EURO 4	0,03	tkm
trasporto graffa EPAL con EURO 3	13,4	kgkm
trasporto graffa EPAL con EURO 4	1,69	kgkm
trasporto segatura prodotta	0,0062	tkm
trasporto pezzi di legno	0,0355	tkm
trasporto RSU	0,056	kgkm
trasporto plastica	0,072	tkm
trasporto materiali metallici	0,0005	tkm
output	quantità	unità di misura
pallet EPAL	1	pz
segatura	0,00256	m ³
RSU	5,6	g
pezzi di legno	0,71	kg
plastica	3,6	g
materiali metallici	0,01	g

Tabella 11: unità di processo “riparazione” per l’azienda media - inventario

riparazione		
input reale	quantità	unità di misura
tavole	0,00136	m ³
blocchetti	0,0039	m ³
chiodi	0,09	kg
chiodo di controllo EPAL	3	g
energia elettrica	1,35	kWh
utilizzo mezzi interni aziendali	61,48	kgkm
trasporto pallet da riparare	1,55	tkm
trasporto pallet da riparare	0,367	tkm
trasporto tavole	0,390	tkm
trasporto tavole	0,204	tkm
trasporto tavole	0,119	tkm
trasporto blocchetti	0,147	tkm
trasporto blocchetti	0,077	tkm
trasporto chiodi	0,013	tkm
trasporto chiodi	0,0108	tkm
trasporto chiodo di controllo	0,842	kgkm
trasporto chiodo di controllo	0,339	kgkm
trasporto cippato	0,070	tkm
trasporto pezzi di legno	0,135	tkm
trasporto RSU	0,72	kgkm
trasporto materiali metallici	0,69	kgkm
output reale	quantità	unità di misura
cippato	0,0028	m ³
materiali metallici	69	g
RSU	72	g
pezzi di legno	0,18	kg

Per l'energia elettrica è stato utilizzato lo stesso criterio delle unità precedenti dividendo il totale utilizzato dall'azienda per i pallet riparati

ottenendo il valore di energia elettrica media utilizzata per la riparazione di un singolo pallet.

Per il calcolo del combustibile utilizzato dai mezzi interni all'azienda è stata seguita la stessa procedura delle aziende con segheria, come pure per i materiali in uscita. Per il calcolo delle tkm equivalenti trasportate e per le quantità inserite è stata seguita la stessa procedura delle unità precedenti.

In Tabella 11: unità di processo "riparazione" per l'azienda media - inventario è riportato l'inventario relativo all'unità di processo "riparazione" per l'azienda media.

Uso del pallet

Il pallet immesso sul mercato italiano prima di arrivare al suo fine vita compie una serie di movimentazioni e riparazioni che nel loro insieme costituiscono la vita del prodotto.

Secondo i dati forniti da Federlegno sul totale dei pallet immessi sul mercato italiano il 21% viene prodotto dalle aziende con segheria e il 79% viene prodotto dagli assemblatori.

Il pallet uscito dalle aziende produttrici viene comprato dalle grandi industrie di marca, esse inviano il pallet carico di prodotto alla grande distribuzione organizzata che a sua volta provvederà a smistarlo in tutti i punti vendita. Mentre il prodotto trasportato ferma il suo percorso al punto vendita, perché da lì poi verrà venduto ai consumatori e utilizzato da essi, il pallet non esaurisce la sua vita qui, ma percorre a ritroso il percorso fino all'industria di marca dove verrà di nuovo utilizzato per trasportare altri prodotti.

Ogni pallet EPAL nella sua vita (Figura 40) compie numerose movimentazioni, ovvero un viaggio tra gli utenti della filiera; in questo periodo può subire anche un certo numero di riparazioni e solo dopo numerose movimentazioni viene mandato a fine vita.



Figura 40: movimentazioni del pallet tra gli attori della filiera.

Lo scenario di uso del pallet è di più difficile definizione.

Si può immaginare che la fase di uso del pallet comprenda la sua distribuzione alle aziende utilizzatrici, le riparazioni e l'invio al centro di raccolta da cui poi verrà inviato agli impianti di smaltimento (questo in seguito verrà chiamato Scenario 2). Questa filosofia è stata adottata anche in studi passati²¹. Tuttavia se si vuole effettuare un confronto tra i sistemi di gestione del pallet, ad esempio interscambio e one-way (ovvero a perdere), allora occorre tenere in considerazione esattamente il numero di movimentazioni effettuate a pieno carico o a vuoto del pallet durante la sua vita. Grazie ai dati forniti dallo studio effettuato dal C-Log, Centro di Ricerca sulla Logistica, Università Carlo Cattaneo LIUC – Osservatorio “Mappatura Flussi nel settore del Largo Consumo” (prof. Dallari) è stato possibile delineare con maggiore precisione la vita di un pallet in interscambio. Questo ovviamente non risolve il dilemma di cosa sia da considerare come uso di un pallet, poiché può essere discutibile il fatto di imputare al pallet le emissioni per il trasporto delle merci. Tuttavia se si vuole effettuare una valutazione dell'efficacia di un sistema di gestione non ci si può esimere dal dover introdurre nello studio anche questo contributo (Scenario 1).

A questo proposito per confronto vengono considerati due diversi scenari di uso del pallet: in interscambio e a perdere. La gestione in interscambio è quella propria del pallet EUR/EPAL. La gestione del pallet a perdere è stata messa solo per confronto.

Pallet in interscambio

La fase di uso del pallet inizia nel momento in cui lascia il produttore, sia esso con segheria o senza, ed entra nel circuito commerciale. L'indice di rotazione dei pallet è stimato in 8-10 per anno e la vita media del pallet è stimata in 2,5 anni. Pertanto si ha un tasso di reintegro annuo del 40%, che può anche essere letto così: ogni 100 pallet introdotti sul mercato in un anno 40 vanno a smaltimento. Nella Figura 41 e Figura 42 per chiarezza sono mostrati separatamente gli schemi di flusso della fase di uso del pallet EUR/EPAL in andata e ritorno. Non sono indicati i viaggi di riparazione del pallet in quanto già compresi nell'unità riparazione, come verrà chiarito in seguito. Si considerano in media due/tre riparazioni nella vita di un pallet EUR/EPAL. Questo dato è stato confermato dalle interviste con le aziende. Nello studio presente si è assunto un numero di riparazioni pari a 2.

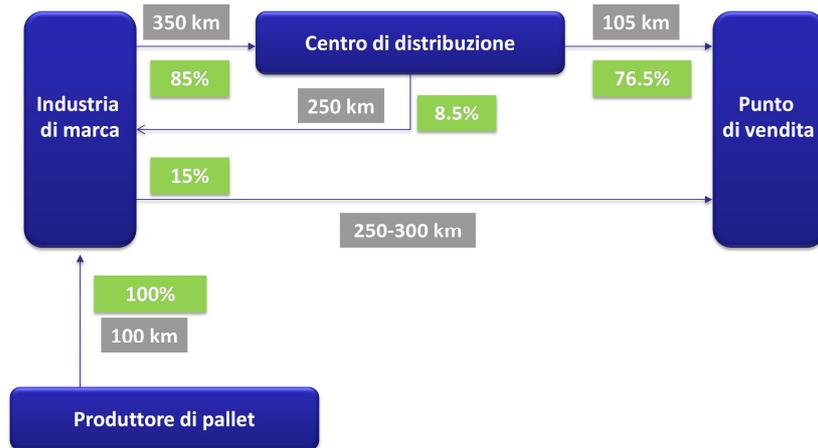


Figura 41: schema della fase di vita del pallet in andata dall'industria di marca al punto di vendita.

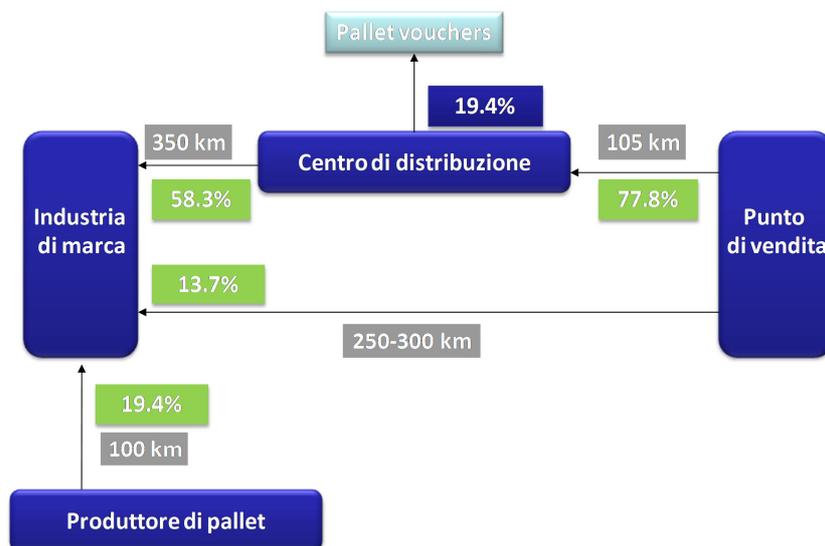


Figura 42: schema della fase di vita del pallet in ritorno dal punto di vendita all'industria di marca.

Schematicamente si può immaginare una fase di uso così suddivisa:

1. dal produttore di pallet all'utilizzatore di pallet, ad esempio l'industria di marca (IdM)
2. dall'industria di marca al centro di distribuzione (CeDi)
3. dal centro di distribuzione al punto di vendita (PdV)
4. direttamente dall'industria di marca al punto di vendita

Dai dati forniti dallo studio effettuato dal C-Log, Centro di Ricerca sulla Logistica, Università Carlo Cattaneo LIUC – Osservatorio “Mappatura Flussi nel settore del Largo Consumo” (prof. Dallari) è possibile effettuare una quantificazione dettagliata dei flussi:

1. 85% dei pallet uscenti dall'industria di marca viene inviato al centro di distribuzione
2. il restante 15% viene inviato direttamente al punto di vendita
3. 8,5% dei pallet inviati al CeDi ritornano all'IdM e solo il 76,5% arriva al PdV, che corrisponde al 90% del flusso in arrivo al CeDi

Per quanto riguarda invece i flussi di rientro lo studio del prof. Dallari ha fornito i seguenti dati:

1. 15% dei pallet giunti al PdV rientrano direttamente all'IdM
2. 85% dei pallet giunti al PdV rientrano al CeDi
3. 75% dei pallet tornati al CeDi rientra all'IdM
4. 25% dei pallet tornati al CeDi viene convertita in buoni pallet

Le percorrenze medie stimate sono:

1. 350 km dall'industria di marca al centro di distribuzione
2. 105 km dal centro di distribuzione al punto di vendita
3. 250 – 300 km dall'industria di marca al punto di vendita
4. 250 km la distanza di rientro CeDi – IdM

Si osservi che il rientro del pallet all'IdM è ottimizzato in quanto viene pagato da chi recupera i pallet. I pallet convertiti in buoni pallet vengono reintegrati all'IdM con pallet nuovi. Nel caso di consegna diretta al punto di vendita il modello che viene utilizzato è quello a petalo in modo tale da

ottimizzare le percorrenze e comunque vengono fatte più consegne durante il giro.

Si è anche introdotto il concetto di distanza utile legato alla funzione del pallet stesso, che risulta importante per una analisi comparativa tra i due scenari di utilizzo del pallet. La distanza utile o a pieno carico percorsa in un anno corrisponde solamente ai viaggi a pieno carico. Considerando un indice di rotazione annuo pari ad 8 e una vita media di 2.5 anni si ricava che la distanza media percorsa da un pallet è 18060 km che si riduce a 7224 km/anno. Con un indice di rotazione annuo pari invece a 10 la distanza media percorsa da un pallet è 22575 km che si riduce a 9030 km/anno. I dati sono riportati in Tabella 12 e 13.

In base a questi dati è possibile definire un primo scenario di fase di uso del pallet EUR/EPAL (SCENARIO 1) in cui si considerano tutti i chilometri di trasporto effettuati durante la vita fino al momento dello smaltimento. Le distanze calcolate sono da considerarsi un valore medio; ai fini dello studio si è utilizzato un indice di rotazione annuo pari a 8, Scenario 1A (Tabella 12). I risultati non cambiano sensibilmente se si assume lo Scenario 1B.

Se invece si considera che nella fase di uso del pallet non debbano essere conteggiate le distanze percorse durante il trasporto di merci, allora lo scenario della fase di uso si riduce alle sole distanze percorse per la distribuzione e il trasporto al centro di smaltimento a fine vita (vedi schema di Figura 44). Si tratta quindi di una distanza percorsa che può essere stimata in media pari a 200 km (SCENARIO 2).

Tabella 12: Scenario della fase di uso del pallet in cui si considerano i km totali percorsi dal pallet durante la sua vita (rotazione 8)

FASE DI USO PALLET EUR/EPAL (SCENARIO 1A)	
indice di rotazione annuo	8
vita media pallet [anni]	2,5
distanze totali	
percorrenza media per pallet per anno[km/anno]	7224
percorrenza media per pallet [km]	18060
distanze a pieno carico	
percorrenza media per pallet per anno[km/anno]	3356
percorrenza media per pallet [km]	8390

Tabella 13: Scenario della fase di uso del pallet in cui si considerano i km totali percorsi dal pallet durante la sua vita (rotazione 10)

FASE DI USO PALLET EUR/EPAL (SCENARIO 1B)	
indice di rotazione annuo	10
vita media pallet [anni]	2,5
distanze totali	
percorrenza media per pallet per anno[km/anno]	9030
percorrenza media per pallet [km]	22575
distanze a pieno carico	
percorrenza media per pallet per anno[km/anno]	4195
percorrenza media per pallet [km]	10487

Pallet a perdere

E' possibile descrivere un analogo modello per il pallet a perdere considerando che ad ogni viaggio a pieno carico corrisponda un pallet nuovo. I viaggi di andata sono quindi da considerarsi a pieno carico. Per ogni nuovo pallet ovviamente si deve considerare il trasporto dal produttore di pallet alla destinazione, IdM o CeDi. Si può ipotizzare una distribuzione abbastanza uniforme dei produttori di pallet a perdere sul territorio nazionale e considerare una distanza media di 100 km come quella supposta precedentemente.

Nell'ipotesi di un'uguale necessità di trasporti, vale a dire per ogni 100 pallet comprati dall'industria di marca:

1. 85 dei pallet uscenti dall'industria di marca viene inviato al centro di distribuzione;
2. i restanti 15 vengono inviati direttamente al punto di vendita;

Però bisogna considerare che ci sia un trasporto anche da CeDi a PdV con nuovi pallet e questo comporta:

1. 85 nuovi pallet vengono acquistati dal CeDi
2. 85 pallet vanno dal CeDi al PdV

Nel complesso vengono acquistati 185 pallet per coprire lo stesso numero di trasporti a pieno carico effettuati dai pallet EUR/EPAL e vengono

contemporaneamente smaltiti 185 pallet, poiché il pallet è a perdere e alla fine di ciascuno di questi viaggi deve essere smaltito.

Secondo questo modello quindi un pallet a perdere percorre in media 329 km a cui vanno aggiunti poi quelli relativi al conferimento presso il punto di raccolta del materiale da smaltire (429 km). Di questa distanza si ipotizza che 229 km siano quelli effettivamente percorsi trasportando merci.

Nel caso di pallet a perdere ovviamente non c'è riparazione. Nell'ipotesi che però i riparatori funzionino da punto di raccolta dei pallet a fine vita, usando i dati raccolti sul campo e ipotizzando una distribuzione uniforme si stima una distanza media punto di fine uso – centro di raccolta e smaltimento di 100 km.

Per schematizzare queste movimentazioni e calcolarne le relative emissioni è stata creata l'unità "trasporto pallet". L'unità è stata costruita in modo da trasportare con il mezzo "transport, lorry, 16-32 t, EURO 4/RER U" un pallet EPAL per i km che percorre mediamente un pallet nella sua vita. La scelta del mezzo di trasporto è arbitraria, ma non modifica sensibilmente i risultati, considerando il trasporto su gomma con un automezzo 16-32 t, sia esso EURO 3/4/5 (Figura 26).

In questa unità il pallet trasportato viene diviso in due parti: 0,21 è il pallet EPAL prodotto dall'azienda con segheria media e 0,79 è il pallet EPAL prodotto dall'azienda senza segheria media utilizzando blocchetti in agglomerato.

Fine vita del pallet

Il pallet EPAL è composto per il 97% da legno e per il restante 3% da materiali metallici. Lo scenario di fine vita è stato creato a partire dai dati Rilegno²² (Tabella 14) e ipotizzando che anche la quota di imballaggi non gestiti da Rilegno abbia un uguale destino.

Tabella 14: Riepilogo dati immessi al consumo, riciclo e recupero energetico
[Fonte Rilegno]

	CONSUNTIVO 2009	PROIEZIONE 2010	PREVISIONE 2011
Ton.			
RICICLO A MATERIA PRIMA – GESTIONE RILEGNO	789.067	885.000	910.000
RICICLO A MATERIA PRIMA – GESTIONE DI TERZI	190.000	200.000	210.000
RIGENERAZIONE	206.000	220.000	235.000
COMPOSTAGGIO	23.000	23.000	23.000
RICICLO TOTALE	1.208.067	1.328.000	1.378.000
<i>% su immesso al consumo</i>	<i>57,69%</i>	<i>60,09%</i>	<i>61,10%</i>
RECUPERO ENERGETICO	61.000	61.000	61.000
TOTALE RECUPERO	1.269.067	1.389.000	1.439.000
<i>% su immesso al consumo</i>	<i>60,60%</i>	<i>62,85%</i>	<i>63,81%</i>
IMMESSO AL CONSUMO in Ton.	2.094.000	2.210.000	2.255.000

Come si può vedere dal grafico (Figura 43) il 57,69 % degli imballaggi in legno viene riciclata, di essi la maggior parte viene inviata a produrre pannelli truciolari. Degli imballaggi non riciclati una minima parte viene inviata a recupero energetico tramite termovalorizzatore e il restante si presuppone finisca in discarica.

In SimaPro non è possibile gestire separatamente il fine vita del legno e dei materiali metallici perché il programma supporta un solo scenario di fine vita. Per ovviare a questo problema negli scenari di vita precedenti il pallet è stato suddiviso nei suoi quantitativi di legno (21,8 kg) e materiali metallici (0,7 kg) e lo scenario di fine vita chiamato “pallet” in due scenari secondari, uno per il legno e uno per i materiali metallici. Nel caso di riciclo di materiale a fine vita si è utilizzato un approccio di allargamento dei confini del sistema (metodo di sostituzione), come suggerisce la norma ISO 14044, anziché una allocazione basata su parametri fisici o economici,.

Fine vita del legno

In accordo con i dati forniti da Rilegno, il legno arrivato a fine vita ha quattro possibili scenari:

- Smaltimento in discarica
- Recupero energetico tramite termovalorizzatore
- Produzione di pannelli truciolari (riciclo)

- Compostaggio

Il primo scenario è stato modellato a partire dalla scheda "Disposal, wood untreated, 20% water, to sanitary landfill/CH U" già presente nella banca dati di SimaPro.

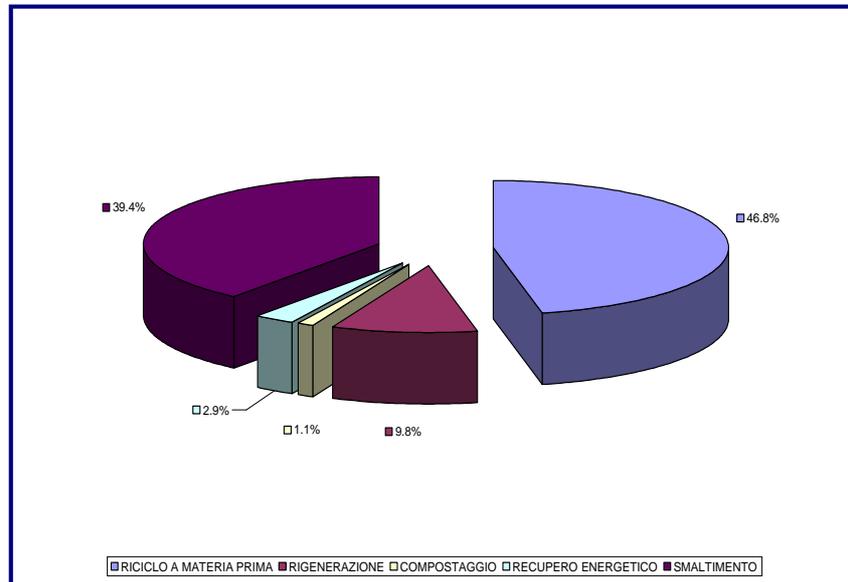


Figura 43: fine vita degli imballaggi in legno in Italia [Dati Rilegno, consuntivo 2009]

Per il secondo scenario è stato utilizzato "Inceneritore legno", modellato per valorizzare il pallet bruciato. Il modello è un inceneritore che ha come prodotti evitati per 1 kg di legno bruciato: 0,67 kWh di energia elettrica e 2 kWh di calore.

Per il terzo scenario è stato utilizzato "produzione di pannelli truciolari" creato utilizzando il materiale "particle board, outdoor use, at plant/RER U", già presente nella banca dati del programma, modificato togliendo i materiali legnosi presenti nell'unità perché è il pallet arrivato a fine vita a costituire l'input materiale per formare i pannelli truciolari.

Per l'ultimo scenario è stata creata una unità "compostaggio" a partire da "Disposal, biowaste, to anaerobic digestion/CH U".

Il trasporto del pallet a fine vita ai centri di raccolta, stimato in una distanza media di 50 km, è stato incluso nella fase di uso del pallet. In Tabella 15 è schematizzato lo scenario di fine vita del legno da pallet, mettendo a confronto i dati 2009 e 2011; riciclo e rigenerazione sono stati accorpati. Come si nota, il trend di riciclo è positivo e va ad erodere la quota di imballaggio non recuperato per il quale è stato ipotizzato lo smaltimento in discarica.

Per coerenza temporale con i dati primari raccolti presso i produttori e i riparatori i calcoli sono stati eseguiti utilizzando i dati di consuntivo 2009. Sono state fatte verifiche anche con i dati di previsione 2011 e le variazioni sono trascurabili.

SCENARIO DI FINE VITA	2009	2011
RICICLO A MATERIA PRIMA	56,6%	60,1%
COMPOSTAGGIO	1,1%	1,0%
RECUPERO ENERGETICO	2,9%	2,7%
SMALTIMENTO IN DISCARICA	39,4%	36,2%

Tabella 15: scenario di fine vita dell'imballaggio di legno in base ai dati Rilegno

Fine vita dei materiali metallici

Gli scenari di fine vita possibili per i materiali metallici sono:

- Riciclo
- Smaltimento in discarica

Per il primo scenario è stata utilizzata l'unità "riciclo materiali metallici", creata ad hoc modificando "steel, electric, un-and-low-alloyed, at plant/RER U", togliendo i materiali in ingresso perché nel nostro caso è il ferro del pallet arrivato a fine vita a costituire l'input per la produzione di materiali metallici riciclati.

Per il secondo scenario invece è stato utilizzato il materiale "Disposal, steel, 0% water, to inert material landfill/CH U" già presente nella banca dati del programma.

La vita del pallet EUR/EPAL

A conclusione dell'analisi di inventario può essere utile visualizzare uno schema di flusso della vita del pallet EUR/EPAL.

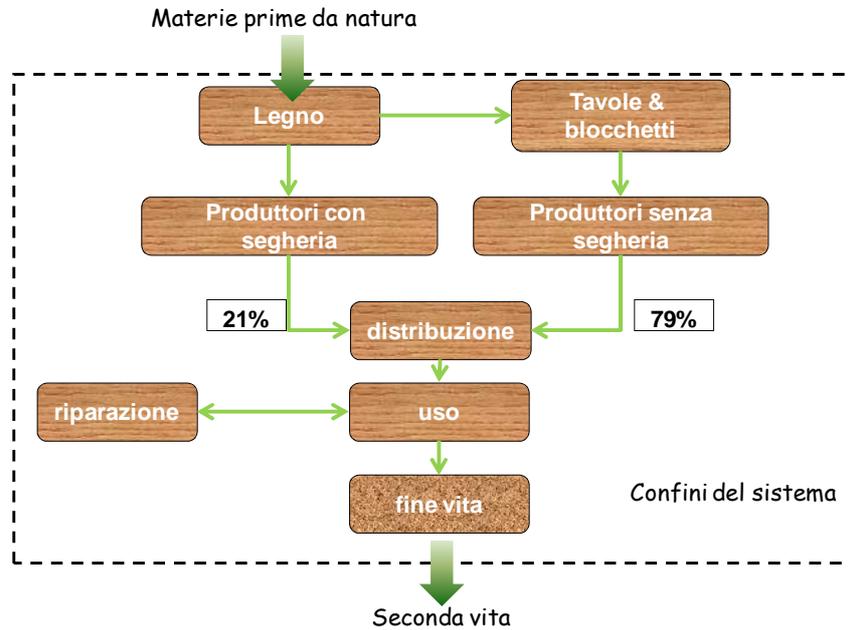


Figura 44: schema di flusso della vita del pallet EUR/EPAL

Con il termine distribuzione si intende la consegna del pallet all'utilizzatore da parte del produttore; in accordo con quanto visto precedentemente si stima una distanza media di 100 km (Figura 41).

Per la fase di uso invece sono possibili diversi scenari, come illustrato sopra, mentre per quanto riguarda l'unità funzionale vale quanto detto nel Capitolo 5 (pag. 23). I dati dell'analisi degli impatti sono calcolati considerando per la fase di uso lo Scenario 1 e presentati per entrambe le unità funzionali:

- la vita di un pallet EUR/EPAL, considerando la distanza effettivamente percorsa nella sua vita comprensiva del trasporto merci (circa 18000 km)
- una distanza prefissata di trasporto merci (100 km)

Le ragioni della duplice scelta sono state già ampiamente discusse.

Nel presente lavoro lo Scenario 1 della fase di uso, cioè la distanza completa percorsa dal pallet comprensiva del trasporto merci, è stata considerata come base di calcolo.

11. Analisi degli impatti (LCIA)

Come prima analisi verrà proposto un confronto fra le aziende intervistate di ogni settore in relazione all'azienda media. Con il metodo IPCC2007:GWP 100 verranno confrontate le emissioni delle aziende con segheria, degli assemblatori e dei riparatori rispetto alle emissioni dell'azienda media del settore. Per ogni settore verranno presentate le emissioni delle unità di processo riferite all'azienda media. Sempre utilizzando lo stesso indicatore verrà presentato un confronto tra i metodi di produzione, ovvero l'azienda con segheria media e l'assemblatore medio.

Visto che il materiale principale del presente studio LCA è il legno ridurre l'analisi degli impatti ambientali alle sole emissioni di CO₂ equivalente è riduttivo, quindi verranno analizzate la vita del pallet in interscambio e la vita del pallet non in interscambio con l'indicatore Eco-Indicator 99 H/A oltre che con il metodo IPCC2007.

Si ricorda che valori negativi di CO₂-eq significa che i gas ad effetto serra sono sottratti dall'atmosfera e quindi l'impatto ambientale è positivo per l'ambiente, ovvero riduzione di effetto serra.

Produzione di pallet da aziende con segheria

Il processo di produzione del pallet da aziende con segheria è già stato discusso nei capitoli precedenti, qui verranno presentati i risultati in termini di impatti ambientali e verranno proposti alcuni spunti di riflessione. Tutti i dati si riferiscono ad un pallet prodotto e a blocchetti in legno massello. Gli impatti ambientali sono ricavati con l'indicatore IPCC2007:GWP 100.

Confronto fra aziende del settore

Come si vede dal grafico sottostante (Figura 45) tutte le aziende del settore hanno emissioni molto simili. L'azienda 4 è l'unica che ha un'emissione al di sotto della media e quindi è la peggiore dal punto di vista dell'impatto ambientale.

I valori trovati sono tutti negativi. Questo è dovuto al metodo utilizzato per il computo della CO₂ biologica del legno, che assegna al legno e ai suoi prodotti un credito (valore negativo) di CO₂. Il metodo assegna un valore negativo alla CO₂ che la pianta immagazzina al suo interno nella fase di crescita e che verrà rilasciata solo quando il prodotto arriverà al suo fine vita, sempre che non venga riutilizzato come materia prima per un nuovo ciclo di vita di un altro prodotto. Questo valore in seguito verrà sommato alle emissioni prodotte dalle successive fasi di vita, uso e fine vita. Tutte le

emissioni negative di CO₂ eq. sono da considerare un vantaggio dal punto di vista ambientale.

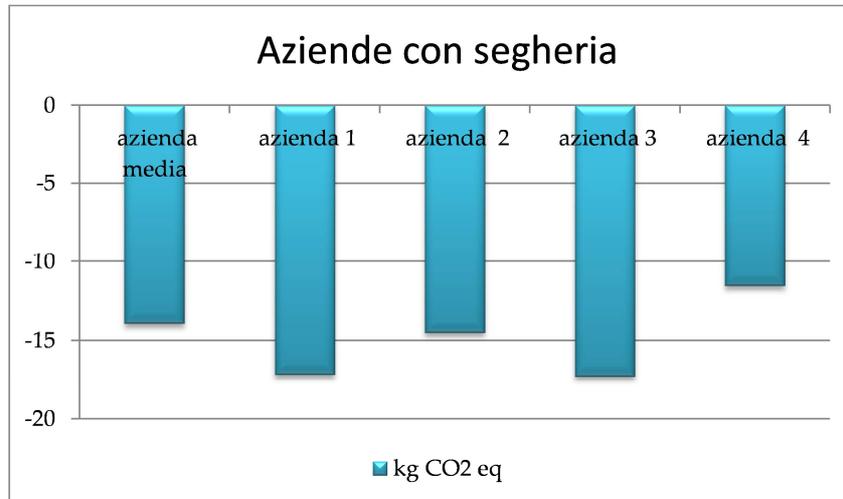


Figura 45: emissioni delle aziende con segheria (kg di CO₂ eq.) per la produzione di un pallet EUR/EPAL

Questi valori puntuali sono ottenuti sommando le emissioni di CO₂ equivalente delle diverse unità di processo delle singole aziende. In questo calcolo è stata omessa l'unità di processo "forno fitotrattamento" in quanto è identica per tutte le aziende e produce solamente 97,6 g di CO₂ eq. per pallet trattato.

Vediamo ora in dettaglio l'incidenza delle unità di processo "segheria" e "assemblaggio" per l'azienda media.

"Segheria"

L'emissione complessiva di kg di CO₂ eq. dell'unità è causata da diverse categorie (Tabella 16) :

- Legno
- Trasporti
- Energia elettrica
- Altro

Tabella 16: emissioni di CO₂ eq. per l'unità di processo "segheria"

	legno	trasporti	en. elettrica	infrastrutture	Total
kg CO ₂ eq	-22,98	2,44	0,94	0,09	-19,51

Le emissioni presenti in Tabella 16 sono calcolate per una produzione di tavole e blocchetti di 21,8 kg, ovvero la quantità di legno presente in un pallet. Possiamo subito notare come il credito di CO₂ del legno sia mitigato leggermente dalle emissioni prodotte dai trasporti e dall'utilizzo di energia elettrica.

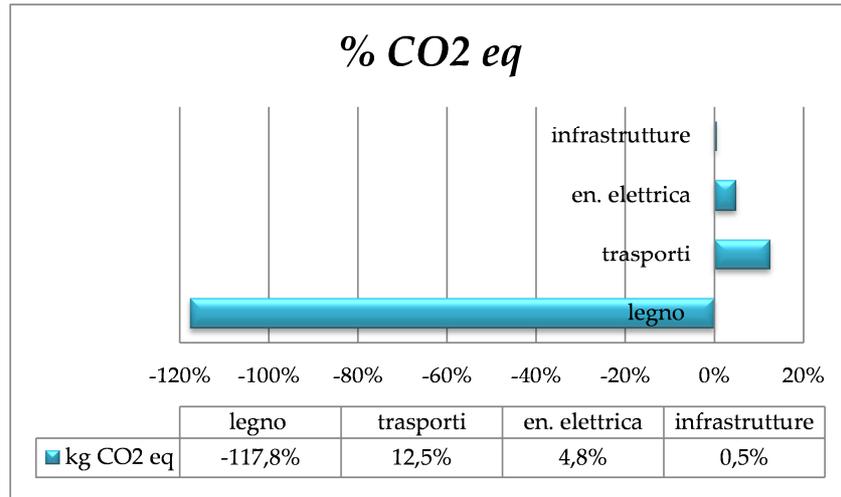


Figura 46: ripartizione dei kg di CO₂ eq. dell'unità "segheria".

Dal grafico di Figura 46 possiamo notare come il -118% dei kg di CO₂ "prodotta" siano dovuti alla CO₂ biologica intrappolata nel legno. I trasporti e l'energia elettrica incidono solo per il 12,5% e per il 4,8%; esiste poi un contributo minore dovuto alle infrastrutture; questi ultimi contributi sono positivi in quanto dannosi per l'ambiente.

"Assemblaggio"

L'emissione complessiva di kg di CO₂-eq. dell'unità è causata dalle seguenti categorie:

- Chiodi & graffe

- Trasporto dei materiali in ingresso ed uscita
- Trasporto dei rifiuti
- Utilizzo dei mezzi interni aziendali
- Sottoprodotti (segatura e trucioli)
- Smaltimento dei rifiuti prodotti internamente

In Tabella 17 sono riportati i singoli contributi tenendo conto anche di quelli della precedente unità di processo (segheria). Il legno di tavole e blocchetti contribuisce positivamente al bilancio di CO₂-eq (valore negativo), mentre tutti gli altri termini (valori positivi) contribuiscono in maniera negativa al bilancio complessivo. Si noti il contributo positivo dei sottoprodotti (segatura e cippato) la cui CO₂ immagazzinata viene nuovamente immessa nell'ambiente. Il contributo di questi flussi uscenti è stato calcolato utilizzando il metodo della sostituzione. Nel complesso rappresentano la voce di maggiore rilievo insieme ai trasporti. Meno rilevanti invece sono i contributi dovuti ai consumi di energia elettrica e smaltimento rifiuti. In Figura 47 sono riportati i contributi percentuali derivanti dalle diverse attività.

Tabella 17: emissioni di CO₂ eq. per l'unità di processo "assemblaggio"

	legno	chiodi & graffa	trasporti	en. elettrica	infrastrutture	sottoprodotti	rifiuti	totale
kg CO ₂ eq	-22,98	1,25	2,55	0,94	0,09	3,78	0,43	-13,94

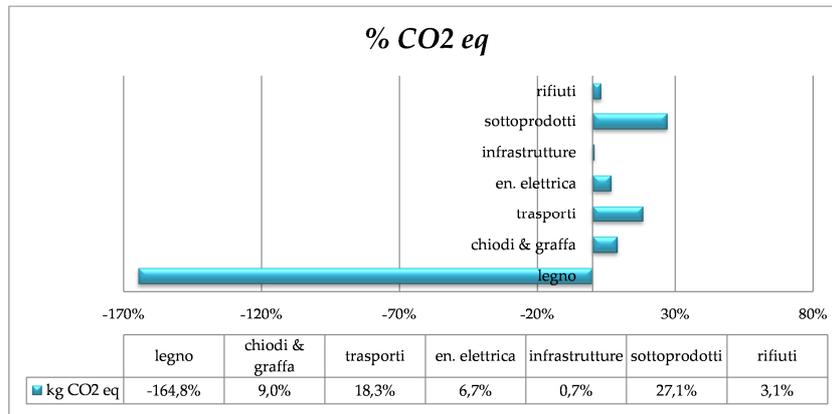


Figura 47: percentuali di CO₂ eq. derivanti dalle unità di processo
“assemblaggio+segheria”

Il contributo alle emissioni di CO₂-eq rimane comunque largamente positivo per la produzione di un pallet EUR/EPAL con blocchetto in massello.

Produzione di pallet da aziende senza segheria

Il processo di produzione del pallet da aziende con segheria è già stato discusso nei capitoli precedenti, qui verranno presentati i risultati in termini di impatti ambientali e verranno proposti alcuni spunti di riflessione. Tutti i dati si riferiscono ad un pallet prodotto. Gli impatti ambientali sono calcolati con l'indicatore IPCC2007:GWP 100.

Confronto fra aziende del settore

In Figura 48 sono riportati i valori di CO₂ equivalente per ciascuna azienda intervistata. Le aziende 1 e 4 risultano anomale e le ragioni delle basse prestazioni ambientali sono da imputarsi all'utilizzo di quantitativi energetici di molto superiori a quelli medi necessari per il processo di produzione e ai trasporti che utilizzano mezzi troppo inquinanti e percorrono troppa distanza.

Anche i valori trovati per queste aziende sono tutti negativi, merito della CO₂ biologica del legno. La media del settore è comunque non molto influenzata dai valori delle aziende 1 e 4. Tutte le altre aziende hanno valori molto simili e tutti di poco superiori alla media del settore (-18,03 kg CO₂-eq/pallet).

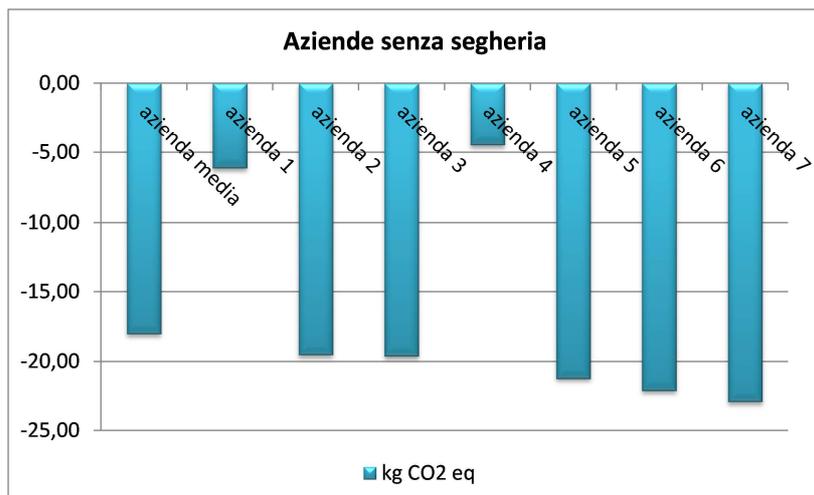


Figura 48: emissioni delle aziende senza segheria (kg di CO₂ eq.) per la produzione di un pallet EUR/EPAL

Questi valori puntuali sono ottenuti sommando le emissioni di CO₂ equivalente delle diverse unità di processo delle singole aziende. In questo calcolo è stata omessa l'unità di processo "forno fitotrattamento" in quanto è identica per tutte le aziende e produce solamente 97,6 g di CO₂ eq. per pallet trattato.

Le aziende del settore preferiscono utilizzare, per motivi economici, blocchetti in agglomerato per la costruzione dei pallet e questo ha una certa influenza sul risultato finale di CO₂-eq. Per una analisi più dettagliata si sono considerate due tipologie di produzione: tipologia A che utilizza blocchetti in agglomerato (peraltro la quasi totalità delle aziende del settore) e tipologia B che utilizza blocchetti in legno massello.

Tipologia A: blocchetti in agglomerato

L'emissione complessiva di kg di CO₂ eq. dell'unità è causata dalle seguenti voci:

- Materiali: legno e chiodi & graffa
- Trasporto dei materiali
- Trasporto dei rifiuti

- Utilizzo dei mezzi interni aziendali
- Sottoprodotti (segatura)
- Smaltimento rifiuti

In Tabella 18 sono rappresentate le emissioni puntuali delle diverse categorie per singolo pallet prodotto.

Le emissioni prodotte dai materiali comprendono le emissioni prodotte dalle tavole, dai blocchetti, dai chiodi e dalla graffa EPAL; le emissioni di trasporto materiali è la somma di tutti i trasporti per portare i materiali all'azienda; le emissioni dei rifiuti sono la somma delle emissioni di RSU, materiali metallici, plastica e pezzi di legno; le emissioni dei sottoprodotti la somma dei valori emessi da segatura e cippato e le emissioni di trasporto rifiuti sono la somma delle emissioni dei trasporti dei rifiuti e dei sottoprodotti.

Tabella 18: emissioni di CO₂-eq. per la tipologia A di aziende senza segheria

	totale	sottoprodotti	rifiuti	en. elettrica	materiali	trasporti
kg CO ₂ eq	-18,03	2,07	1,05	0,38	-24,31	2,78

Il valore di emissione negativo dei materiali è dovuto alla CO₂ immagazzinata nel legno di tavole e blocchetti, rispettivamente -15,35 e -10,21, che sommati danno -25,36, più 1,25 che è il valore di CO₂ equivalente emesso dalla produzione dei chiodi e della graffa EPAL.

In Figura 49 i materiali "producono" il -134,85% delle emissioni del processo; questo valore è dovuto per la maggior parte alla CO₂ biologica immagazzinata in tavole e blocchetti ed è quindi un valore negativo e un guadagno per l'ambiente. I trasporti contribuiscono in maniera consistente alle emissioni nel processo arrivando al 15,42% del totale. I sottoprodotti contribuiscono per il 11,45% e i rifiuti solo per il 5,85%. Invece l'energia elettrica ha un contributo quasi del tutto trascurabile, solo il 2,13% sul totale prodotto dall'azienda. Questi risultati confermano il trend già visto per le aziende con segheria; i consumi inferiori di energia elettrica però devono tenere in considerazione che le aziende acquistano tavole e blocchetti e non già tronchi da segare. Il contributo di energia è contenuto nel valore di emissione attribuito ai semilavorati in ingresso e quindi non risulta direttamente visibile.

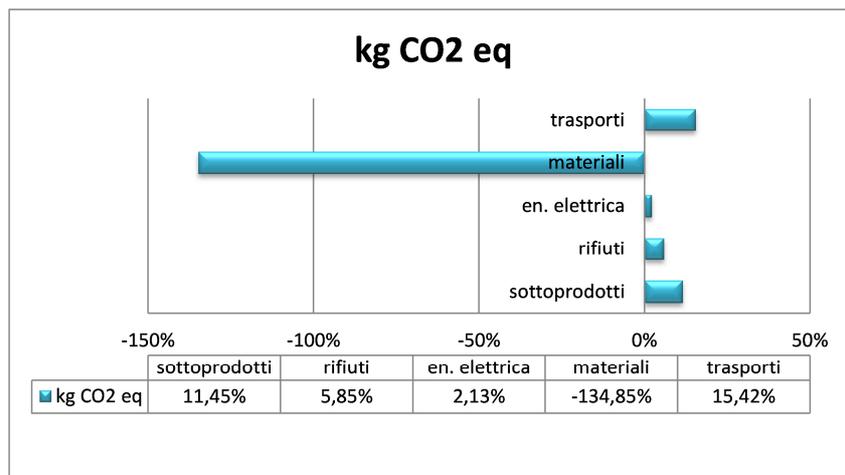


Figura 49: ripartizione dei kg di CO₂ eq. dell'azienda senza segheria media tipologia A.

Tipologia B: blocchetti in legno massello

IN questa seconda tipologia di azienda senza segheria si immagina che i blocchetti siano solamente in legno massello.

In questa tipologia le emissioni di CO₂ equivalente dei materiali sono: -21,01 kg ottenute dalla somma delle emissioni dei singoli materiali. Per le tavole abbiamo lo stesso valore dei casi precedenti di -15,35 kg, per i blocchetti abbiamo -6,91 kg, per chiodi e graffa EPAL 1,25 kg. La differenza di CO₂-eq sui materiali influenza il risultato complessivo (Tabella 19).

Tabella 19: emissioni di CO₂ eq. per la tipologia B di aziende senza segheria

	totale	sottoprodotti	rifiuti	en. elettrica	materiali	trasporti
kg CO ₂ eq	-14,72	2,07	1,05	0,38	-21,01	2,78

Confronto fra i metodi di produzione

I dati puntuali di impatto dell'azienda media con segheria e dell'assemblatore medio con le sue due diverse tipologie sono visibili in Figura 50.

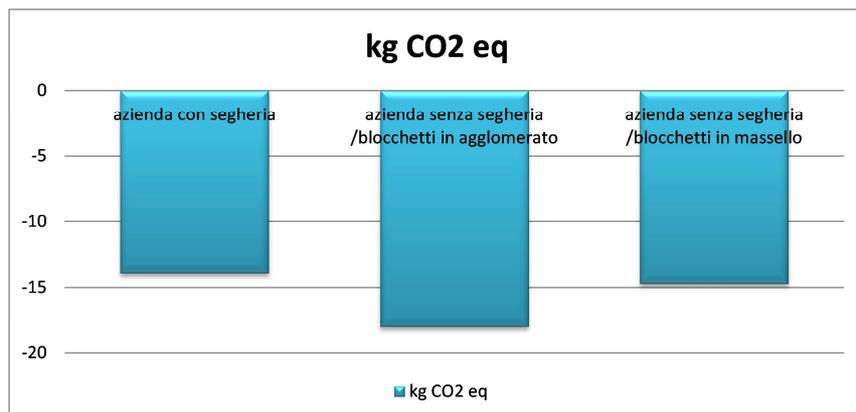


Figura 50: emissioni di CO₂ eq. dei tre differenti processi produttivi del pallet EUR/EPAL

Confrontando il dato puntuale dell'azienda con segheria media con quello dell'assemblatore medio tipologia B si nota che sono quasi identici. La discrepanza fra i due valori si trova confrontando i valori riportati in Tabella 17 e Tabella 19. Le emissioni relative ai materiali sono le stesse in entrambe le tipologie, anche le emissioni relative ai trasporti sono pressoché identiche nelle due tipologie.

La differenza nasce dai valori maggiori di emissioni da consumi di energia elettrica. L'unità "segheria" fa uso di en. elettrica proveniente dal mix energetico italiano, che è sfavorevole dal punto di vista ambientale rispetto al mix energetico europeo utilizzato per il taglio di tavole e blocchetti che verranno successivamente utilizzati per l'assemblaggio dei pallet nelle aziende senza segheria.

La differenza tra i valori delle due tipologie di assemblatori invece è da ricercare nei valori riportati in Tabella 18 e Tabella 19. I valori sono identici tranne il dato di emissione relativo ai materiali, e nello specifico è tutto identico tranne che la voce relativa alle emissioni dei blocchetti: -10,21 kg di CO₂ eq. per i blocchetti in agglomerato e -6,91 kg di CO₂ per i blocchetti in massello.

Il motivo di questa discrepanza è il materiale di cui è fatto il blocchetto. Nel primo caso sono utilizzati i blocchetti in agglomerato, ovvero di legno pressato, che presentano una densità di circa 570 kg/m³, minore della

densità dei blocchetti in legno massello utilizzati nel secondo caso che è di circa 750 kg/m^3 .

Essendo le densità diverse quindi un blocchetto in agglomerato conterrà un maggior volume di legno rispetto a un blocchetto in legno massello. Sapendo che in un m^3 di legno è immagazzinata una quantità fissa di CO_2 biologica, se un blocchetto contiene più volume di legno avrà immagazzinata al suo interno una quantità maggiore di CO_2 biologica. Questo è il caso del blocchetto in agglomerato rispetto al blocchetto in legno massello.

Per questo motivo dal punto di vista ambientale un pallet costruito secondo la tipologia A è vantaggioso rispetto alle altre tipologie possibili, perché ha immagazzinato al suo interno un contributo maggiore di CO_2 biologica.

Riparazione del pallet

Il processo di riparazione del pallet è già stato discusso nei capitoli precedenti, qui verranno presentati i risultati in termini di impatti ambientali e verranno proposti alcuni spunti di riflessione. Tutte i dati si riferiscono ad un pallet riparato e all'utilizzo di blocchetti in agglomerato. Gli impatti ambientali sono calcolati con l'indicatore IPCC2007:GWP 100.

Confronto fra aziende del settore

Usando l'indicatore IPCC2007: GWP 100 si sono ottenuti i valori puntuali di CO_2 equivalente emessi, per la riparazione di un singolo pallet, da ogni azienda del settore intervistata (Figura 51). I valori riportati sono molto diversi tra loro e sebbene la media sia negativa, quindi un credito di CO_2 per l'ambiente, vi sono anche dei valori positivi, ciò significa un processo che emette CO_2 nell'ambiente.

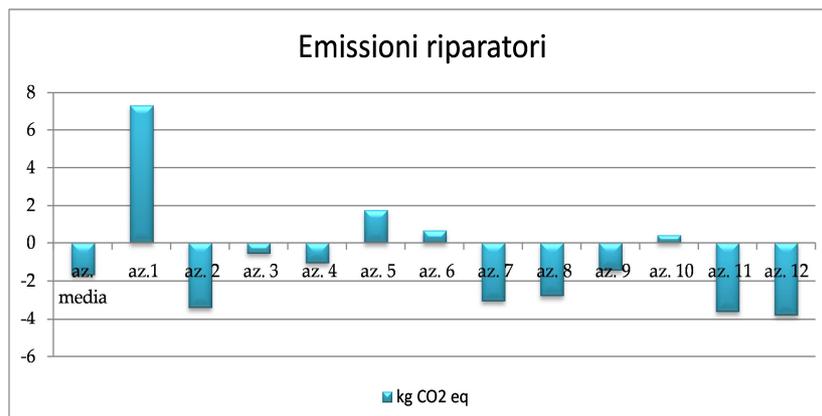


Figura 51: emissioni dei riparatori (kg di CO₂ eq.) per la riparazione di un pallet EUR/EPAL

Le aziende 1, 5, 6 e 10 presentano emissioni positive di CO₂. L'azienda 1 ha un valore puntuale di 7,342 kg di CO₂ eq. per singolo pallet riparato, questo valore è troppo elevato e deriva da una cattiva gestione dell'azienda sui trasporti di materiale e sull'utilizzo di en. elettrica. Gli altri valori positivi sono più bassi e tutti sotto i 2 kg di CO₂ eq. per singolo pallet riparato; anche in questo caso i valori positivi derivano da una cattiva gestione aziendale dei trasporti e dell'en. elettrica, sono valori negativi per l'ambiente e l'azienda, ma con una maggior attenzione delle politiche aziendali è possibile migliorare questo dato. I restanti valori sono tutti negativi, quindi un vantaggio per l'ambiente in termini di CO₂ emessa.

Vediamo ora l'incidenza delle singole categorie sul processo di riparazione dell'azienda media. L'unità di processo "forno fitottrattamento" produce 97,6 g di CO₂ eq. per pallet riparato ed è stata omessa dal calcolo perché identica per tutte le aziende.

"Riparazione"

L'emissione complessiva di kg di CO₂ eq. dell'unità riparazione è imputabile alle seguenti categorie:

- Materiali
- Trasporto dei materiali
- Trasporto dei rifiuti

- Utilizzo dei mezzi interni aziendali
- Sottoprodotti
- Smaltimento rifiuti

Come si può vedere in Tabella 20 le uniche emissioni negative del processo di riparazione provengono dai materiali ed è la CO₂ biologica immagazzinata in tavole e blocchetti per la riparazione, rispettivamente -1,047 nelle tavole e -3,320 nei blocchetti. Questo valore viene ridotto dalle emissioni prodotte dai trasporti, dai sottoprodotti, dai rifiuti e dall'en. elettrica utilizzata per la riparazione.

Tabella 20: emissione di CO₂-eq. per la “riparazione” di un pallet EUR/EPAL

	totale	sottoprodotti	rifiuti	en. elettrica	materiali	trasporti
kg CO ₂ eq	-1,69	0,85	0,34	0,79	-4,20	0,55

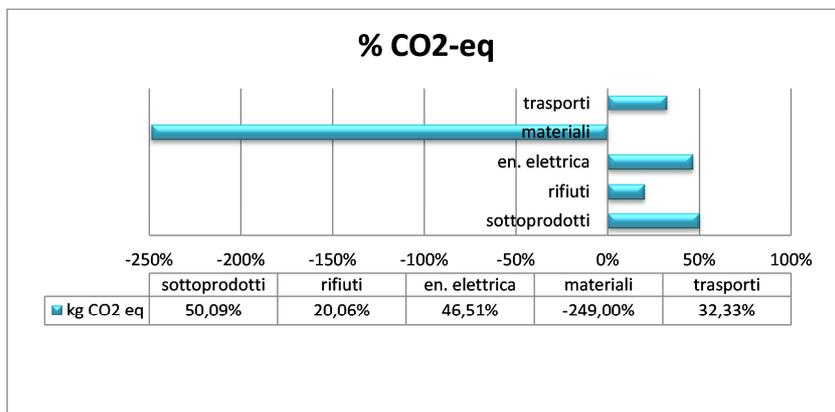


Figura 52: ripartizione delle emissioni di CO₂ eq. della “riparazione” di un pallet EUR/EPAL

Dal grafico di Figura 52 si vede che il -249% delle “emissioni” proviene dai materiali e dalla CO₂ biologica in essi immagazzinata, quindi un vantaggio ambientale, mentre i sottoprodotti contribuiscono per il 50,09% e i rifiuti per il 20,06%.

Rispetto alla produzione di pallet, l’incidenza di trasporti ed energia elettrica risulta molto maggiore, addirittura il 32,33% per i trasporti e il 46,51% per l’utilizzo di en. elettrica; quindi è molto importante per le aziende prestare

attenzione sia ai consumi elettrici sia ai trasporti di materiale per evitare impatti ambientali troppo elevati.

Confronto tra metodi di produzione con Eco-Indicator 99

Come anticipato, accanto alla Carbon Footprint Analysis si è condotta anche una seconda valutazione usando l'indicatore EI-99 che considera invece molte categorie di impatto. In Figura 53 sono messi a confronto gli impatti generati dai due sistemi di produzione, con e senza segheria integrata, nelle 11 categorie di impatto considerate dal metodo, dopo la fase di normalizzazione e pesatura per quanto riguarda il totale. I dati sono relativi ad un pallet EUR/EPAL e non contemplano il trattamento FitOk, essendo uguale nei due casi. Nel complesso le aziende con segheria hanno impatti inferiori, tranne che nel caso dei cambiamenti climatici confermando il risultato già trovato nella precedente analisi. Si noti che le voci di maggior rilievo sono le emissioni di sostanze inorganiche (indirettamente imputabili alla produzione di energia elettrica e ai trasporti), l'uso di suolo (tipico per i processi che usano biomasse) e il consumo di combustibili fossili (anch'esso strettamente legato alla produzione di energia elettrica e ai trasporti).

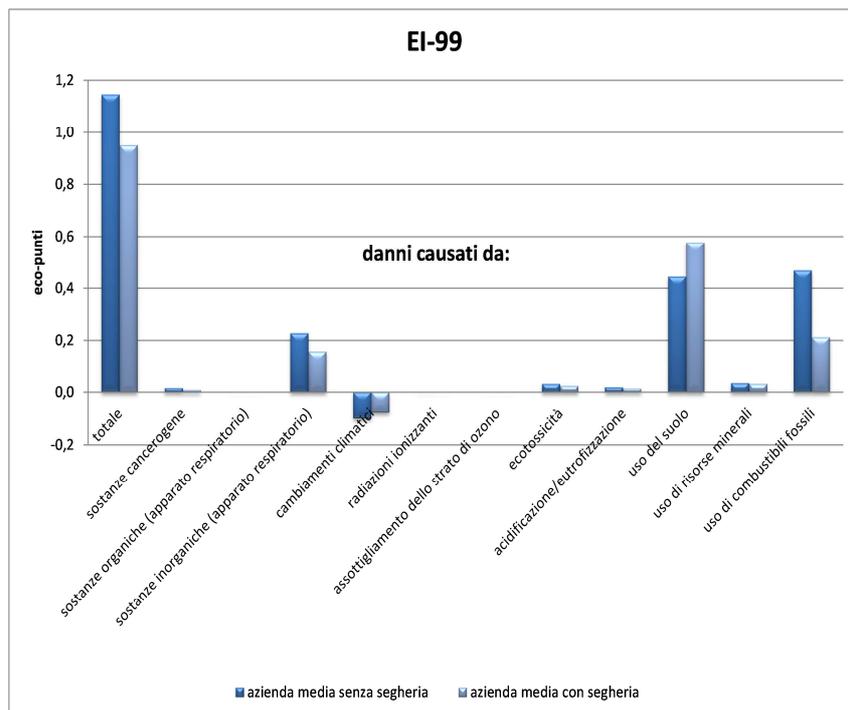


Figura 53: Confronto tra sistemi di produzione di un pallet EUR/EPAL mediante EI-99

Riparazione con Eco-Indicator 99

In Figura 54 sono riportati i risultati dell'analisi degli impatti della riparazione di un pallet con EI-99. Le categorie di maggior rilievo in negativo per l'ambiente sono, come per la produzione, le emissioni di sostanze inorganiche (indirettamente imputabili alla produzione di energia elettrica e ai trasporti), l'uso di suolo (tipico per i processi che usano biomasse) e il consumo di combustibili fossili (anch'esso strettamente legato alla produzione di energia elettrica e ai trasporti). Anche con questo metodo i cambiamenti climatici risultano negativi grazie alla CO₂ immagazzinata nel legno. Si osservi che nel complesso l'impatto derivante dalla riparazione di un pallet è assai inferiore rispetto a quello della produzione di un pallet, come era ovvio attendersi.

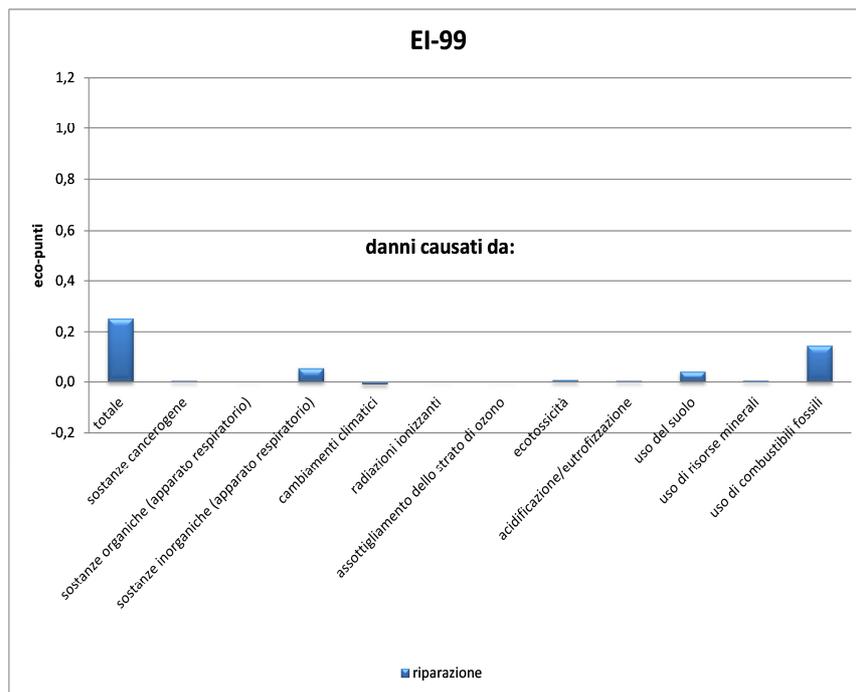


Figura 54: valutazione degli impatti relative alla riparazione di un pallet EUR/EPAL mediante EI-99

La vita del pallet

Considerando il modello sviluppato precedentemente, in base anche ai dati raccolti si può ipotizzare che la vita di un pallet EUR/EPAL comprenda le seguenti fasi: produzione, uso e fine vita. Volendo andare in maggiore dettaglio si osserva che:

- ④ La produzione del pallet può avvenire in due diverse tipologie di azienda: con e senza segheria interna; i dati raccolti dicono che circa il 21% dei pallet immessi al consumo nel 2008 erano prodotti da aziende con segheria interna e il restante da aziende senza segheria. Nella definizione dello scenario di vita si è tenuto conto di questa ripartizione.
- ④ La fase di uso può essere soggetta a diverse interpretazioni come già discusso in precedenza.

- la fase di uso corrisponde all'intera distanza percorsa su strada dal pallet (Scenario 1, vedi Tabella 12)
 - la fase di uso corrisponde alla sola distanza percorsa dal pallet nella fase di distribuzione senza considerare i km di trasporto merci (Scenario 2)
- ④ In entrambi gli scenari comunque si considera che durante la fase di uso avvengano in media due riparazioni e che dopo ciascuna riparazione sia effettuato un trattamento FitOk.
 - ④ Il fine vita, secondo il modello dedotto dai dati Rilegno 2008

Scenario 1

Le emissioni di CO₂-eq nell'intera vita del pallet sono riportate in Figura 55, dove per chiarezza sono tenuti separati i contributi derivanti dai trasporti (denominati uso), dalle riparazioni e dai trattamenti fitosanitari.

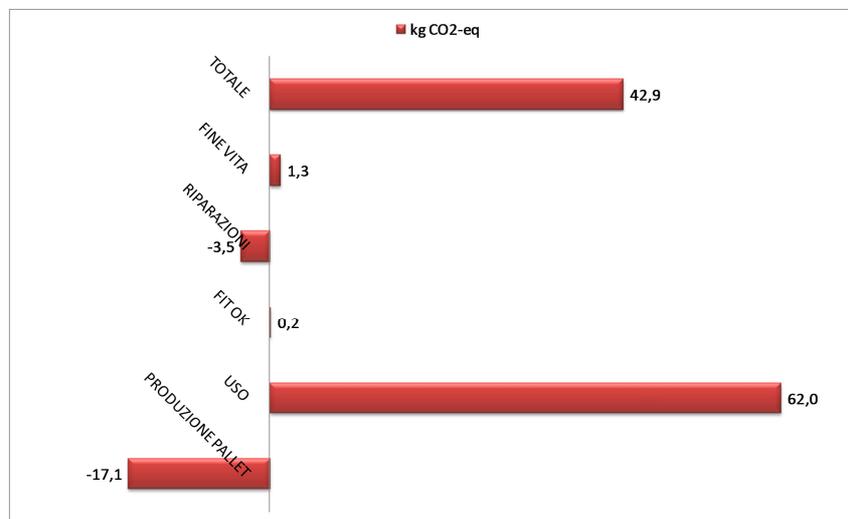


Figura 55: ripartizione delle emissioni di CO₂ eq. nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 1)

In termini di emissioni di CO₂-eq. la fase di uso complessiva di un pallet in interscambio è ovviamente la fase dominante della vita come era ovvio aspettarsi per il consumo di combustibili fossili. Ciò che invece risulta più interessante è il fine vita: l'elevato grado di riciclo degli imballaggi in legno

raggiunto sul territorio nazionale riduce enormemente gli impatti di questa fase non vanificando l'effetto positivo di immagazzinamento di CO₂ nel legno.

Come anticipato precedentemente l'utilizzo di un indicatore unico come la CO₂-eq è però limitante, per questo si è effettuata l'analisi della vita del pallet anche in termini di Ecoindicator99 prospettiva Hierarchist, EI99 (H/A). I valori assoluti riportati in Figura 56 e i contributi percentuali (Figura 57) mostrano risultati particolarmente interessanti:

- confermano che è la fase d'uso ad essere la maggiormente impattante
- mostrano che la produzione di pallet è molto efficiente e virtuosa
- riparazioni e fine vita sono comparabili come effetti sull'ambiente.

Infine, da notare che entrambi gli indicatori, IPCC2007 e EI99, confermano un contributo trascurabile del trattamento fitosanitario FitOk rispetto a quello delle altre fasi.

In Figura 58 sono riportati in dettaglio i risultati di tutte le 11 categorie di impatto previste da EI99: per ogni categoria sono mostrati i contributi percentuali derivanti dalle diverse fasi della vita del pallet. Come già osservato è la fase di produzione del pallet che ha il maggior contributo percentuale in 9 delle 11 categorie. Solo nelle categorie uso del suolo e consumo di risorse minerarie la produzione del pallet supera l'uso; nel primo caso si tratta di un risultato scontato, dovuto al largo uso di biomassa; il secondo potrebbe apparire meno scontato, ma bisogna considerare che i valori assoluti sono molto bassi e comunque nella fase di uso a dominare i consumi di risorse sono i combustibili fossili per i quali è scarso il consumo di risorse minerarie.

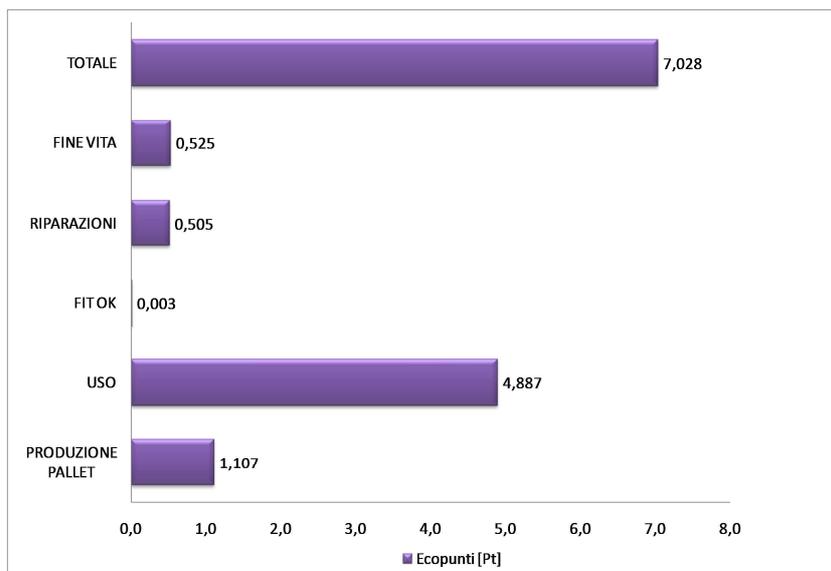


Figura 56: ripartizione degli impatti misurati in ecopunti (EI99 H/A) nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 1)

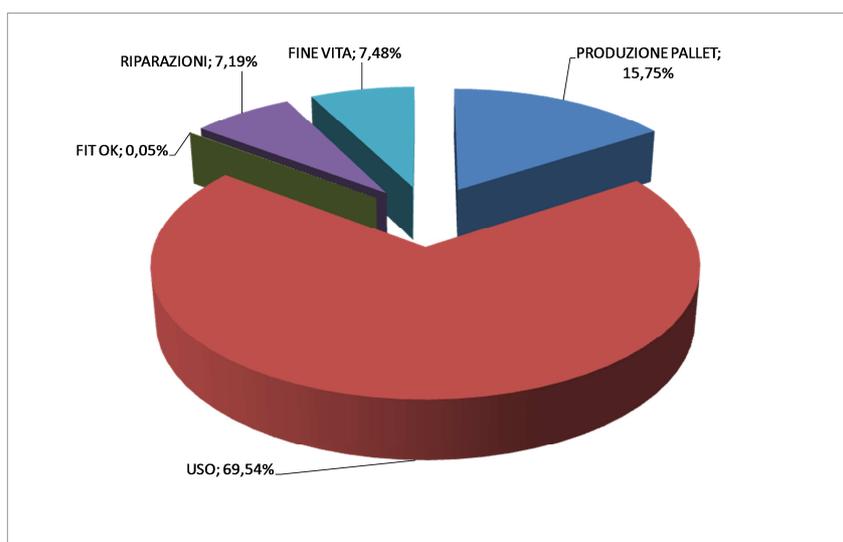


Figura 57: contributi percentuali degli impatti misurati in ecopunti (EI99 H/A) nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 1)

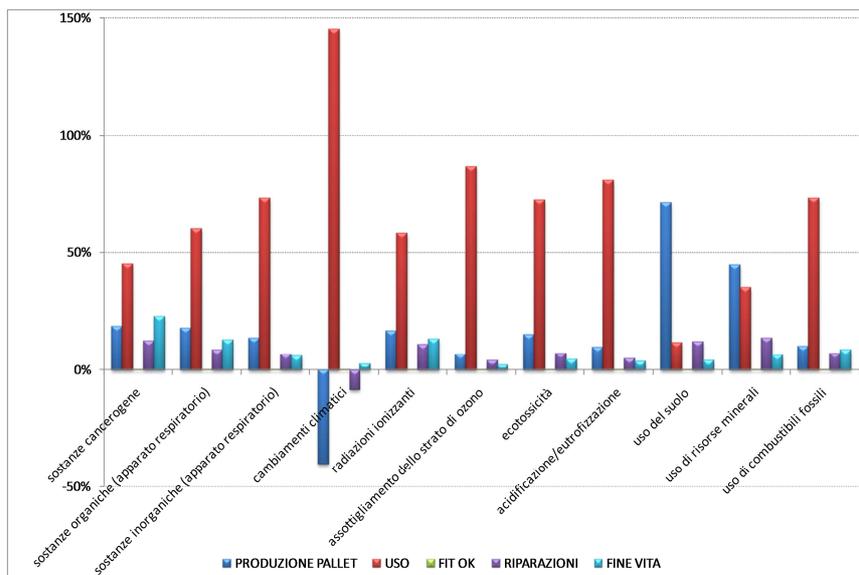


Figura 58: contributi percentuali delle 11 categorie di impatto di EI99 H/A nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 1)

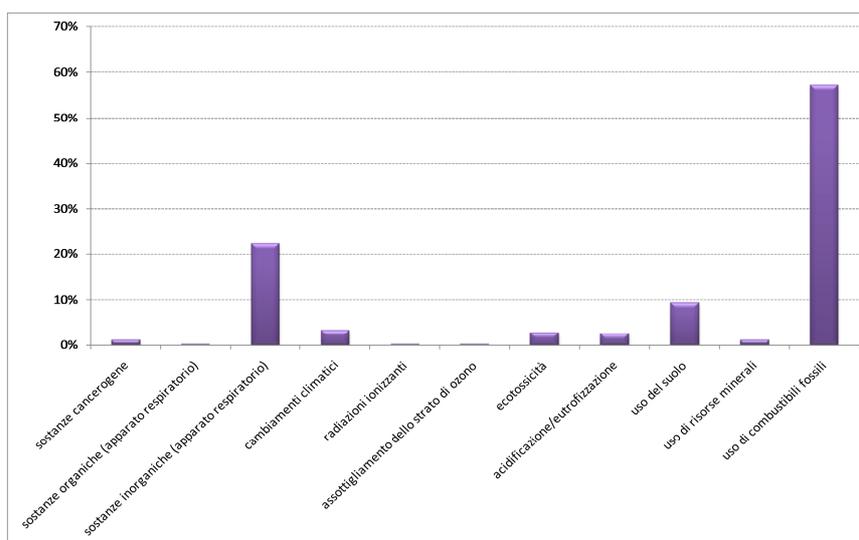


Figura 59: contributi percentuali delle 11 categorie di impatto di EI99 H/A complessivi del pallet EUR/EPAL nella sua intera vita (Fase di uso: Scenario 1)

A questo proposito sono riportati i contributi percentuali complessivi delle 11 categorie di impatto per l'intera vita del pallet (Figura 59), da cui si vede che le uniche categorie realmente rilevanti sono uso di suolo, consumo di combustibili fossili e emissioni di sostanze inorganiche respirabili.

Scenario 2

Utilizzando lo Scenario 2 per la fase di uso, vale a dire non considerando il trasporto di merci, si ottengono i risultati riportati in Figura 60 per quanto riguarda la CO₂-eq. Chiaramente il valore totale di CO₂-eq non risulta più dominato dall'elevato contributo dovuto ai trasporti e si vede chiaramente il vantaggio dell'utilizzo di legno in quanto in grado di immagazzinare CO₂ biogenica a lungo, se opportunamente riciclato.

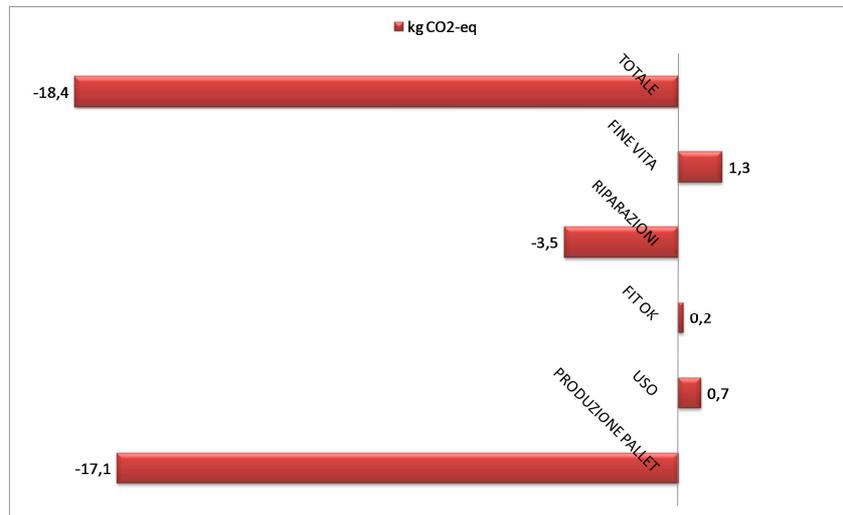


Figura 60: ripartizione delle emissioni di CO₂ eq. nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 2)

Analisi equivalente è stata fatta con l'indicatore a multi categoria EI99 e i risultati si vedono in Figura 61. Valgono le considerazioni fatte sopra: la fase di uso diventa trascurabile rispetto alle altre fasi, come si vede chiaramente anche nel diagramma a torta (Figura 62). In termini di impatti globali fine vita e riparazioni sono equivalenti, mentre la produzione rappresenta la fase maggiormente impattante. Anche se è opportuno tenere presenti che comunque i valori assoluti in termini di ecopunti sono bassi (Figura 61).

In termini relativi le fasi più impattanti nelle 11 categorie di impatto rimangono il consumo di combustibili fossili, l'uso del suolo e le emissioni di sostanze inorganiche respirabili (Figura 64), mentre il cambiamento climatico è fortemente positivo per l'ambiente in accordo con la precedente analisi (Figura 60). Per ciascuna categoria di impatto le uniche fasi sensibili della vita sono produzione, riparazione e fine vita (Figura 63).

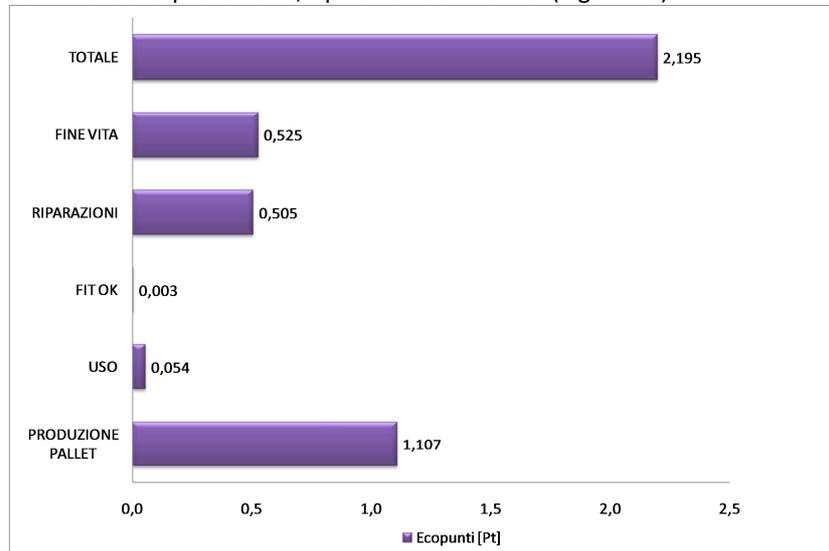


Figura 61: ripartizione degli impatti misurati in ecopunti (EI99 H/A) nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 2)

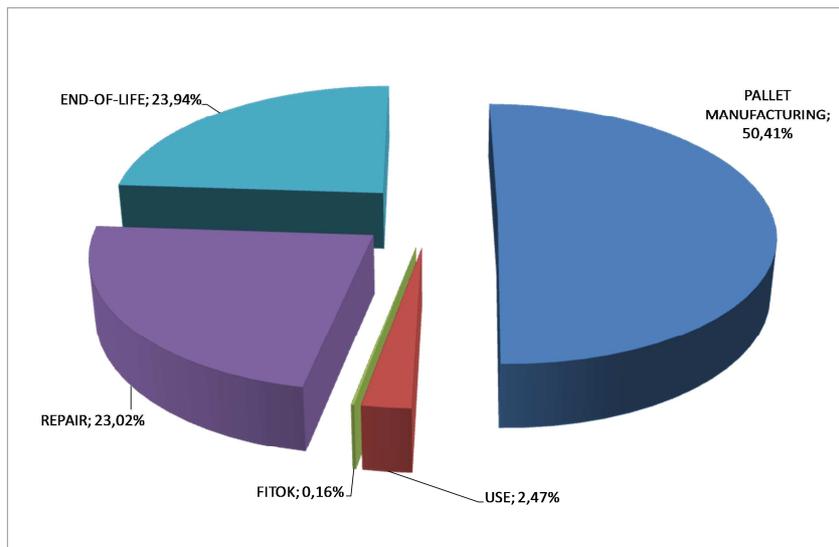


Figura 62: contributi percentuali degli impatti misurati in ecopunti (EI99 H/A) nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 2)

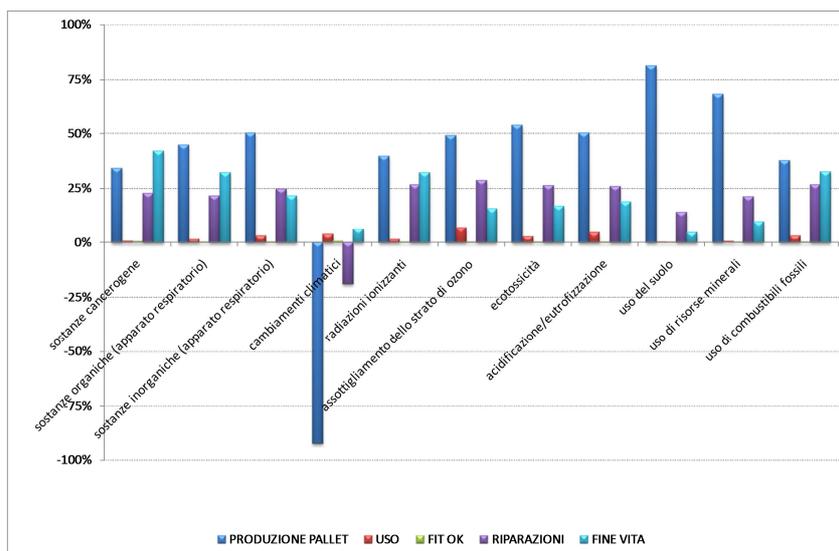


Figura 63: contributi percentuali delle 11 categorie di impatto di EI99 H/A nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 2)

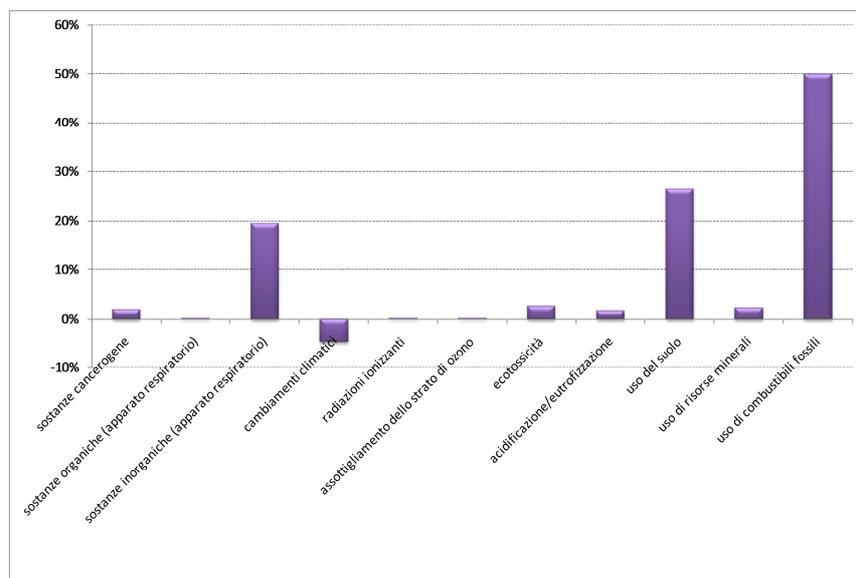


Figura 64: contributi percentuali delle 11 categorie di impatto di EI99 H/A nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 2)

Confronto tra i sistemi di gestione del pallet

Come discusso nel Capitolo 5 la funzione del pallet è il trasporto di merci e come tale l'analisi della vita del pallet dovrebbe essere più correttamente fatta utilizzando una unità funzionale che rispetti la funzione.

I risultati fin qui mostrati si riferiscono allo Scenario 1A (Tabella 12) alla vita intera di un pallet EUR/EPAL che percorre in media 18060 km di cui si stima che 8390 km siano effettuati a pieno carico, cioè trasportando merci. Nel caso di pallet a perdere o one-way le distanze percorse sono notevolmente inferiori. Il trasporto di merci effettuato da un pallet in interscambio equivale a quello di circa 37 pallet a perdere, da cui ne deriva un notevole risparmio di legno vergine e di utilizzo di suolo, nonché complessivamente una forte riduzione degli impatti.

Infatti, effettuando un confronto basato sulla corretta unità funzionale, cioè 100 km di trasporto di merci, con EI99 si ottengono i risultati riportati in Figura 65. Risulta chiaro che, a parte la categoria cambiamenti climatici, i risultati della gestione in interscambio sono ampiamente superiori a quelli del pallet a perdere. In ciascuna categoria di impatto il contributo

percentuale della gestione in interscambio è inferiore a 1,5% rispetto a quello corrispondente della gestione a perdere. Per quanto riguarda i cambiamenti climatici vale quanto già detto all'inizio: poiché il pallet è in legno e quindi un serbatoio di CO₂, se si ragionasse in termini di sola riduzione delle emissioni di CO₂ si potrebbe concludere che quanti più pallet si producono, a patto però di non smaltirli in discarica, ma di riciclarli, tanto meglio si opererebbe nell'interesse dell'ambiente.

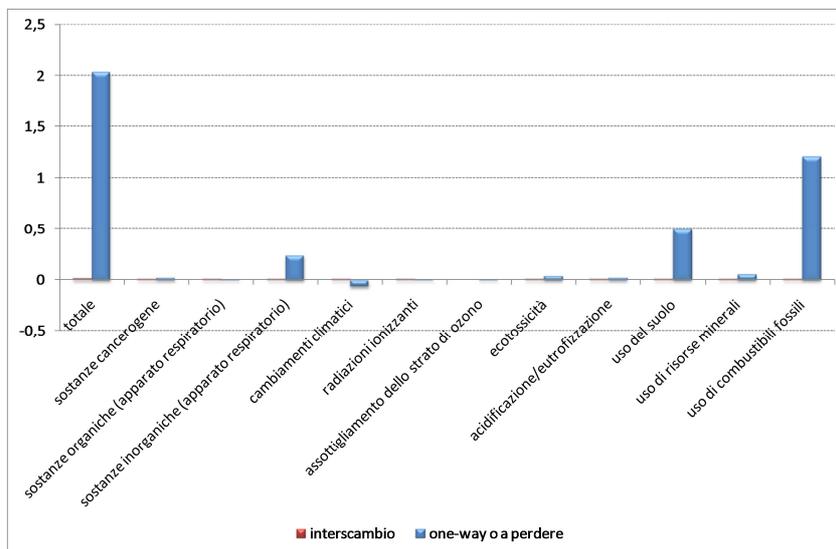


Figura 65: confronto tra gli impatti generati dai due sistemi di gestione misurati in ecopunti (EI99 H/A) nell'intera vita considerando come unità funzionale 100 km di trasporto merci

Tabella 21 sono riportati alcuni confronti significativi tra i due sistemi di gestione che mostrano l'evidente vantaggio del sistema in interscambio innanzi tutto in termini di funzione svolta, occorrono infatti 37 pallet a perdere per trasportare una equivalente quantità di merci; al contrario, l'utilizzo di suolo equivalente e il consumo di combustibili fossili è notevolmente inferiore. Queste due categorie sono state prese ad esempio, ma i risultati non cambierebbero usando altre categorie di impatto.

Tabella 21: confronto tra i sistemi di gestione dei pallet, interscambio vs one-way

		interscambio one-way		pallet EUR/EPAL equivalenti
distanza	km	18060	429	42,1
distanza utile	km	8390	229	36,6
uso del suolo	eco-Pt	7,87E-04	5,01E-01	1,6E-03
consumo di combustibili fossili	eco-Pt	7,20E-03	1,21E+00	6,0E-03

12. Interpretazione dei risultati (*Life Cycle Interpretation*)

L'obiettivo del presente studio è l'analisi del ciclo di vita "dalla culla alla tomba" del pallet EUR/EPAL in interscambio. Gli aspetti dello studio che sono stati giudicati più critici ai fini dell'ottenimento di un risultato affidabile e sensibile sono

1. la scelta degli indicatori di impatto ambientale più adatti a descrivere il sistema in questione.
2. la raccolta dati tra gli operatori del settore nella fase di produzione e riparazione del pallet EUR/EPAL;
3. la definizione di uno scenario realistico di utilizzo del pallet EUR/EPAL in interscambio;
4. la scelta di una opportuna unità funzionale in base agli scopi del lavoro, in particolare ai fini dell'

Ecoindicatori

Per quanto riguarda l'analisi degli impatti (LCIA) sono stati scelti due diversi eco-indicatori:

- il GWP100 che considera una sola categoria di impatto, il riscaldamento globale o effetto serra, e che si misura in termini di CO₂-eq; questo indicatore ha il merito di essere facilmente comprensibile anche dai non addetti ai lavori, di grande attualità e interesse (protocollo di Kyoto) per i risvolti socio-politici che ha acquisito in anni recenti e ben si presta ad essere utilizzato negli studi in quanto non richiede normalizzazioni e pesature; per contro può risultare fuorviante soprattutto nel caso di materiali a base di legno che è un serbatoio naturale di CO₂ e quindi risulta intrinsecamente favorito nel confronto con qualunque altro materiale.
- Eco-Indicator 99 (EI99) che è invece un metodo multi-categoria e come tale molto più completo ed esaustivo in quanto considera 11 categorie di impatto ambientale; per contro, gli impatti calcolati con questo metodo sono meno intuitivi e per essere utilizzati nei confronti con altri sistemi devono essere normalizzati e pesati. Queste operazioni sono infatti considerate facoltative dalla norma ISO14040 di riferimento in quanto introducono degli elementi di

arbitrarietà. Va detto però che l'utilizzo di questo tipo di indicatori e nella fattispecie EI99 è ampiamente consolidato nella letteratura del settore e si è ormai diffuso anche fuori dal ristretto ambito degli addetti ai lavori.

Si osservi che i risultati ottenuti con il GWP100 equivalgono ad uno studio di *Carbon Footprint Analysis*; in altre parole, si può dire che lo studio LCA effettuato ha la valenza anche di una Carbon Footprint Analysis.

Raccolta dati

La raccolta dei dati è stata effettuata direttamente presso gli operatori del settore che sono stati suddivisi in tre gruppi: produttori con segheria (o brevemente produttori), produttori senza segheria o brevemente assemblatori e riparatori.

Una dettagliata analisi dei dati ricevuti ha messo in luce interessanti aspetti:

- Esiste una buona uniformità tra i dati primari raccolti sul territorio nazionale, con poche eccezioni, di cui si è comunque tenuto conto nella descrizione dell'inventario;
- i consumi di energia, principalmente elettrici e secondariamente gasolio per trasporti interni, contribuiscono marginalmente agli impatti, mentre maggiore è l'incidenza dei trasporti;
- la maggiore incidenza dei trasporti fa presupporre che un maggiore utilizzo di legno nazionale potrebbe ridurre ulteriormente gli impatti derivanti dai trasporti accorciando le distanze da cui provengono i tronchi o le tavole in legno.

Nel complesso lo studio LCA ha goduto di una notevole percentuale di dati primari, come illustrato in Tabella 22.

Tabella 22: Dati utilizzati nello studio LCA del pallet EUR/EPAL

Dati in ingresso	Qualità dei dati	Fonte dati
Produzione pallet	Dati primari	Produttori nazionali (Italia)
Riparazione Pallet	Dati primari	Riparatori nazionali

		(Italia)
Movimentazione pallet	Dati primari	C-Log (comunicazione privata)
Trattamento rifiuti	Dati secondari e dati primari	Ecoinvent 2.0, Rilegno 2010
Trasporti	Dati secondari	Ecoinvent 2.0
Produzione Materiali (legno, ferro, ..)	Dati secondari	Ecoinvent 2.0
Produzione Energia (elettrica, combustibili)	Dati secondari	Ecoinvent 2.0

Utilizzo del pallet

La vita del pallet EUR/EPAL è caratterizzata da un sistema di gestione in interscambio che si differenzia sostanzialmente da quella del pallet a perdere o one-way. Per poter valutare con precisione gli impatti del sistema in interscambio e fare un confronto attendibile con il pallet a perdere era necessario disporre di dati primari rilevati sul territorio nazionale italiano. A questo scopo i dati forniti dal C-Log rappresentano i risultati di uno studio molto esteso sulla logistica del pallet in interscambio. Con questi dati è stato possibile definire uno scenario realistico della vita del pallet EUR/EPAL e per confronto si è creato anche uno scenario ipotetico di vita del pallet a perdere. Si noti che il modello utilizzato per il calcolo delle distanze è lo stesso per i due sistemi di gestione, pertanto eventuali incertezze nei dati si riflettono in maniera equivalente sui risultati dei due studi. Inoltre, i pallet a perdere non hanno sicuramente la stessa qualità del pallet EUR/EPAL, ma per avere un confronto sensibile tra i due sistemi di gestione del pallet si è ipotizzato che il pallet a perdere sia identico in termini costruttivi, qualitativi e quantitativi (massa di legno, tipologia di legno e quantità di metallo sottoforma di chiodi).

Ai fini dell'analisi comparativa tra i due sistemi di gestione si è adottato lo Scenario 1A per la fase di uso (Tabella 12), in cui vengono considerati i km totali percorsi dal pallet comprensivi del trasporto di merci. Questa scelta è

l'unica che consente una analisi comparativa tra il sistema in interscambio e quello a perdere significativa. Ovviamente è anche necessario utilizzare una opportuna unità funzionale legata alla funzione del pallet, cioè al trasporto di merci. La scelta di 100 km di trasporto merci nasce proprio da questa esigenza.

Per completezza sono anche riportati i dati relativi all'intera vita di un pallet EUR/EPAL comprensivi della distanza totale percorsa nei 2,5 anni di vita ipotizzati. Questi risultati sono da considerarsi indicativi per quanto riguarda la fase di uso. Infatti, si noti che è stata fatta una ipotesi sul tipo di mezzo trasporto utilizzato (EURO4) che è significativa ai fini dell'analisi comparativa in quanto si è adottato lo stesso mezzo, ma che in termini assoluti è affetta sicuramente da incertezza.

Per questa ragione si ritiene che lo Scenario 2 di uso del pallet, confinato alla sola distribuzione, sia più corretto ai fini della valutazione degli impatti complessivi del pallet EUR/EPAL in tutto il suo ciclo di vita. Sicuramente è la base su cui calcolare gli sconti di CO₂-eq da attribuire al sistema EPAL.

Completezza dello studio

Sono state considerate tutte le fasi di vita del pallet EUR/EPAL a partire dalla materia prima vergine, proveniente in maggior parte dall'estero. Sono stati considerati in dettaglio i trasporti di legname dai paesi di produzione fino ai produttori, assemblatori o riparatori di pallet situati sul suolo nazionale. È stato considerato il fine vita del pallet EUR/EPAL utilizzando i dati RILEGNO sul destino degli imballaggi in legno raccolti in Italia. I sistemi di smaltimento sono stati modellati a partire da dati di banca dati e adattati alla situazione attuale.

Considerazioni sull' analisi degli impatti: produzione dei pallet EUR/EPAL

Nella prima fase della vita del pallet EUR/EPAL, "dalla culla al cancello", vale a dire considerando materia prima, cioè legno, trasporto, lavorazioni in segheria e costruzione del pallet, si osserva che:

- La produzione del pallet è fortemente favorevole se viene misurata in termini di CO₂-eq; questo risultato era atteso in quanto la produzione del pallet gode dell'immagazzinamento di CO₂ nel legno;
- il trattamento FitOk ha una bassissima incidenza sulle emissioni di CO₂-eq, inferiore a 1%;

I risultati riportati in **Figura 66** riassumono chiaramente queste evidenze dove i valori negativi di CO₂-eq rappresentano un chiaro beneficio ambientale in quanto la CO₂ sottratta all'atmosfera durante la crescita dell'albero rimane bloccata nel materiale fino alla fine della sua vita. Poiché il fine vita del pallet in legno è particolarmente virtuoso e consegna il materiale raccolto ad una seconda vita, la re-immissione di CO₂ nell'ambiente è ulteriormente dilazionata. I dati riportati precedentemente in **Figura 55** affermano proprio questo principio.

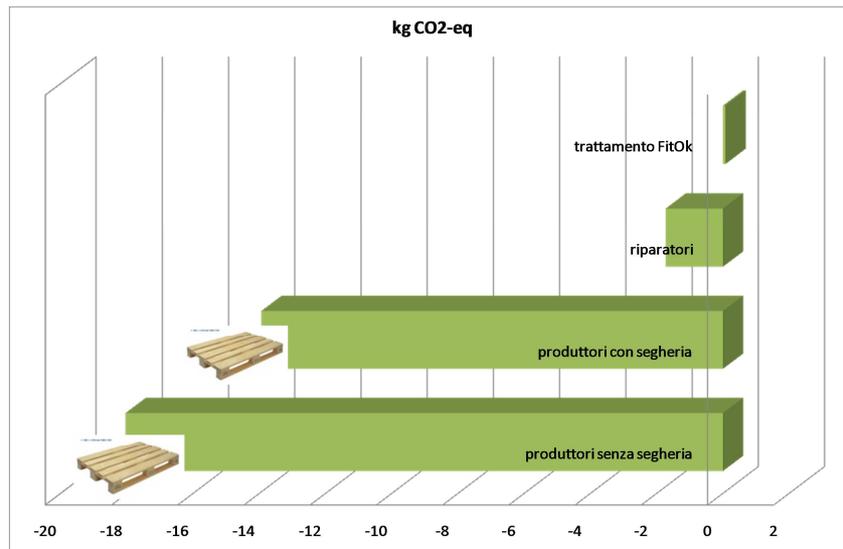


Figura 66: Emissioni di CO₂-eq delle unità di processo coinvolte nella produzione e nella riparazione del pallet EUR/EPAL; i risultati si riferiscono ad un pallet

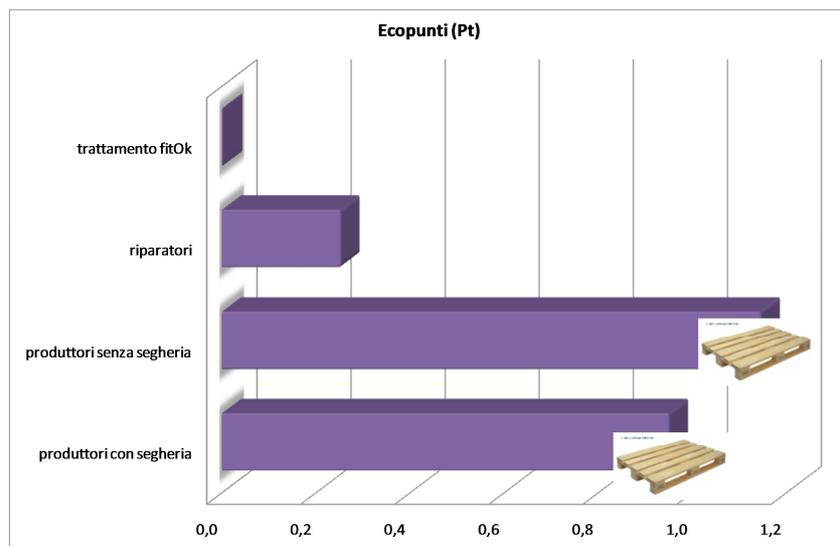


Figura 67: Impatti in Eco-punti (EI99) delle unità di processo coinvolte nella produzione e nella riparazione del pallet EUR/EPAL; i risultati si riferiscono ad un pallet

Una analisi equivalente può essere effettuata con l'altro indicatore EI99 (Figura 58).

- Ⓢ La produzione del pallet non risulta più un beneficio per l'ambiente come era ovvio aspettarsi, ma il contributo relativo rispetto alle altre fasi rimane basso (Figura 56 e Figura 57);
- Ⓢ il trattamento FitOk conserva comunque una bassissima incidenza sugli impatti complessivi del sistema produttivo;
- Ⓢ la produzione di pallet in aziende con segheria risulta migliore per l'ambiente rispetto a quella delle aziende senza segheria;

Considerazioni sull' analisi degli impatti: sistemi di gestione dei pallet

Per ottenere un risultato significativo nel confronto tra un pallet in interscambio e un pallet a perdere è necessario definire una unità funzionale appropriata che, vista la funzione del pallet, non può che essere basata sul trasporto di merci. Perciò è stato effettuato un confronto basato sull'unità funzionale appropriata (100 km) tra il pallet in interscambio e il pallet a perdere o one-way (Figura 65):

Le evidenze che risultano sono le seguenti (Figura 68):

- ④ 1 pallet EUR/EPAL in interscambio copre nella vita una distanza pari a quella di 42 pallet a perdere;
- ④ 1 pallet EUR/EPAL in interscambio trasporta una quantità di merci in termini di distanza pari a quella di 37 pallet a perdere;
- ④ 100 km di trasporto merci con pallet a perdere richiede un uso di suolo 637 volte superiore a quello di un pallet EUR/EPAL in interscambio;
- ④ 100 km di trasporto merci con pallet a perdere consuma una quantità di combustibili 167 volte superiore a quello di un pallet EUR/EPAL in interscambio.

EUR/EPAL	A perdere
1 pallet	42 pallet
Uso del suolo 1	Uso del suolo 637
Consumo di combustibili fossili 1	Consumo di combustibili fossili 167

Figura 68: Confronto tra sistemi di gestione del pallet; unità funzionale 100 km di trasporto merci

Alcune rapide considerazioni meritano i risultati specifici ottenuti:

- ④ L'utilizzo di legno congiuntamente ad una appropriata gestione del fine vita dell'imballaggio consente di immobilizzare per lungo tempo la CO₂ riducendo l'effetto di riscaldamento globale.
- ④ I risultati nazionali mostrano come ci siano ancora ampi margini di miglioramento attraverso un incremento delle percentuali di riciclaggio degli imballaggi in legno.

- Ⓢ Sarebbe un errore valutare la qualità del sistema in interscambio rispetto ad altri sistemi di gestione basandosi sui dati di sole emissioni di CO₂-eq.
- Ⓢ Sarebbe parimenti errato confrontare sistemi diversi di gestione non considerando una opportuna unità funzionale.

In conclusione, si può affermare che:

- Ⓢ il sistema di gestione del pallet ha una notevole influenza sugli impatti ambientali, molto più rilevante di qualunque altra fase della vita del pallet;
- Ⓢ il fine vita del pallet ha una bassa rilevanza sugli impatti complessivi e comunque è ulteriormente migliorabile aumentando le percentuali di raccolta degli imballaggi.

Considerazioni sull' analisi degli impatti: la vita dei pallet EUR/EPAL

La scelta dello scenario di fase di uso richiede una particolare attenzione affinché non si carichi il prodotto di impatti che in realtà non gli competono. La scelta dello scenario 1 è necessaria ai fini di un confronto su basi eguali tra sistemi di gestione, ma non è necessariamente la migliore ai fini della valutazione dei carichi ambientali complessivi del pallet. Proprio per questa ragione si è considerato uno scenario 2 che è sembrato più appropriato al fine di valutare il carico ambientale del solo pallet EUR/EPAL. Come atteso i risultati in termini di emissioni di CO₂ sono estremamente favorevoli per il pallet in quanto una sensibile quantità di CO₂ viene immagazzinata nel prodotto e non viene rilasciata nell'ambiente in tempi brevi. Questo risultato deriva dal fatto che il fine vita è gestito in maniera appropriata; una parte sensibile degli imballaggi in legno viene riutilizzata in manufatti edili che hanno una lunga vita, un'altra parte invece viene smaltita in discarica, ma anche in questo caso il rilascio di CO₂ in atmosfera è solo parziale e dilazionato nel tempo.

13. APPENDICE A: potenziali di riscaldamento globale

Global Warming Potentials (GWP_j) delle sostanze chimiche per un orizzonte temporale di 100 anni; GWP_j sono espressi in kg CO₂-Eq./kg di sostanza^{o,p}.

COMPOSTO CHIMICO	CAS NUMBER	GWP _j	UNITA' DI MISURA
Butane, nonafluoromethoxy, HFE-7100	163702-07-6	297	kg CO2 eq / kg
Butane, perfluoro-	000355-25-9	8860	kg CO2 eq / kg
Butane, perfluorocyclo-, PFC-318	000115-25-3	10300	kg CO2 eq / kg
Carbon dioxide	000124-38-9	1	kg CO2 eq / kg
Carbon dioxide, biogenic	000124-38-9	1	kg CO2 eq / kg
Carbon dioxide, fossil	000124-38-9	1	kg CO2 eq / kg
Chloroform	000067-66-3	756	kg CO2 eq / kg
Dimethyl ether	000115-10-6	1	kg CO2 eq / kg
Dinitrogen monoxide	010024-97-2	298	kg CO2 eq / kg
Ethane, 1-chloro-1,1-difluoro-, HCFC-142b	000075-68-3	2310	kg CO2 eq / kg
Ethane, 1-chloro-2,2,2-trifluoro-(difluoromethoxy)-, HCFE-235da2	026675-46-7	350	kg CO2 eq / kg
Ethane, 1,1-dichloro-1-fluoro-, HCFC-141b	001717-00-6	725	kg CO2 eq / kg
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	000075-37-6	124	kg CO2 eq / kg
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	000071-55-6	146	kg CO2 eq / kg
Ethane, 1,1,1-trifluoro-, HFC-143a	000420-46-2	4470	kg CO2 eq / kg

^o Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D.C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz and R. Van Dorland, 2007: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

^p http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html, visitato agosto 2011

Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	000811-97-2	1430	kg CO2 eq / kg
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	000076-13-1	6130	kg CO2 eq / kg
Ethane, 1,1,2,2-tetrafluoro-, HFC-134	000359-35-3	1430	kg CO2 eq / kg
Ethane, 1,1,2,2-tetrafluoromethoxy-, HFE245cb2		708	kg CO2 eq / kg
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	000076-14-2	10000	kg CO2 eq / kg
Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	002837-89-0	609	kg CO2 eq / kg
Ethane, 2,2-dichloro-1,1,1-trifluoro-, HCFC-123	000306-83-2	77	kg CO2 eq / kg
Ethane, 2,2,2-trifluoromethoxy-, HFE245fa2		659	kg CO2 eq / kg
Ethane, chloropentafluoro-, CFC-115	000076-15-3	7370	kg CO2 eq / kg
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	000076-16-4	12200	kg CO2 eq / kg
Ethane, pentafluoro-, HFC-125	000354-33-6	3500	kg CO2 eq / kg
Ether, 1,1,2,2-Tetrafluoroethyl 2,2,2-trifluoroethyl-, HFE-347mcf2	000406-78-0	575	kg CO2 eq / kg
Ether, 1,1,2,2-Tetrafluoroethyl methyl-, HFE-254cb2	000425-88-7	359	kg CO2 eq / kg
Hexane, perfluoro-	000355-42-0	9300	kg CO2 eq / kg
HFE-236ca12 (HG-10)		2800	kg CO2 eq / kg
HFE-338pcc13 (HG-01)		1500	kg CO2 eq / kg
HFE-347pcf2		580	kg CO2 eq / kg
HFE-43-10pccc124 (H-Galden1040x)		1870	kg CO2 eq / kg
Methane	000074-82-8	25	kg CO2 eq / kg
Methane, biogenic	000074-82-8	25	kg CO2 eq / kg
Methane, bromo-, Halon 1001	000074-83-9	5	kg CO2 eq / kg
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	000353-59-3	1890	kg CO2 eq / kg
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	000075-63-8	7140	kg CO2 eq / kg
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	000075-45-6	1810	kg CO2 eq / kg
Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	000075-72-9	14400	kg CO2 eq / kg
Methane, dichloro-, HCC-30	000075-09-2	8.7	kg CO2 eq / kg

Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	000075-71-8	10900	kg CO2 eq / kg
Methane, difluoro-, HFC-32	000075-10-5	675	kg CO2 eq / kg
Methane, fossil	000074-82-8	25	kg CO2 eq / kg
Methane, monochloro-, R-40	000074-87-3	13	kg CO2 eq / kg
Methane, pentafluoromethoxy-, HFE-134		6320	kg CO2 eq / kg
Methane, tetrachloro-, CFC-10	000056-23-5	1400	kg CO2 eq / kg
Methane, tetrafluoro-, CFC-14	000075-73-0	7390	kg CO2 eq / kg
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	000075-69-4	4750	kg CO2 eq / kg
Methane, trifluoro-(difluoromethoxy)-, HFE-125		14900	kg CO2 eq / kg
Methane, trifluoro-, HFC-23	000075-46-7	14800	kg CO2 eq / kg
Methane, trifluoro-methoxy-, HFE-143a		756	kg CO2 eq / kg
Nitrogen fluoride	007783-54-2	17200	kg CO2 eq / kg
Pentane, 2,3-dihydroperfluoro-, HFC-4310mee	138495-42-8	1640	kg CO2 eq / kg
Pentane, perfluoro-	000678-26-2	9160	kg CO2 eq / kg
PFC-9-1-18		7500	kg CO2 eq / kg
PFPME		10300	kg CO2 eq / kg
Propane, 1,1,1,2,3,3,3-heptafluoro-, HFC-227ea	000431-89-0	3220	kg CO2 eq / kg
Propane, 1,1,1,3,3,3-hexafluoro-, HCFC-236fa	000690-39-1	9810	kg CO2 eq / kg
Propane, 1,1,2,2,3,3, hexafluoromethoxy-HFE-356pcc3		110	kg CO2 eq / kg
Propane, 1,1,3,3-tetrafluoro-, HFC-245fa	004556-24-5	1030	kg CO2 eq / kg
Propane, 1,3-dichloro-1,1,2,2,3-pentafluoro-, HCFC-225cb	000507-55-1	595	kg CO2 eq / kg
Propane, 3,3-dichloro-1,1,1,2,2-pentafluoro-, HCFC-225ca	000422-56-0	122	kg CO2 eq / kg
Propane, perfluoro-	000076-19-7	8830	kg CO2 eq / kg
Sulfur hexafluoride	002551-62-4	22800	kg CO2 eq / kg
Sulphur, trifluoromethyl pentafluoride		17700	kg CO2 eq / kg

14. APPENDICE B: La gestione dei pallet ^{23,24}

Una volta stabiliti uno o più standard di pallet corrispondenti alle proprie esigenze dal punto di vista delle caratteristiche dimensionali e prestazionali, ogni impresa deve valutare le modalità di gestione del proprio parco pallet che le consenta di minimizzare i costi di movimentazione, magazzinaggio e trasporto, nel rispetto dei requisiti di sicurezza e di servizio al cliente.

In particolar modo, nel caso di pallet riutilizzabile, è possibile adottare sino a quattro diverse modalità di gestione, variabili a seconda del settore in cui ci si trova a operare e in funzione delle specifiche esigenze degli operatori in gioco:

- Cauzionale
- Fatturazione
- Noleggio
- Interscambio

Collettivamente gli operatori di una catena logistica definiscono, di comune accordo, dei modelli di pallet standard da utilizzare, creando così un sistema che possa facilitarne gli scambi e la gestione stessa. Ogni operatore è tenuto a restituire i pallet che riceve nelle stesse quantità e al medesimo livello qualitativo.

L'efficacia ed efficienza della scelta tra i diversi sistemi di gestione del parco pallet risulta influenzata dai rapporti intercorrenti tra gli attori della filiera (produttori/industria di marca, aziende della GDO, operatori logistici, trasportatori, punti di consegna), dal grado di responsabilità attribuita e dalle capacità organizzative e decisionali dei soggetti interessati.

Sistema cauzionale e fatturazione

In questo caso i sistemi sono molto semplici. Il proprietario dei pallet oggetto di cauzione (ad es. l'industria di marca) può marchiarli con il nome o il logo aziendale come segno di riconoscimento e distinzione. All'atto di vendita i pallet vengono ceduti all'acquirente dietro cauzione, che potrà recuperare successivamente con la restituzione degli stessi pallet al proprietario; nel caso in cui l'acquirente non restituisse il pallet entro il limite di tempo fissato contrattualmente, il venditore si tiene la cauzione.

In caso di fatturazione il proprietario delle merci esprime in fattura anche il valore del pallet dell'acquirente, che ne diventa a sua volta proprietario. In

questo sistema non avviene nessun processo di restituzione del pallet che una volta ceduti all'acquirente possono essere nuovamente ceduti e scambiati con altri soggetti. Questo è il sistema tipico dei pallet a perdere, cioè pallet intesi come bene di consumo per cui non vi è una gestione appropriata. Il pallet può anche non figurare in fattura come voce di fatturazione, bensì può essere indicato nelle note "pallet a perdere" (in questo caso il suo valore è annegato nel prezzo di vendita delle merci).

Noleggio

Il noleggiatore mette a disposizione di un'azienda produttrice di beni il numero di pallet corrispondente alle sue esigenze di movimentazione, una volta pallettizzate le merci l'azienda dovrà comunicare alla società di noleggio la quantità di pallet inviata verso ciascun punto di consegna finale. Sarà poi compito del noleggiatore il ritiro, il controllo, l'ispezione e l'eventuale riparazione dei pallet utilizzati al fine di rimetterli in circolazione, in adeguate condizioni di igiene e qualità.

Le principali caratteristiche di un sistema a noleggio sono:

- Assenza di investimento iniziale, in quanto i pallet sono messi a disposizione quando servono, evitando il ricorso all'acquisto di un parco proprio.
- Riduzione di una parte dei costi amministrativi e contabili.
- Riduzione dei costi di recupero, di selezione e di riparazione dei pallet.

Attualmente in Europa la realtà più diffusa è CHEP, che in Italia rappresenta di fatto l'unica società presente sul mercato del pooling di pallet.

Interscambio

Il sistema è stato promosso in Italia da INDICOD-ECR, associazione italiana che si occupa degli standard adottati a livello mondiale, si basa sull'utilizzo del pallet EUR/EPAL e prevede la restituzione contestuale di un numero di pallet equivalenti in quantità e qualità ai pallet ricevuti (interscambio immediato). Le caratteristiche principali del sistema sono:

- Investimento iniziale per la creazione del parco pallet ed eventuali investimenti successivi per il ripristino del parco in seguito a rotture e/o perdite.
- Processi di produzione e riparazione certificati ed efficienti.

- Interscambiabilità a livello internazionale nel rispetto delle direttive europee e delle leggi nazionali relative agli imballaggi e relativi rifiuti.

Lo scambio può anche essere posticipato nel tempo secondo la modalità dell'interscambio differito. In questo caso il soggetto che riceve le merci genera un "buono pallet" valido per il ritiro in un secondo momento di una quantità di pallet pari al numero di pallet non interscambiati in diretta. Il "buono pallet" è un titolo valido per il ritiro della quantità di pallet indicata, secondo i tempi e le modalità concordate fra le parti.

Questo sistema in linea teorica dovrebbe rappresentare un'eccezione, ma al momento costituisce la norma nel settore della distribuzione moderna, determinando oneri aggiuntivi che minano l'efficienza dell'intero sistema.

L'interscambio differito si verifica prevalentemente a causa di :

- Pallet non disponibile presso il punto di scarico.
- Pallet non ritirato dal trasportatore per carenza di spazio sul mezzo.
- Pallet non ritirato per divergenze sulla quantità del reso in interscambio.

Criticità del sistema interscambio

Le principali criticità del sistema possono essere riassunte in:

- Sbilanciamento dei poteri contrattuali: i soggetti con maggior potere contrattuale influenzano l'intera filiera distributiva, impongono gli standard in materia di processi e di tariffe, costringono i soggetti più deboli ad operare in regimi di bassa redditività, stimolando spesso azioni illegali (compravendita di pallet usati sottratti illecitamente al sistema).
- Sistemi e cultura gestionale debole: il problema culturale è particolarmente evidente presso i punti di ricevimento merci della GDO e tra i trasportatori; in alcuni casi la restituzione dei pallet ai produttori di largo consumo viene intesa come un servizio accessorio.
- Complessità e destrutturazione della riserve logistics: i flussi di ritorno sono gestiti poco efficacemente, in virtù soprattutto delle complessità operative peculiari (organizzazione dei recuperi, impiego di pallet multistrato).

- Scarsa trasparenza dei rapporti commerciali: gli aspetti operativi inerenti il pallet vengono spesso occultati in fase di negoziazione, le prassi operative sono difficilmente esplicitate a livello contrattuale così come avviene per la gestione del parco pallet.
- Mercato dell'usato pervasivo: la variabile costo resta la leva principale nel processo di acquisto del proprio parco pallet. La scarsa attenzione in fase di acquisto genera contenziosi nella fase di accettazione da parte degli operatori della filiera.
- Mercato del nuovo basato quasi esclusivamente sul costo: la forte competitività internazionale a livello di prezzo lascia aperti per utilizzatori che, privi di vincoli normativi e qualitativi, possono lasciarsi tentare da offerte estere o addirittura da operatori non certificati che tentano di immettere sul mercato prodotti di qualità inferiore.

La mancanza di una base contrattuale riconosciuta con cui regolare l'interscambio genera un'ulteriore criticità: i maggiori costi che derivano dalla dispersione rimangono in capo a i produttori e finiscono per essere riversati in modo indifferenziato sul prodotto, penalizzando in questo modo le aziende (di produzione e distribuzione) che hanno investito in modo sostanziale in sistemi di supporto nel controllo del processo di interscambio differito. Tale dispersione alimenta il mercato "parallelo", attraverso cui i pallet sottratti al circuito dell'interscambio vengono reimmessi tramite intermediari non accreditati e spesso coinvolti in attività illegali. La presenza di diversi soggetti all'interno della filiera tuttavia trasferisce la responsabilità delle perdite di figura in figura, rendendo i sistemi di controllo spesso inefficaci.

**15. APPENDICE C: Schede raccolta dati aziende con
segheria**

<i>NOME AZIENDA</i>	
<i>N° di pallet prodotti (totale) nel 2008</i>	
<i>N° di pallet EPAL prodotti nel 2008</i>	
<i>N° di pallet non EPAL prodotti nel 2008</i>	
<i>N° di linee di produzione presenti nell'azienda</i>	
<i>Esistono linee di produzione specifiche per i pallet EPAL?</i>	

Input materiali	Quantità	Unità di misura	Da dove provengono?	Mezzo utilizzato?
<i>Legno</i>				
<i>Chiodi</i>				
<i>Graffa EPAL</i>				

Input materiali	Quantità	Unità di misura	Da dove provengono?
<i>Gasolio per trasporti interni (es. muletti)</i>			
<i>Energia elettrica</i>			

Rifiuti	Quantità	Unità di misura	Metodo di smaltimento	Dove vengono trasportati ?
<i>Pezzi di legno</i>				
<i>Segatura</i>				
<i>Plastica</i>				
<i>Rifiuti metallici</i>				
<i>RSU</i>				

**16. APPENDICE D: schede raccolta dati aziende senza
segheria**

<i>NOME AZIENDA</i>	
<i>N° di pallet prodotti (totale) nel 2008</i>	
<i>N° di pallet EPAL prodotti nel 2008</i>	
<i>N° di pallet non EPAL prodotti nel 2008</i>	
<i>N° di linee di produzione presenti nell'azienda</i>	
<i>Esistono linee di produzione specifiche per i pallet EPAL?</i>	

Input materiali	Quantità	Unità di misura	Da dove provengono?	Mezzo utilizzato?
------------------------	-----------------	------------------------	----------------------------	--------------------------

<i>Tavole</i>				
<i>Chiodi</i>				
<i>Blocchetti</i>				
<i>Graffe EPAL</i>				

Input materiali	Quantità	Unità di misura	Da dove provengono?
------------------------	-----------------	------------------------	----------------------------

<i>Gasolio per trasporti interni (es. muletti)</i>			
<i>Energia elettrica</i>			

Rifiuti	Quantità	Unità di misura	Metodo di smaltimento	Dove vengono trasportati ?
<i>Pezzi di legno</i>				
<i>Segatura</i>				
<i>Plastica</i>				
<i>Rifiuti metallici</i>				
<i>RSU</i>				

17. APPENDICE E: Schede raccolta dati riparatori

NOME AZIENDA	
<i>N° di pallet riparati (totale) nel 2008</i>	
<i>N° di pallet EPAL riparati nel 2008</i>	
<i>N° di pallet non EPAL prodotti nel 2008</i>	
<i>N° di linee di riparazione presenti nell'azienda</i>	
<i>Esistono linee di riparazione specifiche per i pallet EPAL?</i>	

Input materiali	Quantità	Unità di misura	Da dove provengono e con che mezzo?	Altre caratteristiche
<i>Pallet da riparare</i>				
<i>Chiodi</i>				
<i>blocchetti</i>				
<i>Tavole</i>				
<i>Chiodi di controllo EPAL</i>				

Input energetici	Quantità	Unità di misura	Altre caratteristiche
<i>Gasolio per trasporti interni (es. muletti)</i>			
<i>Energia elettrica</i>			

Rifiuti	Quantità	Unità di misura	Metodo di smaltimento	Dove vengono trasportati ?
<i>Pezzi di legno</i>				
<i>Segatura</i>				
<i>Plastica</i>				
<i>Rifiuti metallici</i>				
<i>RSU</i>				

18. APPENDICE F: Tabelle trasporti dei produttori con segheria

LEGNO				
AZIENDA	provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		700	1	euro 4 32 ton
	media euro 4	700		
azienda 2	appennino	100	0,3	euro 3 32 ton
	svizzera (zurigo)	500	0,15	euro 3 32 ton
	lione	560	0,275	euro 3 32 ton
	bologna	114	0,275	euro 3 32 ton
	lione	650	0,275	treno
	media euro 3	290,35		
	media treno	178,75		
azienda 3	austria (vienna)	1150	0,25	euro 4 32 ton
	germania (monaco)	760	0,25	euro 4 32 ton
	francia (lione)	400	0,25	euro 4 32 ton
	ucraina (kiev)	2500	0,25	euro 4 32 ton
	media euro 4	1202,5		
azienda 4	svizzera (zurigo)	520	0,33	euro 3 32 ton
	germania (monaco)	495	0,33	euro 3 32 ton
	austria (vienna)	790	0,34	euro 3 32 ton
	media euro 3	603,55		
azienda media	euro 3	446,95		
	euro 4	951,25		
	treno	178,75		

CHIODI				
AZIENDA	provenienza	ton*Km	%	mezzo
azienda 1		550	1	euro 4 32 ton
	media euro 4	550		
azienda 2	trentino (trento)	180	0,5	euro 3 32 ton
	turchia (istanbul)	2500	0,5	nave
	ravenna	180	0,5	euro 3 32 ton
	media nave	1250		
	media euro 3	180		
azienda 3	trentino (trento)	400	1	euro 4 32 ton
	media euro 4	400		
azienda 4	trentino (trento)	150	0,5	euro 3 32 ton
	polonia (varsavia)	1650	0,5	euro 3 32 ton
	media euro 3	900		
azienda media	euro 3	270		0
	euro 4	237,5		
	nave	312,5		
GRAFFE EPAL				
AZIENDA	provenienza	ton*Km	%	mezzo
azienda 1	Ahrensburg	1160	1	euro 4 32 ton
azienda 2	Ahrensburg	1260	1	euro 3 32 ton
azienda 3	Ahrensburg	1300	1	euro 4 32 ton
azienda 4	Ahrensburg	1280	1	euro 3 32 ton
azienda media	euro 3	635		
	euro 4	615		

19. APPENDICE G: Tabelle trasporti dei produttori senza segheria

TAVOLE				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		600	1	euro 3 32 ton
azienda 2	svizzera	300	1	euro 4 40 ton
azienda 3	slovacchia (bratislava)	1050	1	euro 3 32 ton
azienda 4	ucraina (kiev)	2000	1	euro 3 32 ton
azienda 5	austria (vienna)	900	0,3	euro 3 32 ton
	austria (vienna)	900	0,2	treno
	pisa	25	0,2	euro 3 32 ton
	germania (monaco)	750	0,3	euro 3 32 ton
	germania (monaco)	750	0,2	treno
	pisa	25	0,2	euro 3 32 ton
	media euro 3	505		
	media treno	330		
azienda 6	austria (vienna)	800	0,33	euro 3 32 ton
	rep. ceca (praga)	900	0,34	euro 3 32 ton
	trentino (trento)	175	0,33	euro 3 32 ton
	media euro 3	627,75		
azienda 7		1000	1	treno
azienda media	media euro 3	683,25		
	media euro 4	42,86		
	media treno	190		

BLOCCHETTI				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		600	1	euro 3 32 ton
azienda 2	svizzera	300	1	euro 4 40 ton
azienda 3	germania (monaco)	650	1	euro 3 32 ton
azienda 4	ucraina (kiev)	2000	1	euro 3 32 ton
azienda 5	germania (monaco)	750	1	euro 3 32 ton
azienda 6	pavia	140	0,5	euro 3 32 ton
	germania (monaco)	500	0,5	euro 3 32 ton
	media euro 3	320		
azienda 7		1000	1	treno
azienda media	media euro 3	617,14		
	media euro 4	42,86		
	media treno	142,86		

CHIODI				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		328	1	euro 3 32 ton
azienda 2	svizzera	300	1	euro 4 32 ton
azienda 3	trento	350	1	euro 3 32 ton
azienda 4	turchia (balikesir)	2800	0,24	euro 3 32 ton
	oppeano	120	0,04	euro 3 32 ton
	trento	40	0,72	euro 3 32 ton
	media euro 3	705,6		
azienda 5	trento	400	0,75	euro 3 32 ton
	germania (monaco)	750	0,25	euro 3 32 ton
	media euro 3	487,5		
azienda 6	trento	175	1	euro 3 32 ton
azienda 7		700	1	euro 3 24 ton
azienda media	media euro 3	392,3		
	media euro 4	42,86		

GRAFFE EPAL				
AZIENDA	provenienza	ton*Km	%	mezzo
azienda 1		538	1	euro 3 32 ton
azienda 2	Ahrensburg	900	1	euro 4 32 ton
azienda 3	Ahrensburg	1270	1	euro 3 32 ton
azienda 4	Ahrensburg	1150	1	euro 3 32 ton
azienda 5	Ahrensburg	1500	1	euro 3 32 ton
azienda 6	Ahrensburg	1300	1	euro 3 32 ton
azienda 7	Ahrensburg	1350	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	1015,43		
	media euro 4	128,57		

20. APPENDICE H: Tabelle trasporti dei riparatori

PALLET ROTTI				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		200	1	euro 3 32 ton
azienda 2		30	1	euro 3 7,5 ton
azienda 3		400	1	euro 3 32 ton
azienda 4		30	1	euro 3 32 ton
azienda 5		25	1	euro 4 32 ton
azienda 6		100	1	euro 4 3,5 ton
azienda 7		45	1	euro 4 32 ton
azienda 8		100	1	euro 3 32 ton
azienda 9		70	1	euro 3 44 ton
azienda 10		50	1	euro 4 32 ton
azienda 11		50	1	euro 3 32 ton
azienda 12		50	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	77,5		
	media euro 4	18,33		

TAVOLE				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		350	1	euro 3 32 ton
azienda 2		50	1	euro 3 32 ton
azienda 3		1238	1	euro 4 32 ton
azienda 4		30	1	euro 3 32 ton
azienda 5	cesena	300	1	euro 4 32 ton
azienda 6		100	1	euro 4 3,5 ton
azienda 7	germania (monaco)	660	0,5	euro 4 32 ton
	austria (vienna)	860	0,5	euro 4 32 ton
	media euro 4	760		
azienda 8		500	1	euro 3 32 ton
azienda 9	cologno monzese	50	1	euro 3 44 ton
azienda 10	ucraina (kiev)	2100	1	euro 3 32 ton
azienda 11	austria (vienna)	880	0,25	euro 3 32 ton
	ucraina (kiev)	2100	0,25	euro 3 32 ton
	rep. ceca (praga)	1050	0,25	euro 3 32 ton
	polonia (varsavia)	1550	0,25	euro 3 32 ton
	media euro 3	1395		
azienda 12		100	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	381,25		
	media euro 4	199,83		

BLOCCHETTI				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		350	1	euro 3 32 ton
azienda 2	germania (monaco)	1150	1	euro 5 32 ton
azienda 3		1238	1	euro 4 32 ton
azienda 4		30	1	euro 3 32 ton
azienda 5	pavia	140	1	euro 4 32 ton
azienda 6	pavia	60	1	euro 4 3,5 ton
azienda 7	germania (monaco)	660	0,5	euro 4 32 ton
	austria (vienna)	860	0,5	euro 4 32 ton
	media euro 4	760		
azienda 8		500	1	euro 3 32 ton
azienda 9	cologno monzese	50	1	euro 3 44 ton
azienda 10	pavia	320	1	euro 3 32 ton
azienda 11	pavia	320	1	euro 3 32 ton
azienda 12	pavia	210	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	148,33		
	media euro 4	183,17		
	media euro 5	95,83		

CHIODI				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1		780	1	euro 3 32 ton
azienda 2		50	1	euro 3 32 ton
azienda 3		867	1	euro 4 32 ton
azienda 4		80	1	euro 3 32 ton
azienda 5		200	1	euro 4 32 ton
azienda 6		50	1	euro 4 3,5 ton
azienda 7		300	1	euro 4 32 ton
azienda 8		70	1	euro 3 32 ton
azienda 9	garlasco	20	1	euro 4 3,5 ton
azienda 10	binasco	340	0,5	euro 3 32 ton
	laives	390	0,5	euro 3 32 ton
	media euro 3	365		
azienda 11	pesaro	290	1	euro 3 32 ton
azienda 12	trento	120	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	146,25		
	media euro 4	119,75		

CHIODI DI CONTROLLO				
AZIENDA	luogo di provenienza	ton*km	%	mezzo
azienda 1	trento	780	1	euro 3 32 ton
azienda 2	trento	820	1	euro 3 32 ton
azienda 3	trento	867	1	euro 4 32 ton
azienda 4	trento	200	1	euro 3 32 ton
azienda 5	trento	160	1	euro 4 32 ton
azienda 6	trento	230	1	euro 3 3,5 ton
azienda 7	trento	330	1	euro 4 32 ton
azienda 8	trento	250	1	euro 3 32 ton
azienda 9	trento	270	1	euro 3 32 ton
azienda 10	trento	350	1	euro 3 32 ton
azienda 11	trento	350	1	euro 3 32 ton
azienda 12	trento	120	1	euro 3 32 ton
azienda media	media euro 3	280,83		
	media euro 4	113,08		

21. Elenco delle figure

Figura 1: Rappresentazione grafica del concetto “dalla culla alla tomba “	10
Figura 2: fasi di studio LCA (normativa ISO 14040).....	12
Figura 3: pallet EUR-EPAL.....	14
Figura 4: pallet a 2 vie	15
Figura 5: pallet a 4 vie	16
Figura 6: tipi di chiodi utilizzati	18
Figura 7: corretta chiodatura di un pallet	19
Figura 8: schema generale di Eco-Indicator 99	27
Figura 9: la filiera del pallet [www.liuc.it].....	38
Figura 10: schema di processo dei produttori integrati.	39
Figura 11: Schema di processo degli assemblatori.....	39
Figura 12: ripartizione geografica dei produttori EPAL. [www.liuc.it].....	40
Figura 13: ripartizione del costo di produzione di un pallet. [www.liuc.it].....	42
Figura 14: quota sul fatturato delle tipologie di pallet prodotti. [www.liuc.it].....	42
Figura 15: schema di processo dei riparatori.....	43
Figura 16: ripartizione costi di riparazione di un pallet EPAL. [www.liuc.it].....	44
Figura 17: unità di processo del sistema produttore con segheria.	49
Figura 18: unità di processo del sistema produttore senza segheria (assemblatore).	49
Figura 19: unità di processo del sistema riparatore	50
Figura 20: pallet prodotti ed energia elettrica utilizzata dai produttori con segheria.	52
Figura 21: confronto tra pallet prodotti ed energia elettrica utilizzata.....	53
Figura 22: pallet prodotti ed energia elettrica utilizzata dai produttori con segheria.	55

Figura 23: confronto tra pallet prodotti ed energia elettrica utilizzata.....	55
Figura 24: pallet riparati ed energia elettrica utilizzata dai riparatori.	57
Figura 25: confronto tra pallet riparati ed en. elettrica utilizzata.	58
Figura 26: emissioni % di CO ₂ -equivalente per diversi mezzi di trasporto [Fonte SimaPro / banca dati Ecoinvent].....	61
Figura 27: schema dei trasporti di legno per l'azienda con segheria (azienda 2).	62
Figura 28: trasporto del legname per i produttori con segheria.	64
Figura 29: trasporto dei chiodi per i produttori con segheria.	64
Figura 30: trasporto delle graffe EPAL per i produttori con segheria.	65
Figura 31: trasporto di tavole per gli assemblatori.	66
Figura 32: trasporto dei blocchetti per gli assemblatori.	66
Figura 33: trasporto dei chiodi per gli assemblatori.	67
Figura 34: trasporto delle graffe EPAL per gli assemblatori.	67
Figura 35: trasporto dei pallet rotti per i riparatori.	69
Figura 36: trasporto delle tavole per i riparatori.	69
Figura 37: trasporto dei blocchetti per i riparatori.	70
Figura 38: trasporto dei chiodi per i riparatori.	70
Figura 39: trasporto dei chiodi di controllo per i riparatori.	71
Figura 40: movimentazioni del pallet tra gli attori della filiera.	83
Figura 41: schema della fase di vita del pallet in andata dall'industria di marca al punto di vendita.	85
Figura 42: schema della fase di vita del pallet in ritorno dal punto di vendita all'industria di marca.	85
Figura 43: fine vita degli imballaggi in legno in Italia [Dati Rilegno, consuntivo 2009].....	91
Figura 44: schema di flusso della vita del pallet EUR/EPAL ...	93
Figura 45: emissioni delle aziende con segheria (kg di CO ₂ eq.) per la produzione di un pallet EUR/EPAL	96
Figura 46: ripartizione dei kg di CO ₂ eq. dell'unità "segheria".	97

Figura 47: percentuali di CO ₂ eq. derivanti dalle unità di processo “assemblaggio+segheria”	99
Figura 48: emissioni delle aziende senza segheria (kg di CO ₂ eq.) per la produzione di un pallet EUR/EPAL	100
Figura 49: ripartizione dei kg di CO ₂ eq. dell’azienda senza segheria media tipologia A.	102
Figura 50: emissioni di CO ₂ eq. dei tre differenti processi produttivi del pallet EUR/EPAL	103
Figura 51: emissioni dei riparatori (kg di CO ₂ eq.) per la riparazione di un pallet EUR/EPAL	105
Figura 52: ripartizione delle emissioni di CO ₂ eq. della “riparazione” di un pallet EUR/EPAL.....	106
Figura 53: Confronto tra sistemi di produzione di un pallet EUR/EPAL mediante EI-99	108
Figura 54: valutazione degli impatti relative alla riparazione di un pallet EUR/EPAL mediante EI-99	109
Figura 55: ripartizione delle emissioni di CO ₂ eq. nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 1).....	110
Figura 56: ripartizione degli impatti misurati in ecopunti (EI99 H/A) nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 1)	112
Figura 57: contributi percentuali degli impatti misurati in ecopunti (EI99 H/A) nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 1)	112
Figura 58: contributi percentuali delle 11 categorie di impatto di EI99 H/A nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 1)	113
Figura 59: contributi percentuali delle 11 categorie di impatto di EI99 H/A complessivi del pallet EUR/EPAL nella sua intera vita (Fase di uso: Scenario 1)	113
Figura 60: ripartizione delle emissioni di CO ₂ eq. nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 2).....	114
Figura 61: ripartizione degli impatti misurati in ecopunti (EI99 H/A) nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 2)	115

Figura 62: contributi percentuali degli impatti misurati in ecopunti (EI99 H/A) nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 2)	116
Figura 63: contributi percentuali delle 11 categorie di impatto di EI99 H/A nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 2)	116
Figura 64: contributi percentuali delle 11 categorie di impatto di EI99 H/A nelle varie fasi della vita del pallet EUR/EPAL (Fase di uso: Scenario 2)	117
Figura 65: confronto tra gli impatti generati dai due sistemi di gestione misurati in ecopunti (EI99 H/A) nell'intera vita considerando come unità funzionale 100 km di trasporto merci	118
Figura 66: Emissioni di CO2-eq delle unità di processo coinvolte nella produzione e nella riparazione del pallet EUR/EPAL; i risultati si riferiscono ad un pallet	124
Figura 67: Impatti in Eco-punti (EI99) delle unità di processo coinvolte nella produzione e nella riparazione del pallet EUR/EPAL; i risultati si riferiscono ad un pallet	125
Figura 68: Confronto tra sistemi di gestione del pallet; unità funzionale 100 km di trasporto merci.....	126

22. Elenco delle Tabelle

Tabella 1: Pesi relativi delle tre macrocategorie d’impatto nei tre metodi di attribuzione.....	34
Tabella 2: consumi di energia elettrica e produttività - dati relativi ai produttori integrati.....	54
Tabella 3: consumi di energia elettrica e produttività - dati relativi agli assemblatori.....	56
Tabella 4: consumi di energia elettrica e produttività - consumi dati relative ai riparatori.	59
Tabella 5: confronto tra energia elettrica totale [kWh] e input totali di legno [ton].	72
Tabella 6: unità di processo “segheria” per azienda media - inventario.	74
Tabella 7: litri di combustibile utilizzati per la movimentazione interna per pallet prodotto.....	75
Tabella 8: unità di processo “assemblaggio” per azienda media con segheria - inventario.....	77
Tabella 9: unità di processo “forno fitotrattamento” - inventario	78
Tabella 10: unità di processo “assemblaggio” per l’azienda media senza segheria - inventario.....	80
Tabella 11: unità di processo “riparazione” per l’azienda media - inventario	81
Tabella 12: Scenario della fase di uso del pallet in cui si considerano i km totali percorsi dal pallet durante la sua vita (rotazione 8).....	87
Tabella 13: Scenario della fase di uso del pallet in cui si considerano i km totali percorsi dal pallet durante la sua vita (rotazione 10).....	88
Tabella 14: Riepilogo dati immessi al consumo, riciclo e recupero energetico [Fonte Rilegno]	90
Tabella 15: scenario di fine vita dell’imballaggio di legno in base ai dati Rilegno	92

Tabella 16: emissioni di CO ₂ eq. per l'unità di processo "segheria"	97
Tabella 17: emissioni di CO ₂ eq. per l'unità di processo "assemblaggio"	98
Tabella 18: emissioni di CO ₂ -eq. per la tipologia A di aziende senza segheria	101
Tabella 19: emissioni di CO ₂ eq. per la tipologia B di aziende senza segheria	102
Tabella 20: emissione di CO ₂ -eq. per la "riparazione" di un pallet EUR/EPAL	106
Tabella 21: confronto tra i sistemi di gestione dei pallet, interscambio vs one-way	119
Tabella 22: Dati utilizzati nello studio LCA del pallet EUR/EPAL	121

23. Riferimenti bibliografici

¹ UNI EN ISO 14040: Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework, Ottobre 2006

² UNI EN ISO 14044: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines, Ottobre 2006

³ G. Baldo, M. Marino, S. Rossi, Analisi del ciclo di vita LCA, Edizioni Ambiente srl, Milano, 2008

⁴ H. Baumann, A-M Tillman, The hitch hiker's guide to LCA, Studentlitteratur, Lund, Sweden, 2004

⁵ AA VV, 2007, Linee guida sul recupero e sulla riparazione di pallet usati, FEDERLEGNO-ARREDO SRL, Milano; Cerullo S., 2001, Il pallet in legno, Il Sole 24 ORE, Milano

⁶ UNI EN ISO 445, Pallets for materials handling – vocabulary, Ottobre 2009

⁷ UNI EN 13382, Flat pallets for materials handling - Principal dimensions, Dicembre 2004

⁸ ISO 6780, Flat pallets for intercontinental materials handling — Principal dimensions and Tolerances, Second edition 2003-12-01, Corrected version 2004-04-15

⁹ UNI EN ISO 8611-1, Pallets for materials handling Flat pallets. Part 1: Test methods, Ottobre 2004

¹⁰ UNI 11066, Pallet di legno riutilizzabile personalizzato. Requisiti di progettazione, costruzione, prestazione e metodi di Prova, Settembre 2003

¹¹ UNI EN 12246, Classificazione qualitativa del legno utilizzato nei pallet e negli imballaggi, Novembre 2000

¹² UNI EN 12249, Segati di legno utilizzati nei pallet. Scarti ammissibili e guida per le dimensioni [Sawn timber used in pallets. Permitted deviations and guidelines for dimensions], Novembre 2000

¹³ UNI EN ISO 12777-1, Metodi di prova per l'assemblaggio dei pallet. Parte 1: Determinazione della resistenza alla flessione dei chiodi dei pallet, di altri elementi di collegamento senza testa e di chiodi a U, [Methods of test for pallet joints Part 1: Determination of bending resistance of pallet nails, other dowel-type fasteners and staples], Marzo 2009;

- UNI EN ISO 12777-2, Metodi di prova per le giunzioni dei pallet. Determinazione della resistenza all'estrazione di punta e di testa dei chiodi e delle graffe per pallet [Methods of test for pallet joints Determination of withdrawal and head pull-through resistance of pallet nails and Staples], Luglio 2001;

- UNI EN ISO 12777-3, Metodi di prova per le giunzioni dei pallet. Determinazione della resistenza delle giunzioni dei pallet [Methods of test for pallet joints Determination of strength of pallet joints], Marzo 2004

¹⁴ UNI EN 13698-1, Specifica di prodotto per pallet Parte 1: Specifica di fabbricazione per pallet piatti di legno 800 mm x 1200 mm [Pallet production specification Part 1: Construction specification for 800 mm x 1200 mm flat wooden pallets], Dicembre 2004

¹⁵ UNI EN 13698-1, Specifica di prodotto per pallet Parte 2: Specifica di fabbricazione per pallet piatti di legno 1000 mm x 1200 mm [Pallet production specification Part 1: Construction specification for 1000 mm x 1200 mm flat wooden pallets], Settembre 2009

¹⁶ UNI EN ISO 18613, Riparazione dei pallet piatti di legno [Repair of flat wooden pallets], Settembre 2003

¹⁷ Guide to PAS 2050. How to assess the carbon footprint of goods and services. First published in the UK in 2008 by BSI. 389 Chiswick High Road, London W4 4AL

¹⁸ Sudhir Anand, Kara Hanson, Disability-adjusted life years: a critical review, *Journal of Health Economics* 16 (1997) 685-702

¹⁹ Dallari F. et Marchet G., 2007, Il ruolo dei pallet nei moderni sistemi distributivi, FEDERLEGNO-ARREDO SRL, Milano

²⁰ Dallari F. et Marchet G., 2008, L'outsourcing logistico nel settore del largo consumo, *Il Sole 24 ORE*, Milano

²¹ RAPPORTO SCIENTIFICO: ECOBILANCIO DI PRODOTTI IN LEGNO. Consorzio nazionale per la raccolta il recupero e il riciclaggio degli imballaggi di legno

²² Piano specifico di prevenzione e gestione 2011. Programma pluriennale di prevenzione della produzione di rifiuti di imballaggio, Rilegno, edizione 2010, chiusa a settembre, www.rilegno.it

²³ Dallari F. et Marchet G., 2007, Il ruolo dei pallet nei moderni sistemi distributivi, FEDERLEGNO-ARREDO SRL, Milano

²⁴ Dallari F. et Marchet G., 2008, L'outsourcing logistico nel settore del largo consumo, Il Sole 24 ORE, Milano



Stampato digitalmente
nel mese di ottobre 2011
presso Rotomail Italia S.p.A