

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E
MATERIALI**

CORSO DI LAUREA INGEGNERIA GESTIONALE LM

TESI DI LAUREA in Valorizzazione delle Risorse Primarie e Secondarie

*L'impronta Ambientale di prodotto come strumento di trasparenza
verso il mercato: l'applicazione alla filiera tessile del distretto di
Prato.*

CANDIDATO

Riccadonna Leonardo

RELATORE:

Chiar.ma Prof. Bonoli Alessandra

CORRELATORE/CORRELATORI

Dott. Ing. Silvia Bamonti

Dott. Ing Rosangela Spinelli

Anno Accademico 2013/2014

Sessione II

Alla mia famiglia

Leonardo Riccadonna

Sommario

Dedica	1
Sommario.....	2
Capitolo 1: Il Distretto Tessile Pratese	5
1.1 Geografia e popolazione del distretto	6
1.2 La storia del distretto.....	7
1.2.1 L'ondata migratoria cinese dalla seconda metà degli anni '90	9
1.2.2 Il nuovo millennio	10
1.3 Il distretto oggi	11
1.3.1 I punti di forza e debolezze	12
1.3.2 La comunità cinese	14
Capitolo 2: La lavorazione di un tessuto	16
2.1 La creazione di un tessuto	16
2.1.1 Il processo di riciclo	17
2.1.2 Processo di creazione di un filato.....	20
2.1.3 Processo di Tessitura	24
Capitolo 3: Il Marchio CARADATO RECYCLED	26
3.1 La situazione internazionale mondiale: necessità di una maggiore trasparenza ...	26
3.2 Da Cardato Regenerated CO ₂ neutral a Cardato Recycled	27
3.2.1 Il nuovo marchio Cardato Recycled	29
Capitolo 4 : LCA Life Cycle Assessment.....	34
4.1 Cenni storici	34
4.2 Definizione di LCA:.....	35
4.3 Applicazioni dell'LCA:.....	36
4.4 Aspetti normativi.....	37
4.4.1 Le nuove edizioni delle norme	38
4.5 Studio completo di LCA	40

4.5.1 Definizione dell'obietti e del campo di applicazione	41
4.5.2 Analisi dell'inventario del ciclo di vita (LCI)	44
4.5.3 Valutazione dell'Impatto del Ciclo di Vita	49
4.5.4 Sistemi di indicatori.....	54
4.5.5 Interpretazione dei risultati.....	69
Capitolo 5: Strumenti Software per l'Analisi LCA	71
5.1 Software sul mercato.....	71
5.2 SimaPro 7.3	72
5.2.1 Caratteristiche.....	72
5.2.2 Interfaccia Utente	73
Capitolo 6: Requisiti e struttura del caso di studio	79
6.1 Descrizione del caso studio.....	79
6.1.1 Descrizione dell'azienda	79
6.1.2 Il processo di produzione e le lavorazioni dell'azienda	80
6.2 Obiettivi e la metodologia utilizzata: la PEF	80
6.2.1 Categorie d'impatto	81
6.2.3 La valutazione dello studio e dei dati	82
Capitolo 7: LCA della lana riciclata e della lana vergine	84
7.1 LCA: La Lana Riciclata	84
7.1.1 Obiettivo	84
7.1.2 Campo di applicazione	84
7.1.3 Analisi dei processi e calcolo dell'inventario della Lana Meccanica.....	87
7.1.4 Verifica della qualità della raccolta dei dati	91
7.1.5 Processi utilizzati in SimaPro	96
7.1.6 Tipologie di impatti e metodi	98
7.1.7 Inventario delle emissioni: Lana Riciclata	98
7.1.8 Analisi degli impatti	98

7.1.9 Interpretazione dei risultati e calcolo degli indici	100
7.2 LCA per la comparazione: processo di Lana Vergine	113
7.2.1 Obiettivo	113
7.2.2 Campo di applicazione	113
7.2.3 Analisi dei processi e calcolo dell'inventario Lana Meccanica	115
7.2.4 Verifica della qualità della raccolta dei dati	117
7.2.5 Processi utilizzati in SimaPro	118
7.2.6 Tipologie di impatti e metodi	118
7.2.7 Inventario delle emissioni : Lana Vergine.....	118
7.2.8 Analisi degli impatti	119
7.2.9 Confronto tra i due studi: Lana Riciclata e Lana Vergine.....	119
7.3 LCA: filato di lana rigenerata	124
7.3.1 Obiettivo	124
7.3.2 Campo di applicazione	124
7.3.3 Analisi dei processi e calcolo dell'inventario Filato	128
7.3.4 Verifica della qualità della raccolta dei dati	132
7.3.5 Processi utilizzati in SimaPro	133
7.3.6 Tipologie di impatti e metodi	133
7.3.7 Inventario delle emissioni: Filato	133
7.3.8 Analisi degli impatti	134
7.3.9 interpretazione dei risultati e calcolo degli indici.....	136
Bibliografia	151
Ringraziamenti.....	153

Capitolo 1: Il Distretto Tessile Pratese

Prato è una di quelle aree territoriali che ha saputo mettere a frutto competenze produttive artigianali, sedimentate nei secoli, all'interno di un particolare ambiente sociale e culturale in una prospettiva di intenso sviluppo industriale interno. L'inizio dello sviluppo si data tra ottocento e novecento, l'industrializzazione ha subito una sensibile accelerazione nel secondo dopoguerra per poi trovare la propria definitiva affermazione a partire dagli anni '70 del secolo scorso. Tratto caratteristico dei distretti industriali, e quindi anche di Prato, è l'elevata divisione e specializzazione del lavoro tra piccole imprese;



Figura 1: posizione del distretto situato nel centro Italia nel nord della Toscana

tale segmentazione trova ricomposizione all'interno di un mercato locale “culturalmente e socialmente costruito” che fonda la propria competitività su economie esterne territoriali piuttosto che su economie interne a livello di singola impresa. Prato rappresenta uno dei più grandi distretti industriali italiani ed uno dei centri più importanti, a livello mondiale, per le produzioni di filati e tessuti di lana: vi si producono tessuti per l'industria dell'abbigliamento, prodotti tessili per l'arredamento, filati per l'industria della maglieria, tessuti non tessuti e tessili speciali per impieghi industriali. Il distretto Tessile Pratese è considerato il più importante centro laniero d'Europa, oggi conta fino a circa 8.000 aziende tessili (che danno lavoro a 35.000 persone), la maggior parte delle quali di piccole e medie dimensioni e tra loro indipendenti, ognuna specializzata in una specifica attività (filatura, ritorcitura, orditura, tessitura, tintoria e rifinitura o finissaggio). A tirare le fila della produzione ci pensano le poche imprese di medio-grandi dimensioni a ciclo completo e molto più spesso alcuni operatori indipendenti che si occupano della ricerca e progettazione del campionario, dell'organizzazione e controllo della produzione e della commercializzazione del prodotto finito. Proprio su questo aspetto organizzativo e produttivo si può affermare che il distretto tessile pratese rappresenta un grande, unico laboratorio. I lanifici pratesi riescono ad allineare le loro strategie verso obiettivi comuni costituiti da standard qualitativi elevati, tempi di consegna veloci e prezzi competitivi.

1.1 Geografia e popolazione del distretto

L'area del Distretto tessile di Prato include 12 comuni in un'area a cavallo tra le province di Prato, di Pistoia e di Firenze e comprende i comuni di:

- Prato, Cantagallo, Carmignano, Montemurlo, Poggio a Caiano, Vaiano, Vernio nella provincia di Prato;
- Agliana, Montale, Quarrata nella provincia di Pistoia
- Calenzano e Campi Bisenzio nella provincia di Firenze.

Il distretto tessile interessa una superficie di 700 kmq

e una popolazione che conta più di 300.000 abitanti.

La delimitazione geografica del distretto è quella adottata dalla Regione Toscana, con D.G.R. 21/02/2000 n. 69. Il distretto confina nella parte nord con l'Emilia-Romagna, a ovest con la provincia di Pistoia e a sud ed est con la provincia di Firenze.

La popolazione per la maggior parte è situata nel comune di Prato fulcro sociale e commerciale di tutto il distretto.

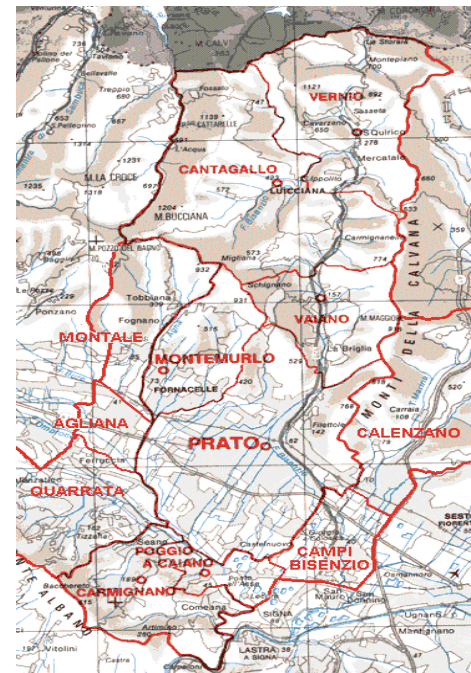


Figura 2: Area geografica del Distretto Tessile Pratese

Comune	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	sup.territori ale Kmq	densità ad su Kmq 2013
CANTAGALLO	2.827	2.822	2.868	2.930	2.941	2.990	3.095	3.102	3.114	3.156	94,93	33,25
CARMIGNANO	12.554	12.796	13.010	13.238	13.530	13.814	14.187	13.991	14.118	14.345	38,59	371,73
MONTEMURLO	17.976	18.097	17.970	18.050	18.332	18.416	18.438	17.502	1.819	18.426	30,66	600,98
POGGIO A CAIANO	8.835	9.044	9.247	9.385	9.482	9.659	9.959	9.626	9.804	10.019	5,97	1.678,22
PRATO	176.013	180.674	183.823	185.660	185.603	185.091	188.011	185.465	197.159	191.268	97,59	1.959,91
VAIANO	9.443	9.532	9.681	9.831	9.838	9.950	990	9.821	9.889	9.913	34,24	289,52
VERNIO	5.744	5.861	5.898	5.939	6.016	6.114	6.095	6.012	6.010	6.118	63,28	96,68
AGLIANA	15.152	15.405	15.611	15.896	16.267	16.637	17.076	16.796	16.938	17.386	11,64	1.493,64
MONTALE	10.331	10.410	10.395	10.532	10.637	10.697	10.766	10.762	10.634	10.794	32,02	337,10
QUARRATA	23.439	23.884	24.017	24.224	24.600	25.020	25.379	25.421	25.448	25.864	46,00	562,26
CAMPI BISENZIO	38.577	39.176	39.494	39.793	41.642	42.612	43.901	42.827	43.580	45.279	28,62	1.582,08
CALENZANO	15.384	15.557	15.619	15.689	15.877	16.170	16.462	16.628	16.918	17.253	76,87	224,44
TOTALE DISTRETTO	336.275	343.258	347.633	351.167	354.765	357.170	354.359	357.953	355.431	369.821	560,41	659,91
REGIONE TOSCANA	3.497.806	3.598.269	3.619.872	3.638.211	3.677.048	3.707.818	3.749.813	3.667.780	3.692.828	3.750.511	22.992,49	163,12

Figura 3: Tabella popolazione residente nel distretto (agg. 31/12/2013)

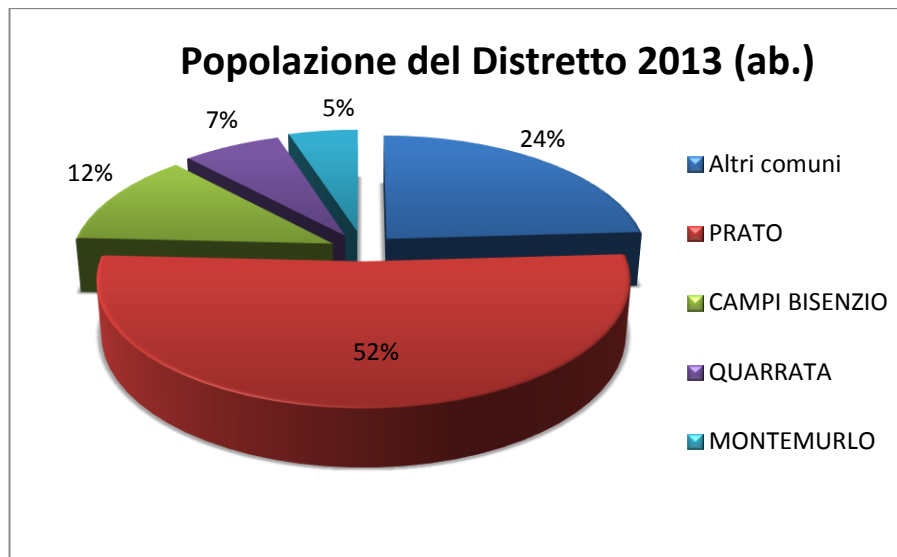


Figura 4: Composizione demografica dei comuni del Distretto Pratese

La tabella evidenzia come la popolazione totale del distretto, nel periodo considerato, sia in costante aumento, tale dato si riflette, a partire dal 2006, anche in tutti i comuni analizzati singolarmente. Rilevante appare il dato sulla densità abitativa: il distretto presenta una densità di 637 abitanti per kmq, circa 4 volte superiore al dato regionale, registrando forti differenze nei singoli comuni che lo compongono. Difatti, la densità abitativa passa da valori decisamente bassi, a fronte di un territorio molto esteso, come per il comune di Cantagallo (31,50 ab/kmq), a valori quali quelli di Agliana (1429,30 ab/kmq), Campi Bisenzio (1488,89 ab/kmq), Poggio a Caiano (1617,92 ab/kmq) e, in particolare, Prato che registrano una densità paragonabile a quella dei grandi centri urbani del paese.

1.2 La storia del distretto

La specializzazione di Prato nelle produzioni tessili risale al XII secolo quando le produzioni di panni erano regolate dalla corporazione dell'Arte delle Lana. La decadenza politica del sedicesimo e del diciassettesimo secolo segnò una caduta delle attività tessili che si ripresero solo agli inizi del 1800 con la produzione tessile di cappelli di lana esportati nei mercati arabi. Successivamente, il distretto vide il passaggio dalla manifattura artigianale alla produzione industriale grazie all'introduzione di nuovi macchinari come filatoi, garzi, cimatrici e calandre meccaniche; un importante passaggio storico che ebbe in Giovan Battista Mazzoni, pratese geniale che studiò alla Normale di Pisa, il trascinatore principale. Grandi famiglie austriache come Kossler e Mayer nel 1887 scelsero Prato per i loro investimenti industriali e per impiantarvi quello che per tutti i pratesi sarebbe diventato una fertile area industriale. Per circa mezzo secolo l'industria tessile approfittò

delle commesse militari, dei dazi e delle politiche austriache per rafforzarsi presentandosi così all'inizio della seconda guerra mondiale come un già affermato centro tessile italiano anche se non di dimensioni come le grandi città tessili come: Schio, Busto Arsizio Biella e Como. Importante sviluppo lo ebbe anche la produzione dei tessuti da donna e una particolare abilità nel disegno e nell'intreccio dei filati. A questa espansione industriale aveva contribuito anche il vantaggio in termini di costi che il distretto aveva dato dal fatto che riusciva a riciclare abiti, ritagli di confezioni e stracci usati tramite la produzione delle laniere cardate che prenderanno il nome di lane meccaniche. Alla fine della seconda guerra mondiale, si erano affermati sostanzialmente due settori produttivi: quello della grande impresa verticale integrata con produzioni standardizzate per lo più a basso livello (plaids, coperte militari) orientati all'export su mercati poveri; e quello delle squadre di imprese con una produzione orientata ai mercati dell'abbigliamento. Nel dopo guerra ci fu una diminuzione della produzione sia verso i paesi più poveri che nei battaglioni militari registrando così una disintegrazione delle grandi imprese verticalizzate. In questo periodo si iniziò quindi a formare un originale sistema organizzativo largamente fondato su una netta divisione del lavoro tra piccole imprese; la creazione quindi di un "distretto industriale". Emergono le figure principali di un distretto industriale come l'impresa terzista orientata alla produzione, l'impresa finale orientata alla progettazione di prodotto, l'impresa dedicata organizzare le connessioni produttive e imprese dedite alla commercializzazione del prodotto.

Dagli anni 50' agli anni 80'

Negli anni 50' il distretto tessile pratese contava una popolazione di circa 70.000 abitanti di cui quasi 35.000 erano impiegati direttamente nelle varie fasi dell'industria tessile. Il processo caratterizzante rispetto alle altre imprese tessili era la rigenerazione dei tessuti; infatti in questi anni quasi il 90% delle lane prodotte erano lane meccaniche.

Tra il 1950 ed il 1981 il numero degli addetti tessili passò da 35.000 a 60.000 nonostante che in Europa il settore registrasse emorragie occupazionali traumatiche. In questo periodo, ai tradizionali articoli di lana cardata si affiancarono anche quelli di lana pettinata per l'industria della maglieria. Con il passare degli anni anche la produzione di tessuti conobbe una metamorfosi: il peso medio degli articoli diminuì, le fibre cambiarono e diventarono più pregiate, si diffuse l'uso di lane più fini, del lino, del cotone, della viscosa, del cashmere e del mohair. Il riscaldamento delle abitazioni, la motorizzazione di massa e la diffusione di nuovi stili di vita determinarono un progressivo alleggerimento del peso

medio dei tessuti per vestiti e nei guardaroba dei consumatori aumentarono i tessuti di cotone, lino e poliestere. In un periodo in cui una parte consistente dell'offerta pratese era composta da tessuti di lana cardati, impiegati nella produzione di abbigliamento invernale, questi eventi di cambiamento di tipologia di tessuti, colsero impreparate molte imprese. Tutto questo fu la ricetta della crisi degli anni '80 e in questo periodo tutto il distretto passò un periodo di crisi che portò alla deindustrializzazione: il numero degli addetti si ridusse da 60.000 a 45.000; quello delle imprese passò da 16.000 a 10.000. La mutata geografia dei consumatori e i nuovi modelli di consumo lanciavano una grande sfida al distretto fu costretto ad affrontare problemi inediti e a rimettere in discussione prassi e strutture organizzative radicate.

Il distretto si trasformò, si crearono dei mercati più dinamici rispetto a quelli dei tessuti cardati i quali apparentemente sembravano avviarsi verso il tramonto. La nuova offerta locale comprendeva più del 40% di articoli di lana pettinata, cotone, viscosa, lino e seta. Questo fece in modo di ampliare i confini operativi del distretto: la maggior parte dei lanifici intrattenne rapporti con terzisti di aree diverse da Prato; quasi tutti, acquistavano filati e tessuti da imprese non pratesi. Un altro aspetto importante del cambiamento del mix produttivo dell'area pratese fu l'ampliamento della produzione agli articoli di tipo estivo, che, assieme alle produzioni "autunno-inverno", consentirono una maggiore utilizzazione degli impianti lungo tutto il corso dell'anno. La struttura organizzativa presentava elementi in parte nuovi e molti lanifici ricondussero all'interno funzioni precedentemente assegnate ad aziende esterne.

1.2.1 L'ondata migratoria cinese dalla seconda metà degli anni '90

La crescita dell'economia pratese ha prodotto opportunità di impiego che non hanno potuto essere soddisfatte con l'esclusivo ricorso all'offerta della popolazione residente. Prato è stata, quindi, un grande magnete che ha attivato flussi di immigrazione a raggi diversi nel corso dei passati decenni. Flussi che, ne hanno fatto, con una progressione impressionante, la terza città dell'Italia centrale e che hanno prodotto una urbanizzazione continua della pianura tra Firenze e Pistoia. Fino agli anni '60 il principale contributo alla saturazione delle opportunità di impiego espresse dalla crescita dell'economia pratese è venuto dalla immigrazione a medio raggio proveniente, prevalentemente, dalle campagne e dai piccoli paesi della Toscana. A quel flusso si è venuto sommando, fino a diventare maggioritario nel corso degli anni '70, quello degli immigrati dal meridione d'Italia. Piccoli paesi del Mezzogiorno si sono trasferiti quasi per intero a Prato mantenendo per anni un peculiare

senso di identità, anche in virtù d'insediamenti concentrati in particolari porzioni del territorio cittadino. Non è un caso che Prato sia stata spesso paragonata a Torino, con maggiori capacità, tuttavia, di accoglienza, di integrazione e di mobilità sociale.

Nel corso degli anni '80, il progressivo esaurirsi della immigrazione proveniente dall'Italia meridionale e l'ulteriore restringersi del grado di copertura della parte bassa del mercato del lavoro da parte dei pratesi, hanno aperto la strada alla immigrazione extracomunitaria. Una immigrazione che ha interessato un fronte molto ampio di nazionalità.

L'irrompere della "globalizzazione", di culture, religioni, abitudini, lingue diverse, ha introdotto un elemento di forte novità nelle società relativamente omogenee della provincia italiana e ha posto problemi a cui le stesse, nelle loro varie componenti, non erano abituate. L'immigrazione asiatica, nella maggior parte cinese, si è realizzata con caratteri del tutto peculiari sia quantitativi che qualitativi ed è andata, in modo apparentemente paradossale, accelerando negli anni dopo il 2001 nonostante le forti difficoltà dell'economia tessile pratese. I cinesi non hanno, salvo casi molto rari, assunto la posizione di lavoratori dipendenti in imprese con titolari italiani ma sono andati a costituire un tessuto ampio e crescente di piccole e piccolissime imprese nel settore della maglieria e dei prodotti di moda con una vita media estremamente ridotta; imprese che hanno assunto loro connazionali.

1.2.2 Il nuovo millennio

Nonostante i flussi migratori che caratterizzarono questo periodo, la razionalizzazione delle attività e la fase di sviluppo dei processi tessili è continuata nel corso degli anni novanta del secolo scorso ma la crisi delle valute asiatiche della fine del decennio del 1997 provocò una sempre maggiore importazione di prodotti a buon mercato provenienti dai paesi asiatici. L'inizio del nuovo millennio coincise con un nuovo periodo di difficoltà per il distretto.

In primo luogo si registrava un vuoto di domanda dovuto ad una delle più lunghe fasi di stagnazione e recessione del dopoguerra e, parallelamente a questo aspetto, si registrava la brusca caduta del dollaro rispetto all'euro (e delle valute collegate) che schermarono i mercati potenzialmente più dinamici e conferirono ulteriori poteri ai competitors extraeuropei per attaccare le posizioni dei produttori italiani.

Il 2001 si chiuse con 5,54 miliardi di euro di fatturato (-1,5% rispetto al 2000) e 3,39 miliardi di esportazioni (-0,4%). Il 2002 fu un altro anno difficile che, secondo il Centro

studi dell'Unione industriale pratese, ha fatto registrare un calo della produzione vicino al 7%, del fatturato intorno al del 5,4% e dell'export di circa 8%. All'inizio degli anni 2000 i prodotti pratesi avevano perso quote importanti nei mercati internazionali e il distretto fu sottoposto a nuove pressioni sia da un lato della domanda, in calo per la riduzione della crescita del reddito, che per i cambiamenti nelle scelte di consumo a causa dell'inondazione di prodotti tessili provenienti dai Paesi di nuova industrializzazione ed in particolare dalla Cina. Gli effetti di questi cambiamenti non tardarono a manifestarsi e le esportazioni di Prato subirono una forte contrazione del -33% dal 2001 al 2007. Con il calo delle esportazioni e in generale delle vendite anche la redditività delle imprese si era ridotta, e questo, a sua volta ha portato ad una nuova riduzione degli investimenti, dell'occupazione e del numero di imprese nel distretto di Prato.

1.3 Il distretto oggi

Oggi il distretto si compone di circa 8.000 imprese manifatturiere e tessili (28%) con circa 35.000 addetti. Le aziende del settore moda, all'interno del distretto, si dividono in aziende tessili, per un 40%, e aziende addette alle confezioni per un 60%. Molto importanti sono i numeri economici che nel 2013 hanno raggiunto il valore di 4.270 m.li € di fatturato con un export di 2.342 m.li € pari al 35% delle vendite di tutto il settore moda.

	N° imprese attive (istat 2013)	Export (m.ni €) 2013 (istat 2013)
<i>Attività manifatturiere (incluso il settore moda)</i>	7.989 (28%)	2.119,90
<i>Costruzioni</i>	4.415 (15%)	-
<i>Commercio ingrosso e dettaglio, servizi ai privati e alle imprese</i>	14.208 (48%)	-
<i>Agricoltura e pesca</i>	559 (2%)	5,9
<i>Altro</i>	2.009 (7%)	7,3
TOTALE	29.180	2.133,10

Tabella 1: Distribuzione delle industrie nel distretto pratese (Fonte Unione Industriale Pratese)

	Tessile	Confezioni	Distretto tessile- moda
Imprese 2013	2.876 (40%)	4.371 (60%)	7.247
Addetti (censimento Istat)	19.858	14.888	34.746
Fatturato 2013 (m.ni Euro)	2.910	1.360	4.270
Export 2013 (m.ni Euro)	1.542	800	2.342
% export su fatturato			55%

Tabella 2: Distribuzione delle Aziende nel Distretto pratese (Fonte Unione Industriale Pratese)

Le imprese e gli addetti hanno visto un incremento quantitativo dal 2010 al 2011, il distretto negli anni successivi ha risentito della crisi mondiale e i numeri sono calati del

21% rispetto al 2011. Le aziende del distretto sono per la maggior parte composte da 1 a 9 dipendenti, circa l'85%, cala drasticamente il numero di imprese composte da 10 a 49 dipendenti, sono circa l'8%, si registrano solo 60 imprese con addetti tra 50 e 49 persone ed è presente solo una azienda con addetti tra 249 e 500. La maggior parte delle aziende del distretto sono ditte individuali e a seguire vengono le società di capitali e le società di persone.

Settore Tessile	2010		2011		2012	2013		2° trimestre 2014
	Imprese	Addetti	Imprese	Addetti	Imprese	Imprese	Addetti	Imprese
N° Addetti	8.634	42.574	9.189 (+6%)	44.052 (+3%)	7.795 (-15%)	7.819 (+7,8%)	34.746 (-21%)	7.819 (+7,8%)

Tabella 3: andamento Imprese/Addetti negli anni

(Settore Tessile)	2010					2011				
	1-9	10-49	50-249	250-499	500 e +	01-09	10-49	50-249	250-499	500 e +
Addetti	22.283	14.842	5.164	285	0	23.031	15.484	5.221	316	0
Imprese	7.730	843	60	1	0	8.233	894	61	1	0

Tabella 4: Ripartizione lavoratori e imprese nel Distretto pratese

1.3.1 I punti di forza e debolezze

Il distretto industriale di Prato è tra i più grandi in Italia ed è diventato di fatto il distretto per antonomasia, per la tipicità delle relazioni tra le imprese, il collegamento con il contesto sociale, la forte specializzazione, la frammentazione e la ricomposizione del ciclo produttivo, la presenza di comparti collegati. Le imprese di Prato hanno mostrato nel tempo una elevata capacità di seguire e interpretare i mutamenti del mercato, cogliendone e sviluppandone le diverse opportunità.

Punti di forza

Un punto di forza della produzione tessile pratese, e lo è stato anche nel passato, è il processo del riutilizzo dei tessuti per la produzione di lana e filati. Vengono ripresi gli stracci o i vestiti non più in uso e attraverso un processo industriale tipico del distretto si ricostruisce la fibra di lana o il filato. Negli anni questo processo è risultato un vantaggio strategico il quale faceva ridurre il consumo di materia prima e conseguentemente i costi di produzione. La lana cardata è stata per anni e lo è ancora un prodotto di differenziazione rispetto agli altri distretti tessili.



Un altro punto di forza del distretto riguarda il coinvolgimento di un gran numero di soggetti, pubblici e privati (UE, enti locali, associazioni di categoria, istituti di credito, CCIAA), negli atti, nei progetti e negli interventi di politica industriale a favore dello sviluppo del distretto: nel campo dell'innovazione tecnologica, delle politiche promozionali, dei sistemi di qualità, del supporto alla collaborazione tra imprese nello sviluppo di attività innovative e nella commercializzazione e formazione.

Punti di debolezza

La globalizzazione del settore ha aumentato gli sbocchi commerciali, ma ha anche inserito il distretto in una dinamica competitiva con Paesi emergenti con prodotti a basso costo. Lo scollamento tra il consumo, in contrazione, e la capacità produttiva, in eccesso, si è abbinato al mutamento delle aspettative e degli stili di vita della domanda, che ha privilegiato capi con contenuti informali o sportivi o tecnici, con conseguente richiesta di fibre innovative. Inoltre, Prato assiste alla progressiva contrazione della fascia medio-bassa di mercato, cui tradizionalmente si rivolgeva.

Ulteriori fattori di debolezza sono collegati alle peculiarità del distretto pratese, al contempo elementi caratteristici e nodi critici. In particolare, la frammentazione del tessuto produttivo in imprese di piccole e piccolissime dimensioni ha garantito flessibilità, ma ha anche rallentato o ostacolato opzioni strategiche, come la delocalizzazione produttiva o processi di innovazione organizzativa e commerciale, per le quali sarebbe più favorevole una dimensione maggiore. Infine, sul fronte dell'innovazione, il distretto si è rivelato più attento a quella di prodotto, mostrandosi meno deciso verso gli investimenti in competenze tecnologiche; in questo senso una strada percorribile può essere lo sfruttamento delle sinergie con le imprese meccano-tessili.

Strategie di sviluppo future:

- Azioni di innovazioni e di sviluppo;
- Investimenti infrastrutturali;

- Politiche attive del lavoro e della formazione integrata;
- Seguire le politiche europee e mondiali;
- Contraddistinguere il distretto e le sue potenzialità mediante marchi, riconoscimenti e certificazioni in materia di ambiente, qualità, sicurezza e responsabilità sociale.

1.3.2 La comunità cinese

Secondo gli ultimi dati disponibili, il 13,5% dei residenti nella provincia di Prato è costituito da stranieri: la percentuale più alta fra le province italiane; il Comune di Prato tocca il 18% di residenti stranieri contro una media italiana del 7,5% e contro il 10,6% e 10,2% di Lombardia e Veneto (le due regioni italiane che contano il maggior numero di stranieri). Nel 1990 si contavano 169 cinesi residenti nel Comune di Prato: nel 2012 ne risultavano iscritti all'anagrafe 11.882. Nel giugno 2012 erano attive 4.830 imprese con titolare cinese, regolarmente iscritte alla Camera di Commercio di Prato: sono aumentate del 180% in dieci anni. I dati sono straordinari pur essendo riferiti ai soli cinesi "residenti regolari". Se a essi si vanno ad aggiungere i presenti in città con permesso di soggiorno, Prato supera, in valore assoluto, tutte le altre province italiane, Milano compresa. Le ultime stime ufficiali disponibili parlano di oltre 45.000 cinesi: la seconda comunità cinese in Europa dopo Parigi.

Periodo	Popolazione totale residente	di cui Stranieri	Incid. % stranieri
1995	167.991	3.019	1,8%
1996	168.892	3.767	2,2%
1997	169.927	4.865	2,9%
1998	171.135	6.175	3,6%
1999	172.473	7.424	4,3%
2000	174.513	9.213	5,3%
2001	176.023	10.527	6,0%
2002	177.643	12.015	6,8%
2003	178.023	13.127	7,4%
2004	176.013	16.373	9,3%
2005	180.674	19.771	10,9%
2006	183.823	22.308	12,1%
2007	185.660	23.658	12,7%
2008	185.603	24.153	13,0%
2009	185.091	26.317	14,2%
2010	188.011	28.402	15,1%
2011	185.465	30.186	16,3%
2012	197.159	33.158	16,8%
2013	191.268	34.225	17,9%

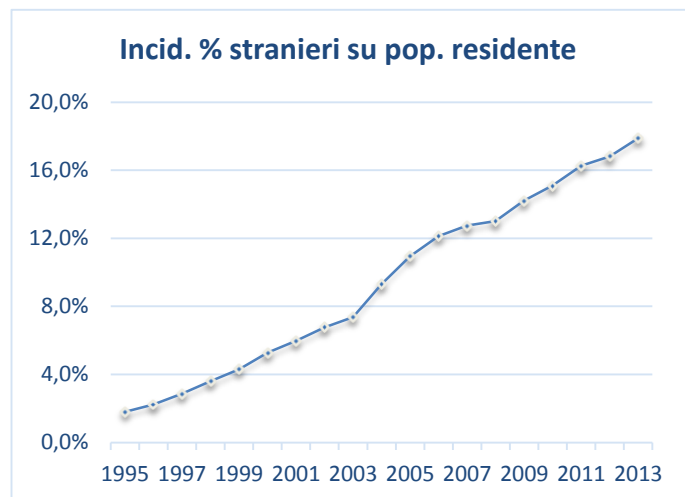


Figura 5: Popolazione totale residente, popolazione straniera e incidenza della popolazione straniera sul totale dal 1985 al 2013

La popolazione del distretto è in continuo aumento ed è arrivata a registrare 191.268 abitanti (dicembre 2013). Negli anni abbiamo assistito ad un aumento della popolazione straniera durante gli anni e siamo passati da dall'1,8% di stranieri rispetto alla popolazione totale del 1995 al 17,9 % del 2013.

Nel corso degli anni, i cinesi hanno anche mostrato una tendenza ad una sorta di “integrazione verticale etnica” con l’acquisizione di imprese terziste rispetto alla attività di confezione (tintorie e trattamenti capo) e in generale di fornitura di accessori o servizio alle loro imprese e di servizio alla loro comunità.

Si è quindi andato configurando nel tempo una sorta di “distretto parallelo” che ha trovato gli spazi fisici per insediare le proprie attività nel progressivo ritirarsi delle attività tessili pratesi e alcuni presupposti giuridici per alimentarsi nei meccanismi delle leggi sull’immigrazione. Una ampia parte della presenza cinese si è configurata e si configura, comunque, come irregolare; ciò anche a causa di una insufficiente attenzione e scarsa capacità di controllo delle autorità preposte.

Indubbiamente la struttura del distretto è nel mezzo di un processo di trasformazione significativo e il distretto pratese nello specifico, a causa della sua particolare specializzazione produttiva, considerando la nuova domanda dei mercati globali, potrebbe aver esaurito parte della sua spinta propulsiva. Così come accade per altre realtà distrettuali, che hanno subito fortemente i mutamenti generati dalla globalizzazione. La comunità cinese, quindi, non è l’unica responsabile della crisi anche se c’è chi interpreta la presenza della comunità orientale come un fattore di snaturamento dell’area che ha gradualmente ma, radicalmente, modificato le caratteristiche del tessuto socio-economico e chi invece sostiene il contributo delle imprese cinesi il fattore di tenuta di un sistema che altrimenti si sarebbe già sgretolato.

Capitolo 2: La lavorazione di un tessuto

Nel tempo il distretto pratese ha saputo distinguersi per la produzione di tessuti sia dalla lana vergine che dal riutilizzo degli stracci con la creazione della lana rigenerata. Questo tipo di filato, negli anni, ha creato un enorme vantaggio competitivo sul fattore economico dal fatto che un chilogrammo di lana vergine costa circa 10 volte di più di un chilogrammo di lana proveniente dal riutilizzo degli stracci. Al giorno d'oggi però, i benefici potrebbero essere ancora più grandi inserendo vantaggi sotto il profilo ambientale e della continua valorizzazione delle risorse sia primarie che secondarie.

2.1 La creazione di un tessuto

I tessuti possono essere composti da lana che proviene dalla tosatura animale, lana che proviene dal processo di rigenerazione di tessuti o stracci o una combinazione dei due processi.

Il processo di riciclo attraverso le attività di cernita, carbonizzo, stracciatura al processo della creazione del filato fibre di lana pronte a essere lavorate.

Il processo della creazione del filato prende le fibre di lana in ingresso e mediante vari processi tecnologici riesce a creare una rotolo di filo essenziale materia prima per il processo di tessitura.

Il processo di tessitura, infine, mediante telai riesce a combinare tra di loro più fili per creare così il tessuto finale.

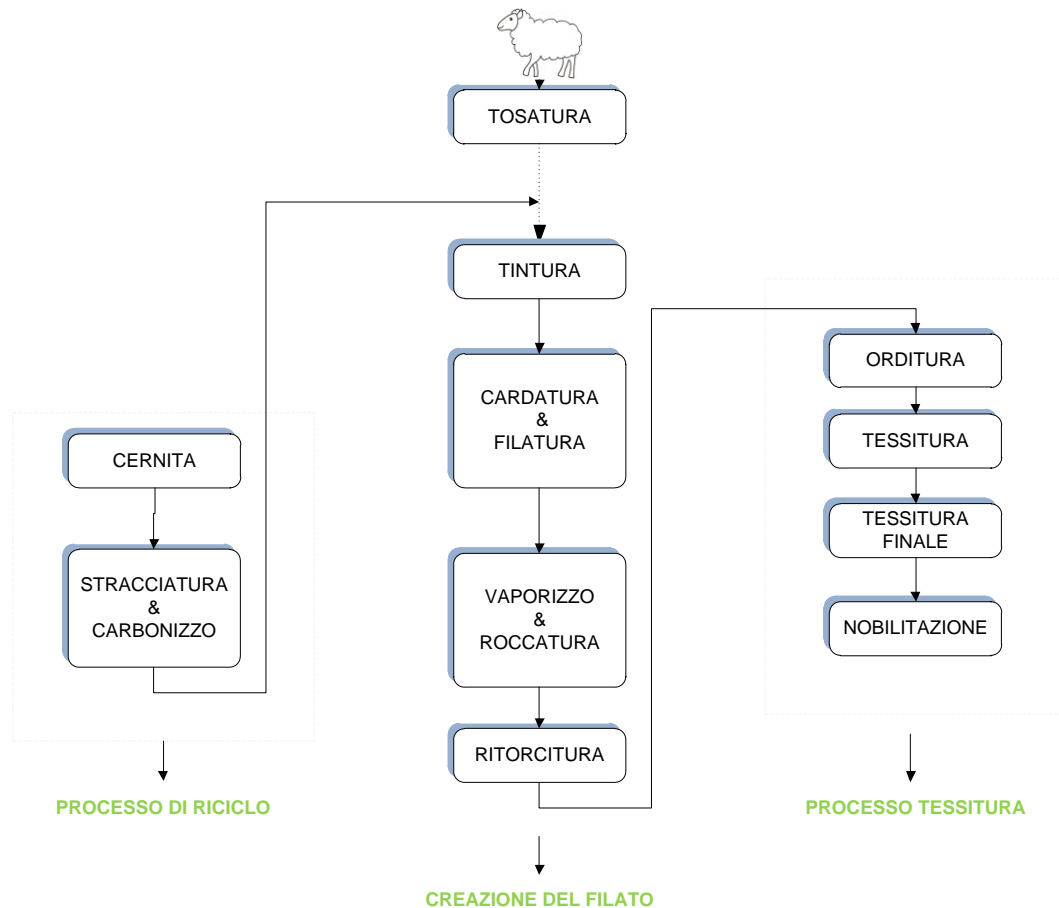


Figura 6: Processo della lavorazione della lana - tessuto

2.1.1 Il processo di riciclo

La raccolta degli stracci e i cernitori

La prima fase da analizzare è quella di raccolta dei tessuti usati. Esistono vari centri di raccolta e aziende che commercializzano questo tipo di risorsa inviandola ad organizzazioni specializzate nella cernita dei tessuti. Successivamente viene operata una divisione di stracci a maglia, come giacche pantaloni e gonne, o stracci a tessuto i quali contengono oltre alla lana altre materie come cotone, acrilico, poliestere, seta e viscosa. Una seconda selezione viene fatta poi per colore in modo tale da inviare alle aziende le colorazioni richieste e evitare quando possibile il trattamento di tintura o sovra tintura dei tessuti. I cernitori provvedono anche a togliere dai tessuti le fodere, i bottoni, le zip e le etichette. È una delle fasi più onerose del processo e richiede una notevole esperienza degli addetti; fino ad adesso non sono stati implementati impianti automatizzati per il suddetto processo che possono superare la qualità e la produttività degli operai esperti.



Figura 7: Processo di Cernita dei tessuti

Carbonizzo

L'industria laniera necessita di una percentuale vicina al 100% di lana. Per questo motivo per eliminare altre impurità come fodere, cinture, fibre vegetali e altri materiali, che il cernitore non ha eliminato nel processo precedente, gli stracci vengono sottoposti al trattamento di "carbonizzo a gas". Essi arrivano alla macchina per il carbonizzo in balle, vengono prima sottoposti ad una asciugatura e una deumidificazione per fare in modo che nel forno si inneschi la reazione chimica necessaria di carbonizzazione. Si sfrutta una particolarità della lana la quale resiste, senza subire alterazioni, all'azione degli acidi minerali che invece degradano la cellulosa. Gli stracci vengono messi in un grande cilindro rotante dove in controcorrente arrivano i vapori di acido cloridrico proveniente da un forno esterno che si cura di riscaldare l'acido per inviarlo nel cilindro ad alta temperatura. Gli stracci vengono fatto sostare per poco meno di una decina di minuti in una camera riscaldata a 80°C e in questo modo vengono ridotte in polvere le impurità cellulosiche che diventano massa friabile nera come il carbone; da qui il nome della lavorazione carbonizzo. Dopo la lavorazione di carbonizzazione è obbligatorio un lavaggio degli stracci.



Figura 8: Processo di Carbonizzo dei tessuti (www.comistra.it)

Stracciatura

Questa operazione ha l'obiettivo di riportare gli stracci a fibra allo stato di fiocco. L'operazione a seconda del tipo di resistenza del tessuto viene effettuata anche attraverso una bagnatura del capo di tessuto in modo da avere una minore resistenza alla azione della stracciatrice mantenendo però l'elasticità naturale della fibra. L'operazione viene effettuata attraverso l'effetto di punte metalliche che ricoprono la superficie del tamburo sfilacciatore le quali agiscono sul materiale; quest'ultimo è mantenuto fermo da una coppia di cilindri alimentatori. La velocità periferica del tamburo è molto elevata di quella dei cilindri alimentatori così che, mentre il materiale avanza lentamente, numerose punte del tamburo lo sottopongono ad una azione meccanica molto intensa che causa la sfilacciatura. Le fibre ottenute prendono il nome di lana meccanica le quali verranno poi filate con la tecnica della filatura cardata. Se il processo ha utilizzato dell'acqua allora le fibre sono sottoposte anche a processi di essiccazione.



Figura 9: Processo di stracciatura

Tintura

Per concludere la lavorazione del riciclo della lana, come ultima lavorazione, se necessario, viene operata la tintura la quale ha il compito di dare o modificare il colore delle fibre ottenute. La fibra viene immersa in un bagno dove sono disciolti dei coloranti. Nel processo di riciclo della lana cerchiamo di evitare o ridurre al minimo questa operazione eseguendo una cernita molto accurata in modo tale da fornire fibre di lana molto vicine al colore desiderato.



Figura 10: tintura di tessuti

2.1.2 Processo di creazione di un filato



Figura 11: Filatura

Cardatura

La cardatura è un processo che precede la fase della filatura della lana. Consiste nel liberare dalle impurità, districare e rendere parallele le fibre tessili, al fine di permettere le successive operazioni. La fibra viene disimballata e pulita con aria ad alta velocità.

- Camera di mista: in questa operazione vengono depositate strati di diversi tipi di fibra soprattutto del colore desiderato dal filato.
- Scardassatura: ovvero un assottigliamento della massa di fibre e parziale raddrizzamento di queste. Le fibre passano attraverso un macchinario, chiamato carda, formata da cilindri rotanti di grandi dimensioni, muniti di denti metallici di opportuna finezza e numero, registrati tra di loro a pochi centesimi di millimetri; le fibre passano tra queste due superfici mobili munite di punte per essere districate e orientate fino a ridursi in un velo di fibre parallelizzate, che viene trasformato in un nastro cardato e poi da una macchina divisore in stoppino.

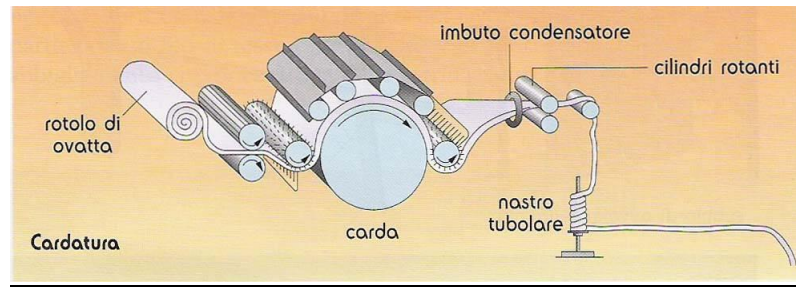


Figura 12: Processo di Cardatura

- Stiro: ulteriore passaggio tra rulli che girano ad un velocità ancora più alta conferendo al nastro una maggiore sottigliezza e omogeneità.

Lo stoppino è una banda sottile di fibra tessile leggermente ritorta, con sezione cilindrica, assomiglia ad un grosso filo ma non ha le caratteristiche di resistenza per via della bassa torcitura.



Figura 13: Processo di Cardatura

Filatura

La filatura è il processo con il quale viene conferita resistenza allo stoppino che viene trasformato in un filato esercitando su di esso le operazioni di torsione e di stiro. Se osserviamo un filo noteremo che è composto da fibre che non sono parallele all'asse del filo ma sono disposte da tre fili disposti a spirale tutto intorno in modo da acquisire una maggiore resistenza. Si prevede la torcitura dell'ammasso di cardato in un cordone più o meno sottile che è il filato. Per trasformare le fibre in un filato la torcitura è l'operazione indispensabile.

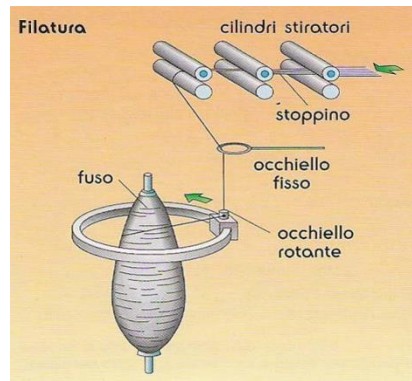


Figura 14: Schema del Processo di filatura

Roccatatura

La roccatura consente di trasferire il filo da un supporto di partenza ad un altro, avvolgendolo a spire incrociate attorno ad un tubetto di forma troncoconica, formando la rocca. La roccatura consente di rilevare ed eliminare alcune difettosità presenti sul filo e consente di applicare al materiale i prodotti lubrificanti.



Figura 15 Processo di Roccatatura (www.eurotessile.it)

Ritorcitura

La ritorcitura è l'operazione che permette di unire fra loro due o più fili per mezzo della torsione. Il suo scopo è conferire al filo più resistenza alla trazione, all'abrasione, maggiore regolarità, minore nervosità, con possibilità di ottenere effetti particolari.

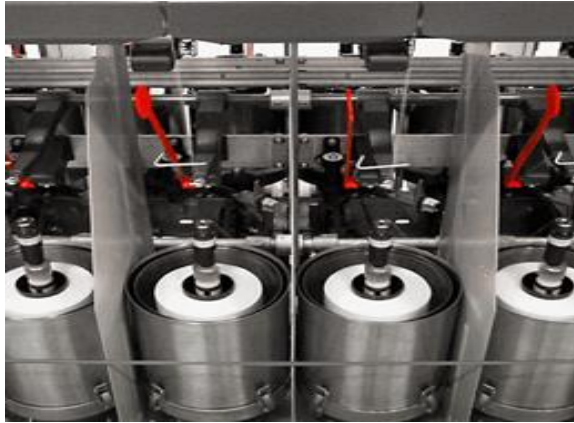


Figura 16: Processo di Ritorcitura

Vaporizzo

La vaporizzazione consente di fissare la torsione impartita e ridurre o eliminare il “momento torcente”, ossia la tendenza di un filo o filato a ruotare lungo il proprio asse a causa della torsione imposta. Molto importante è la vaporizzazione dei filati destinati alla lavorazione di tessuti a maglia, in quanto un eccesso di torsione può causare la deformazione delle maglie e quindi del prodotto finale.



Figura 17: Processo di Vaporizzazione

2.1.3 Processo di Tessitura



Figura 18: Tessuto che passa da un telaio

Orditura

L'ordito è composto da un insieme di fili legati al subbio posteriore che vengono fatti passare tra le fessure del pettine per essere legati al subbio anteriore. Guardando il piano di lavoro di un telaio questi vengono localizzati verticalmente in parallelo alle cimosse, ovvero al bordo non tagliato del tessuto. Così facendo si creano dei varchi chiamati passo, che permettono di far passare la navetta con il filo di trama. Il numero di fili dell'ordito determina la larghezza del tessuto

Tessitura

La tessitura è il processo con il quale si crea un tessuto. Si ottiene con l'intreccio dei fili di ordito con quelli della trama. Successivamente la trama, ossia i fili che in un lavoro di tessitura sono disposti orizzontalmente, è inserita nel passo dell'ordito da una navetta, che passando da un lato all'altro del telaio, srotola il filo che viene battuto dal pettine per avvicinarlo al filo di trama della riga precedente; così una riga dopo l'altra viene tessuta una stoffa.



Figura 19 Telaio usato per la Tessitura

Rifinitura e nobilitazione

Rifinitura e nobilitazione è l'ultimo processo nella creazione di un tessuto e consiste in un insieme di operazioni dette di rifinitura al fine di migliorarne la qualità estetica, i colori, la brillantezza e la capacità di riflettere la luce. Inoltre la nobilitazione dei tessuti può avere lo scopo di conferire caratteristiche tecniche, funzionali e inerenti alle esigenze di mercato.



Figura 20: Tessuti Rifiniti e Nobilitati

Capitolo 3: Il Marchio CARADATO RECYCLED

3.1 La situazione internazionale mondiale: necessità di una maggiore trasparenza

In questi anni l'attenzione all'ambiente è cresciuta notevolmente e si è passati da analizzare gli impatti derivanti dalle emissioni in atmosfera fino all'analisi di tutto ciò che va contro il mantenimento e l'utilizzo delle risorse dell'ecosistema. La situazione dei mercati internazionali ci propone prodotti a basso prezzo e sempre in piena concorrenza tra di loro; un mercato quindi che mira alla riduzione dei costi talvolta però senza analizzare il processo produttivo. Dobbiamo quindi valutare se il basso prezzo della merce è indice di attenzione ai fini dell'efficienza produttiva o se, proprio per la spietata concorrenza dei prezzi, le aziende lasciano in secondo piano la gestione ambientale. Nella maggior parte dei casi, a parità di efficienza dei processi aziendali, il prodotto che costa meno è dettato da minori costi nel sostenere gli impatti ambientali, nel gestire la sicurezza e la responsabilità sociale di tutta l'organizzazione.

Alcune indagini europee ci fanno vedere come le considerazioni ambientali del consumatore d'oggi, nell'ambito della scelta d'acquisto dei prodotti, sono arrivate ad un livello pari al prezzo e la qualità: i due fattori che da sempre hanno determinato la scelta dell'acquisto.

Acquisti che sono suggeriti dalle innumerevoli dichiarazioni ambientali delle aziende e nei mercati si vedono sempre di più etichette e marchi usati in maniera impropria e con la sola finalità di richiamare l'attenzione del consumatore ad una buona condotta dell'azienda ma che poi, alla fine, non rispetta davvero la realtà.

Il "greenwashing", termine molto usato di questi tempi, è un neologismo indicante l'ingiustificata appropriazione di virtù ambientaliste da parte di aziende, industrie, entità o organizzazioni finalizzata alla creazione di un'immagine positiva dei propri prodotti o di un'immagine mistificatoria per distogliere l'attenzione da proprie responsabilità nei confronti di impatti ambientali negativi. Tutto questo non fa altro che aumentare la diffidenza da parte del consumatore su ciò che l'azienda comunica all'esterno proprio in virtù di poche regolamentazioni e pochi controlli da parte delle autorità. Ci troviamo di fronte, da una parte ad un fenomeno di forte utilizzo di termini ambientali impropri e, dall'altra, la diffidenza e la sfiducia del consumatore. Per questi motivi le organizzazioni sono intervenute con lo strumento dell'impronta ambientale e dell'analisi del ciclo di vita

dei prodotti, strumenti che permettono di fornire una informazione chiara affidabile e numericamente robusta in modo da compensare questa sfiducia nei consumatori e rendere credibile e trasparente l'informazione che l'azienda dà al mercato. Questa metodologia dell'analisi del ciclo di vita del prodotto è nata negli anni '70 negli stati uniti d'America e fu utilizzata per la maggior parte per l'efficiamento dei processi di produzione in modo da analizzare e risolvere le criticità del sistema. Nel palcoscenico internazionale sono nate tante metodologie ma questo strumento è stato riconosciuto come il migliore per descrivere la trasparenza nel mercato dei prodotti verso il consumatore.

L'evoluzione, oltre alla gestione del ciclo di vita dei prodotti, sarà quella di creare un benchmark per ogni singolo prodotto come è avvenuto con il grande successo degli "Energy Label" degli elettrodomestici dove è stato creato un sistema di ranking suddividendo per classi di consumo di energia elettrica in modo da associare un giudizio alle prestazioni energetiche del prodotto. I produttori si sono spostati dalla produzione di prodotti in classe E, C, D (che ormai non si trovano più in commercio) a prodotti di classe B, A e talvolta ad incrementare le classi creando le A+ e A++. Rendendo l'informazione chiara, immediata e di facile lettura c'è stato anche uno spostamento dell'innovazione dell'intero settore.

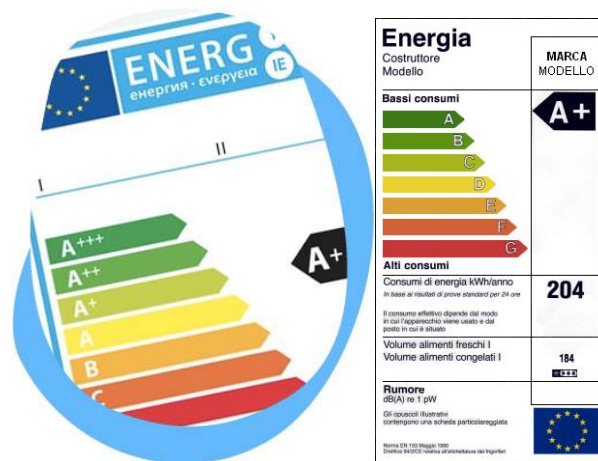


Figura 21: esempio di Energy label

3.2 Da Cardato Regenerated CO₂ neutral a Cardato Recycled

Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, il distretto pratese, sviluppa attività e ha rapporti commerciali con ormai tutto il mondo. Per non perdere quote di importanti mercati internazionali e essere sempre competitivo con le altre il distretto, negli anni, ha sviluppato

marchi e certificazioni atte a differenziare i suoi prodotti. In particolare per i tessuti il distretto è sempre stato attento a valorizzare i prodotti sia per gli aspetti ambientali che per una tutela del prodotto tipico del territorio, soprattutto dopo le consistenti ondate migratorie facendo in modo che i prodotti originali del distretto non si mescolassero con quelli delle produzioni cinesi. Nel 2008 nacque il marchio “Cardato Regenerated CO₂ Neutral” un marchio che riconosceva i prodotti del distretto sia per la particolare e speciale attività del riciclo della lana che per un sistema di gestione di controllo delle emissioni di gas serra. Il marchio garantiva la compensazione delle emissioni del processo di produzione del tessuto, certificando allo stesso tempo, che era stato realizzato con materia prima rigenerata nel Distretto Pratese. Le aziende quindi garantivano che i loro tessuti derivavano da un processo di rigenerazione della lana, che i processi erano eseguiti interamente nel distretto pratese, che si erano sottoposti ad un processo di misurazione della CO₂ e che tali emissioni erano state neutralizzate tramite l’acquisto di crediti verdi riconosciuti a livello internazionale dal Protocollo di Kyoto.

Protocollo di Kyoto

Il protocollo di Kyoto è un trattato internazionale con il quale i paesi industrializzati si sono impegnati a ridurre le proprie emissioni di gas ad effetto serra, in particolare l’anidride carbonica. Il primo periodo di impegno del Protocollo era il quinquennio 2008-2012 e, su tale periodo, i paesi si impegnavano a ridurre le loro emissioni di circa il 5% delle proprie emissioni totali di un anno preso come riferimento (1990). Questi livelli di riduzione delle emissioni erano assolutamente insufficienti a contrastare i cambiamenti climatici in atto, tanto è vero che gli esperti dell’IPCC (il Panel Intergovernativo delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici) sostenevano che fosse necessario un taglio delle emissioni del 80-90% entro il 2050 al fine di cercare di mantenere sotto un livello di guardia l’aumento della temperatura media del pianeta. Per raggiungere i propri obiettivi fissati dal protocollo, i paesi dovevano limitare o ridurre le proprie emissioni a livello nazionale (ad esempio con programmi ed azioni che comportavano un maggior ricorso alle energie rinnovabili o ad una maggiore efficienza energetica) ed aumentando la capacità di assorbimento dell’anidride carbonica da parte degli ecosistemi agro-forestali (carbon sink), in particolare attraverso la cosiddetta gestione forestale. Si potevano anche utilizzare i cosiddetti meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto che permettevano l’acquisto di permessi di emissione da altri Paesi, sia industrializzati che in via di sviluppo, confermando quella flessibilità insita nel Protocollo che permetteva di andare ad investire

in Paesi ove i costi sono minori e ricavandone, tra i benefici, anche quello di avere a disposizione permessi di emissione più a buon mercato. Successivamente, fu introdotto lo schema ETS per aiutare gli stati membri a raggiungere i propri obiettivi fissati dal Protocollo di Kyoto e, al contempo, raggiungere i livelli di riduzione delle emissioni nella maniera più efficiente ed economica possibile direttamente presso le fonti di inquinamento. I partecipanti allo schema ETS erano obbligati (pena una sanzione economica) a bilanciare le proprie emissioni con la quantità di permessi di emissione a loro disposizione assegnata sulla base di alcuni parametri. Coloro che si trovavano in una situazione di deficit potevano acquistare “crediti di carbonio” da i paesi che ne avevano in avanzo e potevano venderli. Le emissioni nel periodo 2008-2012 sono state influenzate da una serie di fattori, quali le variazioni del mix di combustibile nella produzione di elettricità, che ha rilevato un maggior ricorso al gas, un maggior utilizzo di fonti rinnovabili e una minore produzione nei settori industriali causata dalla crisi economica. In questi anni si è verificata una minor richiesta di permessi e questo non stava a significare che la produzione europea sta diventando più green ma che la crisi aveva fatto registrare il calo di produzione e conseguentemente delle emissioni. Infatti, un credito di CO₂ equivalente ad una tonnellate di anidride carbonica valeva tra i 12 e i 20 euro mentre oggi la quotazione si assesta tra il 4 e i 5 euro e queste quote si sono trasformate da appetibili a indesiderate. Al momento l'eccedenza ammonta a circa 2 miliardi di permessi e lo scorso dicembre Bruxelles ha approvato il ritiro di circa 900 milioni di questi titoli per far rialzare i prezzi. Il rastrellamento (in gergo “backload”) ricorda per certi aspetti l'intervento comunitario nel settore dell'agricoltura, misura che permette di togliere di mezzo le eccedenze (di burro o latte ad esempio) per evitare che i prezzi dei prodotti si annacquino. In questo caso, però, ad essere salvati non sono tanto i progetti e la ricerche in sistemi produttivi sostenibili, ma gli interessi finanziari sottostanti al mercato dei crediti di carbonio. Confermando il suo intervento, dunque, Bruxelles ha tramutato per sempre un meccanismo di tutela ambientale in uno strumento di speculazione degno di Wall Street.

3.2.1 Il nuovo marchio Cardato Recycled

Con il fallimento del Protocollo di Kyoto la misurazione e l'annullamento della CO₂ sono diventati fattori secondari, e il mercato dei crediti è crollato. Con tutti questi eventi, era necessario rivedere alcuni aspetti del marchio *Cardato Regenerated CO₂ Neutral*, lanciato nel 2008 come proposta di valorizzazione della produzione cardata. Dopo un'attenta

valutazione delle evoluzioni del mercato, si è ritenuto necessario apportare delle modifiche, per andare incontro alle esigenze manifestate anche dalle aziende.

Il nuovo marchio *Cardato Recycled* è molto importante per la valorizzazione del prodotto realizzato nel distretto pratese; una tutela del prodotto tipico del territorio valorizzato con la trasparenza di tutto il ciclo produttivo ecocompatibile ed ecosostenibile.

Nella creazione del nuovo marchio è stato quindi deciso di riorientare l'esperienza precedente sull'analisi ambientale verso la nuova metodologia dell'impronta ambientale sia per rispondere alle aspettative dei clienti che sono sempre più interessati a prodotti con ecosostenibili e anche per anticipare i concorrenti sui mercati internazionali dove, alcune aziende di altri settori, si sono già mosse e hanno avuto ottimi risultati. Ad oggi il nuovo marchio misura l'impatto ambientale dei prodotti, con un approccio di ciclo di vita, su molte categorie d'impatto, fra cui le emissioni di CO₂, il consumo di acqua e l'impronta ecologica, in linea con quanto richiesto dalla metodologia PEF (Product Environmental Footprint).

Le aziende, una volta effettuato il percorso di certificazione, potranno avere a disposizione tutti gli indici e indicatori sui propri impatti ambientali, attestate dal marchio, le quali verranno consegnate al cliente finale insieme al prodotto. Per affrontare questo nuovo percorso di certificazione la Camera di Commercio di Prato e il Consorzio per la Valorizzazione dei prodotti tessili cardati ha avviato una collaborazione con società PrimaQ la quale si occupa di consulenza alle imprese e aiuterà le aziende nel calcolo e nell'analisi degli impatti ambientali. SGS Italia, ente mondiale nei servizi d'ispezione, verifica, analisi e certificazione si occuperà dell'attestazione delle informazioni per la certificazione e l'ottenimento del marchio. Da tutto questo è emerso una disciplina per la quantificazione e valutazione degli impatti ambientali lungo tutto il ciclo di vita dei prodotti che, costituirà uno dei primi esempi applicativi in Europa a utilizzare un approccio semplificato di questa metodologia per facilitarne l'adozione da parte di piccole e medie e imprese appartenenti alla stessa filiera produttiva.

Il marchio garantirà:

- Il prodotto è realizzato del distretto tessile Pratese;
- Il prodotto è frutto di una rigenerazione della lana di almeno il 65 %;
- Il prodotto e l'azienda si sono sottoposti a misurazione di ogni impatto ambientale che comprende il ciclo di vita del prodotto in uscita.

PEF (Product Environmental Footprint)

Il marchio Cardato Recycled utilizza la metodologia PEF, è una metodologia che deriva dalle norme ISO 14040 e 14044, che, sulla base di vari criteri, indica le prestazioni ambientali di un prodotto o servizio, tenendo conto della catena di approvvigionamento (dall'estrazione del materiale primo, alla produzione, all'uso e gestione dei rifiuti fino alla dismissione del bene prodotto).

È nata come una metodologia che regola il calcolo, la valutazione, la convalida di parte terza e la comunicazione a tutti gli *stakeholder* dell'impronta ambientale dei prodotti e dei servizi.

L'approccio della metodologia delle imprese tiene conto di un metodo che consente di elaborare una rosa d'indicatori ambientali relativi alle principali categorie d'impatto ambientale (emissioni di gas ad effetto serra, efficienza nell'uso delle risorse, impronta idrica, etc.) che il produttore, previa convalida effettuata da un soggetto terzo, è legittimato a utilizzare liberamente a fini competitivi, in particolar modo nella comunicazione di marketing e nei confronti del mercato.

La metodologia si propone, come obiettivo principale, di fornire agli interessati degli orientamenti tecnici quanto più dettagliati possibile per l'effettuazione dello studio, in modo tale da aumentare la comparabilità di studi e risultati fatti da analisti diversi su prodotti dello stesso tipo. In altre parole, laddove i differenti metodi di calcolo preesistenti fornivano uno spettro di alternative per una determinata scelta metodologica per lo svolgimento dello studio LCA, la metodologia PEF si propone di fornire un'unica alternativa o requisito per favorire la conduzione di studi sulla PEF e LCA più coerenti, esaurienti e riproducibili.

Come anticipato, nel modello proposto di LCA che utilizza la metodologia PEF, il concetto di ciclo di vita prende in considerazione tutti i flussi di risorse e gli interventi ambientali associati a un prodotto dal punto di vista della catena di approvvigionamento. Esso include tutte le fasi che vanno dall'acquisizione delle materie prime alla trasformazione, alla distribuzione, all'utilizzo e ai processi di fine vita, nonché tutti gli impatti ambientali, gli effetti sulla salute, i rischi legati alle risorse e gli oneri per la società associati pertinenti. Tale approccio è essenziale per illustrare i possibili *trade-off* tra vari tipi di impatti ambientali legati a specifiche decisioni politiche e gestionali e contribuire a evitare un trasferimento involontario dei carichi ambientali (cosiddetti *cross-media effects*).

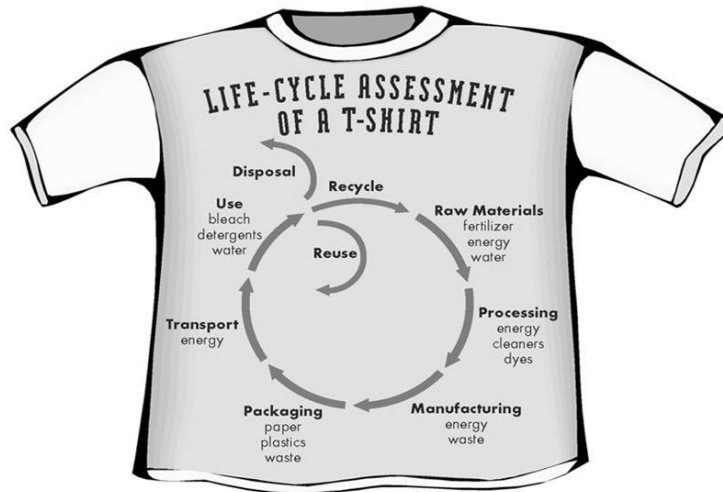


Figura 22: schema analisi LCA

Benché la metodologia PEF sia di recentissima pubblicazione (Aprile 2013), essa non costituisce un riferimento completamente nuovo per la realizzazione di valutazioni riguardanti l'intero ciclo di vita di prodotti e servizi, infatti è utilizzata come metodologia nei più ampi studi di ciclo di vita dei prodotti.

La diffusione di questa prassi da parte delle aziende dovrebbe aiutare a superare le principali barriere che oggi ostacolano la diffusione delle tendenze della Green Economy. Da un lato, infatti, le PEF dovrebbero rafforzare la credibilità delle aziende nei confronti dei consumatori e dei clienti, prevenendo il fenomeno del *Green washing*; dall'altro, la Commissione Europea, ha più volte dichiarato di voler definire un quadro di incentivi e premi per chi deciderà di raccogliere la sfida della PEF (e della metodologia gemella dell'OEF, Organization Environmental Footprint), in modo che sia premiato soltanto chi prova in modo serio e credibile di poter vantare performance ambientali relativamente migliori della media del proprio settore.

La metodologia detta delle linee guida per affrontare uno studio del ciclo di vita:

- Definizione degli obiettivi degli studi sull'impronta ambientale dei prodotti;
- Definizione dell'ambito degli studi sull'impronta ambientale dei prodotti;
- Compilazione e registrazione del profilo di utilizzo delle risorse e di emissioni;
- Valutazione dell'impatto dell'impronta ambientale;
- Interpretazione dei risultati dell'impronta ambientale dei prodotti;
- Relazioni sull'impronta ambientale dei prodotti;
- Revisione critica dell'impronta ambientale dei prodotti.

I potenziali ambiti di applicazione e risultati della *metodologia PEF* sono:

- Ottimizzazione dei processi durante il ciclo di vita di un prodotto;
- Sostegno alla progettazione del prodotto che riduca al minimo gli impatti ambientali nel corso del ciclo di vita;
- Comunicazione delle informazioni relative alle prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita dei prodotti (documentazione che accompagna il prodotto, siti internet e app) da parte delle singole imprese o mediante programmi su base volontaria;
- Programmi relativi alle dichiarazioni ambientali, in particolare garantendo una sufficiente affidabilità e completezza delle dichiarazioni;
- Programmi che creano reputazione dando visibilità ai prodotti che calcolano le proprie prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita;
- Identificazione degli impatti ambientali significativi al fine di stabilire criteri per i marchi di qualità ecologica;
- Incentivi basati sulle prestazioni ambientali nel corso del ciclo di vita, ove opportuno.

Capitolo 4 : LCA Life Cycle Assessment

4.1 Cenni storici

La metodologia LCA prende campo per la prima volta negli anni '60 quando alcune aziende iniziarono ad affrontare il problema del consumo delle risorse nei processi industriali e in particolar modo analizzando il problema del grande consumo di risorse energetiche. I ricercatori iniziarono ad analizzare le risorse primarie e il loro cammino dall'inizio alla fine del ciclo di produzione: dall'estrazione, la trasformazione, tenendo conto del trasporto e infine la fase di fine vita dove il prodotto si trasformava in un rifiuto. L'approccio era molto innovativo perché teneva conto del consumo di risorse primarie e secondarie dei prodotti dalla culla alla tomba ("from cradle to grave") e, mantenendo sotto controllo tutta la filiera produttiva, le aziende riuscivano a migliorare l'efficienza dei processi e in particolar modo l'efficienza di ogni singola fase. Una singola operazione industriale poteva essere resa più efficiente a spese di altre; questo processo avvolte trascurava il fatto che i benefici ottenuti localmente potevano essere controbilanciati da i problemi che si creavano a valle del processo e quindi la miglioria del non creava un miglioramento anzi, avvolte, un peggioramento complessivo della prestazione. Con questa, innovativa metodologia invece si riusciva ad analizzare tutte le interazioni tra i processi e i miglioramenti o peggioramenti di ogni modifica delle fasi produttive. Tutte queste proprietà hanno fatto sì che l'LCA sia stato strumento innovativo per quegli anni.

Lo studio che si ritiene abbia gettato le basi dell'attuale metodologia venne pubblicato nel 1974 dal "Midwest Research Institute" ed era uno studio comparativo su 9 diversi contenitori per bevande e i consumi di energia per tale produzione. Qui ci fu un passaggio per la prima volta ad uno studio di prodotti e non più a singoli processi industriali ai quali era stata fino ad allora applicata la metodologia.

Un nuovo impulso a questo genere di lavori si è avuto negli anni '80 quando su scala mondiale si è andato affermando il problema dei rifiuti solidi. In questo contesto tra gli anni '80 e '90 l'LCA si è evidenziata come strumento idoneo all'analisi di problemi ambientali; contemporaneamente si è sviluppato l'interesse per la valutazione dei potenziali impatti legati allo sfruttamento delle risorse e alle emissioni nell'ambiente, facendo quindi un passo in più rispetto alla semplice contabilizzazione degli stessi consumi ed emissioni. Quest'ultimo è stato un elemento caratteristico del contributo europeo alla metodologia.

Negli anni '90 durante un congresso della SETAC, un'azienda che studiava gli aspetti tossicologici e chimici per l'ambiente, istituì un metodo per uniformare le analisi svolte fino al quel momento e creare uno schema di analisi comune, e conìò il nome di LCA. Per lo studio si dovevano analizzare tutte le fasi e i momenti in cui si concentravano maggiormente le criticità ambientali e i soggetti dovevano farsene carico per realizzare progetti di miglioramento.

4.2 Definizione di LCA:

" un processo oggettivo di valutazione dei carichi ambientali connessi con un prodotto, processo o attività, condotto attraverso l'identificazione e la quantificazione dell'energia e dei materiali impiegati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente, per valutare l'impatto di questi usi di energia e materiali e rilasci nell'ambiente, e per vagliare e realizzare le opportunità di miglioramento ambientale. La valutazione include l'intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività, includendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto e la distribuzione, l'uso, il riuso, la manutenzione, il riciclo e lo smaltimento finale."

Tale schema e definizione costituisce ancora oggi uno strumento fondamentale per l'analisi LCA ed è stato integrato dalle norme ISO 14040 che regolano la redazione degli studi di analisi del ciclo di vita dei prodotti.

Analizzando la definizione data di LCA, possiamo notare, come si richiama il fatto che l'analisi sia una valutazione e che quindi comporti un confronto con un altro oggetto o prodotto simile che non necessariamente sia nelle stesse condizioni operative. Inoltre, possiamo notare, l'oggettività del procedimento che impone precisi passaggi e che la valutazione debba derivare dall'analisi di dati scientificamente verificabili e confrontabili. Nella definizione, si sottolinea, il fatto che la valutazione è fatta sulla considerazione dei carichi energetici e ambientali che portano alla produzione di un bene o servizio. Infine, si capisce, che la definizione prende in considerazione l'intero ciclo di vita del processo o attività senza tralasciare nessuna fase direttamente imputabile al caso di studio. Vengono considerate aspetti tecnici come la salute umana, la conservazione dell'ambiente e l'esaurimento delle risorse ma vengono trascurate le valutazioni prettamente economiche o conseguenze socio politiche.

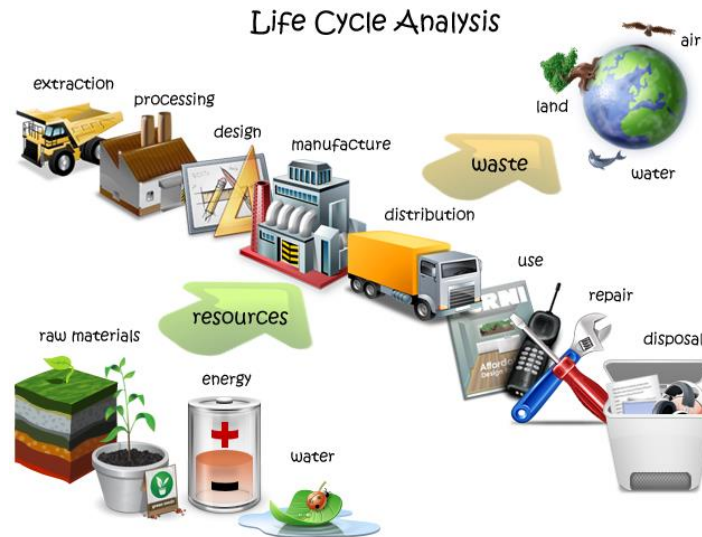


Figura 23: Analisi LCA

4.3 Applicazioni dell'LCA:

La metodologia LCA oggi è perfettamente funzionale allo scopo delle politiche ambientali in quanto:

- permette di confrontare diversi prodotti o servizi anche di settori industriali completamente diversi a parità di funzione svolta;
- consente di ottenere una valutazione complessiva del prodotto/servizio, analizzando l'intero ciclo di vita del prodotto evitando così il trasferimento degli impatti da una fase all'altra del processo;
- può essere associata alla concessioni di marchi ed etichette che consentono al consumatore un semplice ed immediato riconoscimento dei prodotti che hanno un impatto ambientale ridotto rispetto ai beni tradizionali.

Le applicazioni di tale metodologia possono essere strategiche per molti campi:

- sviluppo e miglioramenti di prodotti;
- miglioramenti di processi e servizi;
- pianificazione delle strategie aziendali;
- analisi tecnologica degli impatti ambientali e di processo;
- migliorare la politica aziendale e i rapporti con il pubblico;
- marketing.

A livello industriale lo studio del ciclo di vita è molto importante se l'azienda vuole portare avanti i progetti di DfE (Desing for Enviroment) o DfR (Desing for Recycling), può essere

utilizzata come supporto alla supply chain e per la valutazione dello sviluppo dei nuovi prodotti.

A livello pubblico lo studio del ciclo di vita dei prodotti può essere la base molti standard o etichette ambientali:

- **IPP:** (*Integrated Products Policy*) Politiche integrate di prodotti per lo sviluppo sostenibile per controllare gli impatti sia durante l'uso del prodotto che durante la sua dismissione.
- **Sistemi di etichettatura tipo I:** *Eco-Label*; descrive e specifica la superiorità delle performance ambientali del prodotto;
- **Sistemi di etichettatura tipo II:** autodichiarazioni di conformità, utili se veramente coerenti alle norme;
- **Sistemi di etichettatura tipo III:** *EPD (Environmental Products Declaration)* format per la comunicazione della quantificazione degli impatti in uno studio LCA che usa dei parametri specifici per le categorie di prodotto.

4.4 Aspetti normativi

Le prime norme di riferimento:

UNI EN ISO 14040 (1998) Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Principi di riferimento.

La serie UNI EN ISO 14040:1997 era composta da quattro Norme, ognuna dedicata ad una parte specifica della metodologia, in base alle quali uno studio di valutazione del ciclo di vita prevede:

- UNI EN ISO 14041 (1998) Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione e analisi d'inventario.
- UNI EN ISO 14042 (2000) Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Valutazione dell'impatto del ciclo di vita
- UNI EN ISO 14043 (2000) Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Interpretazione del ciclo di vita.

La UNI EN ISO 14040:1997 era la norma principale della serie in quanto specificava la struttura dello studio di LCA, i principi e i requisiti per condurre lo studio e per poi diffonderlo mediante report, non entrava però nel merito dei dettagli specifici delle tecniche di valutazione.

Nella norma UNI EN ISO 14041 si definiva l'obiettivo dello studio di LCA e dei suoi confini e si descriveva anche l'insieme alla successiva fase di analisi dell'inventario dei flussi in entrata ed in uscita dal sistema, nella.

La UNI EN ISO 14042 era trattata per la valutazione degli impatti associati ai flussi dell'inventario della fase precedente. In questa fase si studiava la significatività degli impatti ambientali del prodotto, costruendo un modello basato su indicatori di categoria rappresentativi degli impatti legati alle emissioni (flussi in uscita) oppure all'utilizzo di risorse naturali (flussi in ingresso).

Nella UNI EN ISO 14043 veniva specificato il modello di interpretazione dei risultati, dove si quantificavano gli impatti permettendo dunque eventuali studi comparativi per valutare la maggiore sostenibilità ambientale di un prodotto rispetto ad un altro, o di un rinnovato ciclo produttivo rispetto al ciclo precedente.

La serie ISO 14040 si completava infine con alcuni rapporti tecnici che costituiscono ottimi supporti per l'applicazione delle norme: l'ISO/TR 14049 riportava esempi di analisi dell'inventario secondo la ISO 14041, l'ISO/TR 14047, in fase di elaborazione a livello internazionale, riportava esempi di valutazione degli impatti, mentre per l'interpretazione dei risultati l'ISO/TR 14048, definiva il formato dei dati per la presentazione dei risultati dello studio in maniera omogenea.

4.4.1 Le nuove edizioni delle norme

Le nuove norme di riferimento internazionali che ha pubblicato la ISO sono la ISO 14040:2006 e la ISO 14044:2006. Le norme sono state aggiornate per migliorarne la leggibilità ma inalterate nei requisiti e nei contenuti tecnici.

- **UNI EN ISO 14040:2006** sostituisce la precedente edizione della norma UNI EN ISO 14040:1997 ma non cambia i requisiti e i contenuti tecnici.
- **UNI EN ISO 14044:2006** è nata per integrare le UNI EN ISO 14040:1998, UNI EN ISO 14041:1998, UNI EN ISO 14042:2000 ed UNI EN ISO 14043:2000 e specificare i requisiti e le linee guida per effettuare uno studio di LCA.
- **ISO/TR 14047:2012** Valutazione del ciclo di vita: esempi di applicazione della ISO 14044
- **ISO/TS 14048:2006** Valutazione del ciclo di vita: format per la documentazione dei dati

- **ISO/TR 14049:2012** Valutazione del ciclo di vita: esempi di applicazione della ISO 14044 alla definizione dello scopo e degli obiettivi e all'analisi dell'inventario

Per la 14040 rimane con i principi generali e quadro di riferimento per la valutazione del ciclo di vita (LCA) e di inventario del ciclo di vita (LCI):

- La definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'LCA;
- La fase di inventario del ciclo di vita (LCI);
- La fase di valutazione dell'impatto del ciclo di vita (LCIA);
- La fase di interpretazione del ciclo di vita;
- La rendicontazione e la revisione critica dell'LCA;
- Le limitazioni dell'LCA;
- Le correlazioni tra le fasi dell'LCA;
- Le condizioni per l'utilizzo delle scelte dei valori e degli elementi facoltativi.

La UNI EN ISO 14044:2006 "Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida" è stata elaborata per la preparazione, la gestione e la revisione critica del ciclo di vita. Fornisce le linee guida e i requisiti per la fase di valutazione dell'impatto dell'LCA, la fase di interpretazione dei risultati, la valutazione relativa alla natura e alla qualità dei dati raccolti. La norma specifica i requisiti e fornisce linee guida per la valutazione del ciclo di vita (LCA), comprendendo:

- La definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'LCA;
- La fase di inventario del ciclo di vita (LCI);
- La fase di valutazione dell'impatto del ciclo di vita (LCIA);
- La fase di interpretazione del ciclo di vita;
- La rendicontazione e la revisione critica dell'LCA;
- Le limitazioni dell'LCA;
- Le correlazioni tra le fasi dell'LCA;
- Le condizioni per l'utilizzo delle scelte dei valori e degli elementi facoltativi.

La ISO/TS 14048 fornisce linee guida per la preparazione, l'esecuzione e la revisione dei dati relativi all'analisi del "Life Cycle Assessment" e del "Life Cycle Inventory" e indicazioni per facilitare la trasparenza nei rapporti, l'interpretazione, l'esame e il calcolo dei dati raccolti, la qualità, l'esposizione e lo scambio dei dati, in modo da organizzare al meglio le informazioni pertinenti. Le specifiche ISO/TR 14047 e 14049 forniscono esempi sull'applicazione della UNI EN ISO 14044.

A livello europeo l'importanza strategica dell'adozione della metodologia LCA come strumento di base e scientificamente adatto all'identificazione di aspetti ambientali significativi, è espressa chiaramente all'interno del Libro Verde COM 2001/68/CE e della COM 2003/302/CE sulla Politica Integrata dei Prodotti, ed è suggerita, almeno in maniera indiretta, anche all'interno dei Regolamenti Europei: EMAS (761/2001/CE) ed Ecolabel 1980/2000/CE.

ISO 14040:2006 (già ISO 14040:1997)	Gestione ambientale. Valutazione del ciclo di vita. Principi e quadro di riferimento.
ISO 14041:1998 (sostituita dalla norma ISO 14044:2006)	Gestione ambientale. Valutazione del ciclo di vita. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione e analisi dell'inventario.
ISO 14042:2000	Gestione ambientale. Valutazione del ciclo di vita. Valutazione dell'impatto del ciclo di vita.
ISO 14043:2000	Gestione ambientale. Valutazione del ciclo di vita. Interpretazione del ciclo di vita.
ISO 14044:2006	Gestione ambientale. Valutazione del ciclo di vita. Requisiti e linee guida.
ISO/TR 14047:2003	Gestione ambientale. Valutazione dell'impatto del ciclo di vita. Esempi di applicazione della norma ISO 14042.
ISO/TR 14048:2002	Gestione ambientale. Valutazione del ciclo di vita. Formato della documentazione dei dati.
ISO/TR 14049:2000	Gestione ambientale. Valutazione del ciclo di vita. Esempi di applicazione della norma ISO 14041, per la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione e analisi dell'inventario.

Figura 24: Le norme ISO per la definizione dell'LCA

4.5 Studio completo di LCA

L'analisi LCA è una operazione molto costosa di tempo e di risorse finanziarie quindi, in base all'utilizzo e all'obiettivo che vuole raggiungere l'azienda, essa può essere fatta in maniera più o meno dettagliata. In base all'obiettivo possiamo operare metodi di semplificazione della metodologia LCA per renderla adatta alle proprie esigenze senza, però, perdere le caratteristiche fondamentali di accuratezza e attendibilità dei risultati. Le strategie per la semplificazione possono agire a livello di metodologia e a livello di processo.

A livello di metodologia si possono limitare gli obiettivi dello studio, eliminando fasi di analisi del ciclo di vita riducendo così la quantità di dati richiesti e quindi limitare lo studio a:

- “*From gate to gate*” (dal cancello al cancello): lo studio analizza unicamente la realtà aziendale, quindi comprende le fasi interne alla azienda;
- “*From cradle - to - gate*” (dalla culla al cancello): lo studio inizia con l'approvvigionamento delle materie prime e delle fonti di energia e si conclude con

l'immissione del prodotto finito sul mercato, escludendo quindi la fase di utilizzo e dismissione;

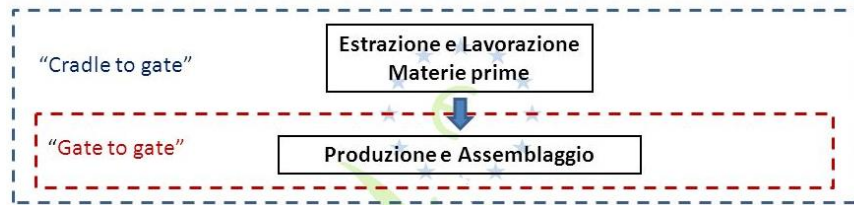
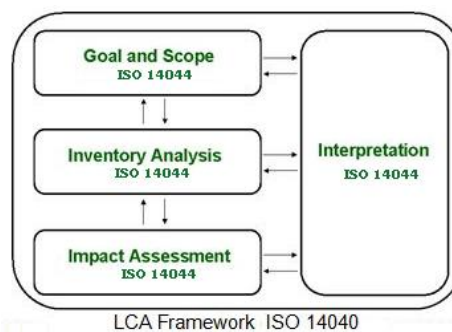


Figura 25: semplificazioni a livello di processo

A livello di processo possiamo operare delle semplificazioni a livello degli impatti da analizzare di un particolare processo o di una specifica linea di produzione del prodotto o del servizio, in modo da avere informazioni specifiche di quella singola attività. Questa operazione può essere utile se in fase di riesame la direzione vuole valutare solamente gli impatti di una linea o un processo per prendere future decisioni.

Lo studio LCA si suddivide in 4 fasi:

1. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione;
2. Analisi dell'inventario;
3. Valutazione degli impatti;
4. Interpretazione dei risultati.



LCA Framework ISO 14040

Figura 26: LCA framework

4.5.1 Definizione dell'obiettivi e del campo di applicazione

In questa fase vengono definiti obiettivi e campo di applicazione di tutto lo studio il tutto coerente con l'applicazione prevista. Negli obiettivi dell'LCA devono essere chiaramente descritti:

- L'applicazione prevista;
- Le motivazioni per effettuare lo studio;

- Il tipo di pubblico a cui è destinato, cioè a quali persone si intendono comunicare i risultati dello studio;
- Se i risultati sono destinati ad essere usati per effettuare asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico.

Nel definire il campo di applicazione devono essere descritti:

- Il sistema dei prodotti che prendiamo in analisi;
- Le funzioni del sistema di prodotti;
- L'unità funzionale;
- Il confine del sistema;
- Le procedure di allocazione;
- La metodologia dell'LCIA e i tipi di impatti;
- L'interpretazione da utilizzare;
- I requisiti dei dati;
- Le ipotesi;
- Le assunzioni;
- Le limitazioni;
- I requisiti di qualità dei dati;
- Il tipo di riesame critico, se presente;
- Il tipo e il formato del rapporto richiesto per lo studio.

Funzioni e Unità Funzionale

Nello “scope” di un LCA è necessario definire chiaramente le funzioni del sistema allo studio. L'unità funzionale deve essere coerente con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio. Uno degli scopi principali di un'unità funzionale è di fornire un riferimento al quale i dati in ingresso e in uscita sono normalizzati. Quindi l'unità funzionale deve essere chiaramente definita e misurabile. Dopo aver scelto l'unità funzionale, deve essere definito il flusso di riferimento. I confronti fra sistemi devono essere quantificati attraverso la medesima unità funzionale, nella forma dei loro flussi di riferimento.

Funzione	Unità Funzionale	Flusso di Riferimento
Asciugare le mani	1 paio di mani asciugate	Massa di asciugamani in carta necessari
Pitturare una parete	Pitturare 10m ² di parete	2,8 litri di pittura necessari

Confini del sistema

Il confine del sistema determina i processi unitari che devono essere inseriti nello studio LCA. La selezione di quest'ultimi deve essere coerente con l'obiettivo dello studio e qualsiasi criterio deve essere identificato e giustificato. L'eliminazione di processi, sia in ingresso che in uscita può avvenire se non modifica in modo significativo le conclusioni dello studio e, qualsiasi decisione in merito, deve essere indicata e giustificati i motivi dell'omissione. In questa fase si indica anche gli elementi in ingresso e in uscita che devono essere inclusi nell'LCA con il rispettivo livello di dettaglio; in particolare modo ogni processo unitario deve essere descritto da dove ha inizio, le trasformazioni che si svolgono in tale processo e dove il processo unitario ha fine con prodotti finali o intermedi. I flussi di energia in ingresso e in uscita devono essere trattati come ogni altra entità in ingresso o in uscita da un LCA, i flussi saranno pertinenti con la produzione e alla distribuzione di combustibili e di energia di alimentazione del processo utilizzati nell'intero sistema. I criteri di esclusione sia per gli elementi in ingresso che per gli elementi in uscita si devono usare degli specifici criteri che vanno chiaramente descritti e valutati sia all'inizio che nella fase del rapporto finale. I criteri che si possono utilizzare sono i criteri di massa, energia, rilevanza ambientale.

- **Massa:** si utilizza quando impostiamo una percentuale definita in ingresso al flusso di massa e andiamo a non considerare tutte quelle quantità che cumulativamente sono inferiori del limite stabilito.
- **Energia:** si utilizza quando impostiamo una percentuale definita in ingresso al flusso di energia, tutte quelle quantità che cumulativamente sono inferiori del limite stabilito non vengono considerate nello studio perché irrilevanti ai fini dello studio.
- **Rilevanza Ambientale:** è un criterio che stabilisce l'analisi o no di flussi di materia, in questo caso non si considera la quantità di flussi di massa ma l'inserimento nello studio dell'LCA deriva solo dal fatto della rilevanza ai fini ambientali.

Requisiti dei Dati

I dati selezionati per l'LCA dipendono dall'obiettivo e dal campo di applicazione dello studio, essi possono essere raccolti dal sito di produzione o calcolandoli da alte fonti. I dati possono includere, ma non limitarsi, all'uso di risorse naturali (produzione a monte delle

stesse), emissioni in aria, acqua e suolo, inquinamento acustico, uso del terreno odore calore e rifiuti.

Al fine di rispettare l'obiettivo e il campo di applicazione dobbiamo specificare i requisiti della qualità del dato. I requisiti dei dati dovrebbero comprendere:

- **Copertura temporale:** l'anzianità dei dati e la minima estensione di tempo in cui i dati dovrebbero essere raccolti;
- **Copertura geografica:** la zona geografica nella quale dovrebbero essere raccolti i dati per soddisfare l'obiettivo dello studio;
- **Precisione:** la misura della variabilità dei valori;
- **Completezza:** percentuale del flusso stimato;
- **Rappresentatività:** valutazione qualitativa del grado con cui l'insieme dei dati riflette la popolazione realmente interessata;
- **Coerenza:** valutazione qualitativa del grado di come la metodologia dello studio è applicata uniformemente alle diverse componenti dell'analisi;
- **Riproducibilità:** valutazione qualitativa del grado con cui le informazioni riguardo la metodologia e i valori dei dati permettono ad un esecutore indipendente di riprodurre i risultati riportati della relazione dello studio;
- **Le fonti dei dati:** per individuare la provenienza delle informazioni;
- **L'incertezza dell'informazione:** se i dati hanno delle ipotesi o fanno parte di analisi di modelli.

Confronti fra sistemi

Negli studi comparativi, prima dell'interpretazione dei risultati, deve essere valutata l'equivalenza dei sistemi posti a confronto. Il campo d'applicazione dello studio deve essere definito in modo tale da consentire il confronto dei sistemi mediante la stessa unità funzionale e le stesse procedure metodologiche di confini, prestazione, allocazione e valutazione tra gli elementi di ingresso e quelli in uscita. Ogni differenza tra i sistemi deve essere indentificata e messa in evidenza.

4.5.2 Analisi dell'inventario del ciclo di vita (LCI)

La definizione del campo di applicazione fornisce la pianificazione necessaria alla costruzione dell'inventario del ciclo di vita.

La raccolta dei dati

I dati qualitativi e quantitativi, da includere nell'inventario, devono essere raccolti per ogni processo unitario compreso nei confini del sistema. I dati raccolti, misurati, calcolati o stimati, sono utilizzati per quantificare gli elementi in ingresso e in uscita di un processo unitario.

Per i dati raccolti dobbiamo far riferimento alle fonti, e soprattutto per i dati significativi per le conclusioni dello studio si deve aumentare il livello di dettaglio.

Per ridurre il rischio di fraintendimenti deve essere registrata una descrizione di ogni processo unitario e qual ora ci sia una mancanza di dati si deve segnalare opportunamente.

Per una comprensione migliore delle fonte dei dati e la loro coerenza con il sistema produttivo ci aiutiamo con alcuni strumenti quali:

- Tracciatura di diagrammi di flusso non specifici del processo, che descrivano tutti i processi unitari da inserire nel modello, con le loro interrelazioni;
- Descrizione in dettaglio di ogni processo unitario rispetto ai fattori che influenzano gli elementi in ingresso e in uscita;
- Elenco dei flussi e dei dati pertinenti per le condizioni operative associate a ogni processo unitario;
- Descrizione delle tecniche di raccolta dei dati e calcolo necessarie per tutti i dati;
- Fornitura di istruzioni per documentare chiaramente tutti i casi particolari, le irregolarità e altre questioni associate con i dati forniti.

Le macro categorie, nelle quali i dati possono essere classificati, comprendono:

- Elementi in ingresso dell'energia, materie prime in ingresso, materiali ausiliari o altre entità fisiche in ingresso;
- Prodotti, coprodotti e rifiuti;
- Rilasci in aria, nell'acqua e nel suolo;
- Altri aspetti ambientali.

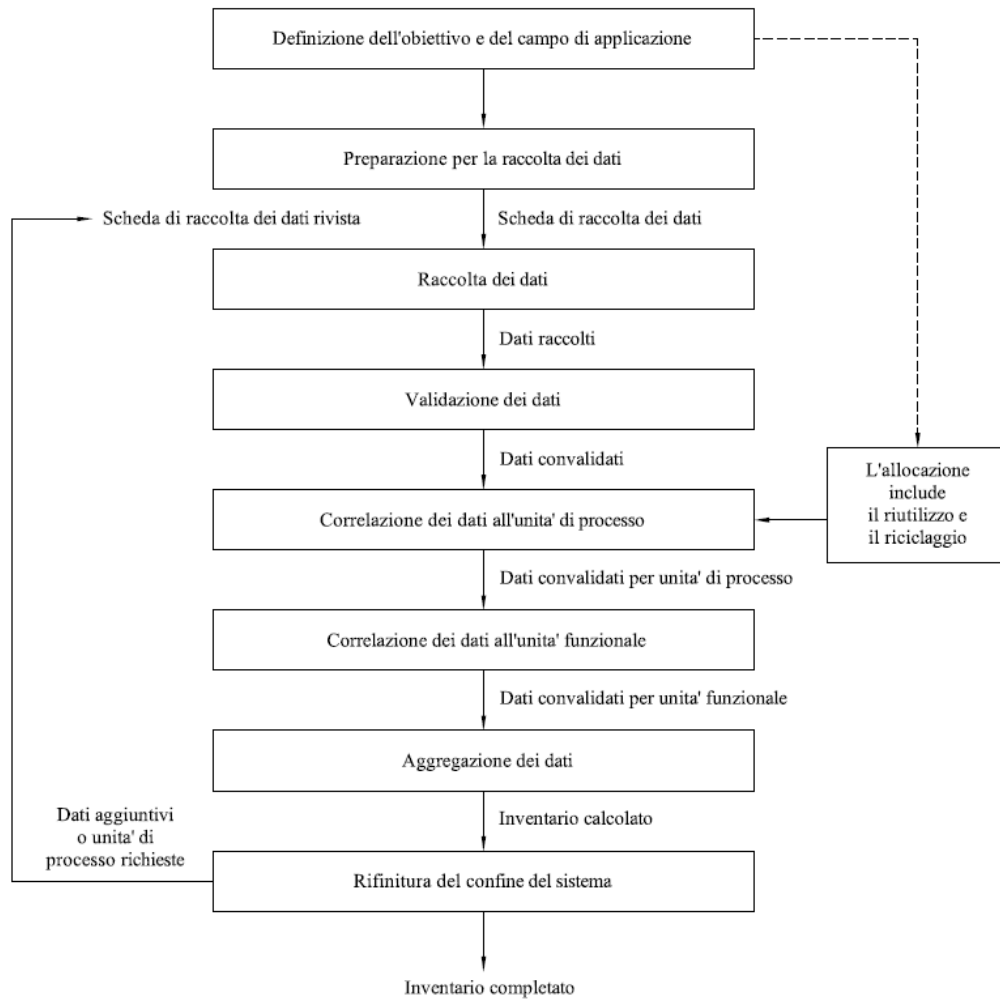


Figura 27: schema semplificato per l'analisi dell'inventario (ISO 14044)

Calcolo dei dati

Tutte le procedure di calcolo devono essere documentate e le ipotesi devono essere indicate e giustificate.

Per quanto è possibile, per determinare i flussi elementari associati alla produzione, si dovrebbe utilizzare la composizione reale della produzione, in modo da riflettere i vari tipi di risorse consumate.

Gli elementi in ingresso e in uscita relativi ai materiali combustibili, per esempio petrolio, gas o carbone, possono essere trasformati in flussi di energia in ingresso e in uscita.

Validazione dei dati

Durante il processo di raccolta dei dati, deve essere effettuato un controllo di validità dei dati per confermare e fornire prove che i requisiti di qualità dei dati per l'applicazione prevista sono stati soddisfatti.

La validazione può richiedere di stabilire, per esempio, bilanci di massa, bilanci di energia e poiché obbedisce alle leggi di conservazione di massa ed energia, i bilanci di massa ed energia forniscono un utile controllo sulla validità della descrizione di un processo unitario.

Correlazione dei dati al processo unitario e all'unità funzionale

Per ogni processo unitario deve essere determinato un flusso appropriato. I dati quantitativi degli elementi in ingresso e in uscita del processo unitario devono essere calcolati in relazione a tale flusso.

Durante la correlazione al processo unitario, dobbiamo stare attenti, all'aggregazione degli elementi in ingresso e in uscita nel sistema di prodotti. Il livello di aggregazione deve essere coerente all'obiettivo dello studio. I dati dovrebbero essere aggregati solamente se si riferiscono a sostanze equivalenti e a impatti ambientali simili.

Correzione del confine del sistema

I confini iniziali del sistema devono essere convenientemente revisionati in conformità ai criteri di esclusione stabiliti quando si è definito il campo di applicazione. I risultati di questo procedimento di correzione e l'analisi di sensibilità devono essere documentati.

L'analisi di sensibilità può dare origine a:

- Esclusione di fasi del ciclo di vita o di processi unitari, quando la carenza di significatività può essere evidenziata dall'analisi di sensibilità;
- Esclusione degli elementi in ingresso e in uscita che non hanno significatività per i risultati dello studio;
- Inclusione di nuovi processi unitari, elementi in ingresso e in uscita che mostrano essere significativi nell'analisi di sensibilità.

Quest'analisi ha il compito di limitare la successiva manipolazione dei dati per quei dati in ingresso e in uscita che sono significativi per l'obiettivo dell'LCA.

Allocazione

Gli elementi in ingresso e in uscita devono essere allocati ai diversi prodotti in base a procedure chiaramente definite, che devono essere documentate e giustificate unitamente alla procedura di allocazione.

La somma degli elementi allocati in ingresso e in uscita di un processo unitario deve essere uguale agli elementi in ingresso e in uscita prima dell'allocazione del processo unitario.

Lo studio deve identificare i processi condivisi con altri sistemi di prodotti:

- **Fase 1:** Ovunque sia possibile, l'allocazione dovrebbe essere evitata mediante:
 - a) *Divisione* del processo unitario da allocare in due o più sottoprocessi e collegamento dei dati in ingresso e in uscita relativi a tali sottoprocessi;
 - b) *Espansione* del sistema di prodotti per includere funzioni aggiuntive relative ai coprodotti;
- **Fase 2:** Ove l'allocazione non può essere evitata, gli elementi in ingresso e in uscita dal sistema dovrebbero essere ripartiti tra i suoi differenti prodotti o funzioni in modo che riflettano le relazioni fisiche tra di loro, tenendo conto delle trasformazioni quantitative, nei prodotti o nelle funzioni fornite dal sistema.
- **Fase 3:** Ove le relazioni fisiche da sole non possono essere stabilite o utilizzate come base per l'allocazione, gli elementi in ingresso dovrebbero essere allocati tra i prodotti e le funzioni in modo che riflettano le altre relazioni fra loro. Per esempio, gli elementi in ingresso e in uscita potrebbero essere allocati tra i coprodotti in proporzione al valore economico.

Alcuni elementi in uscita possono essere in parte coprodotti e in parte rifiuti. In tali casi è necessario identificare il rapporto fra coprodotti e rifiuti, poiché gli elementi in ingresso e in uscita devono essere allocati alla sola parte dei coprodotti.

I procedimenti di allocazione devono essere applicati uniformemente agli elementi in ingresso ed in uscita simili del sistema considerato. Per esempio, se l'allocazione è fatta per i prodotti utilizzabili (per esempio prodotti intermedi o di scarto) che lasciano il sistema, allora il procedimento di allocazione deve essere simile al procedimento utilizzato per tali prodotti che entrano nel sistema.

L'inventario è fondato su bilanci di materia fra gli elementi in ingresso e in uscita. I procedimenti di allocazione dovrebbero pertanto approssimare quanto più è possibile tali relazioni e caratteristiche fondamentali degli elementi in ingresso e in uscita.

Procedimenti di allocazione per il riutilizzo e il riciclaggio

I principi e i procedimenti di allocazione si applicano anche alle situazioni di riutilizzo e di riciclaggio.

- Il riutilizzo e il riciclaggio (come pure il compostaggio, il recupero di energia e altri processi che possono essere assimilati al riutilizzo/riciclaggio) possono implicare che gli elementi in ingresso e in uscita associati ai processi unitari per l'estrazione e il trattamento delle materie prime e lo smaltimento finale dei prodotti siano condivisi da più di un sistema di prodotti;
- Il riutilizzo e il riciclaggio possono cambiare le proprietà inerenti ai materiali nel loro utilizzo successivo;
- Durante la definizione del confine del sistema, si dovrebbero dedicare attenzioni specifiche ai processi di recupero.

I procedimenti di allocazione per processi dovrebbero utilizzare come base per l'allocazione, se possibile, nell'ordine seguente:

- Le proprietà fisiche (per esempio, la massa);
- Il valore economico (per esempio il valore di mercato del rifiuto o del materiale riciclato in rapporto al valore di mercato del materiale primario);
- Il numero dei successivi utilizzi del materiale riciclato (vedere ISO/TR 14049).

4.5.3 Valutazione dell'Impatto del Ciclo di Vita

Dopo l'analisi dell'inventario dobbiamo passare alla fase di valutazione degli impatti delle sostanze dello studio. Questa fase viene denominata LCIA ed deve essere attentamente pianificata per rispettare l'obiettivo ed al campo di applicazione dello studio LCA.

La fase di LCIA include i seguenti elementi obbligatori:

1. Scelta delle categorie d'impatto, degli indicatori di categoria e dei modelli di caratterizzazione;
2. Assegnazione dei risultati dell'LCI delle categorie d'impatto selezionate (selezione);
3. Calcolo dei risultati di indicatore di categoria (caratterizzazione)

Scelta delle categorie d'impatto, degli indicatori di categoria e dei modelli di caratterizzazione

- Nella scelta delle categorie d'impatto devono essere forniti nomi accurati e descrittivi sia per le categorie che per gli impatti e dovrà sempre essere chiara la fonte correlata.
- La selezione delle categorie d'impatto, indicatori di categoria e modelli di caratterizzazione devono essere coerenti con l'obiettivo e il campo di applicazione dell'LCA e devono essere approvati e riconosciuti a livello internazionale.
- Le categorie d'impatto dovrebbero rappresentare gli impatti aggregati degli elementi in ingresso e in uscita dal sistema descritti mediante indicatori specifici.
- Le scelte dei valori e le ipotesi dovrebbero essere ridotti al minimo.
- Si deve cercare di evitare, se non richiesto, il doppio conteggio su due categorie d'impatto ambientali simili.
- Il modello di caratterizzazione per ogni indicatore di categoria dovrebbe essere basato su di un distinto meccanismo ambientale identificabile e empiricamente riconducibile.
- Dovrebbe essere identificata la portata di validità scientifica e tecnica del modello di caratterizzazione e dei fattori di caratterizzazione.
- Gli indicatori di categoria dovrebbero essere pertinenti dal punto di vista ambientale.

La rilevanza ambientale dell'indicatore di categoria o del modello di caratterizzazione dovrebbe essere indicata:

- La capacità dell'indicatore di categoria di riflettere le conseguenze dei risultati dell'LCI sulle finalità della categoria, almeno per gli aspetti qualitativi.
- L'aggiunta dei dati o delle informazioni ambientali al modello di caratterizzazione rispetto alla finalità della categoria.

Indicatori di categorie di impatto (midpoints)

Valutano gli impatti potenziali a un livello intermedio, che quantifica singole tipologie di impatto.

- Sintetica e più precisa modellazione dei fenomeni conseguenti all'emissione;
- Connessione diretta con le emissioni;

- Più difficile interpretazione dei risultati.

Indicatori di categorie di effetti (endpoints)

Valutano gli impatti a livello ultimo, dal punto di vista di chi subisce il danno finale.

- Necessità di un modello per la lunga e complessa catena di fenomeni conseguenti all'emissione
- Maggiore incertezza sui modelli (precisione e completezza) e quindi sui risultati
- Più facile interpretazione dei risultati e loro aggregazione

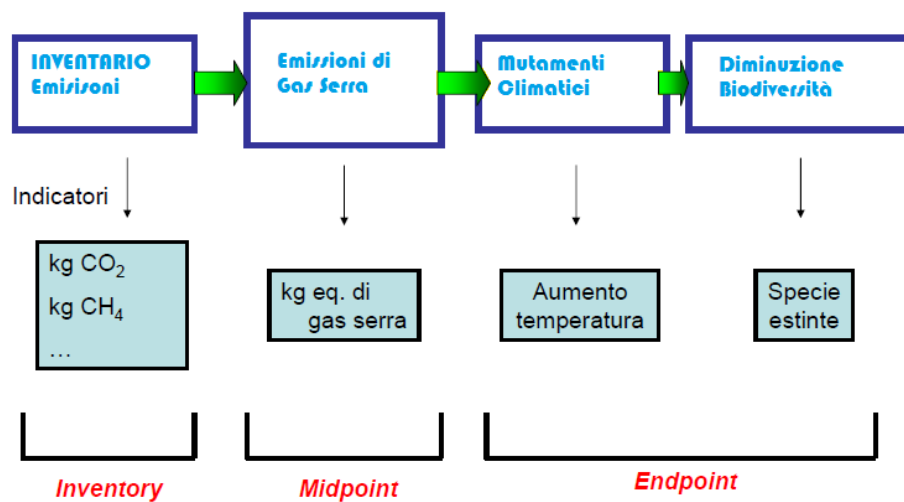


Figura 28 Indicatori Midpoints e endpoints

Assegnazione dei risultati dell'LCI delle categorie d'impatto selezionate (selezione)

I dati e i risultati devono essere assegnati alle categorie d'impatto per la successi analisi:

- Assegnazione dei risultati dell'LCI esclusivi ad una categoria d'impatto;
- L'identificazione dei risultati dell'LCI relativi a più di una categoria d'impatto.

Calcolo dei risultati di indicatore di categoria (caratterizzazione)

Il calcolo dei risultati prevede la conversione dei risultati dell'LCI in unità comuni per l'aggregazione dei risultati convertiti all'interno della medesima categoria d'impatto. Questa conversione utilizza i fattori di caratterizzazione con i quali possiamo avere un indicatore numerico.

I risultati della caratterizzazione sono un insieme di risultati di indicatori di categoria dell'LCIA per le diverse categorie di impatto relative al profilo progettato.

Elementi opzionali per la valutazione dell'LCA

Gli elementi opzionali nell'analisi LCA sono:

- Normalizzazione (Normalization)
- Raggruppamento (Grouping)
- Ponderazione (Weighting)
- Analisi di qualità (Sensitivity Analysis)

Normalizzazione

Lo scopo della normalizzazione è quello di comprendere meglio la grandezza relativa per ogni risultato di indicatore del sistema prodotto allo studio.

La normalizzazione può essere utile per verificare incoerenze nello studio, per fornire e comunicare informazioni circa l'importanza relativa dei valori ottenuti, per consentire il grouping e la pesatura.

L'indicatore viene diviso per un valore di riferimento (fattore di normalizzazione). Esempi di fattori di normalizzazione:

- Le emissioni totali da una data area (mondo, nazione, regione, etc.)
- Il consumo totale di risorse pro capite in una data area
- Gli impatti di uno scenario di riferimento (e.g. un prodotto alternativo)

$$I_{i,norm} = \frac{I_i}{I_{i,Rif}}$$

I_i	indice di impatto per la categoria i
$I_{i,Rif}$	indice di impatto per la categoria i del riferimento di normalizzazione
$I_{i,norm}$	indice di impatto per la categoria i normalizzato

Raggruppamento

Il raggruppamento, elemento opzionale, è l'assegnazione delle categorie d'impatto in una o più serie come predefinito nella definizione dell'obiettivo e del campo di. Si possono applicare due diverse procedure possibili, ovvero:

- Raggruppare le categorie di impatto in base alla scala di impatto (locale, regionale, nazionale, globale, etc.) o in base alla tipologia (emissioni, uso di risorse, etc.);
- Ordinare le categorie di impatto in base ad una gerarchia di assegnata (alta priorità, media priorità, etc.).

Le organizzazioni possono avere preferenze diverse e in questi studi può capitare si raggiungano risultati di classificazione diversi basandosi sugli stessi risultati di indicatori o sui risultati di indicatori normalizzati.

Ponderazione

La ponderazione o pesatura (weighting) è un processo attraverso il quale si convertono i risultati degli indicatori di differenti categorie usando dei coefficienti basati su scelte dei valori.

La pesatura può includere l'aggregazione (aggregation), ovvero la combinazione degli indicatori ad ottenere un solo indice.

La procedura di ponderazione può avere i seguenti aspetti:

- Convertire i risultati degli indicatori o i risultati normalizzati con i fattori di ponderazione selezionati;
- Aggregare questi risultati di indicatori convertiti o i risultati normalizzati di più categorie di impatto.

$$I_{\text{aggregato}} = \sum_i W_i I_{i,\text{norm}}$$

$I_{i,\text{norm}}$	indice di impatto per la categoria i normalizzato
$I_{\text{aggregato}}$	indice di impatto aggregato
W_i	fattore di peso per la categoria di impatto i

Analisi aggiuntive di qualità dei dati dell'LCIA

Possono essere necessarie tecniche e informazioni aggiuntive per meglio comprendere la significatività, l'incertezza e la sensibilità dei risultati dell'LCIA, nell'ordine:

- per contribuire a distinguere se siano presenti o meno differenze significative per identificare i risultati dell'LCI trascurabili;
- per guidare il processo iterativo dell'LCIA.

La necessità e la scelta delle tecniche dipende dall'accuratezza e dal dettaglio necessari per soddisfare l'obiettivo e il campo di applicazione dell'LCA.

L'analisi di gravità (per esempio analisi di Pareto) è una procedura statistica che identifica i dati aventi il maggiore contributo per il risultato dell'indicatore. Questi elementi possono essere oggetto di indagine con crescente priorità per garantire che siano prese solide decisioni.

L'analisi dell'incertezza è una procedura per determinare in che modo le incertezze nei dati e nelle ipotesi progrediscono nei calcoli e come incidono sull'affidabilità dei risultati dell'LCIA.

L'analisi della sensibilità è una procedura per determinare in che modo le modifiche delle scelte metodologiche e dei dati incidono sui risultati dell'LCIA.

In conformità alla natura iterativa dell'LCA, il risultato di questa analisi di qualità dei dati dell'LCIA può portare alla revisione della fase dell'LCI.

Le LCIA destinate ad essere usate per effettuare asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico devono utilizzare una serie sufficientemente completa di indicatori di categoria.

Gli indicatori di categoria destinati ad essere usati per effettuare asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico devono come minimo essere:

- scientificamente e tecnicamente validi cioè utilizzando un distinto meccanismo ambientale identificabile e sull'osservazione empirica riproducibile;
- rilevanti dal punto di vista ambientale, ovvero hanno collegamenti sufficientemente chiari alle finalità della categoria, comprese, senza limitazioni, le caratteristiche spaziali e temporali.

Gli indicatori di categoria destinati ad essere usati per effettuare asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico dovrebbero essere accettati a livello internazionale.

La ponderazione, non deve essere utilizzata negli studi di LCA per effettuare asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico.

L'analisi dei risultati per la sensibilità e l'incertezza deve essere eseguita per gli studi destinati ad essere usati per asserzioni comparative

4.5.4 Sistemi di indicatori

Esistono diversi metodi di valutazione a livello internazionale, che riassumono le operazioni descritte precedentemente, per la valutazione degli impatti ambientali. Andiamo adesso ad analizzare molti metodi di selezione degli impatti soffermandoci in modo più specifico su quegli indicatori che sono stati utilizzati nel caso di studi.

4.5.4.1 Eco-indicator 99

Eco-indicator 99 è un sistema di indicatori sviluppato al fine di semplificare l'interpretazione e la pesatura dei risultati. Esso è presente in tre versioni: ugualitaria

(prospettiva di medio termine), individualista (prospettiva di breve termine), gerarchica (prospettiva di lungo termine).

E' un sistema di indicatori endpoint e sono considerate 3 categorie di danno:

- **Salute umana** (“*human health*”);
- **Qualità dell’ecosistema** (“*ecosystem quality*”);
- **Risorse** (“*Resources*”).

L’obiettivo finale del metodo è produrre un unico indice di performance ambientale, il “**Single-point eco-indicator score**”.

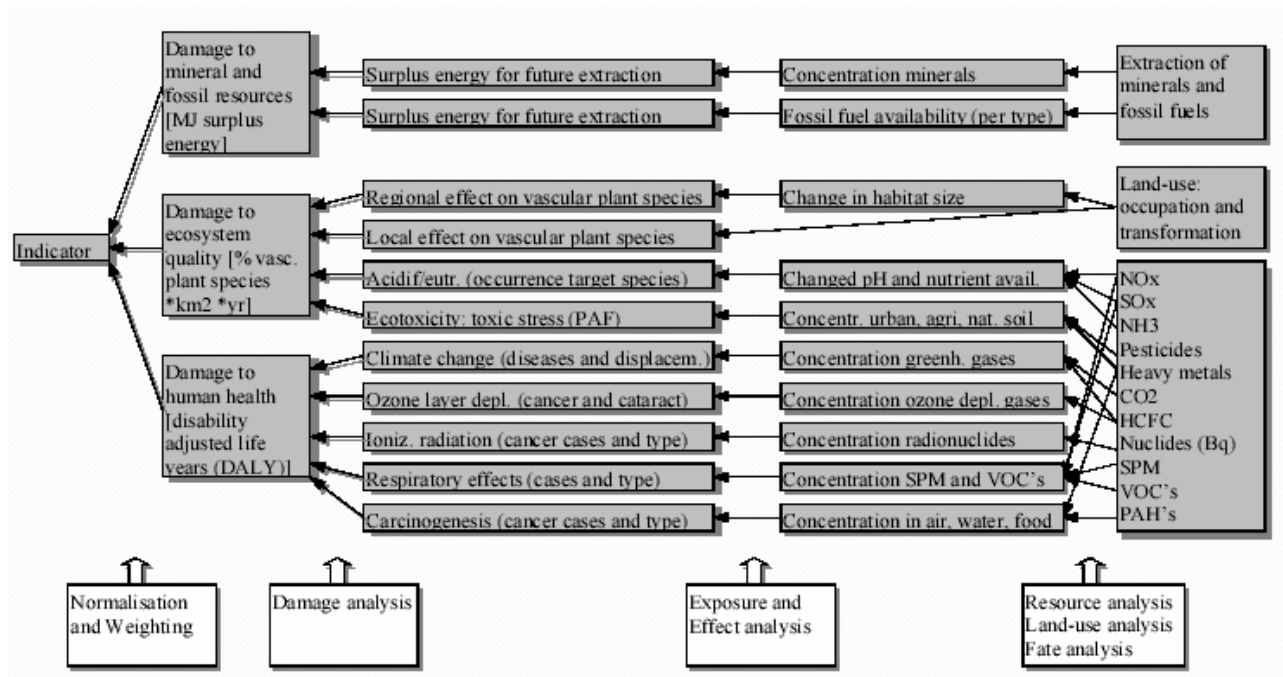


Figura 29: Schema di analisi Eco Indicator 99

Il metodo prende in ipotesi che le emissioni abbiano luogo in Europa. La valutazione degli impatti può tenere in considerazione le prospettive culturali gerarchica, individualista ed egualitaria, sia per la caratterizzazione sia per la pesatura. Le sotto-categorie di impatto sul clima e sull’ozono hanno un riferimento globale; le altre sotto-categorie hanno un riferimento a livello europeo.

L’orizzonte temporale è breve (circa 100 anni) per la prospettiva individualista, considerato “infinito” per le altre due. Per la normalizzazione si fa riferimento alla situazione Europea.

I fattori di normalizzazione, sono riferiti alla situazione europea, sono definiti per le tre categorie di danno in funzione della prospettiva culturale.

“Human Health”

La salute di un individuo, può essere danneggiata in due modi:

- a) riducendo la durata della sua vita (morte prematura);
- b) causando la temporanea o permanente riduzione delle funzioni (disabilità).

I fattori che vanno a determinare l’impatto sulla salute umana sono:

- malattie infettive, cardiovascolari, respiratorie o migrazione forzata a causa dei mutamenti climatici;
- cancro causato da radiazioni ionizzanti;
- cancro e danni alla vista causati da assottigliamento dello strato di ozono stratosferico;
- malattie respiratorie e cancro da sostanze tossiche presenti in aria, acqua potabile e cibo.

Altre vie non sono considerate dal modello (distruttori endocrini, forme allergiche, rumore, etc.)

L’effetto è espresso in DALYs (Disability Adjusted Life Years) unità di misura che viene usata per aggregare i diversi tipi di danni alla salute umana.

Alla base del DALY c’è una scala di pesi per le varie disabilità (0 per salute e 1 per morte). Queste vengono moltiplicate per gli anni per cui si è affetti dalla disabilità e si ottiene il valore in DALY.

Per esempio se prendiamo la categoria dello smog foto-chimico causa problemi respiratori (peso 0.392) e richiede in media un trattamento ospedaliero di 3.65 giorni (0.01 anni); pertanto 0.004 DALYs.

“Ecosystem Quality”

Gli ecosistemi sono molto complessi ed è difficile quantificare i possibili danni. Eco-indicator ‘99 utilizza la “diversità delle specie” (*species diversity*) come indicatore della qualità dell’ecosistema. Il danno è espresso come percentuale di specie a rischio o scomparse da una data area in un dato tempo.

Si considerano 3 sotto categorie di impatto:

- *Ecotoxicity*

Il metodo utilizzato definisce la “Potentially Affected Fraction” (PAF) di specie sulla base dei dati di tossicità per organismi terrestri ed acquatici (microorganismi, piante, vermi, alghe, anfibi, molluschi, crostacei e pesci). Il PAF esprime la percentuale di

specie che sono esposte a una concentrazione superiore al NOEC (No Observed Effect Concentration).

- *Acidification and eutrophication*

I meccanismi di danno per acidificazione ed eutrofizzazione considerano gli effetti sulle piante, che portano alla scomparsa in un set di specie di riferimento (“Potentially Disappeared Fraction, PDF”).

L’analisi è basata su un complesso modello per gli effetti ambientali dalla deposizione dall’atmosfera delle sostanze di interesse, con riferimento alla situazione olandese. Sono per ora trascurate le emissioni eutroficanti in acqua.

- *Land use*

Per l’uso del terreno, la modellazione considera la “Potentially Disappeared Fraction, PDF” delle speci presenti a seguito del cambio di uso del terreno.

Il metodo riconosce che le tre sotto-categorie dell’Ecosystem Quality non sono omogenee. Tuttavia si ricorre a una combinazione diretta.

Da considerazioni sulla relazione tra le quantità emesse e i danni finali, l’unità di misura usata per Ecosystem Quality è: $PDF * m^2 * y$.

“*Resources*”

Nel metodo si considerano solo risorse minerali e combustibili fossili (sono escluse risorse agricole, biotiche, etc.). Si valuta la struttura qualitativa delle risorse, rappresentata dalla loro facilità di estrazione dalla crosta terrestre in relazione alla concentrazione. L’idea è che le forze di mercato spingono ad usare per prime risorse più facili da estrarre. Quindi l’estrazione di ogni kg di materiale va, in teoria, a ridurre la concentrazione disponibile e ad aumentare l’energia richiesta per l’estrazione. Il danno valutato è l’energia ulteriore (“surplus energy”) richiesta, rispetto alla situazione corrente, per estrarre il minerale in una situazione futura di riferimento. Un concetto simile si applica ai combustibili fossili, per cui vengono considerate le possibili sostituzioni di fonte di estrazione (e.g. olio convenzionale scisti bituminosi). L’unità di misura è: MJ/kg.

4.5.4.2 CML 2002

È una evoluzione del metodo CML 2001 ed il, CML 2002, è il risultato di un progetto finalizzato ad ottenere i “best practice” indicatori midpoint. Il metodo esplicita, quanto più possibile, criteri basati su basi scientifiche. La documentazione relativa alla metodologia è

disponibile agli indirizzi. Il modello utilizza assunzioni e principi simili per la caratterizzazione di tutti gli impatti.

Esempio:

L'orizzonte temporale di riferimento per quasi tutti gli impatti è l'infinito. Solo per il GWP si usano 100 anni, in quanto i fattori per tempi più lunghi sono affetti da significative incertezze. Per le materie prime metalliche è consigliata una analisi di sensitività. Per ciascun indicatore sono forniti fattori di normalizzazione distinti, ma calcolati a partire dalla medesima base di dati. La pesatura è uno step opzionale, per il quale non è proposto nessun metodo o dato.

Categorie di base:

- Depletion of abiotic resources
- Impacts of land use
- Climate change
- Stratospheric ozone depletion
- Human toxicity
- Ecotoxicity
 - freshwater aquatic ecotoxicity
 - marine aquatic ecotoxicity
 - terrestrial ecotoxicity
- Photo-oxidant formation
- Acidification
- Eutrophication

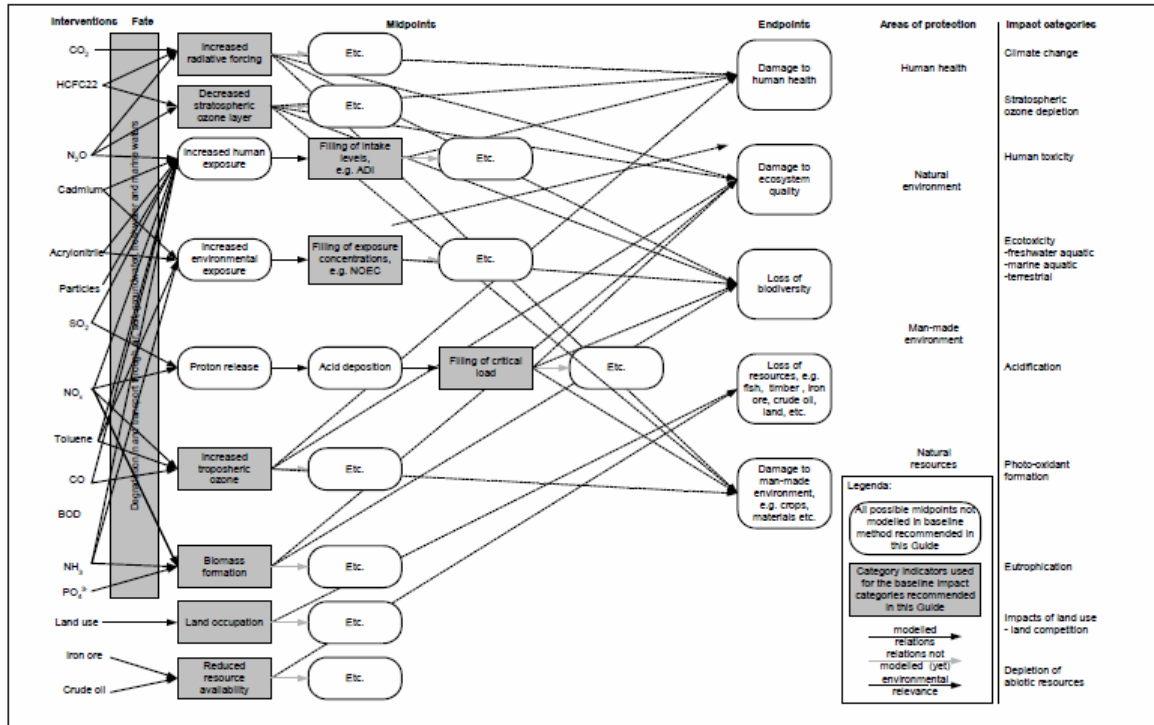


Figura 27: Schema di analisi CML 2002

Depletion of abiotic resources

Le “Risorse abiotiche” sono risorse naturali (inclusa l’energia) che vengono considerate “non-viventi” come i minerali di ferro e il petrolio greggio.

$$ADP_i = \frac{DR_i}{(R_i)^2} \cdot \frac{(R_{antimony})^2}{DR_{antimony}} = \text{kg Sb eq.}$$

- R_i(kg) è la riserva della risorsa(i)
- DR_i(kg·yr⁻¹) è la de-accumulazione della risorsa (i)
- R_{antimony} (kg) è la riserva di antimonio, la risorsa di riferimento
- DR_{antimony} (kg·yr⁻¹) è la de-accumulazione della risorsa di riferimento

Impact of land use: Land competition

La categoria “impatto dell’uso del terreno” copre le conseguenze dell’occupazione e uso del territorio da parte dell’uomo. Essa, in generale, comprende sia l’uso di terreno come risorsa (occupazione dello spazio) sia gli impatti sulla biodiversità, capacità di sostenere la vita, etc.

La versione base di CML 2002 valuta l’uso come risorsa in termini di “Land Competition”

Increase of land competition = a × t × 1

a = area utilizzata t = tempo di occupazione

1 = Fattore di caratterizzazione (per tutti gli usi)

L’unità di misura dell’indicatore è m²·yr.

Climate change

Il mutamento del clima (climate change) è definito in questo contesto come l'impatto delle emissioni umane sul "radiative forcing" (assorbimento di calore radiante) dell'atmosfera. Ciò determina il riscaldamento della terra e la mutazione climatica. Questo indice ci dà la capacità di un gas a effetto serra di influenzare i cambiamenti della temperatura media globale dell'aria a livello del suolo e alle successive variazioni di diversi parametri climatici e dei loro effetti (espresso in unità di CO₂-equivalenti e in uno specifico arco temporale: 50-20-100 anni).

$$climate\ change = \sum_i GWP_{a,i} \times m_i$$

L'indicatore è espresso in kg CO₂ equivalenti, e raccoglie il prodotto del GWP (Global Warming Potential) della sostanza per la sua massa.

Stratospheric ozone depletion

La distruzione dell'ozono stratosferico (Stratospheric ozone depletion) si riferisce all'assottigliamento dello strato di ozono stratosferico come risultato delle emissioni antropiche. Ciò consente a una frazione maggiore di radiazione UV-B solare di raggiungere la superficie terrestre, con effetti potenzialmente dannosi sulla salute dell'uomo, degli animali e degli ecosistemi. Questa degradazione dell'ozono stratosferico è dovuta alle emissioni di sostanze lesive dell'ozono, quali gas contenenti cloro e bromo di lunga durata (per esempio CFC, HCFC, halon).

$$ozone\ depletion = \sum_i ODP_{o,j} \times m_i$$

Si calcola attraverso il prodotto tra la massa della sostanza per il suo coefficiente di ODP (Ozone Depletion Potential). Tale valore è espresso in kg CFC-11 equivalenti.

Human toxicity

La categoria di impatto tossicità umana si riferisce agli effetti sulla salute umana delle sostanze presenti nell'ambiente. Il suo indicatore viene calcolato tramite la moltiplicazione della quantità di sostanza per il fattore HTP (Human Toxicity Potential) relativo. HTP si divide in diversi compartimenti (Air, fresh water, seawater, agricultural oil).

$$human\ toxicity = \sum_i \sum_{ecom} HTP_{ecom,j} \times m_{ecom,i}$$

Ecotoxicity

La categoria eco tossicità copre gli impatti derivanti dalle sostanze che sono tossiche per gli ecosistemi acquatici terrestri e dei sedimenti.

$$\text{fresh water aquatic ecotoxicity} = \sum_i \sum_{ecom} \text{FAETP}_{ecom,i} \times m_{ecom,i}$$

$$\text{marine aquatic ecotoxicity} = \sum_i \sum_{ecom} \text{MAETP}_{ecom,i} \times m_{ecom,i}$$

$$\text{fresh water sediment ecotoxicity} = \sum_i \sum_{ecom} \text{FSETP}_{ecom,i} \times m_{ecom,i}$$

$$\text{marine sediment ecotoxicity} = \sum_i \sum_{ecom} \text{MSETP}_{ecom,i} \times m_{ecom,i}$$

$$\text{terrestrial ecotoxicity} = \sum_i \sum_{ecom} \text{TETP}_{ecom,i} \times m_{ecom,i}$$

FAETP = Fresh water Aquatic Eco Toxicity Potential
 MAETP = Marine Water Aquatic Eco Toxicity Potential
 MSETP = Marine Sediment Eco Toxicity Potential
 TETP = Terrestrial Eco Toxicity Potential

4.5.4.3 EPS 2000

Tale sistema è uno strumento da impiegare per il processo di sviluppo di un prodotto.

I principi e le regole su cui si basa sono:

1. Il principio top-down (in sistemi complessi possono sorgere conflittualità tra i differenti principi e requisiti e così il sistema EPS presenta una gerarchia esplicita tra le proprie norme e i propri principi per eludere queste situazioni; in particolare questa gerarchia è basata sul principio top-down col quale si associa la priorità maggiore in considerazione dell'utilità che assume il sistema).
2. L'uso di indici (gli indici mirano di fatto a realizzare l'aggregazione e la ponderazione degli impatti).
3. Principio di default (è richiesto un metodo operativo di default).
4. Principio di incertezza (deve essere stimata l'incertezza dei dati in input).
5. Scelta di dati di default e di modelli di calcolo.

Le categorie d'impatto valutate sono le seguenti:

- Salute umana
- Capacità di produzione dell'ecosistema
- Riserva di risorse abiotiche
- Mantenimento della biodiversità
- Mantenimento dei valori culturali

4.5.4.4 EPD

Tale metodo è primariamente impiegato per la preparazione di dichiarazioni ambientali di prodotto (EPD) e segue le raccomandazioni della Swedish Environmental Management Council (SEMC). Nello standard EPD si è soliti riferire gli effetti delle seguenti categorie di impatto:

- Composti ad elevati potenziali di riscaldamento
- Gas ad effetto serra
- Gas nocivi allo strato di ozono
- Composti acidificanti
- Gas che comportano creazione di ozono fotochimico
- Composti eutrofizzanti

Ad eccezione del primo punto, tutte le altre categorie di impatto sono prese direttamente dal metodo CML 2 (2000).

4.5.4.5 TRACI

La TRACI (Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts) è una metodologia di valutazione statunitense sviluppata dall'US EPA a livello di midpoint che comprende 12 categorie di impatto. L'aggiornamento di tale metodologia si chiama TRACI 2 e nasce dall'aggiornamento con i dati del database ecoinvent 2.0.

Categorie d'impatto:

- Ozone depletion
- Global warming
- Acidification
- Eutrophication
- Photochemical oxidation (smog)
- Ecotoxicity
- Human health: criteria air pollutants
- Human health: carcinogenics
- Human health: non-carcinogenics
- Fossil fuel depletion(not implemented in SimaPro)
- Land use (not implemented in SimaPro)

- Water use (not implemented in SimaPro)

Acidification

Nel nostro caso di studi è stato utilizzato questo indicatore per controllare il livello di impatto delle sostanze acidificanti sull'ambiente. Le emissioni di NO_x, NH₃ e SO_x comportano il rilascio di ioni idrogeno quando i gas sono mineralizzati. I protoni favoriscono l'acidificazione dei suoli e delle acque, se rilasciati in superfici dove la capacità tampone è bassa, con conseguente deterioramento delle foreste e acidificazione dei laghi.

L'unità di misura usata è: molc H⁺ eq

impact category	normalized value air	normalized value water	total normalized value	normalized unit
acidification	$2.08 \times 10^{+12}$	NA	$2.08 \times 10^{+12}$	H ⁺ equiv/yr
ecotoxicity	$2.03 \times 10^{+10}$	$2.58 \times 10^{+08}$	$2.06 \times 10^{+10}$	2,4-D equiv/yr
eutrophication	$1.44 \times 10^{+09}$	$3.58 \times 10^{+09}$	$5.02 \times 10^{+09}$	N equiv/yr
global warming	$6.85 \times 10^{+12}$	NA	$6.85 \times 10^{+12}$	CO ₂ equiv/yr
human health cancer	$7.03 \times 10^{+07}$	$1.76 \times 10^{+06}$	$7.21 \times 10^{+07}$	benzene equiv/yr
human health noncancer	$3.69 \times 10^{+11}$	$4.24 \times 10^{+10}$	$4.11 \times 10^{+11}$	toluene equiv/yr
human health criteria	$2.13 \times 10^{+10}$	NA	$2.13 \times 10^{+10}$	PM2.5 equiv/yr
ozone depletion	$8.69 \times 10^{+07}$	NA	$8.69 \times 10^{+07}$	CFC-11 equiv/yr
photochemical smog	$3.38 \times 10^{+10}$	NA	$3.38 \times 10^{+10}$	NO _x equiv/yr
fossil fuel depletion	NA	NA	$1.14 \times 10^{+07}$	surplus mega-Joules of energy/yr

Figura 30: Indicatori Modello Traci

Eutrophication

Il fattore di caratterizzazione che tiene conto dei nutrienti (principalmente azoto e fosforo) di scarichi fognari e terreni agricoli fertilizzati accelerano la crescita di alghe e altra vegetazione negli ambienti marini contribuendo così alla eutrofizzazione marina e soprattutto che hanno una determinata concentrazione di fosforo. La sua unità di misura è definita come N eq.

4.5.4.6 IMPACT 2002+

Implementato dallo Swiss Federal Institute of Technology di Losanna, il metodo di valutazione ambientale denominato Impact 2002+ offre una soluzione intermedia tra gli approcci dalle precedenti metodologie midpoint-oriented (basate sulle categorie di impatto, come CML) e damage-oriented (orientate alla valutazione per categorie di danno, come EPS ed Eco-Indicator99), connettendo i risultati desunti dagli inventari LCI a 14 “midpoint categories” a loro volta riconducibili a 4 “damage categories”.

Per quel che concerne i fattori di caratterizzazione, il modello IMPACT 2002+ è essenzialmente una versione combinata dei modelli IMPACT 2002, Eco-Indicator 1999, CML 2000 e IPCC. Include le fasi di caratterizzazione, valutazione del danno, normalizzazione e valutazione finale.

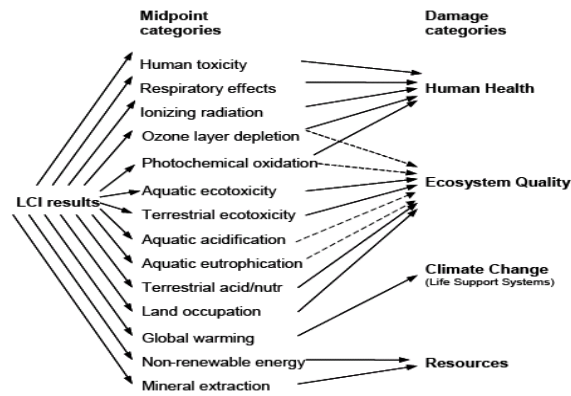


Figura 31: Schema di analisi IMPACT 2002+

Le categorie di danno utilizzate da Impact 2002+ sono:

- Human Health (DALY);
- Ecosystem Quality (PDF*m2*yr);
- Climate Change (kgCO₂);
- Resource (Mj).

I fattori di caratterizzazione per le diverse categorie di impatto sono basati su un principio di equivalenza, cioè i punteggi assegnati alle diverse sostanze sono espressi in kg-equivalenti di una sostanza di riferimento.

La categoria midpoint Human Toxicity costituisce uno dei principali aspetti di novità introdotti da Impact 2002+, che lo differenzia dalle metodologie elaborate in precedenza: attraverso un nuovo modello di calcolo, Human toxicity risponde all'esigenza di stimare il rischio tossicologico cumulativo e i potenziali impatti associati ad una determinata quantità di sostanza liberata nell'ambiente. Tale legame viene esplicitato ricorrendo ad un codice di calcolo denominato IMPACT 2002 (Impact Assessment of Chemical Toxics, da non confondere col nome della metodologia di analisi LCA che ne fa uso, cioè Impact 2002+), che è in grado di modellizzare rischio e potenziale impatto di migliaia di sostanze chimiche, calcolando i fattori a livello dell'Europa Occidentale con differenziazioni spaziali per 50 bacini idrografici e celle d'aria europee.

Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche

Vengono prese in considerazione tutte le sostanze volatili in atmosfera che rientrano nella categoria del particolato (PM) e gli effetti avversi sulla salute umana causati dalle emissioni sia dal particolato che dai suoi precursori (NO_x , SO_x , NH_3).

Unità di misura = kg PM2.5 eq

4.5.4.7 RECIPE

Il modello ReCiPe è il successore dell'Ecoindicator 99 e del CML usato nella maggior parte per integrare l'approccio orientato al danno del primo con l'approccio orientato al problema del secondo. L'approccio dell'Ecoindicator consente di esprimere i risultati in tre categorie di impatti rendendo più facile l'elaborazione delle conclusioni ma aumentando l'incertezza dei risultati mentre con l'approccio CML sono definite le categorie di impatto a livello medio per cui l'incertezza è bassa ma la formulazione delle conclusioni è più complessa a causa delle numerose categorie di impatto.

ReCiPe mette insieme le due strategie di analisi sia midpoint che endpoint.

A livello midpoint sono stabilite 18 categorie d'impatto (Ozone depletion, Human toxicity, Ionizing radiation, photochemical oxidant formation, Particulate matter formation, Climate change, Terrestrial ecotoxicity, Agricultural land occupation, Urban land occupation, Natural land transformation, Marine ecotoxicity, Marine eutrophication, Fresh water eutrophication, Fresh water ecotoxicity, Fossil fuel depletion, Minerals depletion, Fresh water depletion).

A livello endpoint sono definite 3 categorie di danno (salute umana, qualità dell'ecosistema, risorse).

Categorie d'impatto:

- Ozone depletion
- Human toxicity
- Ionizing radiation
- photochemical oxidant formation
- Particulate matter formation
- Climate change
- Terrestrial ecotoxicity
- Agricultural land occupation

- Urban land occupation
- Natural land transformation
- Marine ecotoxicity
- Marine eutrophication
- Fresh water eutrophication
- Fresh water ecotoxicity
- Fossil fuel depletion
- Minerals depletion
- Fresh water depletion

Analizziamo solo alcune delle categorie che ci sono servite per il nostro caso di studio.

Ionizing radiation

Il fattore di caratterizzazione tiene conto degli effetti negativi sulla salute umana causati da emissioni radioattive. Rapporta le emissioni rispetto al livello di esposizione delle materie che contribuiscono alle radiazioni ionizzanti. L'unità è kg Uranio 235 eq.

Photochemical oxidant formation

Il fattore di caratterizzazione che tiene conto delle sostanze per la formazione di ozono al livello del suolo della troposfera causata da ossidazione fotochimica di composti organici volatili (VOC) e monossido di carbonio (CO) in presenza di ossidi di azoto (NO_x) e luce solare. Alte concentrazioni di ozono troposferico a livello del suolo sono dannose per la vegetazione, le vie respiratorie dell'uomo e i materiali artificiali attraverso la reazione con materiali organici. La sua unità di misura è definita come kg NMVOC.

Marine eutrophication

Il fattore di caratterizzazione che tiene conto dei nutrienti (principalmente azoto e fosforo) di scarichi fognari e terreni agricoli fertilizzati accelerano la crescita di alghe e altra vegetazione negli ambienti marini contribuendo così alla eutrofizzazione marina e soprattutto che hanno una determinata concentrazione di fosforo. La sua unità di misura è definita come kg N eq.

Fresh water eutrophication

Il fattore di caratterizzazione che tiene conto delle sostanze che contribuiscono alla eutrofizzazione marina e soprattutto che hanno una determinata concentrazione di azoto e fosforo. La sua unità di misura è definita come kg P eq.

Fresh water depletion

Il fattore di caratterizzazione che tiene conto del consumo di acqua e la scarsità legata al fattore locale; e viene calcolato in m³ o kg water eq.

Natural land transformation

Il fattore di caratterizzazione che tiene conto della trasformazione del territorio e il consumo delle sostanze che contribuiscono modifica del suolo prevalentemente composto da carbonio. La sua unità di misura è definita come kg P eq in altre categorie è calcolato anche come kg (deficit).

4.5.4.8 USEtox

Il modello ambientale USEtox é stato sviluppato nel 2005 da una task force di ricercatori provenienti da tutto il mondo. Il modello focalizza l'attenzione sull'eco tossicità per gli esseri umani. La task force ha individuato le differenze di calcolo dei metodi e modelli esistenti ed è riuscita ad eguagliare i modelli già esistenti (IMPACT 2002+, EDIP, EcoSense, CalTOX, USES-LCA) in un unico modello ambientale scientificamente rilevante e soprattutto approvato e condiviso a livello internazionale.

Gli obiettivi di questo modello era rendere più semplice il calcolo, complesso per quanto necessario sulla rilevazione degli impatti, e trasparente.

Il modello USEtox finora ha individuato il Fattore di Caratterizzazione per 1100 sostanze, per quanto riguarda la tossicità umana, distinguendo la valutazione tra sostanze cancerogene e non cancerogene, e 2519 per quanto riguarda gli impatti eco tossicologici, con particolare attenzione alla matrice "acque dolci". Dal momento in cui una sostanza potenzialmente tossica viene emessa in ambiente, il suo percorso viene descritto da meccanismi causa-effetto all'interno dei quali la valutazione LCIA mira ad individuare la modalità di trasporto, di esposizione e infine gli effetti tossicologici.

Il modello calcola il fattore di caratterizzazione sia per le sostanze cancerogene, per le sostanze non cancerogene e per la somma delle due per le emissioni chimiche in aria, aria di campagna, acqua fresca, acqua di mare, emissioni su suolo agricolo e sul suolo naturale. L'unità di caratterizzazione per l'emissione in acqua sono PAF.m3.day/kg emissione e per la tossicità umana cases/kg di emissione entrambi rapportare all'unità CTU (comparative Toxic Unit) per analizzare ancora di più la comparazione dei fattori di caratterizzazione.

$$\begin{aligned}
 IS_{human\ tox} &= CF_{h\ benzene,\ rural\ air} \cdot M_{benzene,\ rural\ air} + CF_{h\ benzene,\ freshwater} \cdot M_{benzene,\ freshwater} \\
 &= 6.9 \cdot 10^{-8} [CTU_h / kg] \cdot 0.1[kg] + 3.9 \cdot 10^{-7} [CTU_h / kg] \cdot 0.2[kg] \\
 &= 8.4 \cdot 10^{-8} [CTU_h]
 \end{aligned}$$

Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni

Effetti negativi sulla salute degli esseri umani causati dall'assunzione di sostanze tossiche per inalazione di aria, ingestione di cibo/acqua, penetrazione cutanea, nella misura in cui si tratta di sostanze cancerogene.

CTUh = (unità tossica comparativa per gli esseri umani)

Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni

Effetti negativi sulla salute degli esseri umani causati dall'assunzione di sostanze tossiche per inalazione di aria, ingestione di cibo/acqua, penetrazione cutanea, nella misura in cui si tratta di sostanze non cancerogene non causate da particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche o da radiazioni ionizzanti.

CTUh = (unità tossica comparativa per gli esseri umani)

4.5.4.9 CED

Cumulative Energy Demand: è un metodo per il calcolo della domanda di energia cumulativa primaria dovuta alla produzione, uso e fine vita di un bene; pubblicato daecoinvent e portato avanti e incluso nei database di SimaPro. Divide i fattori di caratterizzazione in 5 sotto categorie e non è prevista la normalizzazione e la pesatura.

Categorie:

1. Non renewable, fossil;
2. Non renewable, nuclear;
3. Renewable, biomass;
4. Renewable, wind, solar, geothermal;
5. Renewable, water;

La sua unità di misura sono i mega joule (MJ).

4.5.5 Interpretazione dei risultati

La fase di interpretazione deve comprendere i seguenti elementi:

- Identificazione dei fattori significativi sulla base dei risultati dell'LCI, LCIA e LCA;
- Valutazione globale con controlli di completezza, sensibilità e coerenza;
- Conclusioni, limitazioni e raccomandazioni.

L'interpretazione deve anche considerare, in relazione all'obiettivo dello studio, gli aspetti riguardanti la definizione delle funzioni del sistema, l'unità funzionale, i confini del sistema e le limitazioni identificate mediante l'analisi di qualità dei dati.

Identificazione dei fattori significativi

I fattori significativi sono quei fattori che in maggior modo impattano nell'analisi dell'LCA come energia, rifiuti, uso delle risorse e molti altri. Sempre in riferimento alla definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione del nostro studio dobbiamo mettere in evidenza e controllare i risultati sugli elementi che in maggior modo influiscono nel nostro studio o sono di grande rilevanza ambientale.

Valutazione

Gli obiettivi della valutazione stanno nella definizione e nel miglioramento dell'affidabilità e dell'attendibilità dei risultati dello studio. Deve essere sempre coerente con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio e devono essere sempre chiari e presenti in modo da dare al committente un visione chiara e comprensibile dell'esito dello studio.

Si valutano:

- La completezza;
- La sensibilità;
- La coerenza.

La completezza cerca di garantire che tutte le informazioni e i dati pertinenti all'interpretazione siano disponibili e completi; in caso di mancanza di qualche informazione deve esserci una giustificazione registrata.

Il controllo della sensibilità fa in modo che si valuti l'attendibilità dei risultati finali e le conclusioni determinando se sono stati influenzati dalle incertezze nei dati, dai metodi di allocazione, dal calcolo dei risultati degli indicatori di categoria o da altri fattori di incertezza.

Questa valutazione deve includere i risultati dell'analisi di sensibilità e dell'analisi

d'incertezza, se eseguite nelle fasi precedenti (LCI, LCIA).

Quando un LCA è utilizzato a supporto di un'asserzione comparativa da divulgare al pubblico, l'elemento di valutazione deve includere dichiarazioni interpretative basate su analisi di sensibilità dettagliate.

Controllo di coerenza

L'obiettivo del controllo di coerenza è determinare se le ipotesi, i metodi e i dati siano coerenti con l'obiettivo, campo di applicazione, allocazioni, calcoli e valutazioni d'impatto

Conclusioni, limitazioni e raccomandazioni

L'obiettivo di questa parte dell'interpretazione del ciclo di vita consiste nel trarre le conclusioni, nell'identificare i limiti e nel fare raccomandazioni per il pubblico destinatario dell'LCA.

Una sequenza logica di questo processo è quella che segue:

- a) identificare i fattori significativi;
- b) valutare la metodologia e i risultati per i controlli di completezza, sensibilità e coerenza;
- c) trarre conclusioni preliminari e controllare che siano coerenti con i requisiti dell'obiettivo e del campo di applicazione dello studio, ad inclusione, in particolare, dei requisiti di qualità dei dati, dei limiti metodologici e dello studio nonché dei requisiti orientati alle applicazioni;

Le raccomandazioni si devono basare sulle conclusioni finali dello studio, e devono rappresentare una conseguenza logica e ragionevole delle conclusioni.

Ove appropriato in base all'obiettivo e campo di applicazione dello studio, specifiche raccomandazioni per agevolare il processo decisionale dovrebbero essere giustificate.

Capitolo 5: Strumenti Software per l'Analisi LCA

Un'analisi LCA, come abbiamo visto fin ora, richiede uno studio accurato e specifico su ogni processo e su ogni singolo impatto di tutto il ciclo di vita dei prodotti. Per aiutare questo studio negli anni sono stati sviluppati degli strumenti informatici specifici che ne hanno agevolato l'elaborazione, l'analisi e l'accuratezza. Si sono sviluppati numerosi software con caratteristiche differenti ma, aventi tutti un comune denominatore la particolarità di seguire l'utente nelle fasi principale dell'analisi:

- *Inventario*: il software cerca di fornire all'utente il maggior numero d'informazioni possibili quantitativamente e qualitativamente in modo tale che l'utente sia indirizzato alla stesura dell'inventario e che sia più oggettivo possibile;
- *Analisi degli impatti*: ogni software propone il suo modello di calcolo e di elaborazione dei dati attraverso svariati metodi, l'utente può anche comparare le diverse metodologie;
- *Interpretazione*: qui i software aiutano l'utente con l'ausilio di grafica, analisi di sensibilità e statistiche di risultati.

5.1 Software sul mercato

Il mercato di questi software si sta evolvendo repentinamente proprio per l'importanza che questa analisi sta avendo a livello internazionale.

I principale software che sono stati sviluppati sono:

- **Boustead Consulting** (www.boustead-consulting.co.uk): sviluppato nel regno unito e molto utile per la modellazione dei processi;
- **SimaPro** - PRé Consultants (www.pre.nl): sviluppato in olanda e molto utile e interattivo nella creazione o modifica dei processi;
- **GaBi** - PE Product Engineering (www.gabi-software.com) sviluppato in Germania presso l'Università di Stuttgart utilizzato da TATA steel e Volkswagen nelle ricerche e sviluppo dei prodotti;
- **KCL-ECO 3.0** - KCL LCA software (www.kcl.fi/eco) sviluppato in Finlandia;
- **EDIP** (Environmental design of industrial products) e **EPA** (Environmental Protection Agency) (<http://www.mst.dk/activi/08030000.htm>) sviluppato in Danimarca;

- **TEAM(TM)** (Tools for Environmental Analysis and Management)-Ecobalance, Inc. (www.ecobalance.com): esegue la parte di inventario e calcolo degli impatti ambientali con un agevole approccio al sistema grazie alla modellazione del sistema mediante un diagramma di flusso.

5.2 SimaPro 7.3

Nello studio preso in analisi, abbiamo utilizzato SIMAPRO 7.3 sviluppato dalla olandese Pré Products Ecology Consultants, largamente impiegato nella pratica industriale ed internazionale, riconosciuto da esperti di settore. È il software più diffuso al mondo e ben 80 Paesi utilizzano questa tipologia di programma.

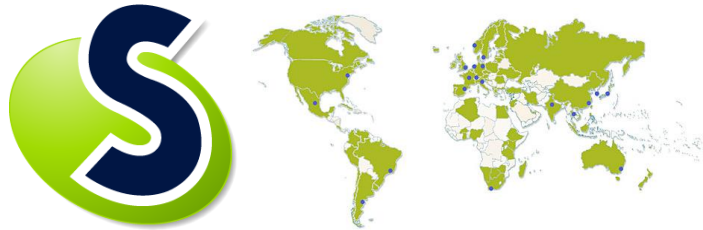


Figura 32: il logo del software SimaPro e la sua diffusione nel mondo

È uno strumento affidabile e, grazie ad una spiccata potenzialità interattiva, permette di creare, modificare, ed adattare specifici processi a quelli già esistenti nel database. Inoltre consente l'analisi interattiva dei risultati, con database di grandi dimensioni in grado di esaminare la maggior parte dei processi industriali. Il software permette di valutare, monitorare e analizzare le prestazioni ambientali di prodotti e servizi analizzando in modo ordinato e chiaro anche cicli di vita complessi e seguendo le linee guida della norma ISO 14040 e 14044.

5.2.1 Caratteristiche

Caratteristiche e novità rispetto alle versioni precedenti:

- Il software è dotato di un'interfaccia intuitiva e segue le indicazioni delle norme ISO dividendo lo studio nelle 4 parti fondamentali allo studio LCA;
- Possibilità di modellare i vari parametri, ossia eseguire le analisi di sensibilità, analisi di incertezza, definire le relazioni non lineari in modo tale da comparare diversi scenari;
- Risultati disponibili in dati o tabella e compatibilità piena con Excel o ASP;

- Progettazione del modello più facilitata, con l'introduzione della funzione Wizard la quale aiuta la creazione del modello;
- Possibilità di avere anche banche dati nazionali;
- Valutazione degli impatti a qualsiasi momento del modello;
- Analisi dei risultati con la possibilità di risalire immediatamente alla fonte del dato;
- Visualizzazione grafica ad albero del progetto di studio per migliorare la facilità di lettura e individuare i punti deboli del sistema;
- Possibilità di analisi di scenari di smaltimenti e riciclo complesso.

5.2.2 Interfaccia Utente

Il software presenta un'interfaccia grafica semplice, la finestra che ci accoglie è quella di Explorer, che è possibile segmentare in 3 parti: la parte di gestione dell'LCA, la parte dei processi e la parte della descrizione di tali processi. La parte di sinistra ci segue nello sviluppo dell'LCA e propone la classica suddivisione dello studio in:

- **Goal and Scope:** dove possiamo andare a descrivere il nostro studio e i nostri processi aggiungendo inoltre tutta la parte degli obiettivi e limitazioni dell'analisi.
- **Inventory:** dove andremo a impostare, modificare e valutare tutte le componenti del nostro studio;
- **Impact assessment:** dove il programma ci fornisce l'elaborazione dei dati con i relativi impatti;
- **Interpretation:** dove noi potremmo andare a gestire i criteri per l'interpretazione dello studio.

Nella parte centrale della finestra possiamo trovare tutto l'elenco dei processi e materiali che comprendono quasi la totalità delle materie che è possibile trovare in natura. Le categorie principali sono 7 e sono così suddivise: processi, Energia, Trasporti, Utilizzo, Elaborazioni, Scenario di rifiuto, e Trattamento del Rifiuto. Con queste categorie, e le innumerevoli sottocategorie, siamo in grado con le dovute accortezze di schematizzare qualsiasi processo di analisi.

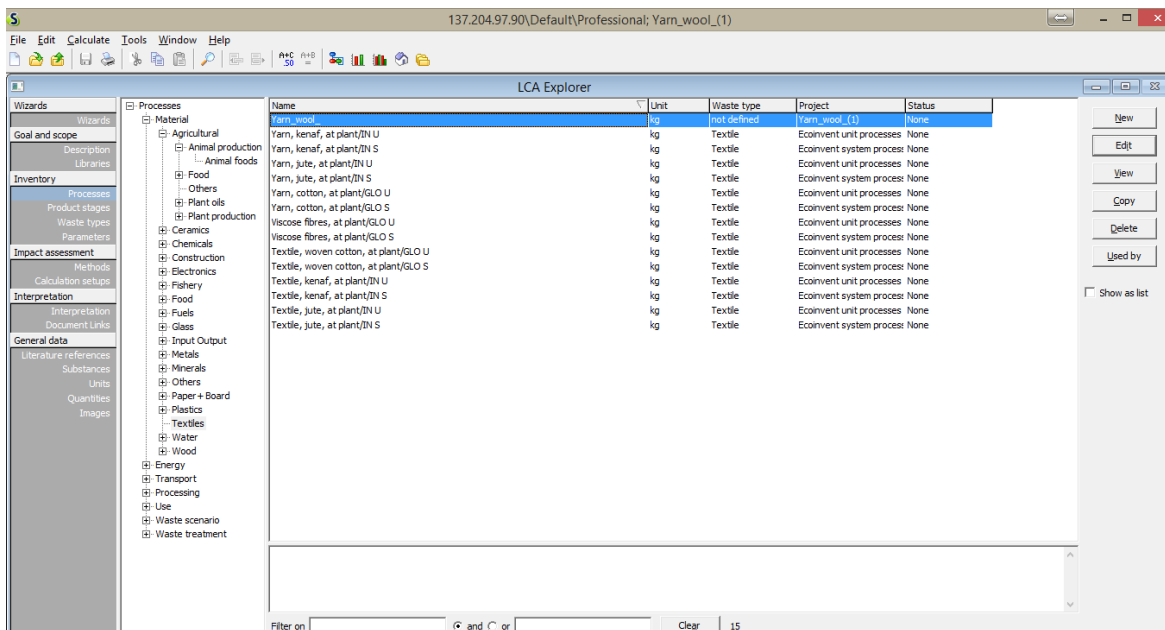


Figura 33: Finestra di dialogo del Programma SimaPro

Il programma ci consente di selezionare un processo e impostare i valori d’inventario necessari allo studio, in occorrenza, data la sua flessibilità, ci consente di creare un processo aggiunto che parte dalle impostazioni di un processo già esistente o da un nuovo processo completamente vuoto.

Esempio di rappresentazione di un processo in Simapro

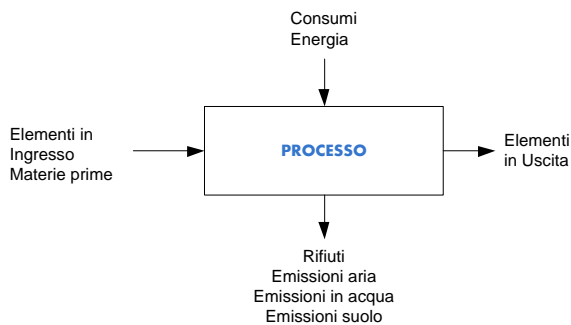


Figura 34: Esempio di un processo

Products							
Elementi del Processo							
Known outputs to technosphere, Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Preparazione_Lana	1	kg	Mass	100 %	Others(Pr...Lana_Meccanica)		
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere, Avoided products							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)							
Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RER U	0,821	kgkm	Undefined				
Steel, low-alloyed, at plant/RER U	13,510	g	Undefined				
Tap water, at user/RER U	0,1153	kg	Undefined				
Polyethylene low density granulate (PE-LD), production mix, at plant RER	8,385	g	Undefined				
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
Electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,04522	kWh	Undefined				
Blow moulding/RER U	8,385	g	Undefined				
Section bar rolling, steel/RER U	13,510	g	Undefined				
(Insert line here)							
Outputs							
Emissions to air							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Emissions to water							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Emissions to soil							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Final waste flows							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Non material emissions							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Social issues							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Economic issues							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere, Waste and emissions to treatment							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min			
Recycling PE/RER U	3,9972	g	Undefined				
Recycling steel and iron/RER U	2,6135	g	Undefined				
Recycling paper/RER U	1,4605	g	Undefined				
Waste water - untreated, slightly organic and anorganic contaminated EU-27 S	0,1153	kg	Undefined				

Figura 35: Composizione di un processo in Simapro

La figura 34 evidenzia un chiaro esempio di processo impostato su Simapro. Come è possibile osservare, abbiamo la possibilità di modificare e impostare gli elementi che compongono la nostra realtà di studio a nostro piacere, richiamando i dati delle sostanze e consumi dagli inventari a disposizione. I processi, scelti da database o creati dall'utente, sono collegabili tra di loro, in cui uno può essere l'input dell'altro e viceversa. Il programma gestisce ed è in grado di gestire le allocazioni tra prodotti e eventuali coprodotti o prodotti di recupero.

I dati di inventario

I dati di inventario elaborati dal programma SimaPro sono contenuti in database contenenti migliaia di processi e materiali.

Ecoinvent v2

Ecoinvent è un database contenente i dati principali delle attività in Svizzera e nell'Europa occidentale, per quanto concerne argomenti di energia, trasporti, materiali da costruzione, prodotti chimici, prodotti per lavaggio, carta e cartone, agricoltura e trattamento degli inquinanti. Tutti i processi sono corredati da un'ampia documentazione, con la descrizione

dei dati collegata (nome, unità di misura, derivazione del dato, categoria e sottocategoria di appartenenza) e informazioni riguardanti l'incertezza del dato.

US Input Output database

Questo database trae origine negli Stati Uniti ed i suoi dati sono relativi a elementi industriali e commerciali dei settori economici statunitensi. I dati ambientali sono elaborati con le fonti più aggiornate degli stati americani e uno degli ultimi aggiornamenti ha riguardato il miglioramento dei dati relativi alle emissioni dei GHG, alle emissioni nel suolo e all'utilizzo di quest'ultimo.

Danish Input Output database

Questo è un database basato su dati danesi degli anni novanta, ammodernato e modificato ai fini degli studi per l'LCA.

Dutch Input Output database

La creazione di questo database fu stanziata dal governo olandese con il desiderio di tracciare gli impatti della propria politica sui carichi ambientali connessi al consumo privato a livello nazionale. Furono presi in considerazione 105 settori industriali olandesi e anche altri settori di altri Paesi sempre appartenenti della "Organizzazione per la Cooperazione Economica e dello sviluppo" rendendo così i dati utilizzabili anche al di fuori dei Paesi Bassi.

LCA Food Database

Questo un database che contiene dati ambientali riguardanti processi collegati con le catene di produzione di prodotti alimentari. I dati provengono dalla Danimarca.

Industry data v.2.0

Contiene dati riguardanti dati forniti dalle associazioni del settore industriale valutando i prodotti dalla nascita alla dismissione.

ETH-ESU

La banca dati ETH-ESU riporta dati dell'inventario rappresentativi della situazione della Svizzera e alcuni di questi dati vengono usati per mediare e approssimare i dati europei. La specializzazione di questa banca dati riguarda l'ambito energetico, della produzione dei

vettori energetici, produzione energia elettrica, trasmissione dell'energia, produzione di materiali, trasporto e trattamento degli inquinanti.

Le caratteristiche di tali dati possono essere distinte in tre categorie:

- Dati primari: provenienti da rilevazioni dirette;
- Dati secondari: ricavati da banche dati;
- Dati terziari: provenienti da stime e valori medi.

Valutazione dell'impatto

Il programma, una volta inseriti i dati dall'inventario del nostro processo, invita a scegliere il metodo della valutazione dell'impatto ambientale che abbiamo deciso di analizzare, elencando i data base disponibili. Se non viene scelto, il metodo il programma calcola la parte dell'inventario di emissioni sostanza per sostanza; nel caso invece venisse scelto un criterio di valutazione dell'impatto, le sostanze verranno raggruppate con la metodologia richiesta ed il programma ci fornirà i risultati sotto forma di tabelle, grafici o disegni ad albero.

Interpretazione dei risultati

SimaPro offre inoltre la possibilità di analizzare il processo intero o suddividere la valutazione degli impatti per categorie d'impatto, e per sotto-processi. In questo modo siamo in grado di fornire un'interpretazione dei dati in maniera molto più semplice rapido. Il programma oltre a consentire la valutazione degli impatti del processo è in grado di comparare due processi diversi al fine di realizzare un confronto degli impatti ambientali; questo esame facilita il grado di analisi e studi, al fine di comprendere meglio se un processo sia più o meno inquinante. Va ricordato inoltre come negli studi comparativi questa procedura sia essenziale. Un'utile funzionalità del programma è la possibilità di estrapolare i dati in un foglio Excel dando così la possibilità all'utente di una gestione personalizzata e quindi aiutandolo nell'interpretazione dei risultati.

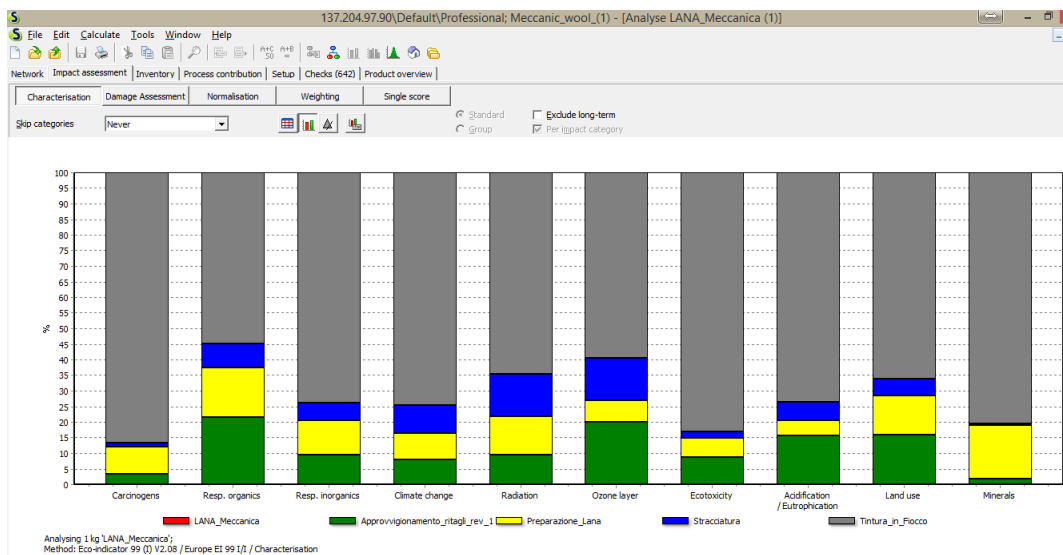


Figura 36: Esempio di valutazione e interpretazione degli impatti

Capitolo 6: Requisiti e struttura del caso di studio

6.1 Descrizione del caso studio

Il caso di studio in esame ha riguardato l'analisi degli impatti ambientali della produzione di lana riciclata e filati in una azienda del distretto tessile pratese. Lo studio rientrava nel progetto Cardato Recycled sviluppato dalla camera di commercio di Prato con l'obiettivo di differenziare i prodotti del distretto tessile e fornire una base accurata per l'analisi degli impatti e l'efficienza dei più comuni processi del territorio.

6.1.1 Descrizione dell'azienda

Il soggetto che ha partecipato al nostro caso di studio è una azienda che da molti anni opera nel settore tessile pratese nel commercio di materiali tessili per la produzione di filati per la tessitura, maglieria, tappezzerie e tutto ciò che si può produrre con i materiali di lana riciclata. L'azienda, nata dalla grande esperienza della cernita e dell'approvvigionamento dei tessuti, ha saputo nel tempo svilupparsi e integrare tutti quei processi che prevedono il riciclo della lana, riuscendo così a trasformare, una materia usata e destinata allo smaltimento, in un elemento di materia prima per i propri processi tessili per la realizzazioni di tessuti di moda sempre più all'avanguardia. L'approvvigionamento della materia prima viene effettuato da fornitori che recuperano stracci e tessuti usati, queste materie prime vengono divise per colore e successivamente inviate alle lavorazioni esterne per la realizzazione della lana riciclata, componente principale per la realizzazione dei filati per la tessitura. Tutte le lavorazioni sono compiute internamente al distretto pratese, in linea al regolamento del Cardato Recycled, ed ogni lotto è identificabile su tutta la filiera mediante un'apposita tracciabilità della materia prima e la fibra stracciata al defilato. L'azienda voleva percorrere la strada della certificazione dei propri prodotti nell'ambito del progetto di Cardato Recycled per differenziarli sui mercati italiani ed esteri. Un altro aspetto importante per la certificazione, non da sottovalutare, era la possibilità di valutare l'efficienza dei processi sia in termini di gestione che in termini ambientali. Molto clienti, anche di alta moda, stanno percorrendo una precisa strada di mappatura dei propri fornitori sia in termini di qualità che in termini di impatti ambientali e la certificazione Cardato Recycled ha portato un primo passo verso una reale rendicontazione degli impatti ambientali nei fornitori di materie prime tessili, filati e tessuti nel distretto pratese.

6.1.2 Il processo di produzione e le lavorazioni dell'azienda

L'azienda importava la maggior parte degli stracci usati da continenti extra europei, e per le restanti quantità operava un processo di approvvigionamento prevalentemente nei confini nazionali. Successivamente, gli stracci, subiscono un processo di cernita, dove le balle ricevute dai fornitori vengono aperte e gli stracci vengono divisi per colore e per tipologia prima di essere mandati alla lavorazione successiva di stracciatura. Questa fase di elezione è molto importante perché consente di suddividere i capi con colorazioni simili e quelli che presentano già la colorazione richiesta non verranno inviati alla tintura in modo tale da aumentare l'efficienza ambientale del processo di colorazione.

Nella fase di stracciatura si trasformano i ritagli ed i tessuti usati, in fibre di lana mediante macchinari che vanno a rompere il legame di tessitura del capo. Le fibre che hanno bisogno di modificare il loro pigmento vengono poi inviate al processo di tintura. La lavorazione successiva è quella della filatura, dove le fibre vengono elaborate fino ad ottenere il filo desiderato, identificabile in peso e titolo. L'ultima lavorazione è quella di roccatura, dove il filamento viene roccato in bobine di cartone pronte per le fasi di tessitura delle aziende di tessuti.

6.2 Obiettivi e la metodologia utilizzata: la PEF

La metodologia PEF (Product Environmental Footprint), come descritto nei capitoli precedenti, è nata con l'obiettivo di sviluppare una metodologia europea armonizzata per gli studi d'impronta ambientale volta a quantificare e ridurre gli impatti ambientali dei prodotti o dei servizi.

Lo studio preso in esame prevedeva la valutazione gli impatti tramite un'analisi LCA sulla produzione di lana rigenerata in modo tale da essere conformi con la certificazione di prodotto del marchio Cardato Recycled.

L'analisi del ciclo di vita, così come previsto dalla metodologia PEF, si è articolata nelle seguenti quattro fasi:

1. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione;
2. Analisi del profilo di utilizzo delle risorse ed emissioni: inventario dei dati in ingresso e in uscita relativi alle diverse fasi del ciclo di vita del prodotto;
3. La fase di valutazione dell'impatto del ciclo di vita: i risultati dell'inventario sono

stati espressi utilizzando gli indicatori previsti dalle linee guida PEF;

4. La fase di interpretazione: i risultati sono riepilogati e discussi, in conformità con la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione, come base per conclusioni, raccomandazioni e decisioni. La discussione deve essere critica per la valutazione dei risultati.

6.2.1 Categorie d'impatto

La metodologia PEF definisce le categorie d'impatto necessarie allo studio per l'impronta ambientale; questo non impedisce la scelta di ulteriori categorie d'impatto relativamente ad aspetti ambientali connesse con lo studio preso in considerazione. Nel nostro programma di simulazione non era presente il metodo ILCD 2001 ma è stato comunque possibile ricavare le informazioni dalle altre categorie di impatto che utilizzavano gli stessi indicatori.

E' stata inoltre calcolata la categoria di impatto "CED – Cumulative Energy Demand" con il metodo CED, sviluppato da Frischknecht e Jungbluth nel 2007 ed installato nel software di calcolo.

Elenco delle categorie:

Categorie impatto	di	Metodologia utilizzata	Indicatore	Note
Cambiamenti climatici (GWP 100)		CML 2001	kg CO ₂ eq	
Riduzione dello strato di ozono		CML 2001	kg CFC-11 eq	
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili		CML 2001	kg Sb eq	
Trasformazione del terreno		RECIPE	m ²	La metodologia richiedeva l'indicatore (kg C deficit) abbiamo utilizzato l'indicatore m ² e la metodologia RECIPE che quantificava lo stesso impatto ambientale.
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni		USETOX	CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)	
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni		USETOX	CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)	
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche		IMPACT 2001	kg PM2.5 eq	

Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	RECIPE	kg U ²³⁵ eq	
Formazione di ozono fotochimico	RECIPE	kg NMVOC eq	
Eutrofizzazione – terrestre	TRACI	N eq	La metodologia richiedeva l'indicatore (mol N eq) abbiamo utilizzato l'indicatore (N eq) e la metodologia TRACI che quantificava lo stesso impatto ambientale.
Eutrofizzazione – acquatica	RECIPE	kg P eq	
Eutrofizzazione – marina	RECIPE	kg N eq	
Ecotossicità - ambiente acquatico acqua dolce	CML 2001	kg 1,4 DB	La metodologia richiedeva l'indicatore (CTUe) abbiamo utilizzato l'indicatore kg 1,4 DB e la metodologia CML2001 che quantificava lo stesso impatto ambientale.
Impoverimento delle risorse – acqua	RECIPE	m ³ water eq	
Acidificazione	TRACI 2	molc H+ eq	
CED – Cumulative Energy Demand	ced	MJ	

6.2.3 La valutazione dello studio e dei dati

Una parte importante della metodologia PEF è la valutazione in termini qualitativi dei dati raccolti per l'inventario in analisi.

Sono state prese in considerazione la rappresentazione temporale dei dati, la rappresentazione tecnologica, la rappresentazione geografica, il grado di incertezza, la completezza e la conformità e la coerenza del dato. L'analisi temporale era necessaria in quanto i dati potevano rappresentare una situazione di anni precedenti, l'analisi tecnologica per comprendere se il livello riguardante appunto la tecnologia rilevato era comparabile con il livello di tecnologia utilizzato, la coerenza tra la geografia del dato rilevato e quello utilizzato, l'incertezza che può avere il dato sulla rilevazione, la completezza in tutte le sue misurazioni, la conformità e la coerenza tra il dato rilevato e il dato che presumibilmente ci si aspetterebbe da un processo simile.

Questi parametri potevano avere un valore compreso tra 1 e 5, dove 1 significava un livello alto della qualità del dato e 5 era il livello più basso della qualità del dato. Calcolando la media di questi dati si ottiene il livello di qualità del processo identificato come valore complessivo.

$$\text{Valore complessivo} = \text{MEDIA} \left(\frac{\text{TeR} + \text{GR} + \text{TiR} + \text{C} + \text{P} + \text{M}}{6} \right)$$

Valore complessivo : indice di qualità dei dati del set di dati

TeR: rappresentatività tecnologica

GR: rappresentatività geografica

Tir: rappresentatività temporale

C: completezza

P: precisione incertezza

M: adeguatezza e coerenza metodologica

Valore complessivo	≤ 1,6	Ottima Qualità
	Da > 1,6 a 2,0	Qualità Molto Buona
	Da 2,0 - a 3,0	Buona qualità
	Da 3 ,0 - a 4,0	Qualità soddisfacente
	> 4	Scarsa qualità

Es.

Voce	Processo	Tipo di dato	Rapp. Temporale	Rapp. Tecnologica	Rapp. Geografica	Incertezza	Completezza	Conformità e coerenza	Note	Valore complessivo	Giudizio complessivo
Elettricità	App. Ritagli	Specifico, da bollette	1	1	3	2	1	1		1.5	Molto buono

I dati dei processi sono stati divisi in due tipologie:

- Dati specifici: sono dati ricavati da misurazioni effettuate direttamente sui processi;
- Dati Generici: sono i dati non basati su misurazioni o calcoli diretti dei rispettivi processi di sistema e possono derivare da pubblicazioni specializzate, documenti scientifici, statistiche pubblicate, progetti LCA differenti o altre banche dati.

Il valore complessivo viene calcolato per tutti i processi che sono presi in considerazione nello studio. Infine la qualità complessiva dello studio è stata calcolata realizzando la media di tutti i valori indicati, sia per i dati generici che per i dati specifici. Il risultato è l'indice di qualità dei dati o DQR calcolato anche come media delle medie delle singole categorie prese in considerazione.

$$DQR = MEDIA(Valori complessi)$$

DQR : indice di qualità dei dati del set di dati

Capitolo 7: LCA dei prodotti di tessitura

Lo studio ha evidenziato l'analisi degli impatti ambientali della lana riciclata e della produzione della lana vergine mediante una metodologia di life cycle assessment. Il marchio Cardato Recycled utilizza la metodologia PEF per la valutazione dell'impronta ambientale, nella quale non vi è l'obbligo per quanto concerne il processo di comparazione, tuttavia, nel nostro caso, abbiamo scelto di fornire sia i dati sull'impronta ambientale dei due processi della lana, che il confronto tra i due studi, in modo tale da valutare gli impatti ambientali dei due processi. La lana riciclata è considerata una materia che, a parità di peso e titolo, forma un tessuto avente stesse caratteristiche della lana vergine. Per quanto riguarda il processo della lana riciclata è stata effettuata una raccolta di dati nell'azienda in esame, nei processi dei relativi fornitori sia di materie prime che di lavorazioni esterne. Per l'esame della lana vergine è stato creato un processo tipo, dove sono state prodotte le lavorazioni intermedie tipiche, utilizzando come modello i processi studiati nel nostro caso studio della rigenerazione del tessuto.

7.1 LCA: La Lana Riciclata

7.1.1 Obiettivo

Obiettivo di questo studio LCA è fornire le prestazioni ambientali della lana riciclata e l'individuazione delle aree di miglioramento all'interno del ciclo di vita per poi verificare se gli impatti ambientali di questo prodotto, a parità di caratteristiche tecniche, siano inferiori rispetto al processo di realizzazione di lana vergine.

7.1.2 Campo di applicazione

Analizzando i confini del sistema possiamo osservare come siano state considerate tutte le attività di approvvigionamento della materia prima, consumo di risorse ed emissioni dell'azienda lasciando escluse dallo studio le parti di uso del prodotto e dello scenario di fine vita come evidenziato in Figura 37: confini del sistema considerato.

Questa analisi non è in contrasto con quanto riportato nelle linee guida di riferimento le quali richiedono che i confini di sistema includano almeno una attività a monte (come la produzione delle materie prime e dell'energia) e le attività di produzione (produzione della lana meccanica) mentre richiedono giustificazioni qualora venissero escluse le fasi a valle

(di uso e di fine vita) e quindi vi sia qualsiasi deviazione dal criterio predefinito dalla culla alla tomba.

Il prodotto “lana meccanica” oggetto di questo studio è intermedio del comparto tessile e delle confezioni. Dati i molteplici usi che si possono fare di questa materia e le diverse possibilità per il “fine vita” dei prodotti, si limiterà l’analisi allo studio dalla culla al cancello, escludendo le fasi di uso e di fine vita, difficili da valutare per un prodotto intermedio.

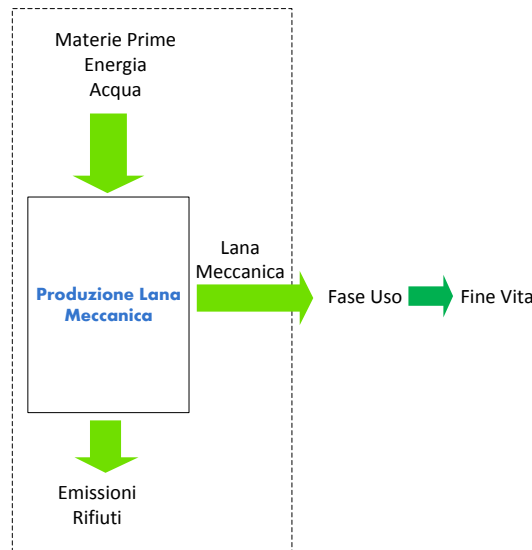


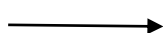
Figura 37: confini del sistema considerato

In questo studio LCA i processi di stoccaggio, tintura, stracciatura, e preparazione della lana sono considerati come processi di *foreground* per i quali è stato disponibile l’accesso diretto alle informazioni e quindi ottenere dati specifici di produzione per l’anno di riferimento dello studio. Le fasi di stracciatura e tintura vengono effettuate esternamente, mentre una eventuale cernita manuale, immagazzinamento e imballaggio vengono effettuati all’interno dello stabilimento.

7.1.2.1 Unità Funzionale e flusso di riferimento

L’unità funzionale che abbiamo scelto per lo studio è 1 kg di lana riciclata comprensivi di imballaggio e tutti i processi e i consumi saranno rapportati a questa unità.

Unità funzionale



1 kg di lana meccanica (composizione 100% Lana riciclata)

Flusso di riferimento

Flusso di Riferimento	1 kg lana meccanica compreso l'imballaggio
------------------------------	--

Composizione:

Lana meccanica	1 kg
Film fi polietilene da imballaggio	8.10 g
Filetti di ferro da imballaggio	12.71 g
Carta e cartone da imballaggio	No

7.1.2.2 Il sistema studiato

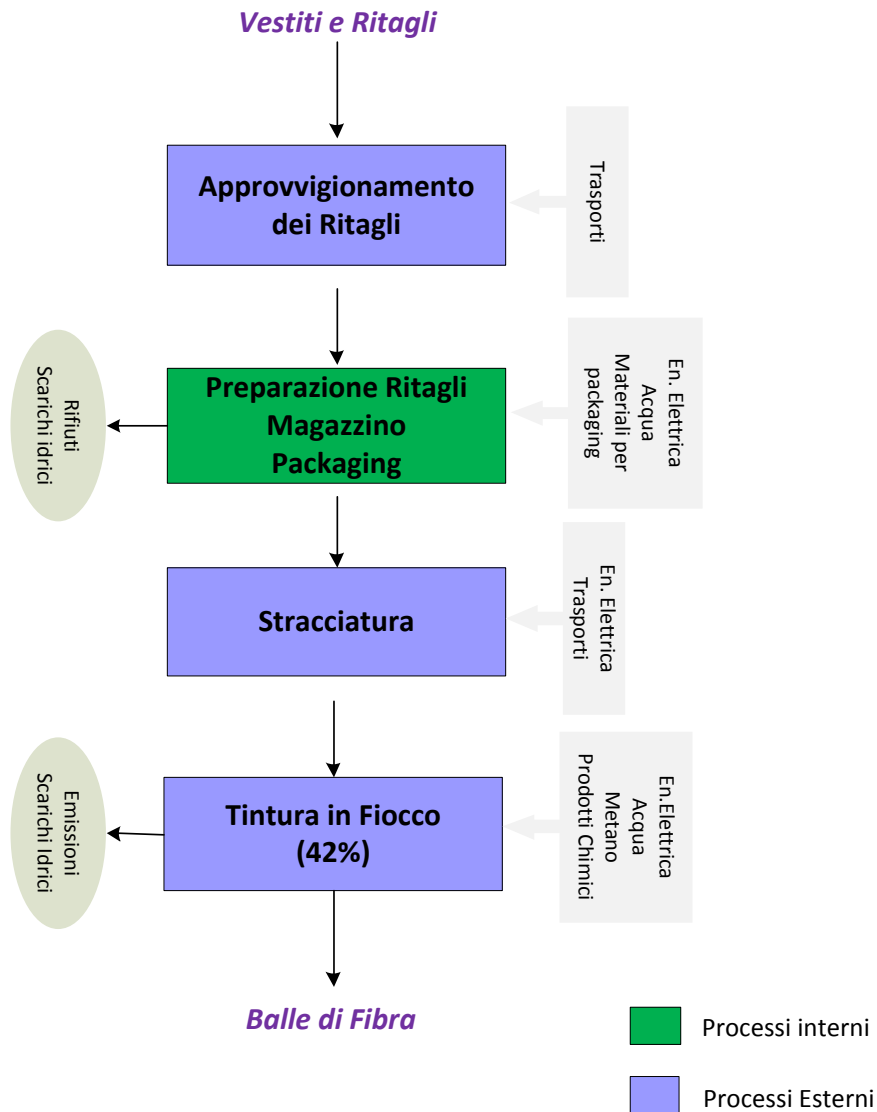


Figura 32: Schemi del flusso del processo

Nello schema qui riportato, possiamo osservare i processi dell'azienda dalla materia prima al riciclo completo della lana e le interazioni con i materiali e l'energia in ingresso.

Suddividendo il macro processo in sotto processi è possibile suddividere l'impatto complessivo permettendo così di capire quale è la fase che impatta maggiormente e individuare quindi più facilmente dove intervenire per introdurre eventuali miglioramenti.

L'analisi è stata realizzata tenendo conto delle emissioni, rifiuti e i consumi riuscendo dove possibile a ricavare i dati per l'anno di riferimento, grazie alla partecipazione nella raccolta dei dati da parte dei fornitori e delle aziende che operavano le lavorazioni esterne.

7.1.3 Analisi dei processi e calcolo dell'inventario della Lana Meccanica

Il macro processo della creazione lana meccanica è stato suddiviso in sotto processi e questi ultimi verranno analizzati in tutti i loro consumi.

7.1.3.1 Il processo dell'approvvigionamento dei ritagli

L'azienda approvvigiona i ritagli e i cascami di lana sia in Italia che da Paesi esteri che arrivano alla sede principale dell'azienda a Prato, mediante trasporti via mare e via terra.

Abbiamo raccolto i dati dei materiali e dei trasporti mediante l'analisi dei documenti di trasporto delle merci.

Il 59% dei materiali usati provengono dal Medio Oriente e vengono trasportati via mare con grandi navi cargo nei porti principali del mar Tirreno. Abbiamo così calcolato il dato da inserire nel nostro inventario andando a moltiplicare la quantità in peso trasportata per la distanza percorsa dalle merci.

Per i trasporti effettuati su strada eravamo in possesso oltre ai documenti di trasporto anche delle specifiche dei camion che trasportano la merce. Anche qui abbiamo calcolato il nostro dato da inserire nell'inventario moltiplicando il peso della merce trasportata per la distanza percorsa. Nei trasporti su strada abbiamo tenuto conto anche del viaggio di ritorno, considerando che i camion viaggiassero pieni all'andata, e al ritorno considerati al 50% pieni e al 50% vuoti.

Con questo procedimento abbiamo calcolato gli impatti dei trasporti per tutti i materiali che l'azienda acquista in tutto il corso dell'anno preso in analisi. La nostra unità funzionale di 1 kg poteva essere composta da un mix di tutte le forniture e quindi abbiamo calcolato l'incidenza di ogni fornitura di ritagli ottenuti rispetto alla quantità totale acquistata. La

somma di tutti i valori, scalati per il loro coefficiente di utilizzo, è stata divisa per il totale dei ritagli che l'azienda utilizzava in un anno trovando così l'impatto dei ritagli approvvigionati relativamente alla nostra unità di riferimento. In questo modo abbiamo sommato gli impatti, sia per quanto riguarda le emissioni del trasporto via mare che per le emissioni del trasporto via terra.

	Quantità (kg)	% sul totale	TIR distanza (Km)	NAVE distanza (Km)	kg*km Strada	kg*km (relativi)	ton*km MARE
Fornitore 1	567.849,00	36%	100	8500	85.177.350,00	31.002.542,76	1.756.811
Fornitore 2	166.085,00	11%	150	0	37.369.125,00	3.978.173,00	
.....
.....
.....
						TOT kg*Km VIA STRADA per kg di lana	TOT kg*Km VIA MARE per kg di lana

Il processo prevede, anche se in piccola parte, il consumo di materiale da imballaggio quale filetti di ferro e film di polietilene opportunamente rapportati alla nostra unità funzionale.

7.1.3.2 Preparazione Ritagli, Magazzino e Packaging

Questo processo, svolto internamente all'azienda, riguarda la fase di selezione, preparazione e imballaggio dei ritagli di lana. L'azienda ci ha fornito tutti i dati in riferimento alla produzione totale dell'annualità passata, 2013, nonché la quantità di produzione di lana meccanica in un anno. I consumi sono stati inseriti tramite consultazione delle bollette sia per quanto riguarda l'energia elettrica che per quanto riguarda il consumo di acqua da acquedotto comunale.

Le balle di ritagli arrivati dai fornitori venivano aperti e scelti dai cernitori in base al colore del materiale; in questo modo si andava a creare una categorizzazione dei materiali prevalentemente per i loro pigmenti, processo particolarmente utile al fine delle lavorazioni successive. I prodotti di scarto, in questa lavorazione, sono stati ricavati dal registro dei rifiuti relativamente a filetti di ferro, plastica e cartone. Queste tipologie di rifiuto sono inviate ad impianti di riciclaggio. In questa fase di lavorazione si registra il consumo di

materiale da imballaggio soprattutto di filetti di ferro e film di polietilene. Tutte queste quantità sono state opportunamente rapportate alla nostra unità funzionale.

Le materie per il packaging vengono acquistate da fornitori esterni e, anche in questo caso, abbiamo conteggiato l'impatto dei trasporti per i suddetti materiali andando a moltiplicare le quantità trasportate per la distanza in chilometri dal fornitore. Come per i trasporti precedenti abbiamo calcolato il ritorno del mezzo con il 50% dei viaggi di ritorno carico e il 50% dei viaggi di ritorno scarico.

Dato il consumo di acqua, in questo sotto processo, dobbiamo quindi considerare anche un processo di trattamento delle acque in uscita per la quantità di acqua consumata; questo trattamento è risultato poco inquinante visto che non sono utilizzate sostanze nocive nei processi di lavorazione.

7.1.3.3 Stracciatura

Durante questa operazione i ritagli di lana vengono stracciati mediante una macchina che va a rompere il legame di tessitura senza produzione di scarti tessili. L'azienda ci ha fornito le quantità di prodotti lavorati in un anno e i consumi di energia. Questa fase avviene presso un fornitore esterno e così sono stati calcolati gli impatti derivanti dai trasporti andando a moltiplicare la quantità di materia prima inviata in un anno per la distanza di tale fornitore. Tutto questo è stato rapportato alla nostra unità funzionale.

L'operazione di stracciatura è un'operazione che comporta il solo consumo di energia elettrica e quindi abbiamo raccolto i dati tramite la consultazione di bollette e conseguentemente, per ricavare il nostro consumo per unità funzionale, abbiamo diviso il totale dei kWh consumati in un anno per la produzione totale dell'azienda.

7.1.3.4 Tintura in fiocco

Il processo di tintura ha il compito di tingere e quindi cambiare colore alle fibre che non presentano il colore desiderato dal cliente e quindi, solo una parte di fibre di quelle stracciate, va al processo di colorazione. Questa allocazione è stata attestata al 42% ed è stata calcolata rapportando il dato riferito alla produzione della quantità di materia prima inviata all'operazione di stracciatura rispetto alla quantità di materia prima inviata all'operazione di tintura. Questo rapporto ci rappresenta il fatto che solo una parte di fibre stracciate siano dirette all'operazione di stracciatura. Tutte le rilevazioni eseguite nei processi che seguono per la rilevazione dei dati d'inventario sono state rapportate al 42%.

Il processo di tintura è un processo esterno, per questo motivo sono stati calcolati gli impatti derivanti dai trasporti andando a moltiplicare la quantità di materia prima inviata in un anno a tale lavorazione per la distanza di tale processo; tutto questo è stato rapportato infine alla nostra unità funzionale.

L'azienda ha messo a nostra disposizione i dati di produzione dell'annualità in esame, oltre alle quantità di coloranti e additivi necessari al processo di colorazione.

Per quanto riguarda i consumi di Energia elettrica e metano sono stati presi i consumi relativi ad un chilogrammo di produzione già usati in precedenza nel progetto "Cardato Regenerated CO₂ neutral" di cui l'azienda aveva fatto parte.

Il processo di tintura che abbiamo analizzato prevede un bagno di tintura di fibre di lana per la quantità di 1000 kg. In questo bagno vengono tinte 1000 kg di fibra; l'azienda ci ha fornito i consumi dei coloranti e dei relativi additivi rapportati al kg di lana colorata. Il bagno di tintura registra un consumo di acqua, un composto imbibente, che aveva il compito di pulire e ammorbidire la fibra, e l'acido acetico, importante composto per la colorazione e la trasformazione della soluzione in acida, per migliorare il processo di colorazione.

Non sono state fornite le schede tecniche dei coloranti, ma era noto il loro consumo per un chilogrammo di fibra tinta; così facendo abbiamo considerato il processo di colorazione come un processo di tintura al "mordente". La quantità di colorante quindi è stata suddivisa per le maggiori componenti di questo processo: solfato doppio di alluminio, soda e ossidi metallici. Il solfato doppio di alluminio (12.5% del colorante totale), il carbonato di potassio (12.5% del colorante totale) e un quantitativo di soda (6% del colorante totale) hanno il compito di ammorbidire ancora di più le fibre e prepararle all'arrivo del pigmento. Il pigmento considerato per il restante 69%, della rimanente parte del colorante lo abbiamo considerato come un aggregato di ossidi di ferro, rame e cromo in grado di fornire le principali colorazione delle fibre.

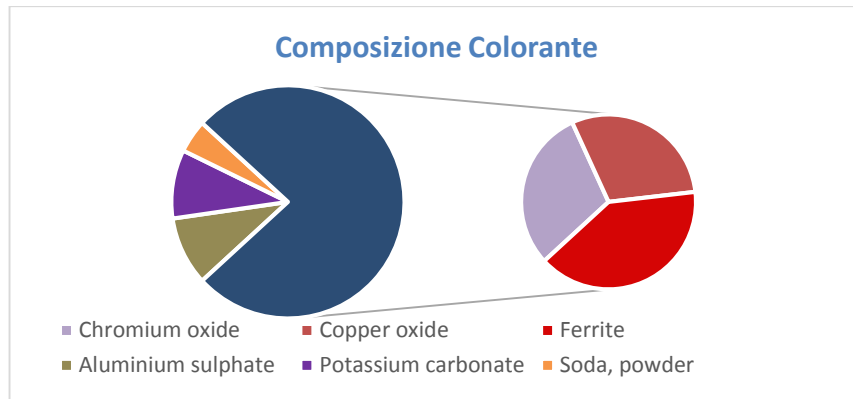


Figura 38: Composizione del colorante

L'ultimo elemento che ci rimane da analizzare in questo processo di tintura è relativo al trattamento delle acque, un processo molto importante relativamente agli impatti ambientali. Le acque inviate al trattamento sono composte da prodotti chimici per la colorazione e la preparazione delle fibre. L'azienda opera un processo di trattamento delle acque aggiungendo alla soluzione in uscita una quantità di soda per ristabilire un livello accettabile del pH delle acque; di questo quantitativo ci sono stati forniti i consumi annuali i quali sono stati suddivisi per la produzione totale dell'azienda per ricavare il consumo relativo all'unità funzionale considerata nel nostro studio. Il processo di trattamento delle acque è stato considerato come un processo di gestione delle acque con elementi inquinanti organici e inorganici in quanto non è ritenuto un processo ad alta concentrazione di inquinanti.

L'azienda ha messo a disposizione anche le analisi delle proprie emissioni in atmosfera, e grazie a queste rilevazioni, abbiamo trovato l'impatto in aria della nostra unità di riferimento. Le rilevazioni presentano i dati sulla concentrazione della materia inquinante (mg/Nm^3) e sul flusso dell'inquinante (Nm^3/h). Per trovare la quantità di emissioni in atmosfera abbiamo moltiplicato la concentrazione della materia inquinante per il relativo flusso moltiplicato ancora per 8 ore lavorative al giorno dell'azienda per 220 giorni lavorativi in un anno. In questo modo abbiamo trovato l'emissione della materia inquinante in un anno e per rapportarlo alla nostra unità di riferimento lo abbiamo diviso per il dato della produzione totale.

7.1.4 Verifica della qualità della raccolta dei dati

È stata svolta una analisi della qualità dei dati raccolti seguendo le direttive del protocollo PEF per una valutazione più oggettiva dei dati utilizzati nello studio. Sono state analizzate tutte le singole operazioni di ogni processo preso in considerazione nel caso di studio.

Dati specifici:

Voce	Processo	Tipo di dato	Rapp. Temporale	Rapp. Tecnologica	Rapp. Geografica	Incerteza	Completezza	Conformità e coerenza	Note	Valore complessivo	giudizio complessivo
Elettricità	App. Ritagli	Specifico, da bollette	1	1	1	1	1	1		1	Ottimo
Metano	App. Ritagli	Non presente									
Acqua	App. Ritagli	Specifico, da bollette	1	1	1	1	1	1		1	Ottimo
emissioni	App. Ritagli	Non presente									
rifiuti	App. Ritagli	Specifico, ddt di trasporto	1	1	1	1	1	1		1	Ottimo
Approv. materia prima	App. Ritagli	specifico, ddt di trasporto	1	1	1	1	1	1		1	Ottimo
trasporto	App. Ritagli	specifico	1	1	1	2	1	1	Si ipotizza il viaggio di andata carico e con ritorno a vuoto e 50% con ritorno a pieno	1,167	Ottimo
trasporto	Stracciatura	specifico	1	1	1	2	1	1	Si ipotizza il viaggio di andata carico e con ritorno a vuoto e 50% con ritorno a pieno	1,167	Ottimo
Bilancio materiale	Stracciatura	specifico	1	1	1	2	1	1	Il calo di peso non è misurato da nessun documento di trasporto o registrato in alcun registro	1,167	Ottimo
Consumo di materiali	Stracciatura	specifico	1	1	1	1	2	1	Potrebbero esserci dei consumi materiali che non	1,167	Ottimo

									sono stati comunicati, piccole quantità		
elettricità	Stracciatura	specifico, da bollette	1	1	1	1	1	1		1	Ottimo
rifiuti	Stracciatura	non presente	1	1	1	4	2	1	non hanno registro dei rifiuti, non sono considerati i rifiuti assimilabili agli urbani	1,667	Molto Buono
trasporto	tintura	specifico	1	1	1	2	1	1	Si ipotizza 50%e con ritorno a vuoto e 50% con ritorno a pieno	1,167	Ottimo
bilancio materiale	tintura	specifico	1	1	1	1	1	1		1	Ottimo
composizion e percentuale del materiale da tingere	tintura	specifico	1	1	1	3	1	1	La composizione % del materiale varia in maneira significativa, si ipotizza una percentuale unica	1,333	Ottimo
consumo di acqua	tintura	specifico	1	1	1	3	2	1	Indicato il consumo teorico di acqua riferito ad un carico di 1000 kg di fibra; il carico può variare in maniera significativa	1,5	Ottimo
consumi di materiali	tintura	specifico	1	1	1	2	2	1	alcuni ausiliari usati in piccole quantità possono essere stati trascurati	1,333	Ottimo
approv. dei materiali	tintura	specifico	1	1	1	3	2	1	i fornitori possono variare,i fornitori possono non coincidere con i produttori	1,5	Ottimo

elettricità	tintura	specifico, da bollette	2	1	1	3	2	1	anno 2011 (fornito anche il dato di produzione 2011 per trovare il consumo specifico)	1,667	Molto Buono
metano	tintura	specifico, da bollette	2	1	1	3	2	1	Da database ecoinvent. Tecnologia di riferimento: metà anni 90. dati di emissione estrapolati dalla Nord America	1,667	Molto Buono
emissioni	tintura	specifico	1	1	1	1	1	1	da registro delle emissioni	1	Ottimo
rifiuti	tintura	non presenti									

Dati Generici:

Voce	Fase	Tipo di dato	Rapp. Temporale	Rapp. Tecnologica	Rapp. Geografica	Incertezza	Completezza	Conformità e coerenza	Note	Valore complessivo	giudizio complessivo
Produzione e distribuzione di elettricità	tutte le fasi	Dato generico	1	1	1	2	1	1	Da database ecoinvent, per produzione italiana medio voltaggio + import	1,167	Ottimo
Produzione e distribuzione di metano	tutte le fasi	Dato generico	3	2	3	2	1	1	Da database ecoinvent. Tecnologia di riferimento: metà anni 90. dati di emissione estrapolati dalla Nord America	2	Buono
Acqua da acquedotto	tutte le fasi	Dato generico	3	2	3	2	1	1	Da database ecoinvent. Tecnologia di riferimento: Svizzera. dati di emissione estrapolati dalla svizzera per l'Europa	2	Buono
Acqua da Pozzo	tutte le fasi	Dato generico	3	2	3	3	1	1	Da database ecoinvent. Tecnologia di riferimento: Svizzera. dati di emissione estrapolati dalla svizzera per l'Europa	2,167	buono

oli di scarto	tutte le fasi	Dato generico	3	2	3	3	1	1	da ecoinvent, dati anno, riferiti alla realtà svizzera	2,167	buono
riciclo- carta e cartone	tutte le fasi	Dato generico	1	3	3	3	1	1	da ecoinvent, dati 2008 per l'europa	2	buono
riciclo-fili di acciaio	tutte le fasi	Dato generico	2	3	2	3	2	1	da ecoinvent, dati 2008 per l'europa	2,167	buono
riciclo-plastica	tutte le fasi	Dato generico	2	3	2	2	2	1	da ecoinvent, dati 2008 per l'europa	2	buono
rifiuti perisolosi	tutte le fasi	Dato generico	3	2	3	3	1	1	da ecoinvent	2,167	buono
trattamento acqua	tutte le fasi	Dato generico	2	2	3	3	1	1	da ecoinvent	2	buono
trasporto su strada	tutte le fasi	Dato generico	2	2	3	3	1	1	da ecoinvent	2	buono
trasporto via mare	tutte le fasi	Dato generico	3	2	3	3	1	1	da ecoinvent	2,167	buono
acido acetico	tintura	Dato generico	1	2	1	3	2	1	da ecoinvent,acido acetico al 40% non presente nel database, preso acido acetico concentrato e successivamente diluito	1,667	molto buono
acqua addolcita con soda per il trattamento	tutte le fasi	Dato generico	4	3	3	2	1	1	da data base ecoinvent, trattamento delle acque con consumo di soda unito all'acqua	2,333	buono
colorante-acrilico	tintura	Dato generico	2	5	2	5	5	3	non è stato trovato esattamente il composto nel database, né è stato scelto uno presumibilmente simile	3,667	soddisfacente
colorante-lana	tintura	Dato generico	2	5	2	5	5	3	non è stato trovato esattamente il composto nel database, né è stato scelto uno presumibilmente simile	3,667	soddisfacente
coni per roccare	roccatura	Dato generico	3	3	3	3	3	1	non c'è la produzione di coni per roccatura, si sono presi i dati per la produzione di cilindri in cartone	2,667	buono
filetti di ferro	tutte le fasi	Dato generico	3	3	4	3	3	1	Produzione dei filetti di ferro "approssimata"	2,833	buono
imbibente	tintura	Dato generico	4	3	3	4	2	1	il composto indicato non era presente, è stato scelto un componente rappresentativo	2,833	buono
materiale ingrassante	tutte le fasi	Dato generico	3	2	2	2	2	1	da database ecoinvent	2	Buono
PE	tutte le fasi	Dato generico	4	3	2	2	2	1	da database ecoinvent	2,333	buono
poliestere	preparazione fibra	Dato generico	3	3	2	4	3	1	Nel database non è presente il processo di produzione della fibra, è stato approssimato	2,667	buono

Applicando la formula indicata nel protocollo PEF per il calcolo del tasso di qualità complessivo dei dati specifici si ottiene:

$$DQR (dati specifici) = MEDIA \left(\frac{TeR+GR+TiR+C+P+M}{6} \right) = 1,23$$

In media i dati specifici risultano essere di ottima qualità.

Per quanto riguarda i dati generici il calcolo del tasso di qualità complessivo dei dati generici si ottiene:

$$DQR (dati generali) = MEDIA \left(\frac{TeR+GR+TiR+C+P+M}{6} \right) = 2,30$$

In media i dati generici risultano essere di buona qualità.

7.1.5 Processi utilizzati in SimaPro

Tutti i processi ed i materiali utilizzati per lo studio sono stati trovati nei data base che il programma di analisi degli impatti mette a disposizione. Dove i materiali venivano inseriti con processi relativi alla materia prima di origine, abbiamo aggiunto anche il processo di trasformazione della materia stessa per avere un quadro più completo degli impatti del materiale che utilizzavamo nei processi in azienda. Alcuni esempi sono riscontrabili nei processi per il film di polietilene, dove è stato preso il processo di creazione del polietilene, in aggiunta al processo di modellazione della plastica stessa. Stesso procedimento è stato fatto per i filetti di ferro, dove è stato considerato un processo di creazione del metallo in aggiunta ad un processo di modellazione del materiale. Per il processo di utilizzo dell'energia elettrica è stato preso il mix di energia a medio voltaggio rapportato alla situazione italiana con annessi i processi d'importazione della stessa, fino alla presa elettrica. Il processo di combustione di metano è stato considerato come un processo di combustione in macchinari industriali molto simile ai processi da noi utilizzati. Nella tabella seguente sono riepilogati i processi utilizzati nel programma di analisi.

Products
Lana Meccanica

Processo SimaPro	Utilizzo	Nota
Resources		
Water, well, in ground	Acqua di pozzo	Utilizzato per la risorsa naturale di acqua di pozzo

Materials/fuels/Process		
Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3	Trasporto via mare	Utilizzato per i trasporti (Camion EUR3)
Transport, transoceanic freight ship	Trasporto via terra	Utilizzato per i trasporti (Nave cargo)

Polyethylene low density granulate, production mix, at plant RER	Materiale da imballaggio	utilizzato per il film di polyetilene con l'aggiunta del processo ausiliario
Blow moulding/RER U	processo per il film di polietilene	Processo di modellazione del Polyetilene
Steel, low-alloyed, at plant/RER U	Materiale da imballaggio	utilizzato per i filetti di ferro con l'aggiunta del processo ausiliario
Section bar rolling, steel/RER U	processo per i filetti di ferro	Processo ausiliario di modellazione del ferro
Tap water, at user/RER U	Acqua da acquedotto	Processo per acqua di acquedotto
Soap, at plant/RER U	Prodotto per la tintura	Componente ausiliario per la tintura
Acetic acid, 98% in H ₂ O, at plant/RER U	Prodotto per la tintura	Componente ausiliario per la tintura
Soda, powder, at plant/RER U	Prodotto per la tintura	Componente per il trattamento delle acque
Aluminium sulphate, powder, at plant	Prodotto per la tintura	Componente ausiliario per la tintura
Potassium carbonate, at plant/GLO U	Prodotto per la tintura	Componente ausiliario per la tintura
Soda, powder, at plant/RER U	Prodotto per la tintura	Componente ausiliario per la tintura
Chromium oxide, flakes, at plant	Prodotto per la tintura	Componente del colorante
Copper oxide, at plant/RER U	Prodotto per la tintura	Componente del colorante
Ferrite, at plant/GLO U	Prodotto per la tintura	Componente del colorante

Energy		
Electricity, medium voltage, at grid/IT	Processo di Energia elettrica	
Natural gas, combusted in industrial equipment	Processo di Energia termica	
Recycling PE/RER U	Riciclo della plastica da imballaggio	riciclo del materia spedito a centri di recupero
Recycling steel and iron/RER U	Riciclo dei filetti di ferro da imballaggio	riciclo del materia spedito a centri di recupero
Recycling paper/RER U	Riciclo del cartone da imballaggio	riciclo del materia spedito a centri di recupero
Waste water - untreated, slightly organic and anorganic contaminated	Trattamento delle acque	

Emissions to air		
Acetic acid	Emissioni in Aria	
Formic acid	Emissioni in Aria	
Sulfuric acid	Emissioni in Aria	
Ammonia	Emissioni in Aria	
Nitrogen oxides	Emissioni in Aria	
Particulates	Emissioni in Aria	Preso processo generale di emissioni di polveri sottili
Hydrocarbons, unspecified	Emissioni in Aria	Componente delle emissioni COT
Formaldehyde	Emissioni in Aria	Componente delle emissioni COT
Benzene	Emissioni in Aria	Componente delle emissioni COT

Per l'approvvigionamento della lana riciclata, nel programma SimaPro è stato inserito anche il consumo della lana che compone i ritagli raccolti, anche se poi, nei prodotti in uscita, questa stessa quantità di lana è stata considerata come prodotto evitato. Questo procedimento, ai fini del calcolo degli impatti, non ha avuto nessun effetto ma, era

formalmente corretto prendere in considerazione tutti gli aspetti del procedimento del calcolo degli impatti.

7.1.6 Tipologie di impatti e metodi

Come abbiamo descritto in precedenza (paragrafo 6.2.1), sono stati utilizzati le tipologie d'impatto e i metodi di analisi definiti nel protocollo PEF.

7.1.7 Inventario delle emissioni: Lana Riciclata

Attività	Unità	Totale	Approvvigionamento dei Ritagli	Preparazione Lana Meccanica	Stracciatura	Tintura in fiocco (42%)
Trasporto via mare	t km	1,543	1,543	0	0	0
Trasporto via terra	kg km	135,309	123,838	0,821	7,50	3,150
Energia Elettrica	kWh	0,817	0	0,045	0,150	0,622
Metano	m ³	0,116	0	0	0	0,116
Acqua	kg	0,115	0	0,115303	0	0
Acqua da pozzo	m ³	0,002	0	0	0	0,001512
Trattamento Acqua	m ³	2,142	0	0,000115	0	2,142
Riciclo Fili Acciaio	g	2,614	0	2,614	0	0
Riciclo Plastica	g	3,997	0	3,997	0	0
Riciclo Carta e Cartone	g	1,461	0	1,461	0	0
Filetti di Ferro	g	14,128	0,6175	13,510	0	0
PE - Polietilene	g	9,002	0,6175	8,385	0	0
Colorante per Lana	g	16,800	0	0	0	16,800
Imbibente	g	0,840	0	0	0	0,840
Acido Acetico	g	2,100	0	0	0	2,100
Soda per tratt.Acqua	g	2,782	0	0	0	2,782
Emissioni in ARIA						
COT	mg	7,903	0	0	0	7,903
Polveri	mg	159,918	0	0	0	159,918
No _x	mg	1061,823	0	0	0	1061,823
Ammoniaca	mg	6,325	0	0	0	6,325
Acido Solforico	µm	930,108	0	0	0	930,108
Acido Formico	µm	744,086	0	0	0	744,086
Acido Acetico	mg	10,975	0	0	0	10,975

Tabella 5: Inventario delle emissioni della Lana Riciclata

7.1.8 Analisi degli impatti

7.1.8.1 Selezione delle categorie di impatto e dei metodi di calcolo

Quando parliamo di categoria d'impatto si definisce la classe che rappresenta i problemi ambientali di interesse, ai quali possono essere assegnati i risultati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita. Si definisce invece indicatore della categoria d'impatto la rappresentazione quantificabile di una categoria di impatto.

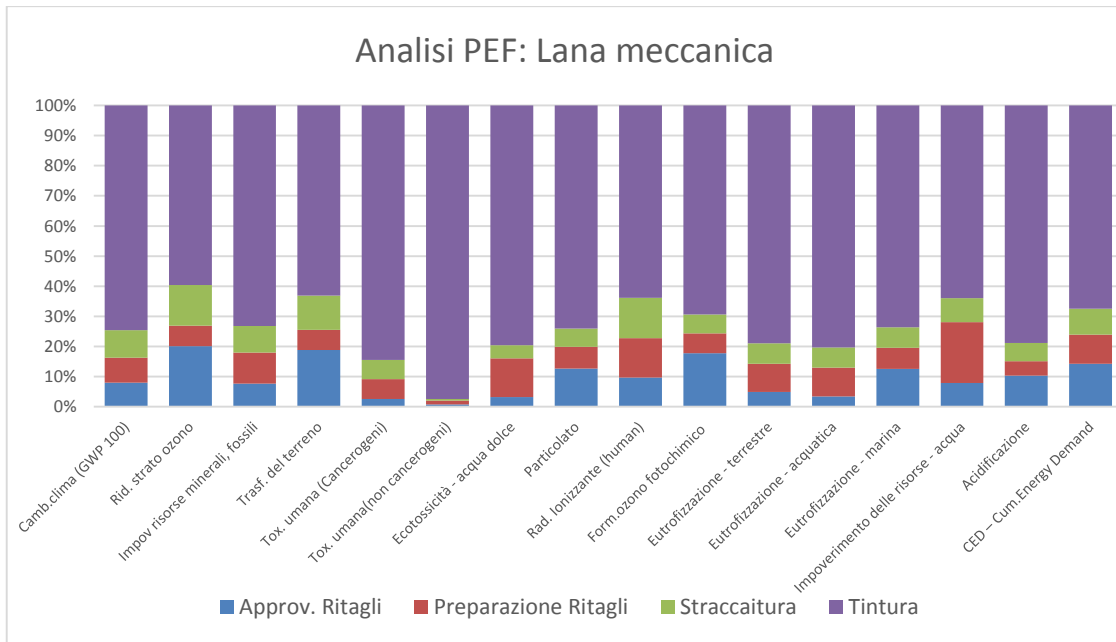


Figura 39: Grafico degli impatti secondo la metodologia PEF

Indicatori utilizzati per lo studio secondo la metodologia PEF:

Categorie di impatto	Metodologia	Indicatore	Lana Mecc TOT	Approv. Ritagli	Preparazione Ritagli	Straccatura	Tintura
Cambiamenti climatici (GWP 100)	CML 2001	kg CO ₂ eq	1,17E+00	2,54E-01	8,35E-02	9,07E-02	7,45E-01
				22%	7%	8%	64%
Riduzione dello strato di ozono (steday state)	CML 2001	kg CFC-11 eq	5,74E-08	1,36E-08	3,76E-09	7,42E-09	3,27E-08
				24%	7%	13%	57%
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	CML 2001	kg Sb eq	7,52E-03	7,18E-04	7,62E-04	6,43E-04	5,39E-03
				10%	10%	9%	72%
Trasformazione del terreno	recipe	m2	1,63E-04	3,62E-05	1,04E-05	1,78E-05	9,88E-05
				22%	6%	11%	61%
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	USEtox	CTUh	8,17E-11	6,30E-12	5,11E-12	4,98E-12	6,53E-11
				8%	6%	6%	80%
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	USEtox	CTUh	5,91E-10	2,12E-11	7,09E-12	2,85E-12	5,60E-10
				4%	1%	0%	95%
Ecotossicità - ambiente acquatico acqua dolce	CML 2001	kg 1,4 DB	3,07E-01	1,83E-02	3,84E-02	1,30E-02	2,37E-01
				6%	13%	4%	77%
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	IMPACT 2001	kg PM2.5 eq	1,25E-03	3,93E-04	6,99E-05	5,95E-05	7,27E-04
				31%	6%	5%	58%
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana	RECIPE	kg U235 eq	8,70E-02	1,15E-02	1,09E-02	1,12E-02	5,34E-02

				13%	13%	13%	61%
Formazione di ozono fotochimico	RECIPE	kg NMVOC eq	4,28E-03	9,59E-04	2,64E-04	2,55E-04	2,80E-03
				22%	6%	6%	65%
Eutrofizzazione terrestre	TRACI	N eq (mol N eq)	4,37E-03	1,86E-03	2,47E-04	1,79E-04	2,08E-03
				43%	6%	4%	48%
Eutrofizzazione acquatica	RECIPE	kg P eq	3,83E-04	7,63E-05	3,03E-05	2,15E-05	2,54E-04
				20%	8%	6%	67%
Eutrofizzazione – marina	RECIPE	kg N eq	1,38E-03	1,20E-03	1,45E-05	1,42E-05	1,53E-04
				87%	1%	1%	11%
Impoverimento delle risorse – acqua	RECIPE	m ³ (m ³ water eq)	6,16E-03	2,39E-03	8,22E-04	3,27E-04	2,61E-03
				39%	13%	5%	42%
Acidificazione	TRACI 2	molc H+ eq	3,74E-01	3,86E-02	1,81E-02	2,26E-02	2,95E-01
				10%	5%	6%	79%
CED – Cumulative Energy Demand	CED	MJ	1,78E+01	2,54E+00	1,72E+00	1,52E+00	1,20E+01
				14%	10%	9%	67%

7.1.9 Interpretazione dei risultati e calcolo degli indici

Dall'analisi dei grafici e contributi dei diversi processi alle categorie d'impatto, si deduce che la fase di produzione della lana meccanica che maggiormente contribuisce all'impatto è rappresentata dallo stadio della tintura in fiocco, nonostante sia realizzata solo con il 42% del totale delle fibre totali lavorate. Possiamo anche osservare come la seconda categoria più inquinante sia l'approvvigionamento dei ritagli che, nell'eutrofizzazione marina, supera notevolmente anche l'inquinamento del processo di tintura. Gli elementi più inquinanti dell'approvvigionamento della materia prima sono dovuti sia al trasporto via terra che via mare, causando, in quest'ultimo caso, l'apporto di sostanze nocive alle acque. Per ultime si trovano le lavorazioni di preparazione dei ritagli e stracciatura che impattano in maniera molto minore, e i loro processi di energia elettrica, acqua e materiali da imballaggio sono in concreto poco rilevanti ai fini dell'apporto dato alle categorie d'impatto.

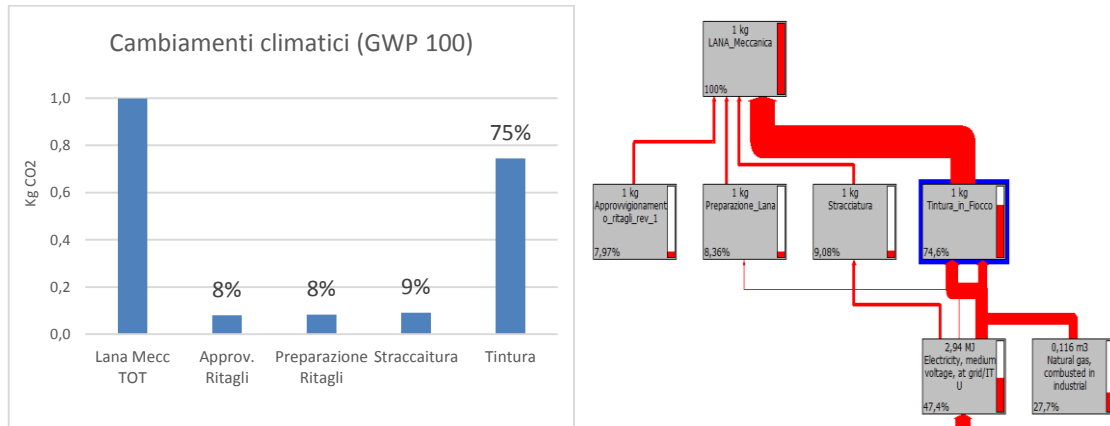
L'operazione di tintura della fibra è molto inquinante e le fasi più significative ai fini ambientali sono rappresentate dai consumi di energia e l'uso di sostanze chimiche per il processo di colorazione.

7.1.9.1 Analisi dei punti critici

Nei grafici sono indicati i 4 processi che partecipano alla lavorazione della lana meccanica: Approvvigionamento dei ritagli, preparazione dei ritagli, stracciatura e tintura.

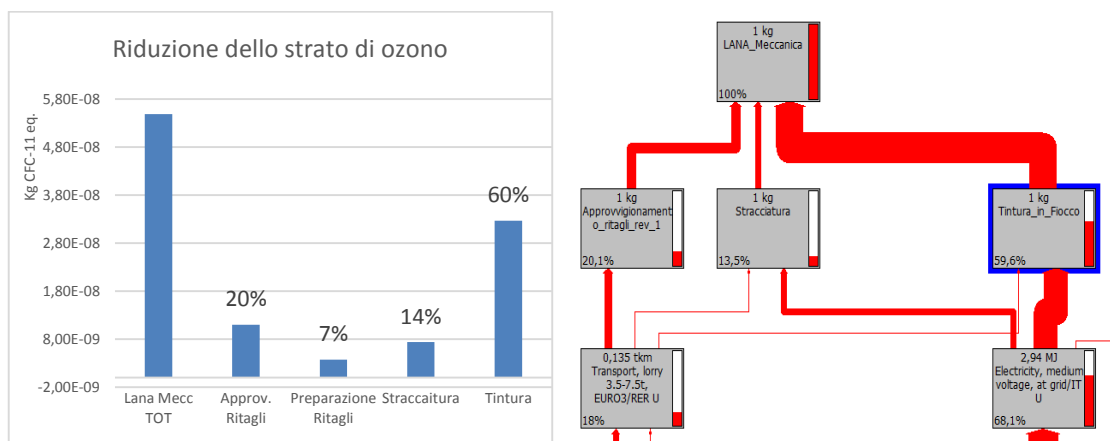
Sulla destra è riportato il diagramma ad albero che riconduce all'analisi dei processi che scaturiscono dagli impatti principali.

Cambiamento climatico



Nell'indicatore del cambiamento del clima, possiamo vedere come il 75% dell'impatto totale sia dovuto al processo di tintura delle fibre, il 9% dalla lavorazione della straccatura e infine per l'8% sia l'approvvigionamento che la preparazione dei ritagli. Dallo schema ad albero notiamo che l'elevato impatto della operazione di tintura è dato dal processo di produzione e consumo di energia elettrica, che impatta per un 42%, e dal processo di produzione e uso del gas naturale, che registra un impatto del 27%. I consumi derivanti dai trasporti delle materie prime non hanno un impatto significativo come magari potevamo aspettarci, date le grandi distanze che le merci percorrono sia durante gli approvvigionamenti che nei processi interni al distretto.

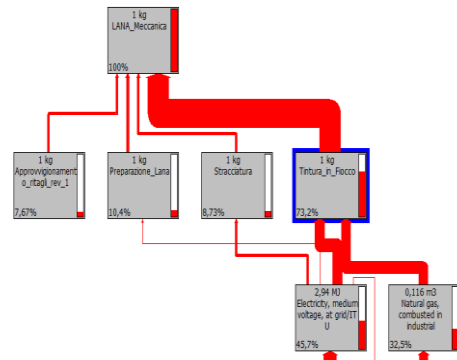
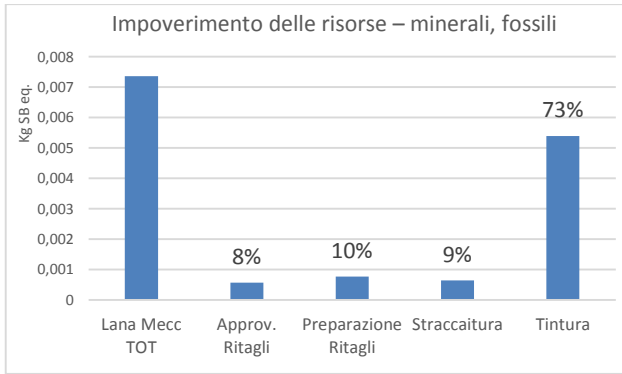
Riduzione dello strato di ozono



Analizzando l'indicatore relativo alla riduzione dello strato di ozono, possiamo notare che il 60% dell'impatto è dato dal processo di tintura, il 20% dal processo di approvvigionamento dei ritagli, il 14% dal processo di straccatura ed infine la

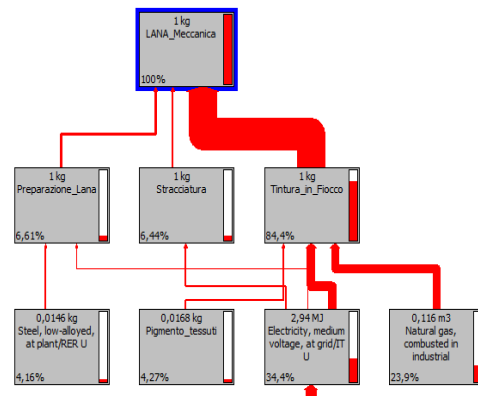
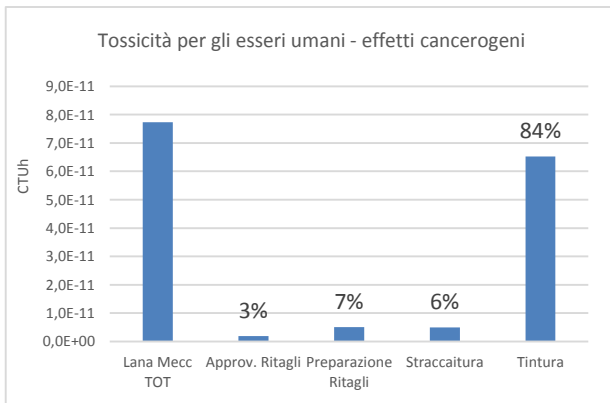
preparazione dei ritagli impatta solo per un 7%. Il notevole contributo del processo di tintura è stabilito dall’approvvigionamento e consumo di energia elettrica. Molto indicativo è inoltre il contributo del processo di approvvigionamento della materia prima, che possiede nei trasporti via terra il maggiore contributo sulla riduzione dello strato di ozono.

Impoverimento delle risorse – minerali, fossili



L’indicatore sull’impoverimento delle risorse ci mostra che il processo che colpisce maggiormente ai fini della categoria d’impatto è il processo di tintura per il 73% del totale. Questo alto valore è dato dal consumo di energia elettrica e gas metano per la tintura, ma anche e soprattutto dal processo di produzione di tali energie.

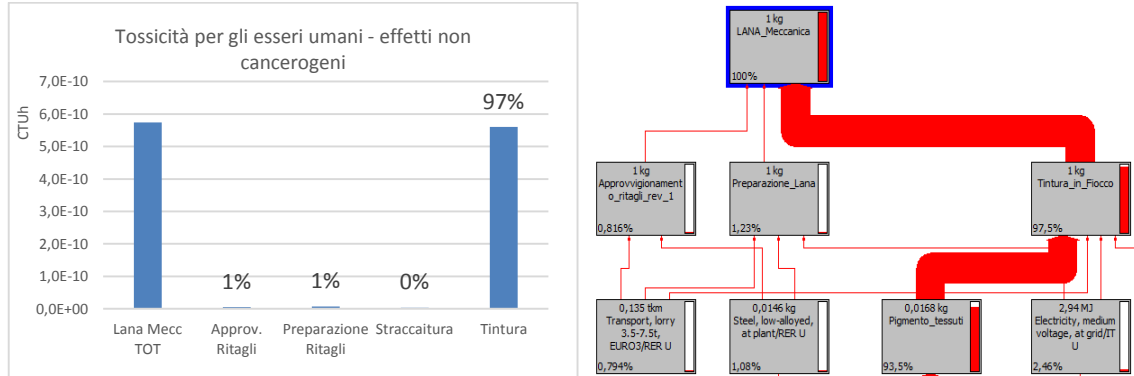
Tossicità per gli esseri umani (effetti cancerogeni)



In questa categoria sono riportati gli elementi cancerogeni nocivi all’uomo. Dai grafici possiamo osservare come il processo che impatta maggiormente per ciò che concerne questa categoria, sia il processo di tintura con l’84%, a seguire troviamo tutte le altre categorie, preparazione dei ritagli 7%, straccatura 6% e approvvigionamento dei ritagli 3%. Gli elementi di maggiore rilevanza, per il processo di tintura, sono il consumo di energia sia per quella elettrica (34,4%) che per quella termica (23,9%). Una piccola parte

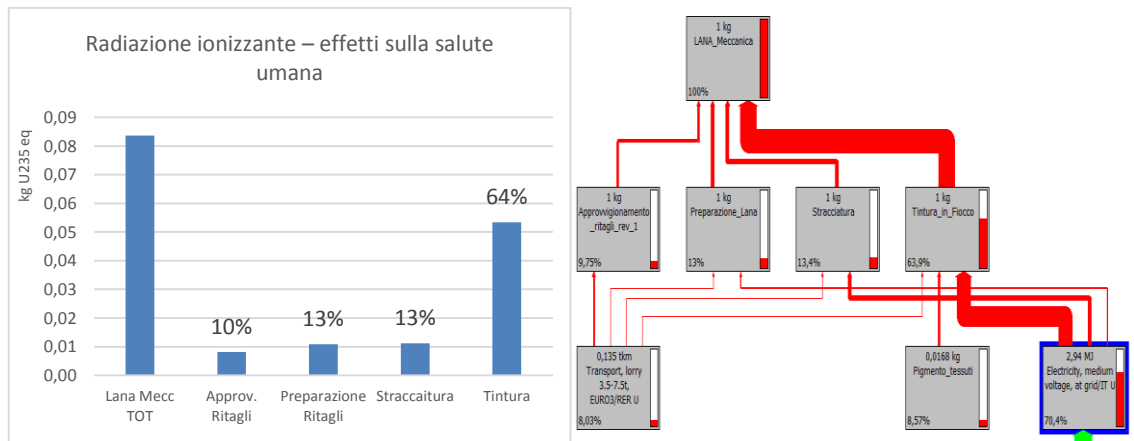
da non trascurare, pari al 4,2%, e che contribuisce all'impatto del processo di tintura è relativa al pigmento dei tessuti data la presenza di sostanze chimiche.

Tossicità per gli esseri umani (effetti cancerogeni)



Questo indicatore tiene in considerazione gli impatti ambientali nel contesto degli effetti non cancerogeni e dannosi per l'uomo. L'impatto è dato quasi totalmente (97%) dal processo di tintura e, come possiamo notare dal grafico ad albero, deriva per la maggior parte dai pigmenti utilizzati nella colorazione della lana. Piccoli contributi alla categoria d'impatto si rilevano anche sui trasporti, produzione di filetti di ferro e consumi di energia elettrica.

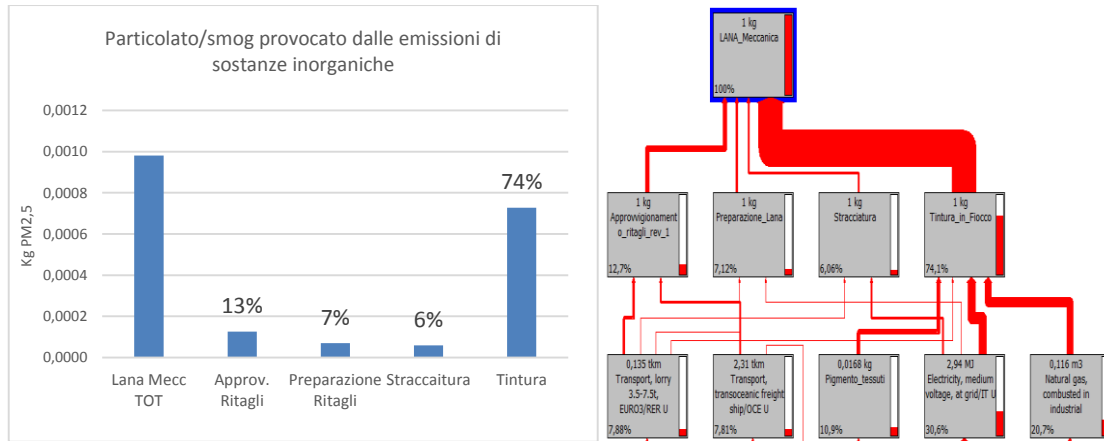
Radiazione Ionizzante



L'indicatore mostra i contributi dei nostri processi relativi alla categoria che analizza la radioattività delle sostanze. Nel nostro studio, la tintura è il processo che impatta maggiormente (64%) a seguire la straccatura e la preparazione dei ritaglia (13%) e l'approvvigionamento dei ritagli (10%). Gli impatti della tintura sono dati per la maggior parte dall'approvvigionamento e consumo di energia elettrica, ed in parte anche all'uso di pigmenti e il trasporto delle materie lavorate. Nella straccatura e nella preparazione dei

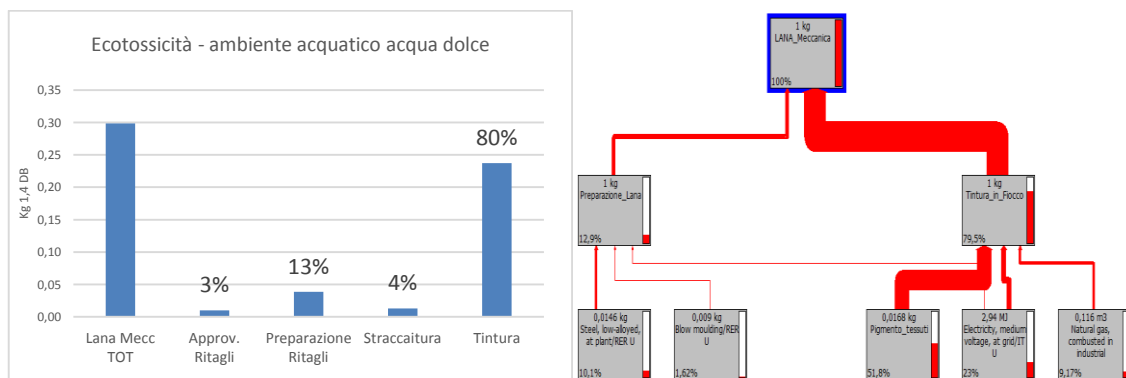
ritagli gli impatti maggiori sono dati dall'impiego di energia elettrica e dal trasporto dei materiali. Nell'approvvigionamento dei ritagli osserviamo che sono i trasporti ad influire nell'impatto di tale categoria.

Smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche



L'indicatore mostra come i vari processi contribuiscono alle emissioni in atmosfera delle sostanze inorganiche. Il processo che contribuisce di più è il processo di tintura per un 74%, a seguire l'approvvigionamento dei ritagli per il 13%, la straccatura per il 6% e la preparazione dei ritagli per il 7%. Nel processo di tintura le lavorazioni che provocano più emissioni sono i consumi di energia elettrica, di metano e i pigmenti per i tessuti. Le altre tre categorie, anche se in maniera minore, partecipano agli impatti della categoria per i processi di trasporto sia via mare che via terra. L'approvvigionamento dei ritagli ha un valore leggermente più alto, rispetto ai rimanenti 3 processi, poiché possiede una maggiore quantità di trasporti sia via mare che via terra.

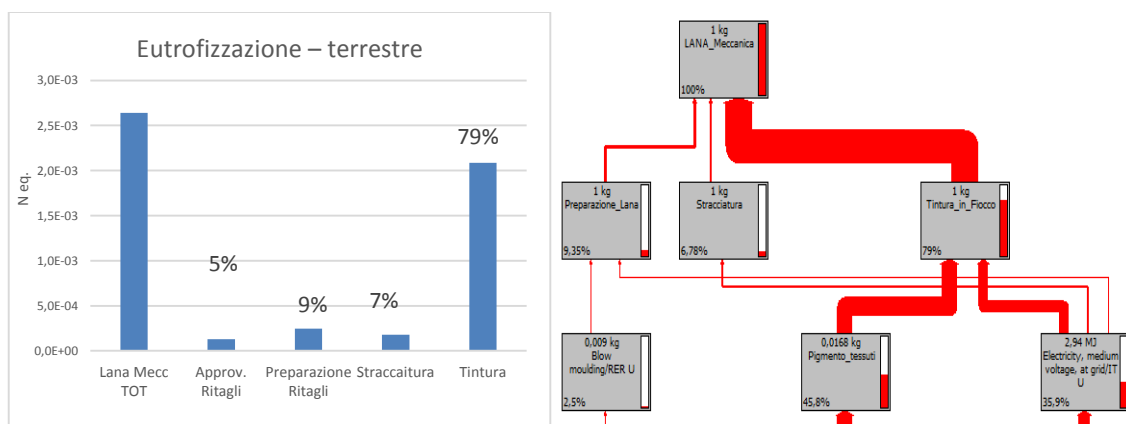
Eco tossicità ambiente acquatico acqua dolce



L'indicatore rendiconta l'eco tossicità dei singoli processi del nostro studio. Come possiamo osservare il processo che contribuisce maggiormente ai fini della categoria

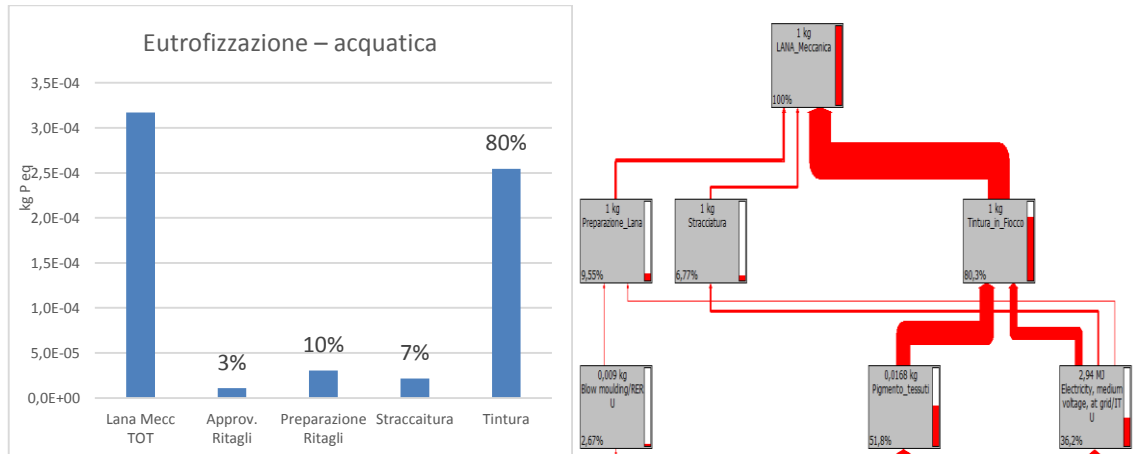
d’impatto è la tintura, con ben l’80% del totale, seguito dal processo di preparazione dei ritagli che contribuisce al 13%. Al primo posto per lavorazioni che contribuiscono all’eco tossicità nel processo di tintura troviamo i pigmento per la colorazione dei tessuti (51%), data la presenza di composti chimici, seguito dal processo di consumo e creazione dell’energia elettrica (23%) e del consumo di gas metano (9%). Nel processo di preparazione dei ritagli la lavorazione che porta un contributo maggiore d’impatto ambientale si identifica nella creazione dei filetti di ferro e la modellazione per la creazione del film di plastica utilizzati per gli imballaggi.

Eutrofizzazione Terrestre



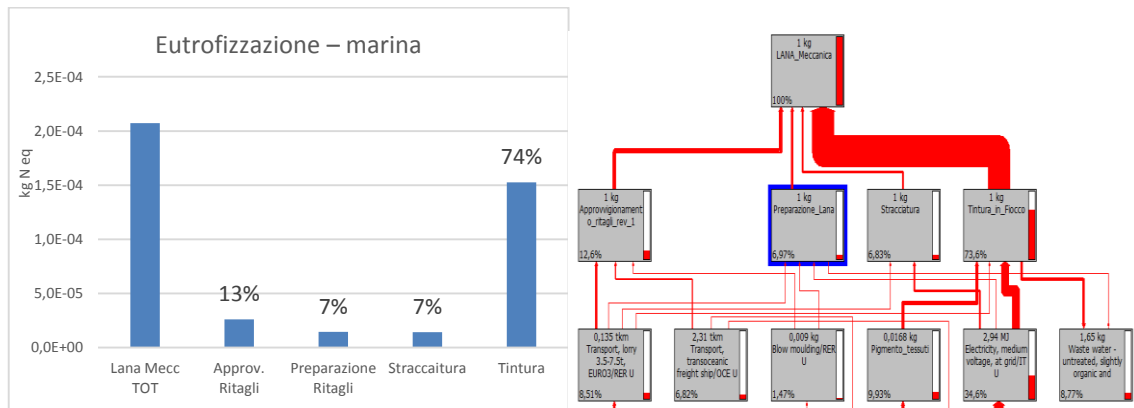
L’indicatore dell’eutrofizzazione terrestre ci mostra come, anche in questa categoria d’impatto, la tintura è il processo con maggiore prevalenza (79%), seguito dalle altre lavorazioni come la preparazione dei ritagli (9%), la straccatura (7%) e l’approvvigionamento dei ritagli (5%). Nella lavorazione della tintura della fibra contribuiscono per un 45,8% i pigmenti per i tessuti e per un 35,9% il processo di consumo e approvvigionamento dell’energia elettrica. I pigmenti possono risultare con un alto impatto in quanto contengono sostanze chimiche che possono essere dannose per l’eutrofizzazione terrestre.

Eutrofizzazione acquatica



Nella categoria che rendiconta gli impatti generati dal nostro processo per i danni dell'eutrofizzazione in acqua dolce, possiamo notare come il processo di tintura è sempre il processo che impatta maggiormente come un 80% del totale e per un 10% contribuisce anche la lavorazione della preparazione dei ritagli. Nella lavorazione della tintura, l'impatto maggiore è dato dai pigmenti dei tessuti (51%) e dall'approvvigionamento e il consumo dell'energia elettrica.

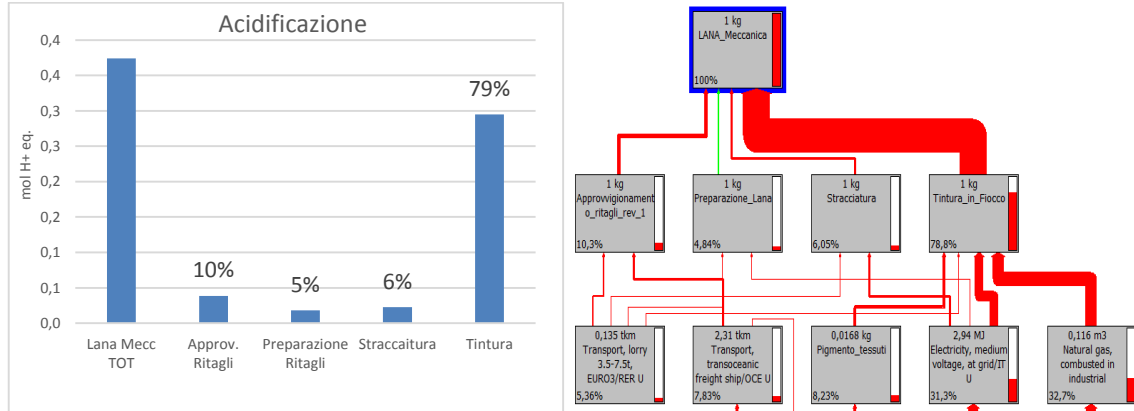
Eutrofizzazione marina



Nella categoria dell'eutrofizzazione marina, come possiamo osservare dal grafico, il processo che contribuisce in misura maggiore negli impatti ambientali è la tintura con il 74% del totale, a seguire ci sono gli impatti dell'approvvigionamento dei ritagli con il 13%, della preparazione dei ritagli e della straccatura con il 7%. L'impatto più rilevante, nel processo di tintura, è quello dato dell'approvvigionamento e consumo dell'energia elettrica con ben il 34% e del processo di uso e creazione dei pigmenti con il 10%. Un piccolo contributo è da registrare anche sotto il processo di trattamento delle acqua anche se con una percentuale del 8%. Anche la lavorazione dell'approvvigionamento dei ritagli

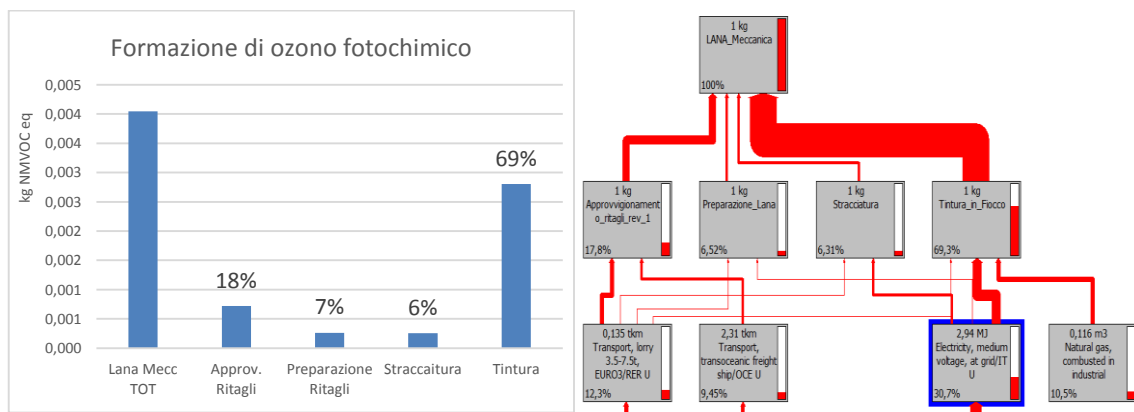
apporta un contributo non trascurabile alla categoria dell'eutrofizzazione marina, soprattutto dovuto ai trasporti, sia via terra che via mare.

Acidificazione



La categoria tiene conto dell'impatto relativo all'acidificazione del territorio e delle acque. Nel nostro studio, il processo che portava un inquinamento maggiore era la tintura con il 79% del totale degli impatti seguito dall'approvvigionamento dei ritagli (10%), la straccatura (6%) e la preparazione dei ritagli (5%). Nel processo di tintura gli elementi che più contribuiscono all'impatto della categoria riguardano il processo dell'approvvigionamento e il consumo di gas naturale (32,7%) ed energia elettrica (31,3%), oltre ad un piccolo contributo dei pigmenti per la colorazione delle fibre (8,23). Il contributo del 10% degli approvvigionamenti dei ritagli è dato prevalentemente dai trasporti sia via mare che via terra.

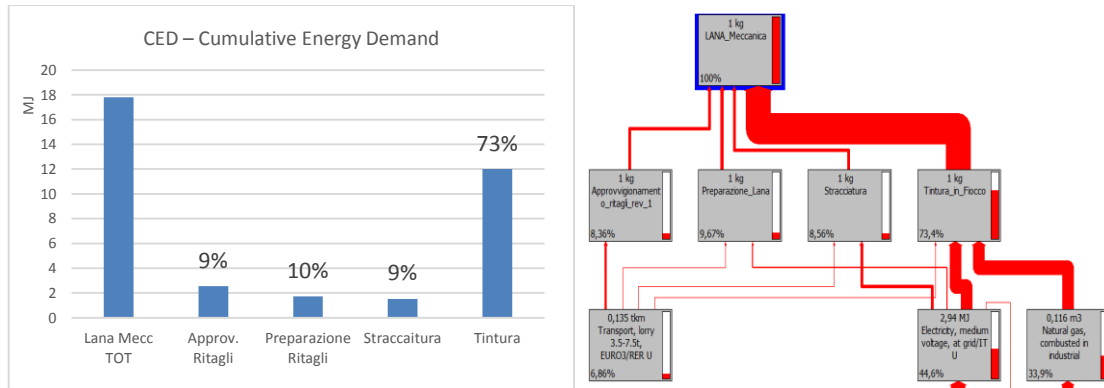
Formazione di ozono fotochimico



Come ci mostra l'indicatore che tiene conto dell'ozono fotochimico possiamo osservare che la tintura (69%) è il processo che impatta maggiormente, seguito dall'approvvigionamento dei ritagli (18%). Il consistente impatto del processo della tintura

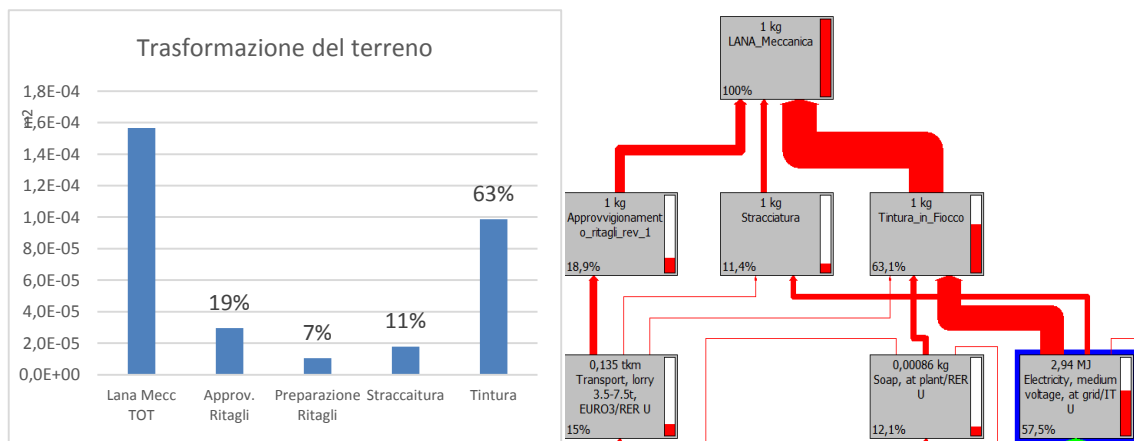
è dato dall'approvvigionamento e consumo dell'elettricità e del gas metano. Nel processo di approvvigionamento dei ritagli notiamo come gli impatti derivano dal trasporto dei materiali sia via terra che via mare.

CED - cumulative energy demand



L'indicatore ci rapporta l'utilizzo di energia, nel nostro caso di studio, rapportato alle diverse lavorazioni. Possiamo osservare come la tintura impatti maggiormente su questo indicatore con il 73% e gli altri processi mediamente contribuiscono per il 9%. Il consistente impatto della lavorazione di tintura è dato dall'utilizzo maggiore di energia elettrica (40%) e gas metano (30%). Negli altri processi i contributi alla categoria d'impatto provengono prevalentemente dall'uso dell'energia elettrica per e dai trasporti via terra.

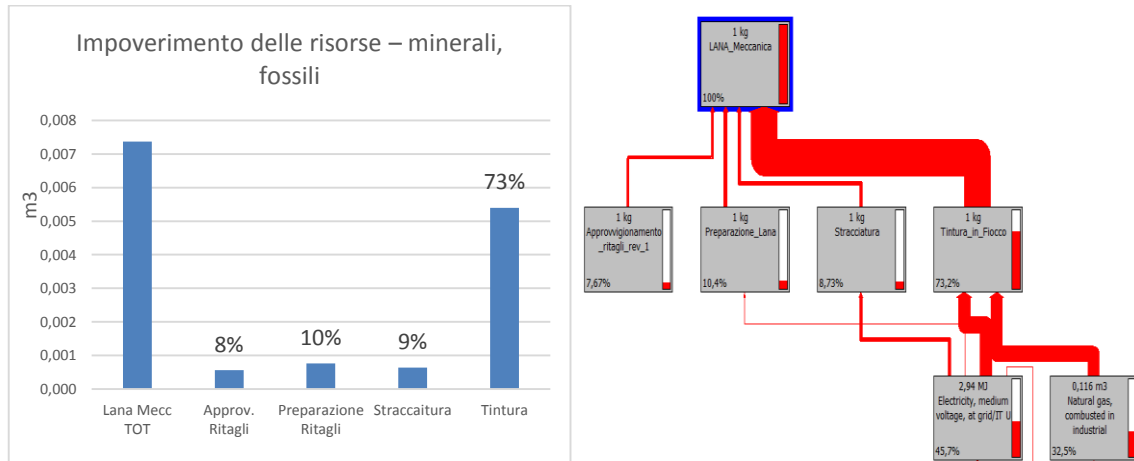
Trasformazione del terreno



Analizzando l'indicatore che tiene conto della trasformazione del terreno, possiamo notare come la lavorazione di tintura è la lavorazione che impatta maggiormente (63%), un contributo non trascurabile deriva anche dal processo di approvvigionamento dei ritagli (19%) e dal processo di straccatura (11%). Nel processo di tintura, gli impatti più

significativi, derivano dall'utilizzo di energia elettrica (circa il 45%), dall'uso di imbibente (12,1%) e dai trasporti via terra. L'approvvigionamento di ritagli, contribuisce all'impatto della categoria, a causa dei trasporti via terra. L'operazione di stracciatura rientra in questa categoria con un contributo non trascurabile e le operazioni che maggiormente impattano sono l'uso di energia elettrica ed i trasporti.

Impoverimento delle risorse (fossili e minerali)



Nell'indicatore che tiene conto dell'impoverimento delle risorse vediamo che il processo di tintura è il processo che impatta maggiormente con il 73% sul totale, gli altri processi di approvvigionamento dei ritagli, preparazione dei ritagli e stracciatura contribuiscono ognuno del 9% circa. Gli impatti, nel processo di tintura, sono derivati dall'uso e approvvigionamento di energia elettrica (circa il 40%) e gas naturale (32%).

Valutazione ulteriore con indicatore endpoint

Abbiamo impiegato l'indicatore Eco-indicator, endpoint, per ottenere un indice sull'impatto totale del processo ai fini ambientali. È stata considerata la prospettiva culturale individualista.

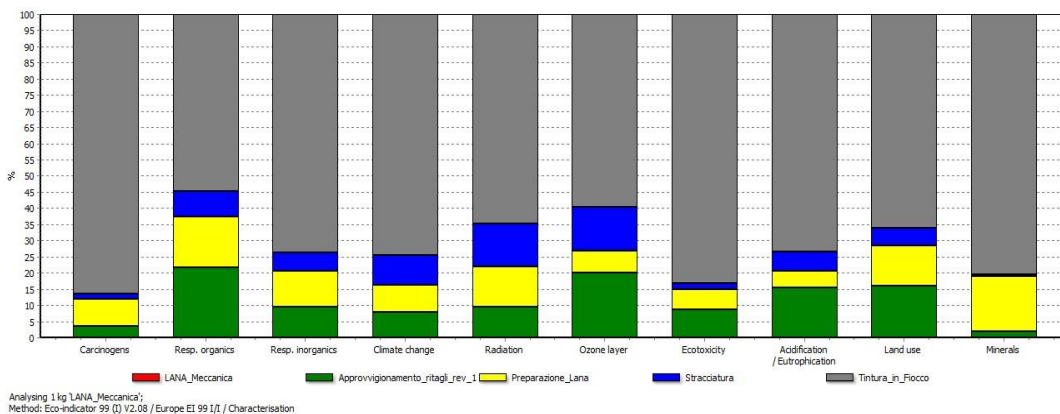


Figura 40: Grafico degli impatti con metodo Ecoindicator (endpoint)

Come possiamo osservare dal grafico, anche questa analisi conferma il fatto che il processo di tintura è quello che ha un maggiore impatto in tutte le categorie ambientali prese in analisi.

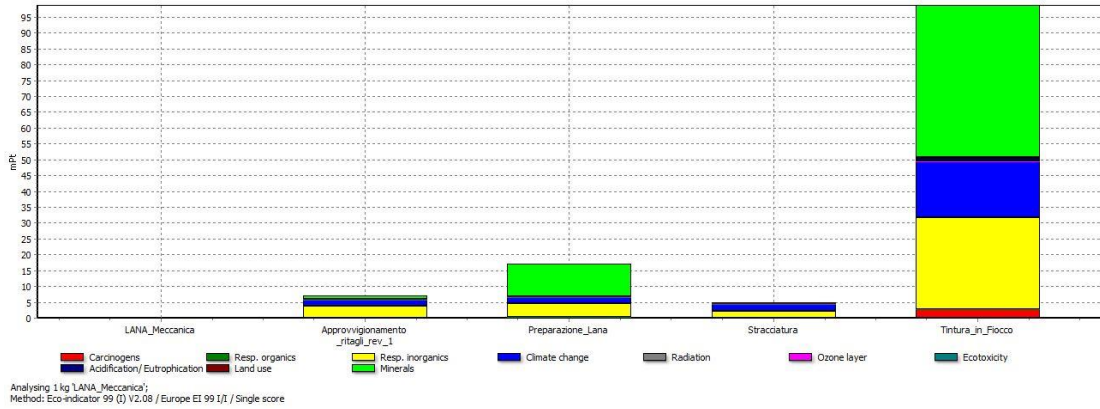


Figura 41: Eco-indicator 99 (I) single score

Nella Figura 41 sono rappresentati i singoli contributi d’impatto ambientale suddivisi per processo; con questa suddivisione siamo in grado di notare che, anche qui come detto in precedenza, la lavorazione di tintura è quella con i maggiori impatti seguita dalla lavorazione della preparazione della lana, dall’approvvigionamento dei ritagli e infine dalla stracciatura.

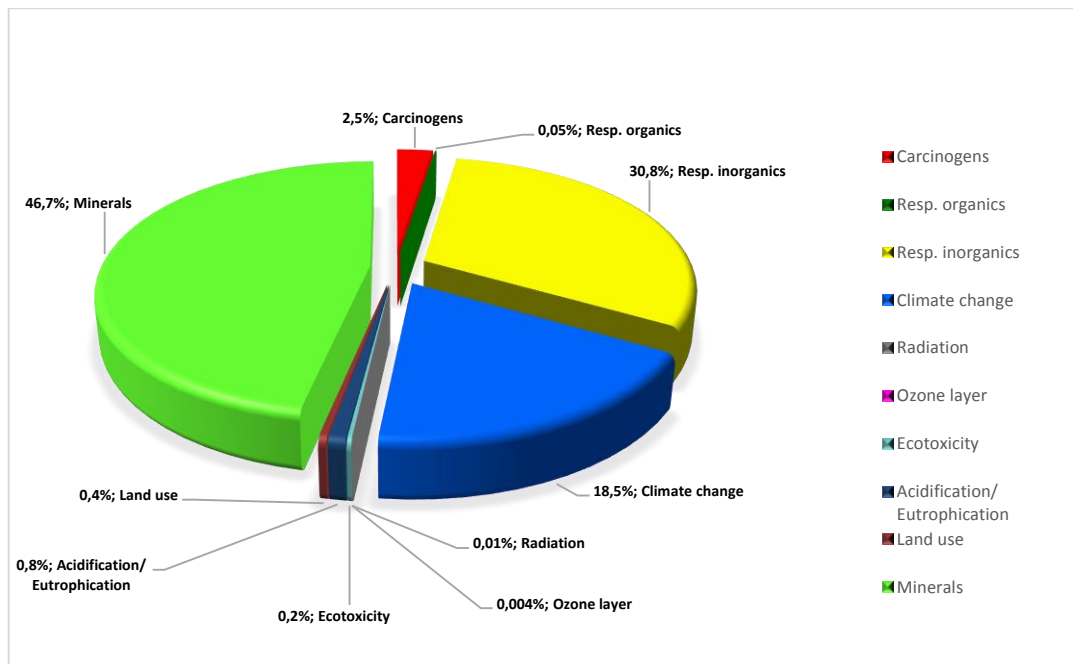


Figura 42: Eco-indicator, Single score impact

Nella Figura 42 sono rappresentati i contributi ambientali che compongono il “single point eco-indicator score”. Come possiamo osservare le maggiori categorie d’impatto, nel nostro studio risultano: l’uso di risorse fossili e minerali per un 45.8% del totale, il rilascio sostanze inorganiche nocive in atmosfera per un 30,8%, il cambiamento del clima 18,5% e sostanze cancerogene 2,5%. Questi impatti, come abbiamo visto in precedenza, sono dovuti all’alto uso di energia sia elettrica che termica durante i processi di lavorazione. Le piccole quantità di sostanze cancerogene derivano dai processi di approvvigionamento dell’energia e dai prodotti utilizzati nella tintura.

single point eco-indicator score (lana Meccanica)= 0.127

		approv.Ritagli	Prep. Ritagli	Stracciatura	Tintura
Total	0,127763	0,007185	0,01697	0,00483	0,098775

Are di miglioramento

Un miglioramento del processo del riciclo della lana dovrebbe riguardare la lavorazione che più contribuisce agli impatti ambientali totali. Il processo di tintura è quasi sempre stato il processo che maggiormente contribuiva all’interno delle categorie d’impatto e, come si osserva nel grafico dei *single score*, il processo che provoca i maggiori impatti ambientali. Questi impatti sono dati in prevalenza dall’uso di energia e dall’utilizzo di coloranti per la colorazione delle fibre. Il consumo di energia elettrica e metano provoca un alto impatto sulle categorie d’impoverimento delle risorse, cambiamenti climatici ed emissioni in atmosfera. I coloranti provocano, invece, tossicità, acidificazione e eutrofizzazione sia del terreno che delle acque.

Potremmo intervenire sul quantitativo di fibra inviato alla lavorazione della tintura per abbassare la percentuale del 42% attuale; questo può avvenire solo con un processo di approvvigionamento dei ritagli più efficiente dove, con una cernita più selettiva si in termini di qualità del tessuto, che in termini di colorazione, va a fornire balle di ritagli subito pronte per la stracciatura in modo da mandare a tingere quantitativi di fibra sempre minori.

Un miglioramento dei pigmenti, mediante l’uso degli stessi a basso impatto ambientale porterebbe un miglioramento delle prestazioni ambientali di processo, soprattutto

all'interno delle categorie di acidificazione, eutrofizzazione, eco tossicità delle acque e tossicità umana.

Un miglioramento in termini energetici di tutto il processo, ma in particolare della lavorazione di tintura, porterebbe una riduzione degli impatti ambientali mediante l'introduzione di energie rinnovabili.

7.2 LCA per la comparazione: processo di Lana Vergine

Lo studio LCA sugli impatti della lana meccanica verrà successivamente comparato con lo studio degli impatti che può subire la medesima unità funzionale di lana vergine.

7.2.1 Obiettivo

Obiettivo del processo della comparazione è di fornire le prestazioni ambientali del processo della produzione di lana dalla materia prima di lana vergine e comparare gli impatti ambientali con il processo di lana riciclata.

7.2.2 Campo di applicazione

Lo studio di un LCA della Lana Vergine è destinato principalmente al nostro caso di studio per il processo di comparazione.

Analizzando i confini del sistema abbiamo considerato tutte le attività di approvvigionamento della materia prima, consumo di risorse ed emissioni di un'ipotetica azienda lasciando, come nello studio precedente, escluso dallo studio la parte della fase d'uso del prodotto e dello scenario di fine vita come possiamo osservare in Figura 43.

Anche questa analisi, come la precedente, non è in contrasto con quanto riportato nelle linee guida di riferimento e soprattutto avendo l'obiettivo di uno studio comparativo degli impatti ambientali, i processi devono avere gli stessi confini per lo studio del sistema.

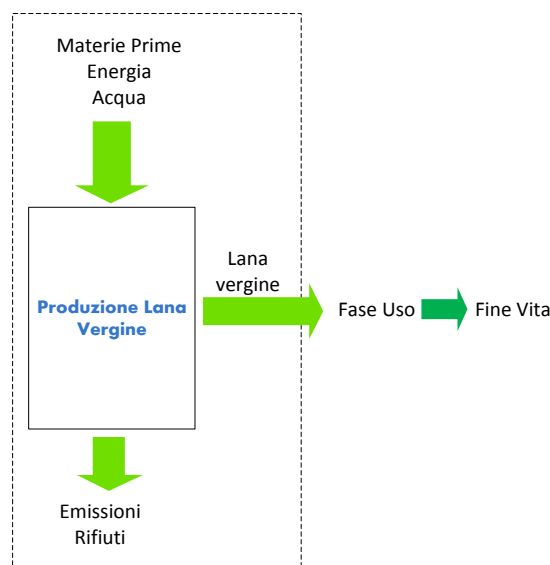


Figura 43: confini del sistema lana vergine

In questo studio LCA i processi di stoccaggio, tintura e preparazione della lana sono stati considerati come processi identici a quelli utilizzati nello studio precedente,

differenziandoli solo dal fatto che la materia prima approvvigionata è composta da lana vergine e non è presente il processo di stracciatura.

7.2.2.1 Unità Funzionale e flusso di riferimento

L'unità funzionale che abbiamo scelto per lo studio è 1 kg di lana vergine comprensivi di imballaggio e tutti i processi e i consumi saranno rapportati a questa unità.

Unità funzionale



→ 1 kg di lana vergine (composizione 100% Lana riciclata)

Flusso di riferimento

Flusso di Riferimento	1 kg lana vergine compreso l'imballaggio
------------------------------	--

Composizione:

Lana meccanica	1 kg
Film fi polietilene da imballaggio	4.19 g
Filetti di ferro da imballaggio	6.75 g
Carta e cartone da imballaggio	No

7.2.2.3 Il sistema studiato

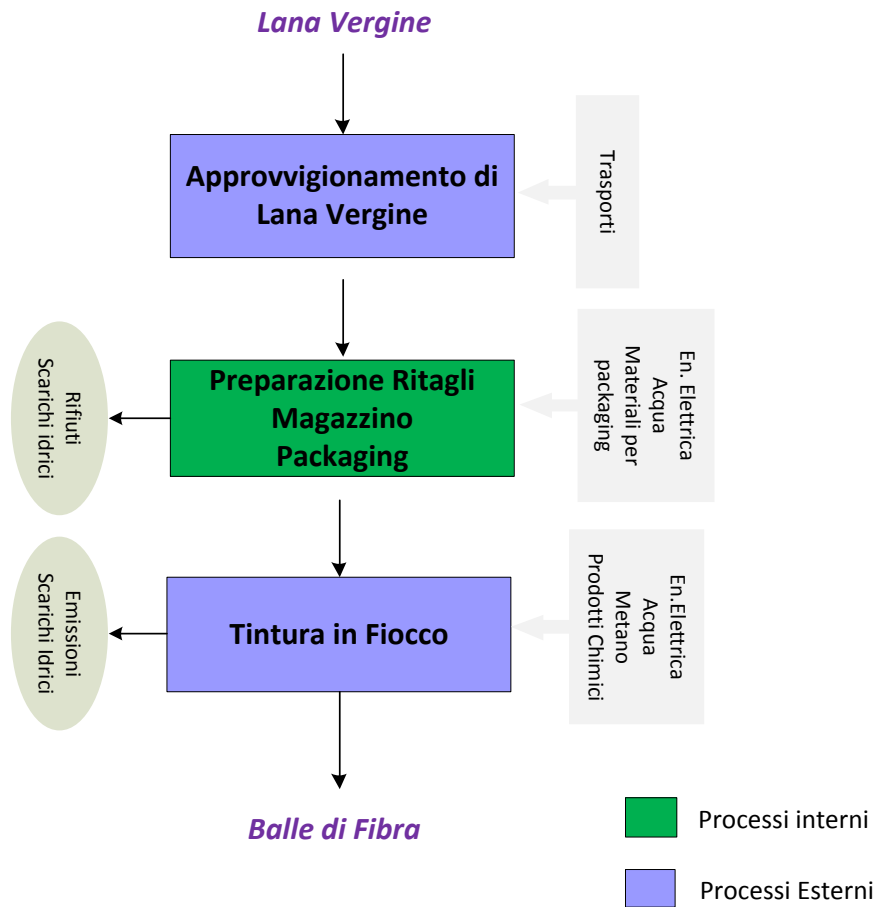


Figura 32: Schemi del flusso del processo

In questo schema possiamo vedere i processi che subisce la materia prima della lana vergine prima che sia pronta per la filatura e i processi successivi.

Frazionando il macro processo in sotto processi è possibile suddividere l’impatto complessivo, permettendo così di capire quale è la fase che impatta maggiormente e individuare quindi più facilmente dove intervenire per introdurre eventuali miglioramenti. L’analisi è stata realizzata tenendo conto di emissioni, rifiuti e consumi riuscendo, con le opportune considerazioni, a riutilizzare i dati del processo aziendale.

7.2.3 Analisi dei processi e calcolo dell’inventario Lana Meccanica

Il processo di lana vergine comprende le operazioni di approvvigionamento della lana presso i principali centri di produzione della lana vergine, la preparazione della lana e il processo di tintura di tutte le fibre. Le differenze stanno nella mancata operazione di stracciatura e in un utilizzo maggiore dell’operazione di tintura.

7.2.3.1 Il processo dell'approvvigionamento dei ritagli

Abbiamo considerato l'approvvigionamento della lana vergine con un chilometraggio medio prendendo gli stessi fornitori che avevamo utilizzato dall'azienda per il caso studio. Ne abbiamo scelti uno estero con trasporto via mare e uno italiano con trasporto via terra. Per quanto riguarda le quantità, abbiamo considerato una quantità di lana vergine pari allo stesso peso dei ritagli che approvvigionavamo nello studio precedente. In questo modo è stato possibile calcolare il nostro dato da inserire nell'inventario andando a moltiplicare il peso della merce trasportata per la distanza percorsa; nei trasporti su strada abbiamo considerato anche il viaggio di ritorno considerando che i camion viaggiassero pieni all'andata e al ritorno considerati al 50% pieni e al 50% vuoti. Anche in questo caso, come in precedenza, abbiamo considerato gli impatti dei trasporti con le opportune percentuali di utilizzo e che la nostra unità di riferimento fosse composta sia del primo che del secondo approvvigionamento.

Nel processo, come nel precedente, anche se in piccola parte, è incluso il consumo di materiale da imballaggio quale filetti di ferro e film di polietilene opportunamente rapportati alla nostra unità funzionale.

7.2.3.2 Preparazione Ritagli, Magazzino e Packaging

Abbiamo considerato questo processo come interno all'azienda; con questa affermazione è stato possibile riutilizzare i dati dei consumi del processo precedente di preparazione della lana meccanica in quanto i due processi potevano essere comparati.

Tutti i consumi sono stati calcolati per il 50% del totale delle emissioni dell'inventario del precedente studio, in quanto non essendo più presente il processo di cernita i materiali e i consumi diminuivano ma, non erano nulli perché l'attività dell'azienda rimaneva presente per eventuali controlli sui prodotti in ingresso, lavaggi delle materie prime e lavorazioni generali di preparazione della lana verso il processo di tintura.

Quindi nell'inventario della lana vergine sono presenti le quantità di imballaggi con i relativi trasporti per l'approvvigionamento, i rifiuti, l'uso di acqua, il trattamento delle acque in uscita e il consumo di energia elettrica.

7.2.3.4 Tintura in fiocco

Per il processo di tintura della lana vergine abbiamo preso i consumi e i dati del processo studiato in precedenza della tintura della lana meccanica, in quanto il bagno di tintura aveva gli stessi consumi di materiali sia per fibre riciclare sia per fibre di lana vergine. In questo caso non avevamo nessun processo di allocazione perché ogni fibra di lana vergine necessitava di un processo di tintura quindi, tutti i dati sono stati analizzati come in precedenza, eliminando però l’allocazione fatta in precedenza.

Sono anche state inserite nell’inventario le emissioni in atmosfera ricavando i dati dal report delle emissioni del precedente processo di lana meccanica.

Gli elementi dell’inventario considerati sono stati: i trasporti, il consumo dell’energia elettrica, il consumo di metano, il consumo di acqua, i coloranti, i materiali ausiliari per la colorazione e il trattamento delle acque finali.

7.2.4 Verifica della qualità della raccolta dei dati

È stata effettuata una verifica sui dati utilizzati con la stessa metodologia impiegata nel caso studio sopracitato della lana meccanica. Sono stati considerati gli stessi dati raccolti nello studio precedente, aggiungendo inoltre il dato sulla raccolta di lana vergine, estrapolato dai dati di cui eravamo in possesso.

Voce	Processo	Tipo di dato	Rapp. Temporale	Rapp. Tecnologica	Rapp. Geografica	Incertezza	Completezza	Conformità e coerenza	Note	Valore complessivo	Giudizio complessivo
Lana Vergine	App. Lana Vergine	Stimato da bolle dei ritagli di lana	2	2	2	3	3	5		2,88	Buono

$$DQR (dati specifici) = MEDIA \left(\frac{TeR+GR+TiR+C+P+M}{6} \right) = 1,30$$

$$DQR (dati generici) = MEDIA \left(\frac{TeR+GR+TiR+C+P+M}{6} \right) = 2,30$$

7.2.5 Processi utilizzati in SimaPro

All'interno del programma di simulazione sono stati utilizzati gli stessi processi che abbiamo applicato allo studio precedente; in aggiunta abbiamo il processo di produzione della lana che sostituiva il processo di approvvigionamento dei ritagli.

Wool, sheep, at farm/US U	Produzione della lana Vergine	Processo utilizzato per l'approvvigionamento della lana vergine
---------------------------	-------------------------------	---

7.2.6 Tipologie di impatti e metodi

Come abbiamo descritto in precedenza (paragrafo 6.2.1), sono stati utilizzati le tipologie d'impatto e i metodi di analisi definiti nel protocollo PEF.

7.2.7 Inventario delle emissioni : Lana Vergine

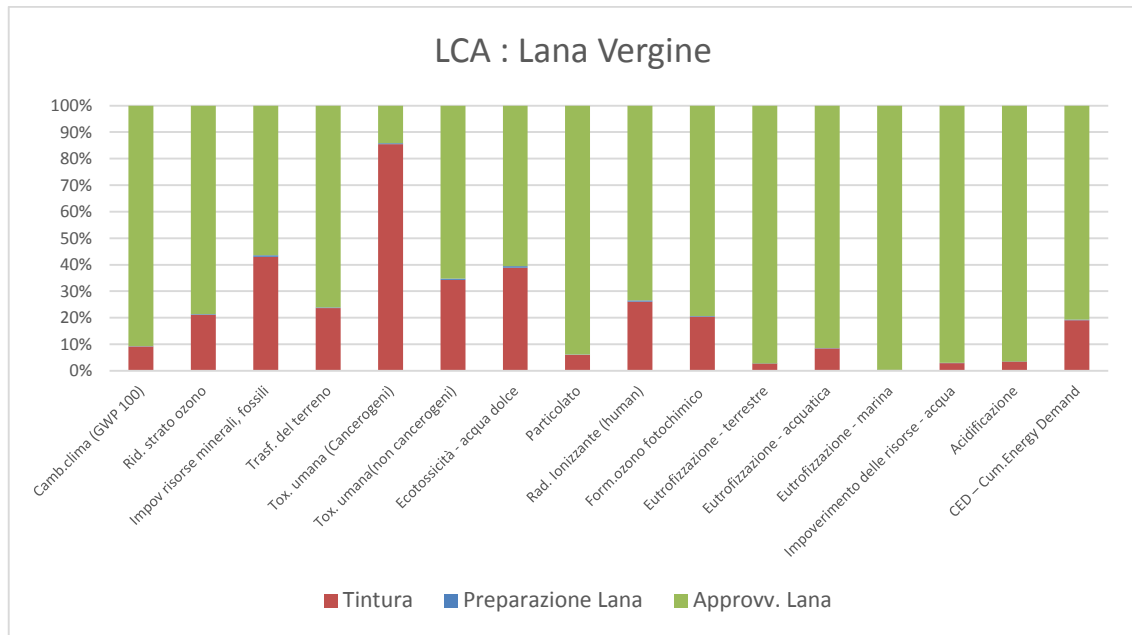
Attività	Unità	Totale	Approvvigionamento dei Ritagli	Preparazione Lana Meccanica	Tintura in fiocco (100%)
Trasporto via mare	t km	4,203	4,203	0	0,00
Trasporto via terra	kg km	416,204	408,293	0,41054	7,50
Energia Elettrica	kWh	1,503	0	0,02261	1,48
Metano	l	0,276	0	0	0,28
Acqua	kg	0,061	0	0,05765	0,00
Trattamento Acqua	m3	5,099	0	0,0000577	5,10
Riciclo Fili Acciaio	g	1,307	0	1,30676	0
Riciclo Plastica	g	1,999	0	1,99858	0
Riciclo Carta e Cartone	g	0,730	0	0,73025	0
Filetti di Ferro	g	7,162	0,4064	6,75520	0
PE - Polietilene	g	4,599	0,4064	4,19240	0
Colorante per Lana	g	40,000	0	0	40,00
Imbibente	g	2,000	0	0	2,00
Acido Acetico	g	5,000	0	0	5,00
Soda per tratt acque	g	6,624	0	0	6,62
Emissioni in ARIA					
COT	mg	18,818	0	0	18,82
Polveri	mg	380,758	0	0	380,76
No _x	mg	2528,151	0	0	2528,15
Ammoniaca	mg	15,059	0	0	15,06
Acido Solforico	µm	2214,542	0	0	2214,54
Acido Formico	µm	1771,634	0	0	1771,63
Acido Acetico	mg	26,132	0	0	26,13

Tabella 6: Inventario delle emissioni della Lana Vergine

7.2.8 Analisi degli impatti

7.2.8.1 Selezione delle categorie di impatto e dei metodi di calcolo

Quando parliamo di categoria di impatto si definisce la classe che rappresenta i problemi ambientali di interesse ai quali possono essere assegnati i risultati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita. Si definisce invece l'indicatore della categoria di impatto la rappresentazione quantificabile di una categoria di impatto.



single point eco-indicator score (lana Vergine)= 4.66

		approv.LANA	Prep. lana	Tintura
Totale	0,4662	4,4220	0,0042	0,2358

7.2.9 Confronto tra i due studi: Lana Riciclata e Lana Vergine

Categorie di impatto	Metodologia	Indicatore	Lana vergine	Lana Riciclata
Cambiamenti climatici (GWP 100)	CML 2001	kg CO ₂ eq	1,95E+01	9,99E-01
Riduzione dello strato di ozono	CML 2001	kg CFC-11 eq	3,69E-07	5,49E-08
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili	CML 2001	kg Sb eq	3,01E-02	7,36E-03

Trasformazione del terreno	recipe	m2	9,97E-04	1,57E-04
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni	USEtox	CTUh	1,94E-06	7,74E-11
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni	USEtox	CTUh	1,26E-06	5,75E-10
Ecotossicità - ambiente acquatico acqua dolce	CML 2001	kg 1,4 DB	1,46E+00	2,99E-01
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche	IMPACT 2001	kg PM2.5 eq	2,89E-02	9,82E-04
Radiazione ionizzante - effetti sulla salute umana	RECIPE	kg U235 eq	4,89E-01	8,36E-02
Formazione di ozono fotochimico	RECIPE	kg NMVOC eq	3,28E-02	4,04E-03
Eutrofizzazione - terrestre	TRACI	N eq (mol N eq)	1,79E-01	2,64E-03
Eutrofizzazione - acquatica	RECIPE	kg P eq	7,20E-03	3,17E-04
Eutrofizzazione - marina	RECIPE	kg N eq	1,18E-01	2,07E-04
Impoverimento delle risorse - acqua	recipe	m3 (m3 water eq)	2,14E-01	4,09E-03
Acidificazione	TRACI 2	molc H+ eq	2,03E+01	3,74E-01
CED - Cumulative Energy Demand	ced	MJ	1,51E+02	1,78E+01

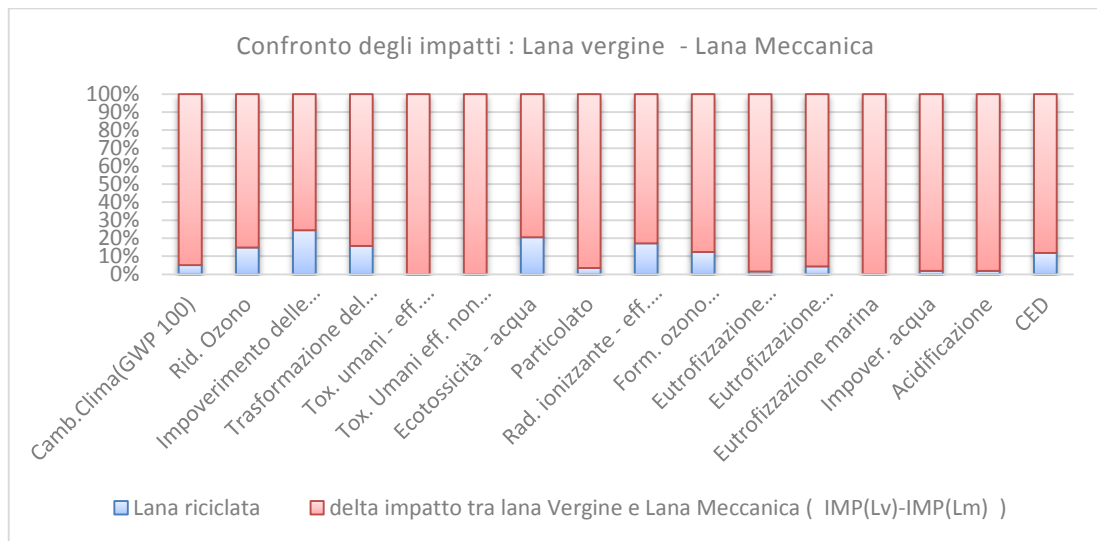


Figura 44: Grafico di confronto impatti Lana vergine con lana riciclata

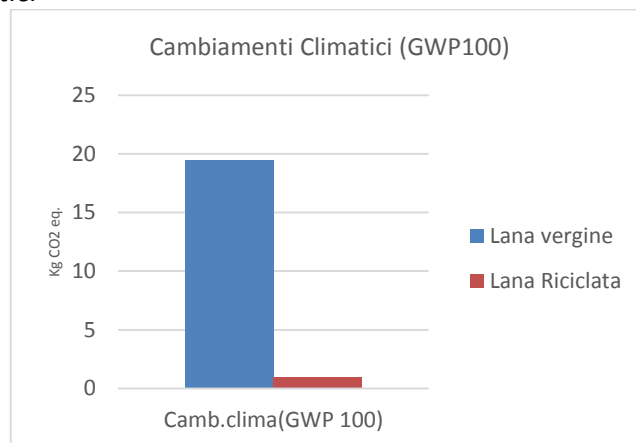
Nella Figura 44 possiamo osservare i risultati dei due studi messi a confronto per ogni categoria d'impatto. Con il colore azzurro è rappresentato l'impatto della lana riciclata e con il colore rosso è rappresentata la differenza tra l'impatto della lana vergine con l'impatto della lana riciclata.

Notiamo che il processo di lana vergine sia a più alto impatto ambientale rispetto al processo della lana riciclata in tutte le categorie analizzate.

Questa differenza la possiamo principalmente studiare all'interno delle categorie dove il delta tra i due impatti è maggiore come nella tossicità umana, eutrofizzazione terrestre, e eutrofizzazione marina. Queste categorie sopra citate, nella lana meccanica erano impatti che venivano generati, con una percentuale molto alta, dal processo di tintura; questo processo della creazione della lana vergine, eseguito per tutte le fibre approvvigionate, ha aumentato ancora di più i suoi effetti negativi sull'ambiente.

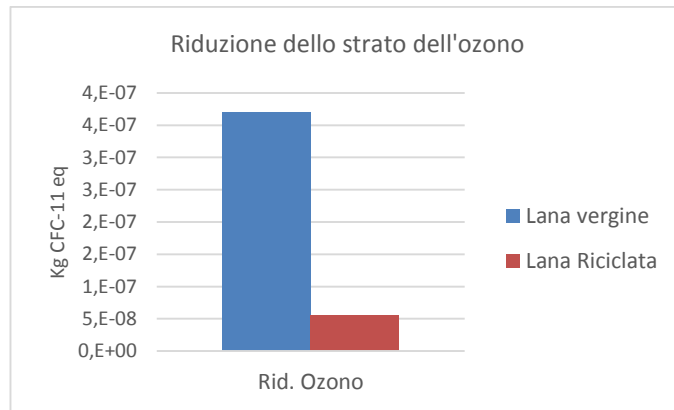
Sono stati presi in esame solo alcuni indicatori, quelli più significativi, al fine di analizzare la differenza degli impatti ambientali dei due studi.

Cambiamenti Climatici



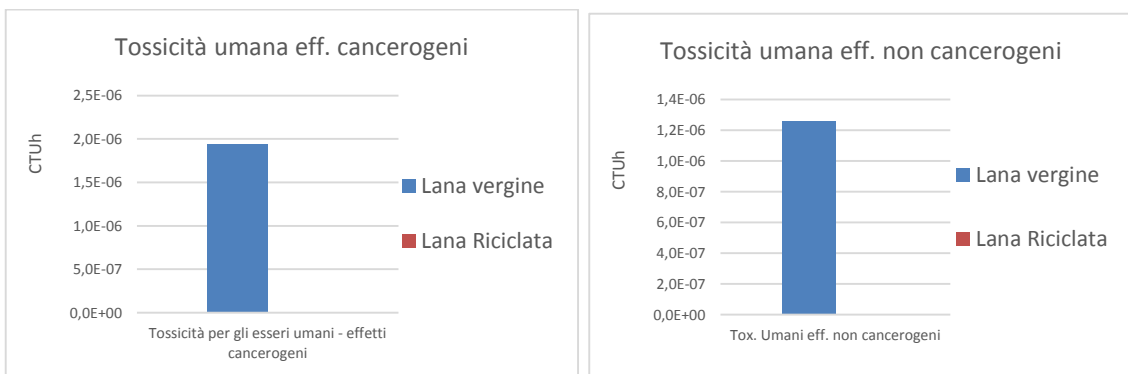
Nell' indicatore sopra riportato, possiamo notare come la lana vergine abbia molto più impatto sul cambiamento del clima; impatta il 95% in più se lo paragoniamo alle emissioni della stessa unità di riferimento. Questa differenza è data da un notevole utilizzo di energia elettrica e termica soprattutto nel processo di tintura.

Riduzione dello strato dell'ozono



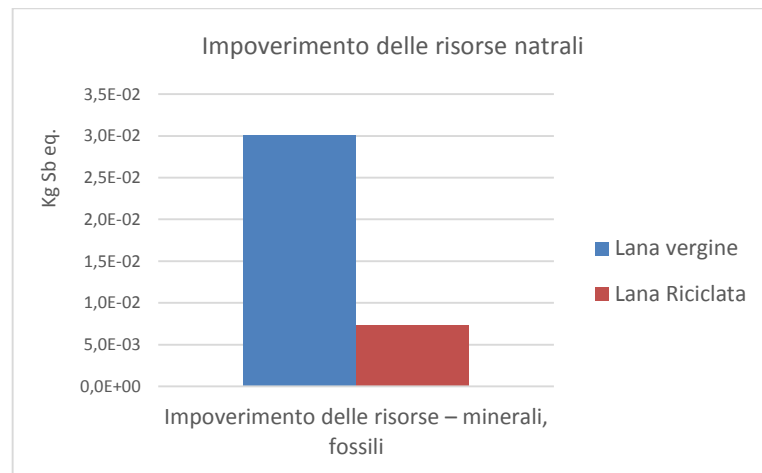
All'interno di questa categoria d'impatto è possibile osservare come la lana vergine contribuisca molto di più per la riduzione dello strato dell'ozono. Questo delta d'impatto tra i due studi si quantifica nell' 85% in più degli impatti della lana vergine rispetto alla lana riciclata. Questa differenza è data dall'uso maggiore di un quantitativo di energia e dai trasporti che nell'operazione della tintura sono aumentati.

Tossicità per gli esseri umani (elementi cancerogeni e non cancerogeni)



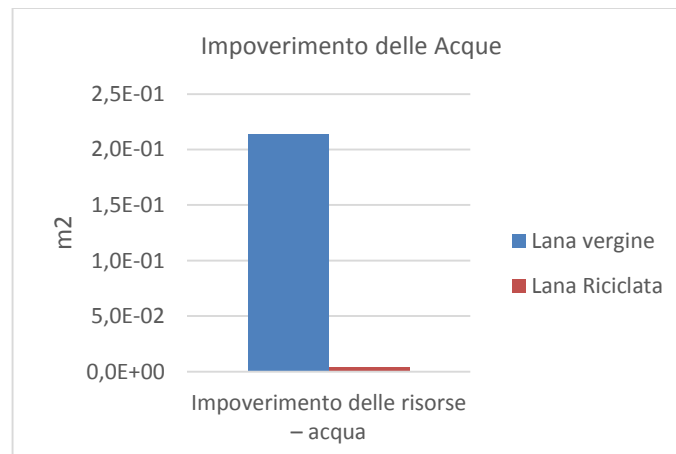
Gli indicatori sulla tossicità umana ci mostrano come il processo della lana vergine sia molto più inquinante ai fini ambientali. Il suddetto processo impatta per il 99% in più rispetto al processo della lana riciclata e le colonne in rosso nei grafici non vengono nemmeno visualizzate, a causa di questa grande differenza tra i due impatti.

Impoverimento delle risorse (minerali, fossili)



Osservando l'indicatore che rappresenta l'impoverimento delle risorse fossili e minerarie, possiamo vedere come la lana vergine sia sempre il processo che impatta in maniera maggiore, ma con una percentuale del 76%, molto minore rispetto alle altre percentuali delle altre categorie d'impatto. Questo fenomeno è dato dal fatto che i consumi di energia sono aumentati nell'operazione di tintura ma, in compenso, non abbiamo l'operazione di stracciatura che contribuiva in questa categoria.

Impoverimento delle acque



Analizzando l'indicatore che rappresenta l'impoverimento delle acque minerarie, possiamo osservare come la lana vergine sia sempre il processo più impattante, con una percentuale d'impatto maggiore del 98%.

7.3 LCA: filato di lana rigenerata

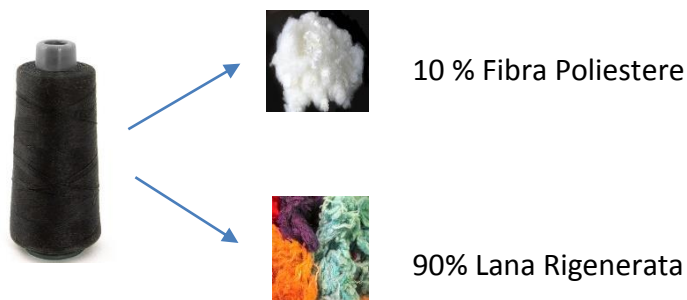
A seguito dello studio riguardante i processi della realizzazione della lana, abbiamo analizzato gli impatti ambientali derivanti dalla creazione di un filato. Anche i filati, come detto in precedenza, rientrano nella certificazione del “Cardato Recycled” e la loro composizione deve presentarsi come lana riciclata.

7.3.1 Obiettivo

Obiettivo dello studio è comprendere quanto le lavorazioni per la realizzazione del filato possano essere rilevanti ai fini ambientali e trovare, se possibile, degli aspetti per aumentare l’efficienza dei processi.

7.3.2 Campo di applicazione

Il filato che abbiamo studiato è composto dal 90% di lana rigenerata e per il 10% di poliestere; l’aggiunta di una fibra artificiale conferisce maggiori capacità meccaniche e tecnologiche al capo che verrà realizzato.



Analizzando i confini del sistema abbiamo considerato tutte le attività di approvvigionamento della materia prima, consumo di risorse ed emissioni, come all’interno dello studio della lana meccanica, escludendo la parte della d’uso del prodotto e dello scenario di fine vita come possiamo vedere in Figura 45.

Anche questa analisi, come le precedenti, non è in contrasto con quanto riportato nelle linee guida di riferimento.

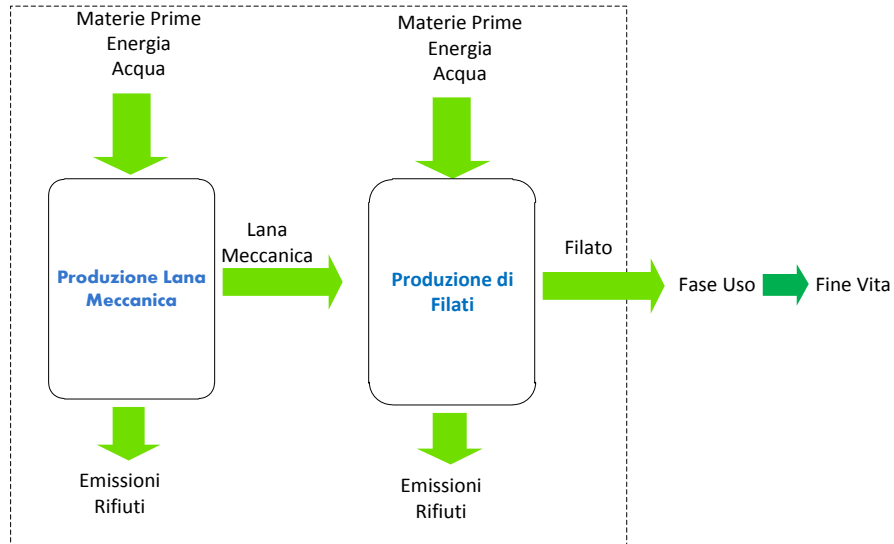


Figura 45: confini del sistema produzione di un Filato

In questo studio LCA sono stati considerati i processi di creazione della lana rigenerata, approvvigionamento di poliestere, preparazione della materia per la filatura, tintura, filatura e roccatura.

7.3.2.1 Unità Funzionale e flusso di riferimento

L'unità funzionale che abbiamo scelto per lo studio è 1 kg di lana vergine comprensivi di imballaggio e tutti i processi e i consumi saranno rapportati a questa unità.

Unità funzionale



→ 1 kg di filato (composizione 90% Lana riciclata e 10% Poliestere)

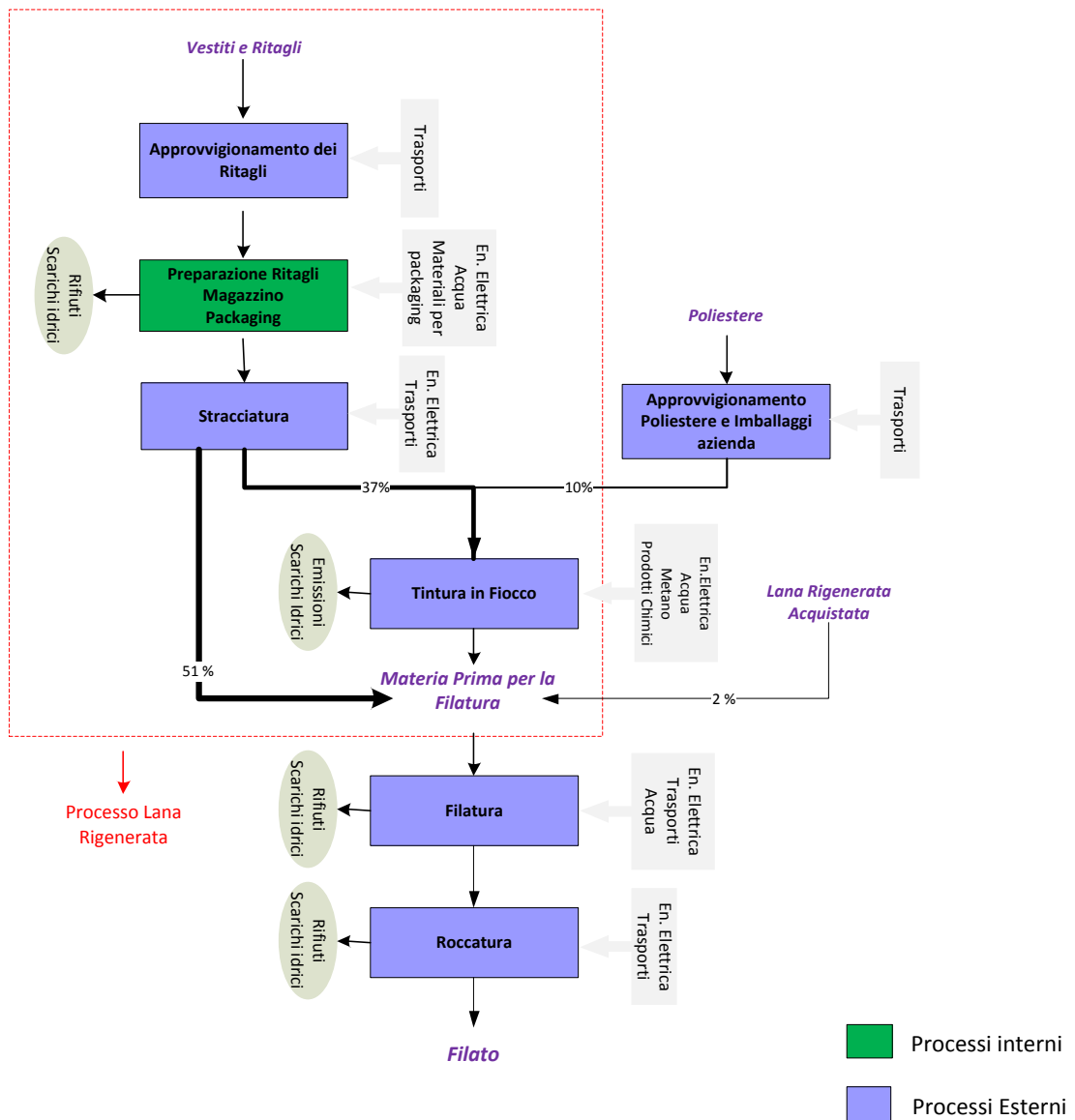
Flusso di riferimento

Flusso di Riferimento	1 kg filato con imballaggio
------------------------------	-----------------------------

Composizione:

Lana meccanica	0,9 kg
Poliestere	0,1 kg
Film fi polietilene da imballaggio	8.201 g
Filetti di ferro da imballaggio	12.75 g
Carta e cartone da imballaggio	No

7.3.2.2 Il sistema studiato



* Percentuali relative alla allocazione del processo di tintura

Figura 46: Schema di processo (FILATO)

Nello schema di figura 42 sopra riportato, possiamo osservare i processi che si susseguono, dalla materia prima alla realizzazione del filato.

Il processo della creazione della lana rigenerata è stato richiamato allocandolo al 90% come da composizione del filato. Il processo è stato richiamato senza la lavorazione della tintura in quanto, in quest'ultima, sono stati ricalcolati gli elementi d'inventario perché si è considerato un bagno di tintura che comprendesse una mista di fibre tra lana e poliestere e

non più un bagno di solo fibre di lana; sono così cambiate le composizioni di coloranti e composti ausiliari.

Il processo di tintura è un processo che è condiviso dalle fibre di lana riciclata che necessitano del processo di colorazione e delle fibre di poliestere.

Un altro elemento che troviamo all'interno dello schema sono le fibre acquistate dall'esterno, per colmare alcune mancanze di colorazioni o carenze di magazzino durante l'arco dell'anno.

Suddividendo il macro processo in sotto processi è possibile suddividere l'impatto complessivo permettendo così di capire quale è la fase che impatta maggiormente e quindi individuare più facilmente dove intervenire per introdurre eventuali miglioramenti.

L'analisi è stata realizzata tenendo conto di emissioni, rifiuti e consumi riuscendo, con le opportune considerazioni, a riutilizzare i dati del processo aziendale.

7.3.2.3 Processo di allocazione:

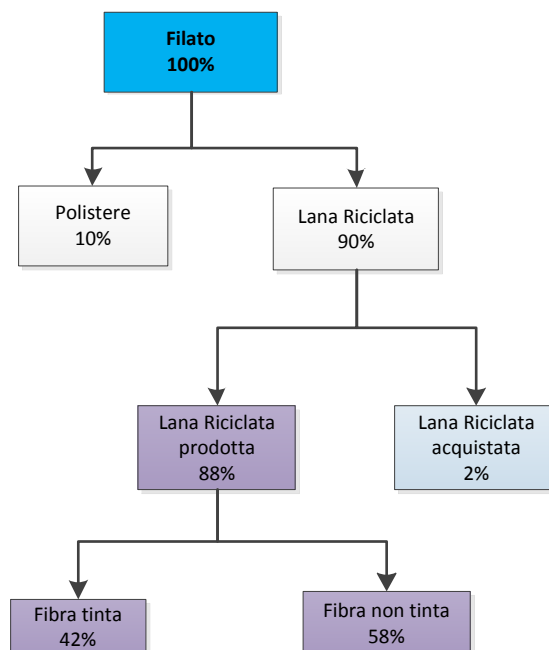


Figura 47: Schema del processo di allocazione

La materia per la filatura sarà quindi composta da un 90% di fibre lana, provenienti dal 88% dal processo precedente e il 2% acquistate dall'esterno, e dal 10% di poliestere tinto. Gli impatti ambientali delle fibre acquistate dall'esterno sono stati calcolati con il processo

studiato in precedenza allocandolo al 2%, le fibre che provenivano dal processo precedente erano fibre che solo al 42% avevano subito un processo di tintura.

Tabella ALLOCAZIONI		TOTALE 100%
Poliestere		10%
Lana Acquistata		2%
Lana riciclata prodotta e tinta	$(42\% * 88\%) =$	37%
Lana riciclata prodotta e (senza tintura)	$(58\% * 88\%) =$	51%

7.3.3 Analisi dei processi e calcolo dell'inventario Filato

7.3.3.1 Il processo dell'approvvigionamento del poliestere e lana acquistata

Il processo di approvvigionamento oltre alla lana riciclata, che l'azienda ha a disposizione in quanto produttrice, riguarda anche il poliestere e la lana acquistata da fornitori esterni. Questi processi hanno come impatto ambientale principale il trasporto della materia prima con i relativi materiali da imballaggio. L'azienda ci ha fornito i dati del trasporto del poliestere della fibra di lana acquistata sia per le quantità che per la distanza dell'approvvigionamento. Sono tutti trasporti su strada ed è stato possibile calcolare il dato da inserire nell'inventario andando a moltiplicare il peso della merce trasportata per la distanza percorsa; è stato analizzato anche il viaggio di ritorno considerando che i camion viaggiassero pieni all'andata e al ritorno considerati al 50% pieni e al 50% vuoti. Le quantità trovate vengono riferite alla loro percentuale di utilizzo in modo tale da rapportarle alla unità di riferimento.

Il processo prevede, anche se in piccola parte, il consumo di materiale da imballaggio quale filetti di ferro e film di polietilene opportunamente rapportati alla unità funzionale.

7.3.3.2 Preparazione e imballaggio

La fase di preparazione delle materie prime e di imballaggio dei prodotti è fatta internamente dall'azienda, e nel calcolo degli impatti è stata inglobata nel processo di approvvigionamento spiegato precedentemente, in quanto gli impatti relativi a questo processo sono dimensionamenti molto piccoli. L'azienda ci ha fornito tutti i dati di produzione totale dell'annualità del 2013 in riferimento ai materiali da imballaggio e consumi di energia con lo stesso procedimento eseguito nel caso della lana riciclata. Richiamando i processi della lana meccanica direttamente dal programma SimaPro non ci

rimaneva altro che andare a calcolare la quantità di consumi ed energia relativa al poliestere.

Sono stati calcolati con lo stesso metodo degli studi precedenti i consumi di materiali da imballo, rifiuti e uso di energia elettrica, acqua e trattamento delle acque e sono stati allocati al 10% per trovare le quantità relative al consumo di poliestere nella nostra unità di riferimento.

7.3.3.4 Tintura in fiocco

Per il processo di tintura delle materie prime che compongono il filato, abbiamo ricalcolato tutti gli impatti in quanto il bagno di tintura comprende una mista di fibre sia di lana che di poliestere e alcuni elementi presentano quantitativi diversi non più calcolabili con il semplice processo di allocazione come invece è stato fatto nel caso della lana rigenerata acquistata dall'esterno.

Il processo di tintura è un processo esterno, per questo motivo sono stati calcolati gli impatti derivanti dai trasporti andando a moltiplicare la quantità di materia prima inviata in un anno per la distanza di tale processo; tutto questo è stato rapportato, infine, alla nostra unità funzionale tenendo conto del fatto che il processo è riferito al 37% delle fibre di lana e al 10% delle fibre di poliestere che vengono tinte.

L'azienda ha messo a nostra disposizione i dati di produzione dell'annualità in esame oltre alle quantità di coloranti e additivi necessari alla colorazione.

Per quanto riguarda i consumi di Energia elettrica e metano sono stati presi i consumi relativi ad un chilogrammo di produzione già usati in precedenza nel progetto "Cardato Regenerated CO₂ neutral" di cui l'azienda aveva fatto parte. Questi consumi sono stati allocati per le relative quantità del poliestere e della lana che venivano tinte.

Il processo di tintura che abbiamo analizzato prevede una tintura di una mista di lana e poliestere per la quantità 1000 kg. In questo bagno vengono tinte 1000 kg di fibra e ci sono stati forniti i consumi dei coloranti e dei relativi additivi rapportati al kg di lana colorata. Sono state fatte le stesse considerazioni riguardo al processo della tintura della lana meccanica sui consumi di coloranti e prodotti ausiliari.

L'unico aspetto che presenta modifiche nelle quantità è la presenza di un maggiore quantitativo di colorante aggiunto nell'inventario. E' stato valutato richiamando lo stesso processo del colorante per la lana, in quanto le composizioni sono simili, e calcolando gli

impatti ambientali con la stessa tipologia dell'analisi del colorante, semplicemente richiamando la stessa funzione per una maggiore quantità.

Il processo del bagno di tintura è riferito ad un kg di fibra tinta e siccome in questo processo era impostata una mista di fibre tinte, le quantità calcolate sono state allocate per l'37% per la lana rigenerata e il 10 % per il poliestere per essere in linea con la nostra unità di riferimento. Si sono in questo modo sommati insieme gli impatti e creato un elenco di sostanze da inserire nel nostro inventario per il calcolo delle emissioni.

Il trattamento delle acque è stato considerato come nello studio precedente e considerato come un processo gestione delle acque con elementi inquinanti organici e inorganici in quanto non è ritenuto un processo ad alta concentrazione di inquinanti.

L'azienda operava un processo di trattamento delle acque aggiungendo alla soluzione in uscita una quantità di soda per ristabilire un livello accettabile del Ph della soluzione; di questo quantitativo ci sono state forniti i consumi annuali i quali sono stati allocati per essere in linea alla nostra unità funzionale.

In seguito si sono prese in considerazione le emissioni in atmosfera con lo stesso procedimento di calcolo usato in precedenza per il processo di tintura della fibre rigenerate solo allocando per il 37% nel caso delle fibre di lana e il 10% nel caso delle fibre in poliestere. Successivamente sono stati sommati insieme gli impatti e creato un elenco di sostanze da inserire nel nostro inventario per il calcolo delle emissioni in atmosfera.

7.3.3.5 Processo di filatura

In questa operazione, le fibre tinte provenienti da tutti gli approvvigionamenti e dalla tintura vengono riunite e inviate al processo di filatura in quanto, per ciò che riguarda il nostro studio, è un processo esterno all'azienda, dalla quale ci sono stati fornite le quantità di prodotti lavorati e i consumi di energia per l'anno in considerazione.

Sono stati calcolati gli impatti derivanti dai trasporti andando a moltiplicare la quantità di materia prima inviata in un anno per la distanza di tale processo. Tutto questo è stato rapportato alla nostra unità funzionale.

L'operazione di filatura è un'operazione che comporta il solo consumo di energia elettrica e di acqua. La raccolta di tali dati è avvenuta tramite la consultazione di bollette; al fine di ricavare il nostro consumo per unità funzionale abbiamo diviso il totale dei kWh e i metri cubi consumati in un anno per la produzione totale dell'azienda.

Per il processo di filatura ci è stato fornito il bilancio di massa tra la materia prima inviata e la materia prima dopo la lavorazione di filatura e abbiamo analizzato un calo del 1,5%.

Queste fibre sono state considerate come un rifiuto in uscita mandato al processo di riciclo e i relativi impatti sono stati calcolati tramite una funzione del programma di analisi. Infine è stato calcolato il processo di trattamento delle acque considerato come un processo di trattamento non inquinante per la non presenza di elementi inquinanti.

7.3.3.6 Processo di Roccatura

In questa operazione, le fibre filate provenienti dalla filatura, vengono roccate andando a creare la rocca del tessuto finale. La roccatura è un processo esterno e l'azienda ci ha fornito le quantità di prodotti lavorati e i consumi di energia per l'anno in considerazione.

Sono stati calcolati gli impatti derivanti dai trasporti andando a moltiplicare la quantità di materia prima inviata in un anno per la distanza di tale processo. Tutto questo è stato rapportato alla nostra unità funzionale.

L'operazione di roccatura è un'operazione che comporta un notevole consumo di energia elettrica; questo dato è stato raccolto tramite la consultazione di bollette e per ricavare il nostro consumo per unità funzionale abbiamo diviso il totale dei kWh consumati in un anno per la produzione totale delle quantità prodotte dall'azienda.

In quest'operazione si registra anche un consumo di olio per la manutenzione dei macchinari, tale consumo è stato allocato per la nostra unità funzionale e quindi diviso per la produzione totale al fine di ottenere il consumo del materia al kg.

La roccatura arrotola il filo su coni di cartone; questi coni accolgono circa 3 kg di filato e sono riutilizzati. L'azienda ci ha fornito il quantitativo dei coni reintegrati in un anno e dividendo la produzione per il quantitativo contenuto su di una rocca abbiamo trovato i coni utilizzati in una annualità. Questa quantità è stata divisa per due contando che in media una rocca abbia una vita media di 2 anni. Dividendo poi questo valore per la produzione totale dell'azienda abbiamo trovato quanti grammi della rocca sono necessari al nostro kg di filato.

Anche per il processo di roccatura ci è stato fornito il bilancio di massa tra la materia prima inviata e la materia prima dopo la lavorazione analizzando così un calo dello 0,13%. Queste fibre sono state considerate come un rifiuto in uscita mandato al processo di riciclo e i relativi impatti sono stati calcolati tramite una funzione del programma di analisi.

7.3.4 Verifica della qualità della raccolta dei dati

È stata effettuata una verifica sui dati utilizzati con la stessa metodologia impiegata nel caso studio precedente della lana meccanica. Nella maggior parte si sono utilizzati i dati che l'azienda ci aveva fornito nello studio sopraccitato e sono stati aggiunti i dati forniti delle nuove lavorazioni.

Voce	Processo	Tipo di dato	Criteri di valutazione						Note	Valore complessivo	Giudizio complessivo
			Rapp. Temporale	Rapp. Tecnologica	Rapp. Geografica	Incertezza	Completezza	Conformità e coerenza			
coni per roccare	Roccatura	Dato generico	3	3	3	3	3	1	non c'è la produzione di coni per roccatura, si sono presi i dati per la produzione di cilindri in cartone	2,66	buono
Fibre Lana Rigenerata	Lana acquistata	Dato specifico	2	1	1	2	2	2	Dato preso da precedente studio	1,66	Molto Buono
materiale ingrassante	Filatura	Dato generico	3	2	2	2	2	1	da database ecoinvent	2,00	buono
poliestere	App. e Prep. Poliestere	Dato generico	3	3	2	4	3	1	Nel database non è presente il processo di produzione della fibra poliestere, è stato approssimato	2,66	buono
colorante-acrilico	tintura	Dato generico	2	5	2	5	5	3	non è stato trovato esattamente il composto nel database, né è stato scelto uno presumibilmente simile	3,66	soddisfacente
Elettricità	roccatura	specifico, da bollette	1	1	1	1	1	1		1	Ottimo
Elettricità	Filatura	specifico, da bollette	1	1	1	1	1	1		1	Ottimo
Acqua	Filatura	specifico, da bollette	1	1	1	1	1	1		1	Ottimo

$$DQR \text{ (dati specifici)} = \text{MEDIA} \left(\frac{T_eR+GR+T_iR+C+P+M}{6} \right) = 1,23$$

$$DQR \text{ (dati generici)} = \text{MEDIA} \left(\frac{T_eR+GR+T_iR+C+P+M}{6} \right) = 2,30$$

7.3.5 Processi utilizzati in SimaPro

All'interno del programma di simulazione sono stati utilizzati gli stessi processi che abbiamo impiegato nel processo precedente; in aggiunta possiamo notare il processo di produzione della lana che sostituisce il processo di approvvigionamento dei ritagli.

Products
Filato

Processo SimaPro	Utilizzo	Nota
Materials/fuels/Process		
Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant	Processo Poliestere	Preso il processo del polietilene per mancanza dei dati sul poliestere
Extrusion, plastic pipes/RER U	Processo Per il Poliestere	Processo di estrusione per il poliestere
Lubricating oil, at plant/RER U	Olio per la lubrificazione dei macchinari	Utilizzato per dati di inventario dell'olio per la manutenzione
Recycling textiles/RER U	Ricicli di fibre tessili	
Core board, at plant/RER U	Utilizzato per il materiale delle rocche	

7.3.6 Tipologie di impatti e metodi

Come abbiamo descritto in precedenza (paragrafo 6.2.1), sono stati utilizzati le tipologie d'impatto e i metodi di analisi definiti nel protocollo PEF.

7.3.7 Inventario delle emissioni: Filato

Attività	Unità	Totale	Tot. Nuovi processi (Simapro)	Tint. Poliestere e lana	Filatura	Roccatura	App. Poliestere e Prep. Filatura
Trasporto via mare	t km	1,389	0	0	0	0	0
Trasporto via terra	kg km	190,478	71,884	3,5220	11,9397	53,9510	2,0596
Energia Elettrica	kWh	2,203	2,015	0,8436	0,9159	0,2510	0,0045
Metano	l	0,160	0,157	0,1573	0	0	0
Acqua (acquedotto)	kg	0,115	0,012	0,0000	0	0	0,0115
Acqua di Pozzo	kg	2,059	2,059	1,6906	0,3682	0	0
Trattamento Acqua	kg	2,229	2,094	1,7144	0,3682	0	0,0115
Riciclo Fili Acciaio	g	2,614	0,261	0	0	0	0,2614
Riciclo Plastica	g	3,997	0,400	0	0	0	0,3997
Riciclo Carta e Cartone	g	1,461	0,146	0	0	0	0,1461
Filetti di Ferro	g	12,719	0,004	0	0	0	0,0040
PE - Polietilene	g	8,112	0,010	0	0	0	0,0099
Colorante per Lana	g	15,120	14,784	14,7840	0	0	0
Imbibente	g	0,956	0,939	0,9392	0	0	0
Acido Acetico	g	2,390	2,348	2,3480	0	0	0
Acqua addolcita (con soda)	g	3,166	3,111	3,1108	0	0	0
Colorante acrilico	g	2,700	2,700	2,7000	0	0	0
Coni da roccare	g	24,654	24,654	0	0	24,6536	0

Olio macchinari	kg	0,080	0,080	0	0,0795	0	0
Rifiuti di Fibra	g	1,377	1,377	0	0,0151	1,3619	0
Soda per tratt.Acque	g	3,111	3,111	3,1108	0,0000	0,0000	0
Poliestere	kg	0,100	0,100	0	0	0	0,1000
Lana Meccanica	kg	0,020	0,020	0	0	0	0,0200
Lana Meccanica TREG	kg	0,880	0,880	0	0	0	0,8800
Emissioni in ARIA							
COT	mg	9,002	8,844	8,8443	0	0	0
Polveri	mg	182,155	178,956	178,9563	0	0	0
No _x	mg	1209,467	1188,231	1188,2308	0	0	0
Ammoniaca	mg	7,204	7,078	7,0777	0	0	0
Acido Solforico	µm	1059,437	1040,835	1040,8349	0	0	0
Acido Formico	µm	847,550	832,668	832,6679	0	0	0
Acido Acetico	mg	12,501	12,282	12,2819	0	0	0

Tabella 7: Inventario delle emissioni del Filato

Nell’inventario non vengono riportati i due processi che concorrono al conteggio totale dell’utilizzo di risorse ed emissioni perché richiamati da processi precedenti e il programma esegue l’analisi indipendentemente.

Lana meccanica 88% senza tintura => abbiamo ripreso il processo della lana meccanica escludendo il processo di tintura in fiocco allocandolo per l’88%

Lana meccanica 2% già tinta acquistata dall’esterno=> abbiamo ripreso il processo della lana meccanica allocandolo per il 2%

7.3.8 Analisi degli impatti

7.3.8.1 Selezione delle categorie di impatto e dei metodi di calcolo

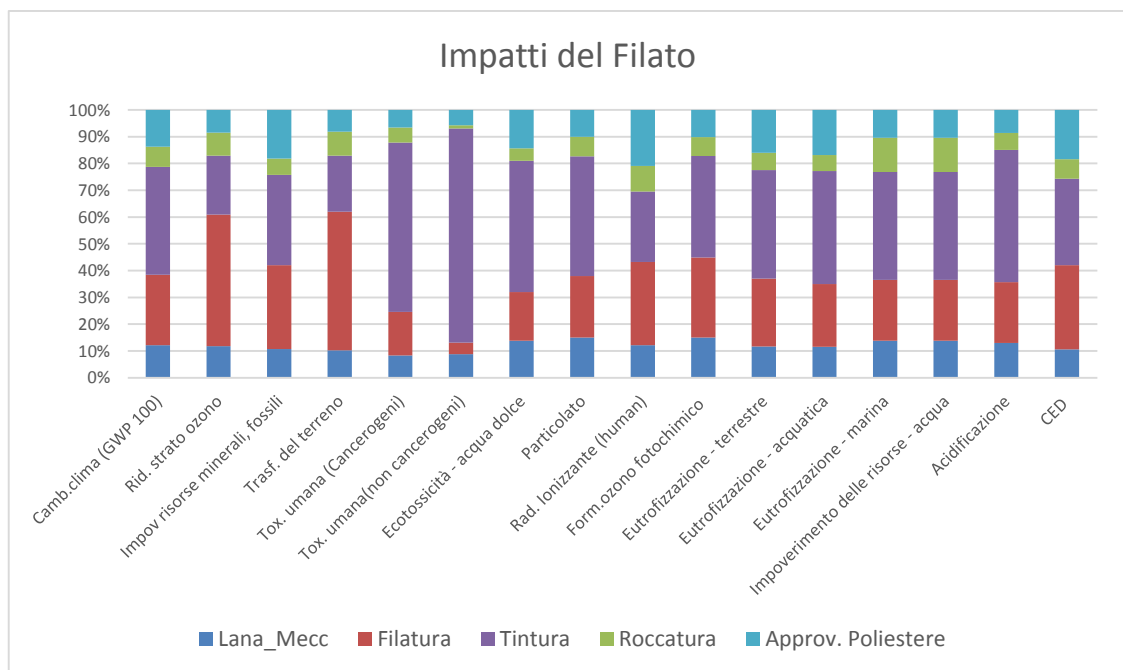


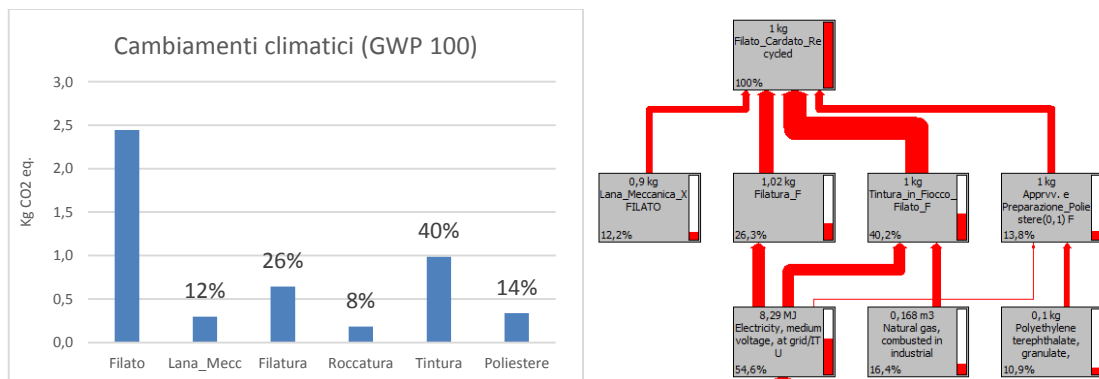
Figura 48: Impatti PEF filatura

Categorie di impatto	di	Metodologia	Indicatore	Filato	Lana_Mecc	Filatura	Roccatura	Tintura	Approv. Poliestere
Cambiamenti climatici (GWP 100)		CML 2001	kg CO ₂ eq	2,45E+00	2,98E-01	6,43E-01	1,84E-01	9,84E-01	3,37E-01
					12%	26%	8%	40%	14%
Riduzione dello strato di ozono		CML 2001	kg CFC-11 eq	1,94E-07	2,30E-08	9,54E-08	1,67E-08	4,28E-08	1,64E-08
					12%	49%	9%	22%	8%
Impoverimento delle risorse – minerali, fossili		CML 2001	kg Sb eq	2,13E-02	2,27E-03	6,68E-03	1,29E-03	7,21E-03	3,88E-03
					11%	31%	6%	34%	18%
Trasformazione del terreno		recipe	m ²	5,97E-04	6,12E-05	3,09E-04	5,40E-05	1,25E-04	4,81E-05
					10%	52%	9%	21%	8%
Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni		USEtox	CTUh	2,05E-10	1,69E-11	3,34E-11	1,14E-11	1,30E-10	1,35E-11
					8%	16%	6%	63%	7%
Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni		USEtox	CTUh	7,37E-10	6,51E-11	3,12E-11	8,77E-12	5,90E-10	4,22E-11
					9%	4%	1%	80%	6%
Ecotossicità - ambiente acquatico acqua dolce		CML 2001	kg 1,4 DB	5,60E-01	7,70E-02	1,02E-01	2,67E-02	2,74E-01	7,99E-02
					14%	18%	5%	49%	14%
Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche		IMPACT 2001	kg PM2.5 eq	1,97E-03	2,96E-04	4,50E-04	1,44E-04	8,81E-04	1,97E-04
					15%	23%	7%	45%	10%
Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana		RECIPE	kg U235 eq	2,64E-01	3,22E-02	8,20E-02	2,52E-02	6,97E-02	5,52E-02
					12%	31%	10%	26%	21%
Formazione di ozono fotochimico		RECIPE	kg NMVOC eq	9,14E-03	1,38E-03	2,73E-03	6,45E-04	3,46E-03	9,31E-04
					15%	30%	7%	38%	10%
Eutrofizzazione – terrestre		TRACI	N eq (mol N eq)	5,95E-03	6,93E-04	1,51E-03	3,81E-04	2,42E-03	9,54E-04
					12%	25%	6%	41%	16%
Eutrofizzazione – acquatica		RECIPE	kg P eq	6,92E-04	7,98E-05	1,62E-04	4,09E-05	2,93E-04	1,17E-04
					12%	23%	6%	42%	17%
Eutrofizzazione – marina		RECIPE	kg N eq	4,59E-04	6,34E-05	1,04E-04	5,87E-05	1,85E-04	4,75E-05
					14%	23%	13%	40%	10%
Impoverimento delle risorse – acqua		recipe	m ³ (m ³ water eq)	4,59E-04	6,34E-05	1,04E-04	5,87E-05	1,85E-04	4,75E-05
					14%	23%	13%	40%	10%
Acidificazione		TRACI 2	molc H+ eq	7,64E-01	9,88E-02	1,74E-01	4,78E-02	3,78E-01	6,60E-02
					13%	23%	6%	49%	9%
CED – Cumulative Energy Demand		ced	MJ	4,97E+01	5,26E+00	1,56E+01	3,67E+00	1,60E+01	9,12E+00
					11%	31%	7%	32%	18%

7.3.9 interpretazione dei risultati e calcolo degli indici

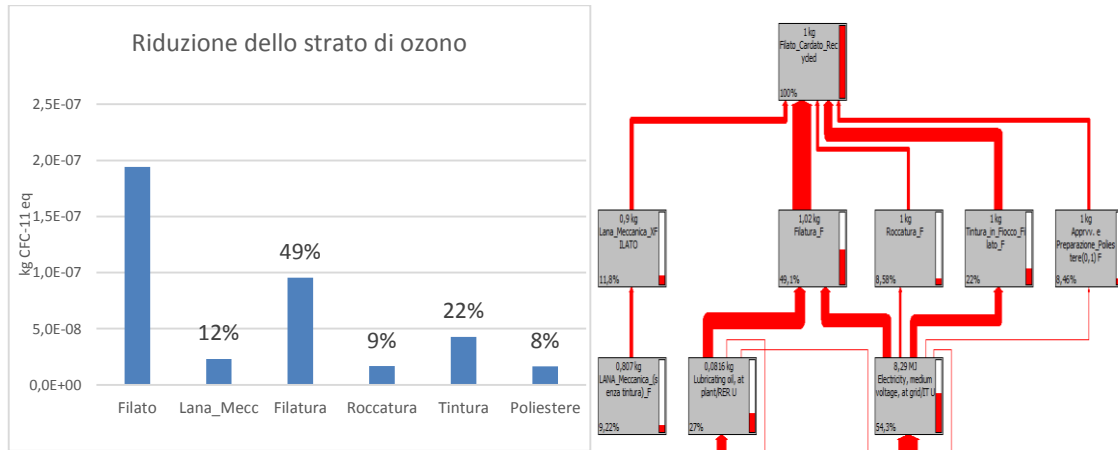
Nei grafici sono indicati i 5 processi che partecipano alla creazione del filato: Lana meccanica, tintura, filatura e roccatura e approvvigionamento del poliestere. Come abbiamo specificato durante la descrizione del processo, la lana meccanizzata partecipa agli impatti con le operazioni di approvvigionamento dei ritagli, preparazione di questi e stracciatura, in quanto la fase di tintura è stata calcolata insieme alle fibre di poliestere e quindi possiede una fase indipendente. Sulla destra è riportato il diagramma ad albero che riconduce all'analisi dei processi che scaturiscono dagli impatti principali.

Cambiamenti del clima



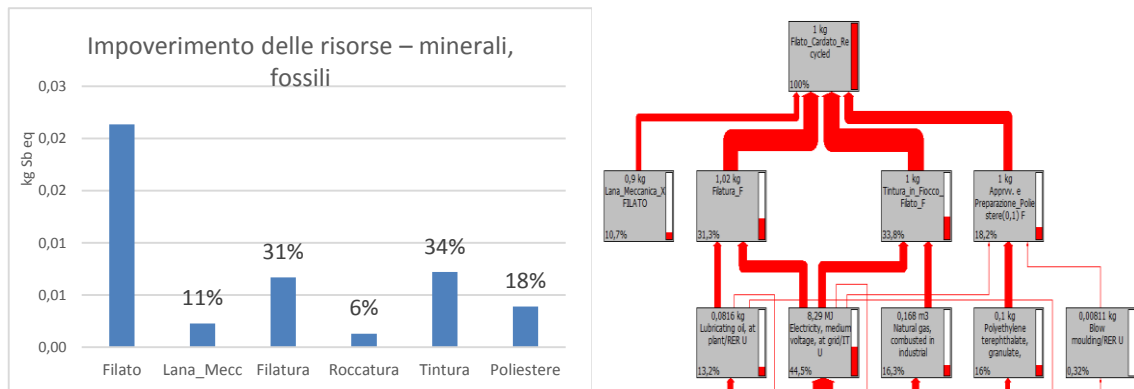
Analizzando l'indicatore sul cambiamento del clima possiamo notare come tutti i processi della creazione del filato partecipino alla categoria d'impatto. Il processo che ha un impatto maggiore è quello riguardante la tintura, con il 40% dell'impatto totale, successivamente troviamo la filatura (26%), il processo di approvvigionamento del poliestere (14%), il processo della lana riciclata (12%) e la roccatura (8%). I fattori che contribuiscono maggiormente agli impatti della tintura sono l'approvvigionamento e il consumo dell'energia elettrica (circa il 25%) e del metano (16,4%) mentre si registrano solo impatti derivanti dall'energia elettrica (26%) per ciò che riguarda l'operazione di filatura.

Riduzione dello strato di ozono



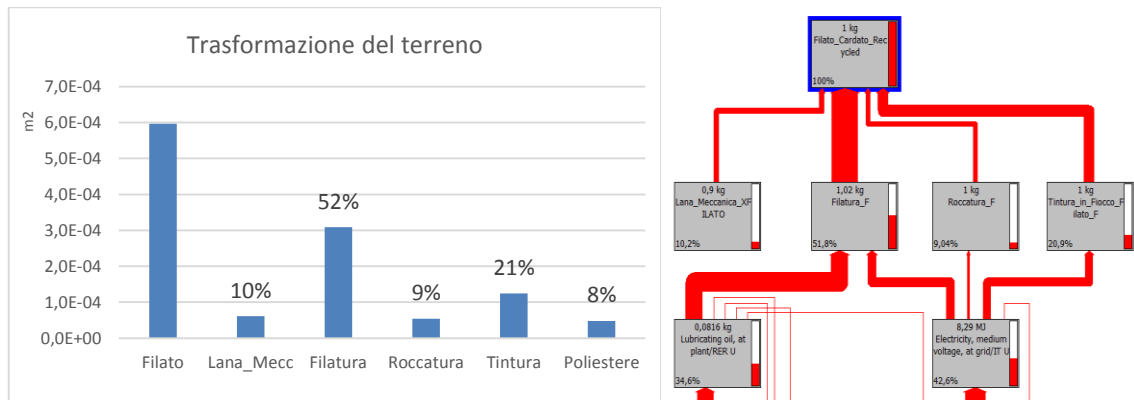
Osservando l'indicatore della riduzione dello strato di ozono, possiamo notare come la filatura sia il processo che maggiormente impatta ai fini della categoria d'analisi. La filatura contribuisce per 49% degli impatti della categoria, successivamente abbiamo la lavorazione della tintura con il 22%, il processo della lana meccanica 12%, la roccatura con il 9% e il processo di approvvigionamento del poliestere con l'8%. La filatura possiede il maggiore contributo d'impatto dovuto alle operazioni di approvvigionamento e consumo di energia elettrica (circa il 20%) e di uso di olio per la lubrificazione (27%). Il processo di tintura deve i suoi impatti per questa categoria solamente al consumo di energia elettrica.

Impoverimento delle risorse (fossili, minerarie)



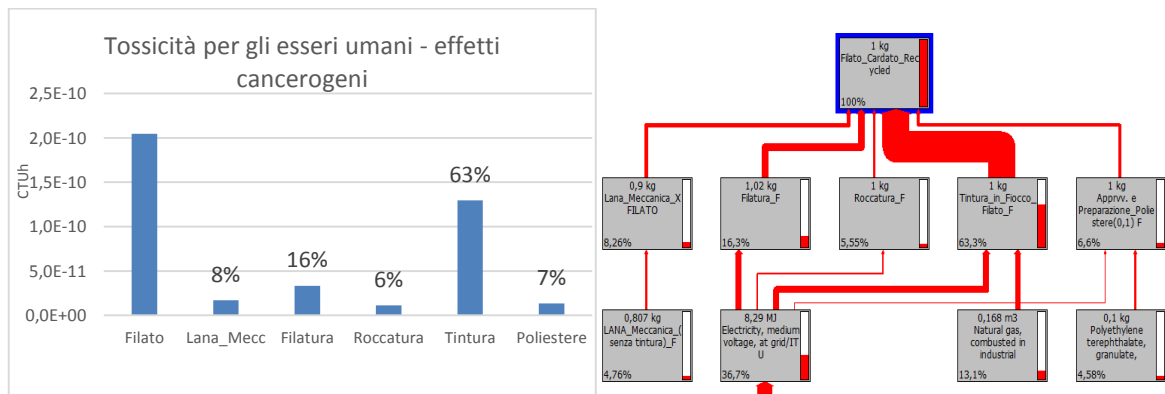
Analizzando l'indicatore dell'impoverimento delle risorse, notiamo che, il processo di tintura contribuisce per il 34% del totale degli impatti, il processo di filatura per il 31% e, in quantitativi minori troviamo gli altri tre processi dello studio da noi preso in esame. Le lavorazioni che impattano maggiormente nel processo di tintura sono derivate dal consumo dell'energia elettrica e metano; nella lavorazione della filatura i processi che impattano maggiormente sono i consumi di energia elettrica e l'uso di olio per la lubrificazione.

Trasformazione del terreno



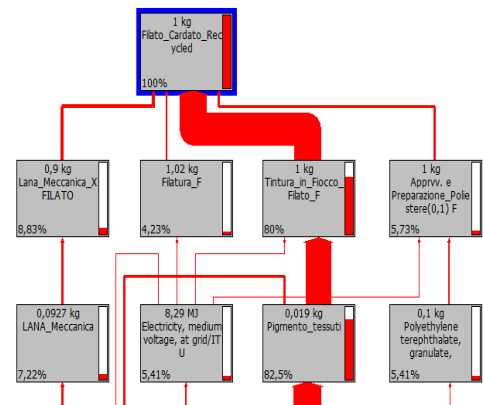
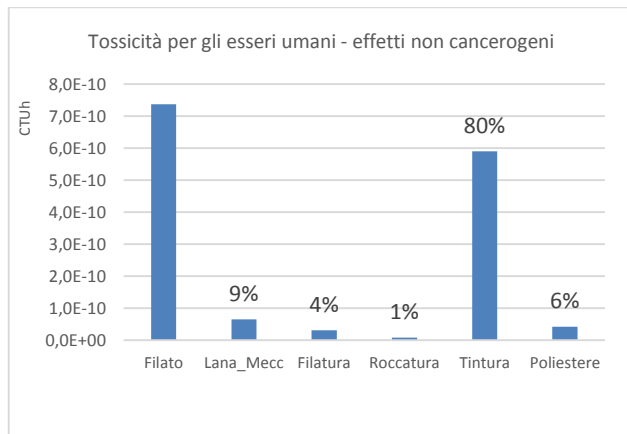
Analizzando gli impatti della categoria riguardante la trasformazione del terreno, possiamo osservare come il processo di filatura è il processo che ha un impatto maggiore rispetto alle altre lavorazioni prese in esame nel nostro studio; successivamente troviamo la tintura che impatta per il 21% e gli altri processi che impattano per quantitativi minori. Gli impatti del processo di filatura sono derivanti dalle operazioni di uso di oli lubrificanti per il 34% e il consumo dell’energia elettrica per circa il 20%. Gli impatti del processo di tintura sono dovuti al consumo e l’approvvigionamento dell’energia elettrica.

Tossicità umana, effetti cancerogeni



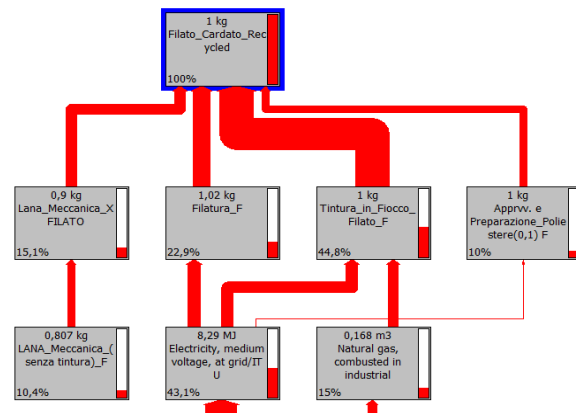
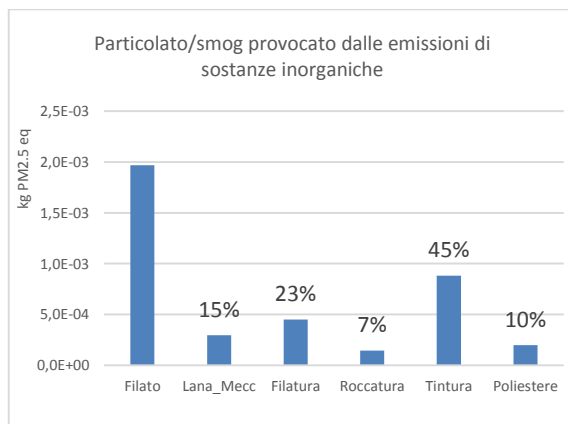
Osservando l’indice della tossicità umana che tiene conto degli effetti cancerogeni si osserva che il contributo maggiore alla categoria d’impatto è dato dal processo della tintura (63%). Il contributo degli elementi inquinanti di questo processo deriva dal consumo di energia elettrica e di metano.

Tossicità umana, effetti non cancerogeni



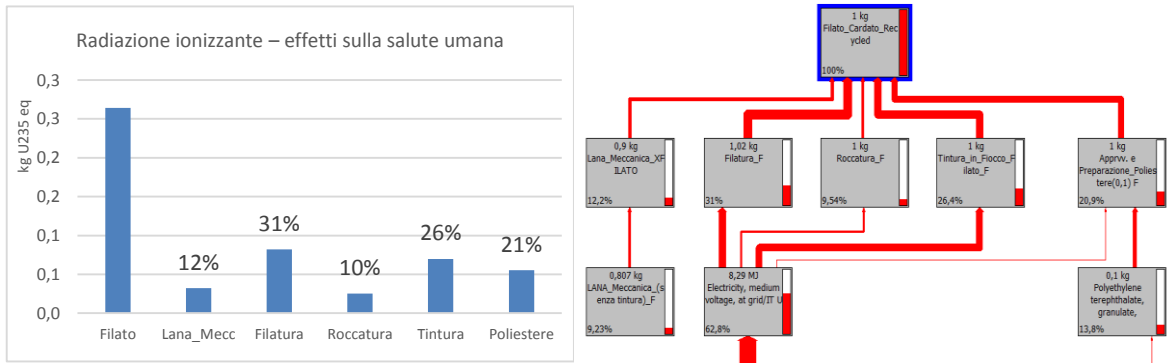
Osservando il grafico della categoria d'impatto, si nota come la tintura (80%) sia il processo che contribuisce maggiormente all'indicatore ambientale. Le lavorazioni che contribuiscono in maniera più significativa all'impatto del processo di tintura derivano dall'uso di pigmenti per la colorazione delle fibre le quali sono composte da elementi chimici.

Smog provocato da sostanze inorganiche



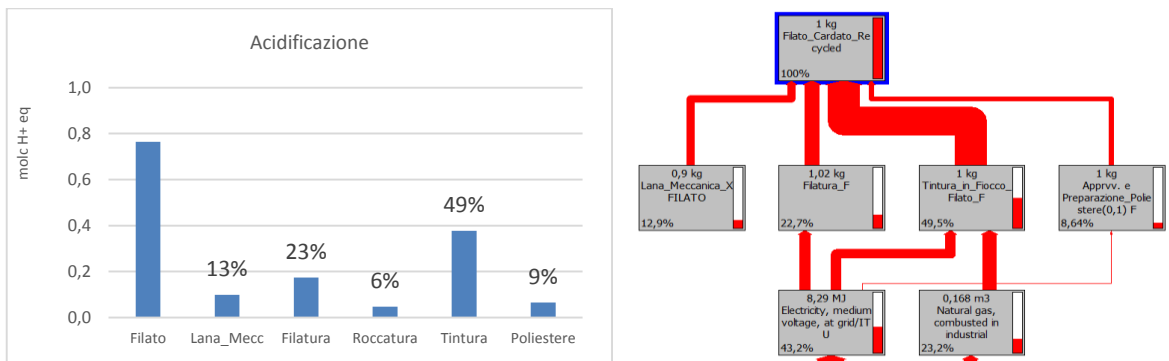
Analizzando l'indicatore dello smog, provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche, possiamo osservare come la tintura sia il processo che più impatta per questa categoria, con il 45% degli impatti totali. A seguire la filatura impatta per il 23%, il processo di lana meccanica per il 15%, il processo di approvvigionamento di poliestere per il 10% ed infine la roccatura per il 7%. Gli impatti, per il processo di tintura, provengono prevalentemente dall'approvvigionamento e dall'uso dell'energia elettrica e termica.

Radiazione ionizzante



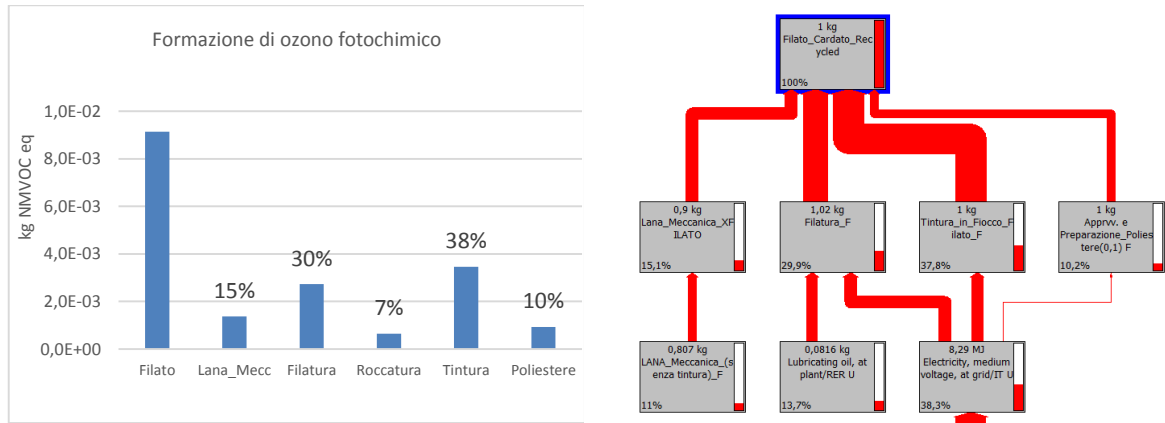
Il grafico mostra come tutti i processi partecipano in maniera significativa alla categoria d’impatto. Gli impatti della filatura (31%), della tintura con il (26%) e della roccatura (10%) sono dovuti principalmente al consumo di energia elettrica. Le rimanenti lavorazioni della lana meccanica e del poliestere generano un significativo impatto, derivante dall’approvvigionamento della materia prima.

Acidificazione



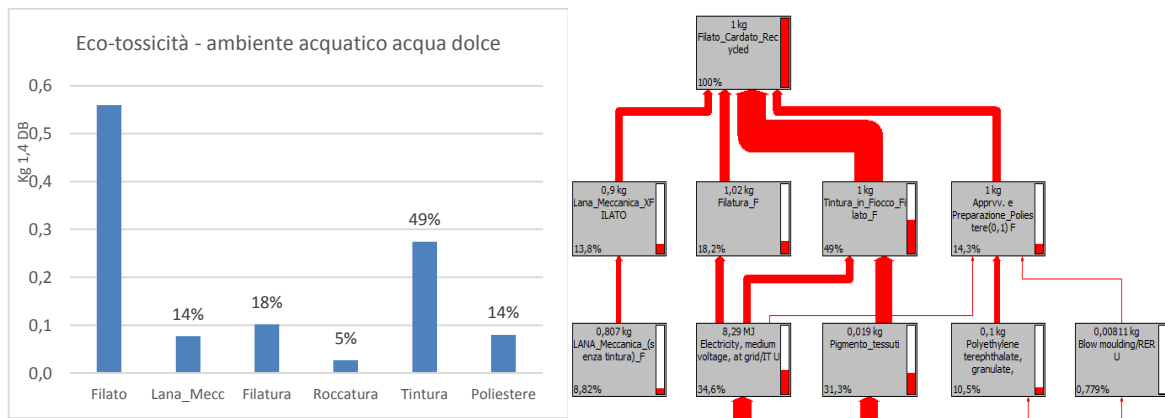
Osservando il grafico dell’indicatore dell’acidificazione terrestre, possiamo notare come il processo che impatta maggiormente sia il processo di tintura con il 49% degli impatti totali della categoria; a seguire notiamo gli impatti della filatura (23%), lavorazione della lana meccanica (13%), approvvigionamento del poliestere (9%) e la roccatura (6%). Le lavorazioni che maggiormente contribuiscono agli impatti della categoria della filatura e della tintura riguardano il processo di approvvigionamento e consumo dell’energia elettrica e termica.

Formazione di ozono fotochimico



Andando ad analizzare l'indicatore della formazione dell'ozono fotochimico possiamo notare come il processo di tintura impatti al 38%, il processo di filatura impatti al 30%, il processo della lana meccanica impatti al 15%, l'approvvigionamento del poliestere impatti al 10% ed infine la roccatura, con un impatto pari al 7%. La tintura quindi è il processo che contribuisce maggiormente alla categoria qui presa in esame, ed i suoi impatti derivano sostanzialmente dall'approvvigionamento e consumo di energia elettrica; il secondo processo che contribuisce alla categoria d'impatto è la filatura ed riscontra nel consumo di energia elettrica e nell'uso di olio per la lubrificazione i suoi processi più inquinanti per la categoria.

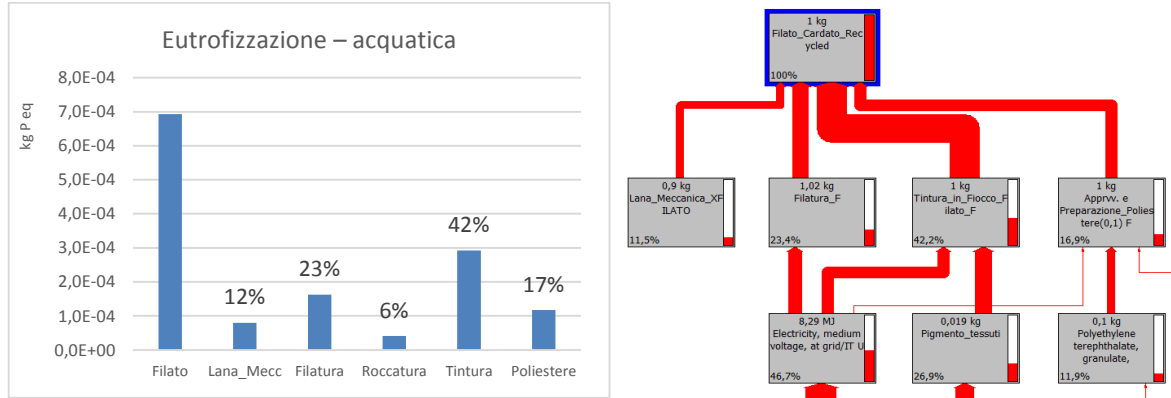
Eco-tossicità acqua dolce



Osservando l'indice dell'eco-tossicità riferito alle acque dolci, possiamo notare come il processo di tintura sia l'operazione che maggiormente contribuisce alla categoria d'impatto con il 49%, rispetto agli altri processi. Questi impatti sono dovuti principalmente all'utilizzo di pigmenti per la colorazione delle fibre (31%) e al consumo di energia elettrica (18%). Un altro procedimento che contribuisce alla categoria d'impatto è il

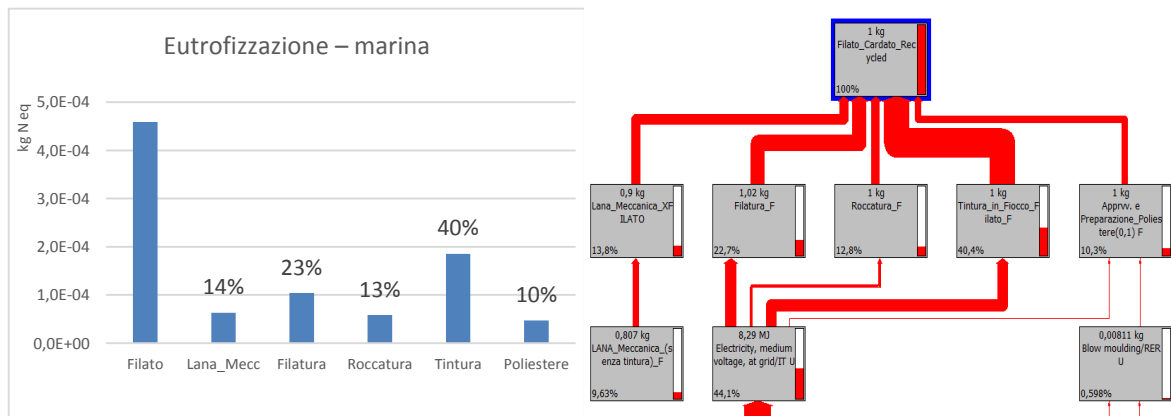
processo di filatura; i suoi contributi sono dati principalmente dall'uso di energia elettrica e dall'uso di olio per la lubrificazione.

Eutrofizzazione Acquatica



Osservando l'indice di eutrofizzazione delle acque possiamo notare come i processi che contribuiscono in maniera più elevata alla categoria d'impatto sono la tintura (42%) e la filatura (23%); gli altri processi danno un contributo minore come l'approvvigionamento del poliestere (17%), la lana meccanica (12%) e la roccatura (6%). Il processo di tintura possiede, nell'uso di pigmenti per i tessuti e nell'uso di energia elettrica, le lavorazioni che impattano maggiormente. L'operazione di filatura, invece, ha nell'approvvigionamento e uso dell'energia elettrica i suoi impatti maggiori.

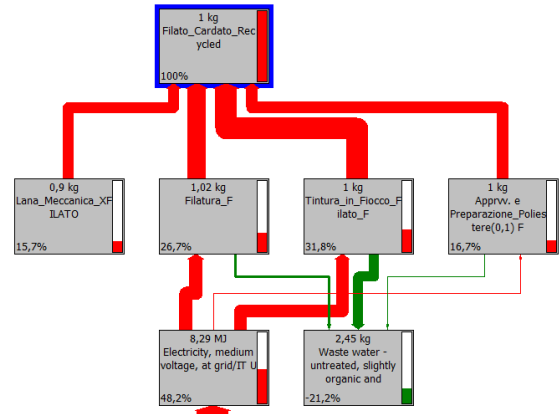
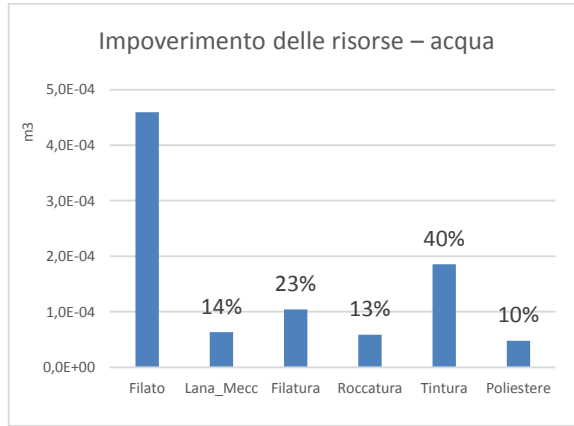
Eutrofizzazione marina



Osservando l'indice dell'eutrofizzazione marina notiamo come tutte le operazioni del nostro studio contribuiscono con un impatto significativo alla categoria in analisi. Il processo di tintura ha l'impatto maggiore con il (40%), seguono gli altri processi della filatura (23%), della lana meccanica (14%), della roccatura (13%) e dell'approvvigionamento del poliestere (10%). In tutte le categorie l'approvvigionamento

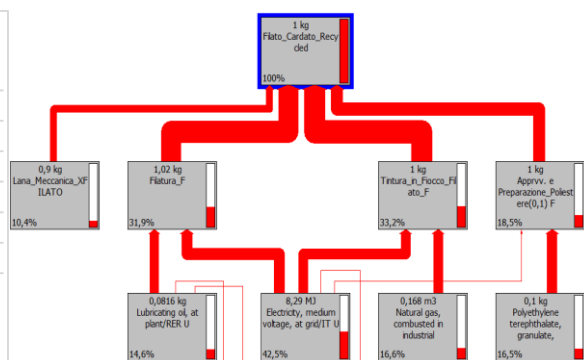
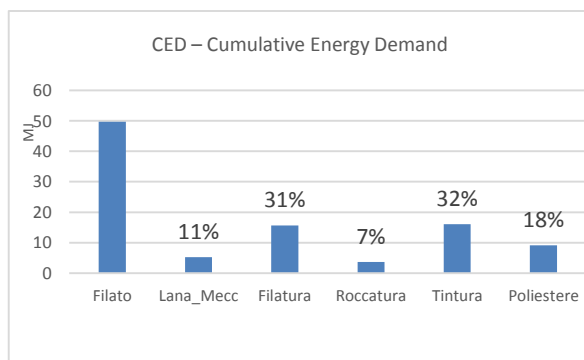
e l'uso dell'energia elettrica ha un ruolo fondamentale nel contribuire agli impatti; infatti i processi di tintura, roccatura e filatura hanno un considerevole dispendio energetico.

Impoverimento delle risorse acquatiche



Osservando l'indicatore dell'impoverimento delle risorse acquatiche possiamo notare come la tintura e la filatura sono i due processi che maggiormente incidono su questa categoria d'impatto rispettivamente con il 40% e 23%. I loro impatti derivano principalmente dall'approvvigionamento e uso dell'energia elettrica. Per il processo di tintura evidenzia un impatto significativo anche lo smaltimento delle acque contenenti i coloranti; detto processo è marcato in verde all'interno del diagramma ad albero sopra riportato, in quanto il processo di trattamento delle acque evita che un prodotto inquinante si riversi direttamente nell'ambiente, riducendo così l'impatto con l'ecosistema e rendendo l'acqua ancora utilizzabile per altri scopi.

CED, Cumulative Energy Demand



L'indicatore rapporta l'utilizzo di energia nel nostro caso di studio; notiamo che ogni lavorazione partecipa in modo non trascurabile alla categoria d'impatto. Possiamo osservare come la tintura e la filatura impattino maggiormente su questo indicatore con il 32% e 31%; gli altri processi hanno un impatto del 18% per l'approvvigionamento del

poliestere, un impatto del 11% per la lana meccanica e per un 7% per processo di ella roccatura. I consistenti impatti della lavorazione di tintura e di filatura sono dati da un utilizzo consistente di energia elettrica; per il processo di tintura abbiamo inoltre un consistente consumo di gas metano. Gli impatti del processo di filatura provengono sia dal consumo di energia elettrica che dal quello di olio per la lubrificazione.

Valutazione ulteriore con indicatore endpoint

Abbiamo usato l'indicatore Ecoindicator, indicatore endpoint, per ottenere un valore sull'impatto totale del processo ai fini ambientali. È stata considerata la prospettiva culturale individualista.

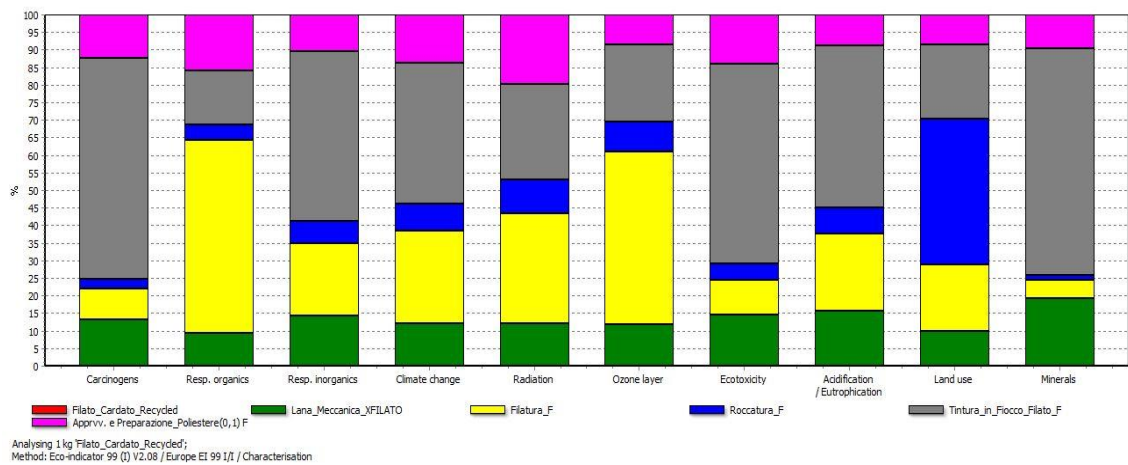


Figura 49: Ecoindicator 99 (I) caratterizzazione degli impatti

Come possiamo vedere dal metodo di analisi Ecoindicator, il processo che impatta maggiormente ai fini ambientali è il processo di tintura, seguito dal processo di filatura. Sono processi che maggiormente utilizzano risorse come l'energia elettrica e l'acqua oltre a smaltire acque reflue.

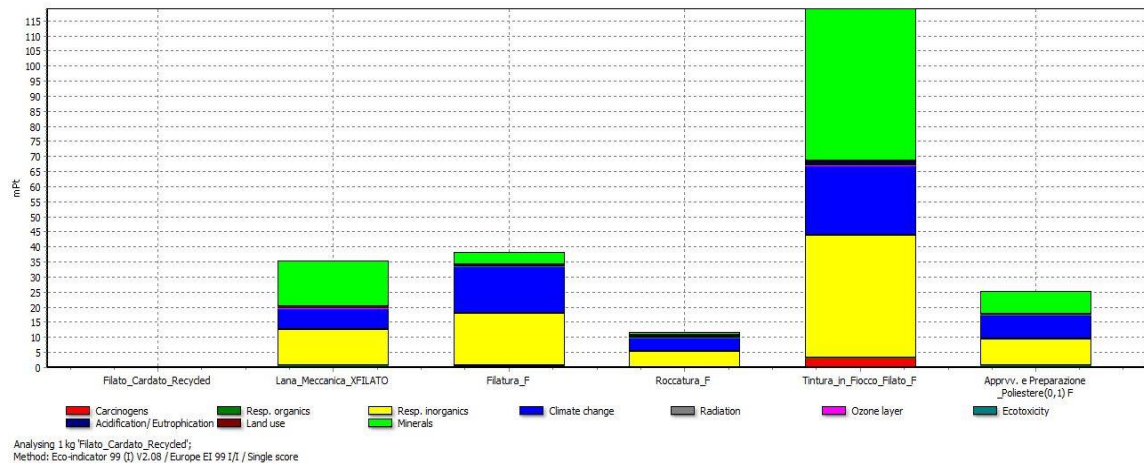


Figura 50: Ecoindicator 99 single score impact

Nel grafico in Figura 50 possiamo osservare gli impatti raggruppati per processi. Notiamo come la tintura rappresenti il numero maggiore di impatti ambientali. Le risorse ambientali in prevalenza colpite sono identificate con l'uso di risorse minerali, il cambiamento del clima e l'inquinamento dell'atmosfera con soste inorganiche inquinanti.

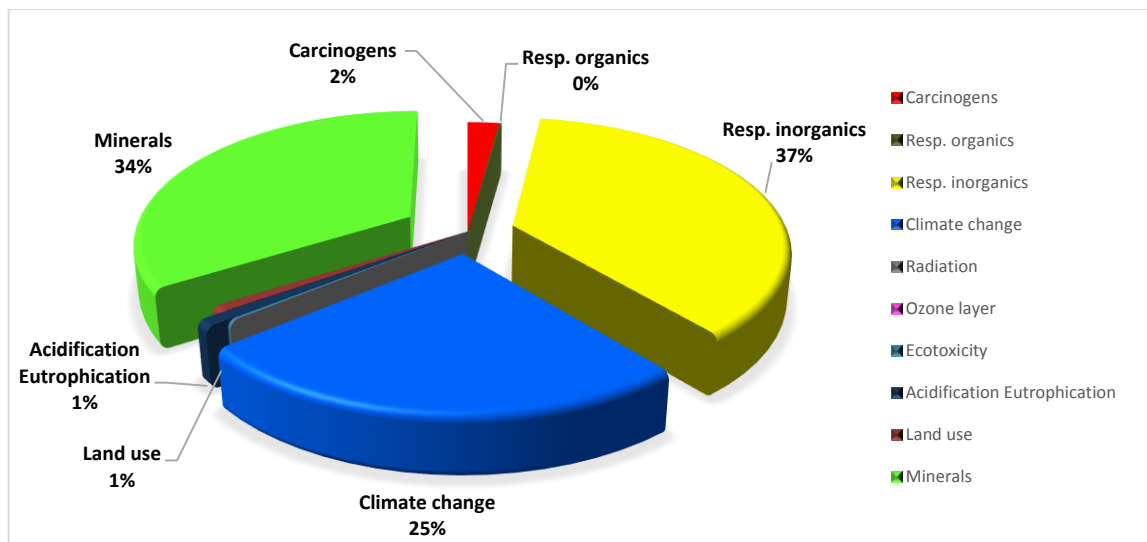


Figura 51: Impact Category Ecoindicator 99

Nella Figura 52: sono rappresentati gli impatti analizzati singolarmente i quali andranno a comporre il “single point eco-indicator score”. Come possiamo osservare gli impatti ambientali del nostro studio di creazione del filato sono: sostanze inorganiche nocive all'aria per un 37% del totale, l'uso di risorse minerali per il 34%, il cambiamento del clima per il 25% e sostanze cancerogene per il 2%. Questi impatti, come in precedenza, sono dovuti all'alto uso di energia sia elettrica che termica durante i processi della realizzazione del filato; e da sostanze cancerogene, anche se in quantità minore, le quali derivano dai processi di approvvigionamento dell'energia e dai prodotti utilizzati nella tintura. Rispetto alla creazione della lana meccanica, in questo processo possiamo notare come gli impatti dell'energia elettrica e termica sono stati più rilevanti a confronto dello studio precedente, e sono dati da ulteriori processi che utilizzano queste risorse. Possiamo notare inoltre, come sono aumentate le emissioni di sostanze inorganiche nell'aria e come sono mantenute con una percentuale sempre rilevante anche le categorie dell'uso delle risorse minerarie e il cambiamento del clima proprio a significare che i consumi di energia elettrica hanno un impatto notevole, avendo in più operazioni come la filatura e la roccatura che risultano essere molto energivore.

Il processo di tintura non ha modificato le sue categorie d'impatto e rispetto alla totalità degli impatti gli effetti cancerogeni sono diminuite passando al 2% del totale.

single point eco-indicator score (Filato)= 0.230

Total	Lana_Meccanica (senza tintura)	Filatura	Roccatatura	Tintura	Approvv. & Preparazione Poliestere
0,230	0,035	0,039	0,012	0,119	0,025

Aree di miglioramento

Indubbiamente un intervento atto a migliorare le prestazioni ambientali del processo di creazione del filato deve seguire una direzione che permetta di rendere più efficienti le operazioni di tintura e filatura, che hanno mostrato maggiori impatti rispetto a tutti gli altri processi. Queste lavorazioni sono caratterizzate da un notevole consumo di energia, creando per la maggior parte impatti nelle risorse minerarie, emissioni in atmosfera e cambiamento del clima, e dall'impiego di pigmenti che aumentano il livello di inquinamento all'interno delle categorie ambientali riferite alle acque.

Per ridurre l'inquinamento del processo di tintura, i pigmenti, come abbiamo detto in precedenza, potrebbero essere sostituiti con altri coloranti aventi un minore impatto ambientale.

Per un miglioramento dei processi di filatura una soluzione plausibile consisterebbe nella diminuzione dell'uso di oli lubrificanti, così da diminuire le categorie come la riduzione dello strato di ozono, trasformazione del terreno e le risorse minerarie e fossili.

Nel processo di filatura e tintura si rileva un notevole consumo di energie elettrica e anche in questo caso potrebbe svolgersi uno studio sull'approvvigionamento energetico e una valutazione degli impianti derivanti dall'utilizzo di energie rinnovabili.

Valutazione sull'uso di energia elettrica alternativa

In entrambi gli studi abbiamo potuto osservare come l'uso di energia elettrica fosse al primo posto negli impatti ambientali in quasi in tutte le categorie studiate. Un miglioramento del processo potrebbe essere svolto mediante una valutazione riguardante l'utilizzo di energie rinnovabili, in quanto il mix energetico, utilizzato per lo studio in analisi derivava da dati che utilizzano per la maggior parte processi per la creazione dell'energia elettrica provenienti da risorse minerarie e fossili rapportate alla situazione italiana. Le energie rinnovabili a disposizione potrebbero diminuire gli impatti derivanti dalla totalità di questi processi a monte e riuscire ad abbassare l'impatto ambientale prodotto.

- *Fotovoltaico*: utilizzo di pannelli solari all'interno dell'azienda o utilizzo di un mix energetico che comprenda l'energia solare da parte del fornitore di energia elettrica;
- *Geotermico*: utilizzo del mix energetico che comprende l'energia geotermica da parte del fornitore di energia elettrica;
- *Eolico*: utilizzo del mix energetico che comprenda l'energia eolica da parte del fornitore di energia elettrica;
- *Biomasse*: utilizzo del mix energetico che comprenda l'energia derivante dalle biomasse da parte del fornitore di energia elettrica;

Approvvigionamento energia elettrica tramite fotovoltaico

L'azienda potrebbe installare una fonte di energia rinnovabile data dall'energia solare. Questa ipotesi porterebbe a considerare un mix di fornitura energetica data sia dall'impianto fotovoltaico che dal tradizionale processo di approvvigionamento dell'energia elettrica. Per formulare un'ipotesi di possibile configurazione, abbiamo scelto di considerare la nuova configurazione aziendale come un mix del 50% fotovoltaico e 50% energia elettrica tradizionale. Tramite il programma SimaPro è stato possibile comparare i due processi e elaborare una valutazione ambientale della nuova ipotetica configurazione dell'approvvigionamento energetico.

Analisi di comparazione su di un kWh di energia prodotta:

Electricity, production mix photovoltaic, at plant/IT U	0,5 kWh
Electricity, medium voltage, at grid/IT U	0,5 kWh
	TOT: 1 kWh

Electricity, medium voltage, at grid/IT U	1 kWh
Electricity, production mix photovoltaic, at plant/IT U	1 kWh

Analisi degli impatti con Eco-Indicator 99 (I):

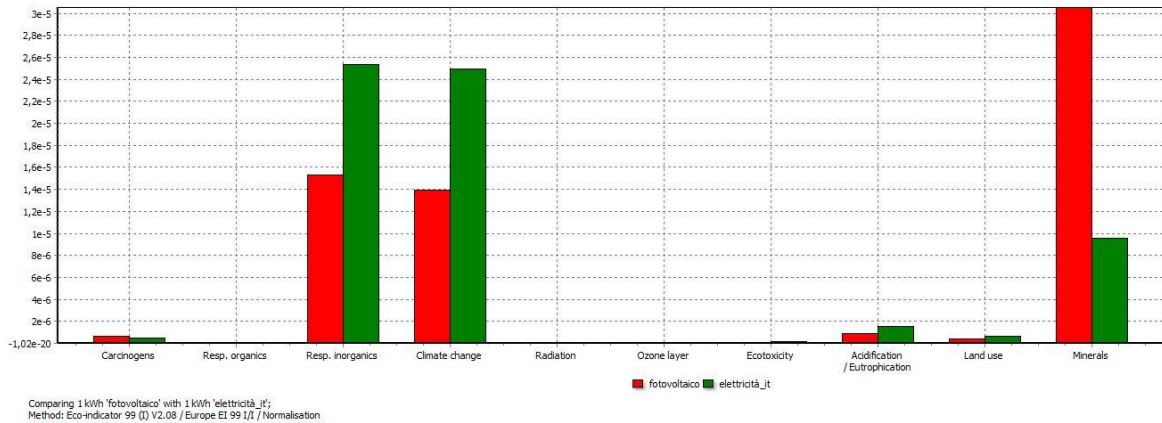


Figura 52: Eco-indicator 99 (I) fotovoltaico, energia elettrica

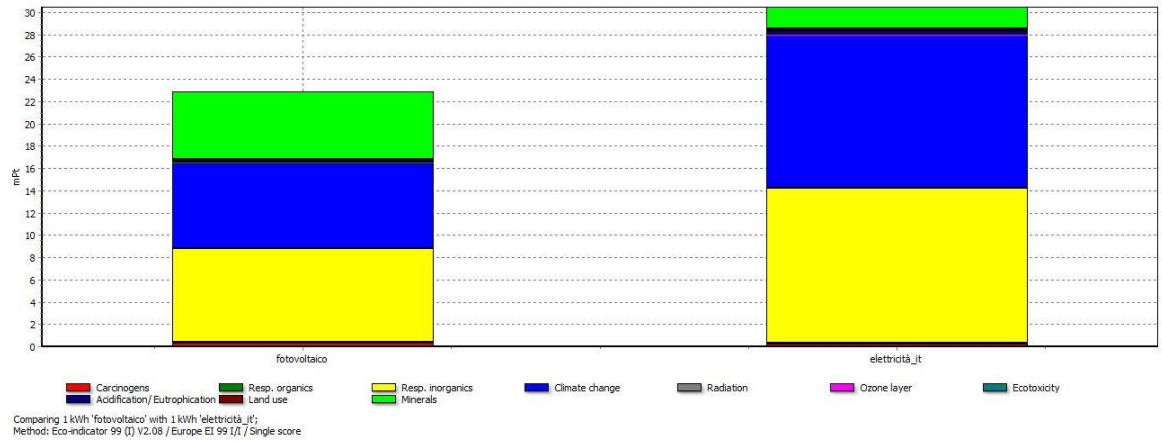


Figura 53: Eco-indicator 99 (I) fotovoltaico, energia elettrica single score

single point eco-indicator score (mix fotovoltaico 50% “1kWh”)= 0.0229

single point eco-indicator score (En.elettrica “1kWh”)= 0.0304

Dall’analisi possiamo notare come un impianto fotovoltaico abbiamo un minore impatto ambientale in termini generali, come ci mostrano i single point eco-indicator. Si osserva tuttavia che, non in tutte le categorie d’impatto, l’energia prodotta dall’impianto fotovoltaico possiede un impatto minore, infatti come è possibile osservare dal grafico, nella categoria dell’uso delle risorse minerali e combustibili fossili si nota come l’impatto fotovoltaico sia maggiore quasi del 80%, la stessa cosa avviene anche se in percentuale minore nella categoria delle sostanze tossiche cancerogene per l’uomo, dove il fotovoltaico impatta circa del 30% in più. Questo è dato dal fatto che la cella fotovoltaica è composta da

materiali che contribuiscono in modo significativo all’impoverimento delle risorse e contribuiscono inoltre, anche se in piccola parte, alla tossicità umana, considerando la difficoltà nello smaltimento a fine vita di questi prodotto. Da valutare anche l’impatto economico di tale impianto che non tutte le aziende, soprattutto quelle di piccole dimensioni, possono intraprendere in quanto investimento oneroso.

Approvvigionamento energia elettrica tramite mix energetico rinnovabile

Un'altra opportunità di riflessione potrebbe essere valutata evitando l’investimento oneroso dei pannelli solari e considerare l’approvvigionamento di energia elettrica direttamente da un gestore che utilizzi prevalentemente fonti rinnovabili e non un mix produzione dell’energia elettrica che utilizza prevalentemente combustibili fossili.

Abbiamo utilizzato SimaPro per comparare gli impatti ambientali di due mix energetici: il primo composto da energia elettrica tradizionale, e il secondo composto dal 20% di energia idroelettrica, 20% energia fotovoltaica, 20% energia derivante processi di biomassa, 20% energia eolica, e il 20% derivante da processi di creazione di energia tradizionali.

Comparazione SimaPro:

Electricity, biomass, at power plant/US	0,25 kWh
Electricity, hydropower, at run-of-river power plant/RER U	0,25 kWh
Electricity, production mix fotovoltaic, at plant/IT U	0,25 kWh
Electricity, at wind power plant/RER U	0,25 kWh
TOT: 1 kWh	

Electricity, medium voltage, at grid/IT U	1 kWh
---	-------

Analisi con metodologia Eco-indicator 99 (I)

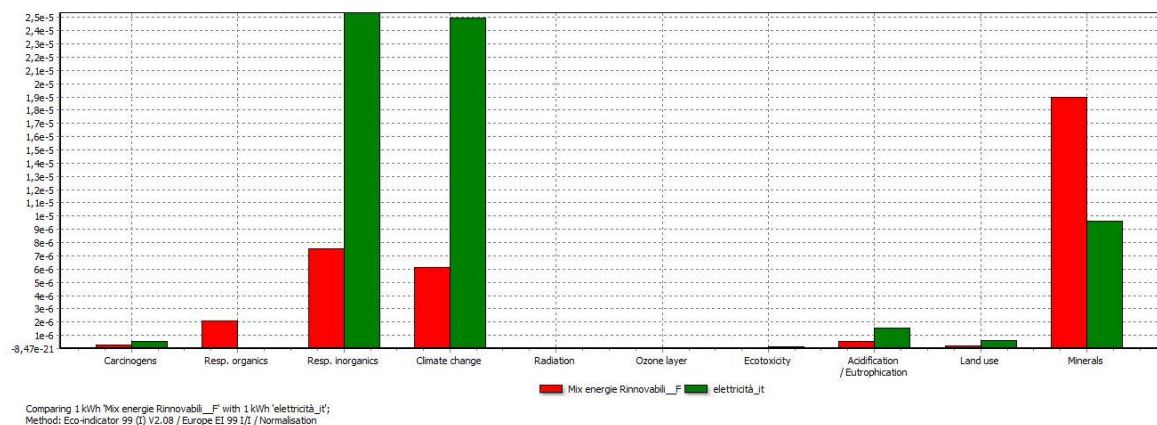


Figura 54: Mix En.Rinnovabili e Mix En.Elettrica tradizionale

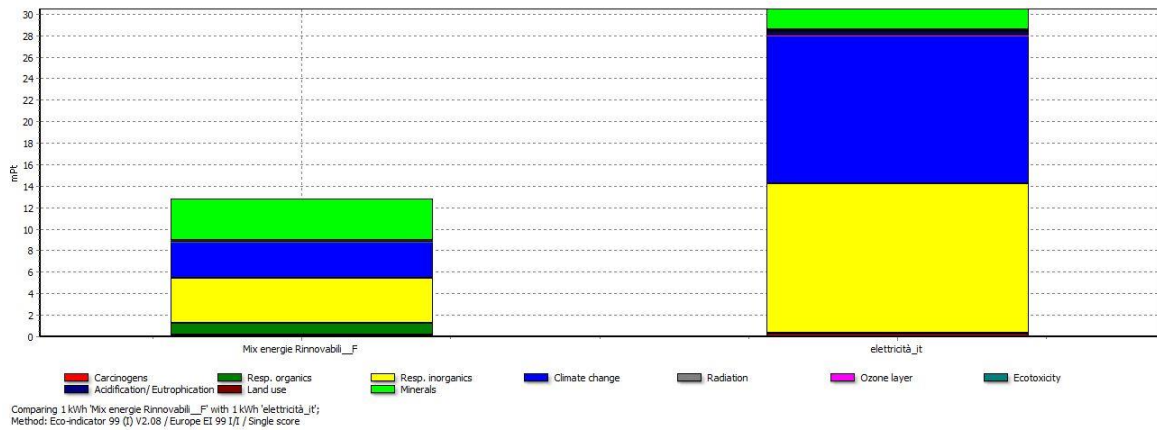


Figura 51: Mix En. Rinnovabili e Mix En. Elettrica tradizionale single score

single point eco-indicator score (mix rinnovabile 1kwh)= 0.0127

single point eco-indicator score (En.elettrica 1Kwh)= 0.0305

Come possiamo osservare dall'analisi fatta, il mix composto da energie rinnovabili apporta un minore impatto ambientale. Analizzando il single point eco-indicator score possiamo vedere come quello del mix rinnovabile risulti essere molto minore.

Dalla Figura 54 è altresì possibile notare come, anche in questa nuova composizione dell'energia, andiamo a ridurre le categorie di emissioni inorganiche e cambiamento del clima.

Aumenta l'uso di risorse minerarie, in quanto, per la produzione di energie rinnovabili, rimane notevole l'apporto di elementi che impattano sull'utilizzo di questo tipo di risorse ma diminuiscono rispetto all'analisi precedente eseguita con impianti fotovoltaici affiancati dall'utilizzo di energia elettrica tradizionale.

Potrebbe essere un ottimo compromesso per la riduzione degli impatti ambientali, ma cambiare la composizione del mix energetico di compagnie ormai radicate comporta una considerevole rivoluzione nel mondo dell'energia.

Bibliografia

- *LinkAnalisi del ciclo di vita LCA : gli strumenti per la progettazione sostenibile di materiali, prodotti e processi*
Gian Luca Baldo, Massimo Marino, Stefano Rossi
Milano : Edizioni Ambiente, [2008]

- *Linkguida alle norme ISO 14000 : i sistemi di gestione ambientale, l'audit ambientale, il labelling, la valutazione del ciclo di vita (LCA), la valutazione delle prestazioni ambientali (EPE), i sistemi integrati di gestione*
Riccardo Borlenghi
Milano : U. Hoepli, [2008]

- *Life cycle assessment (LCA) : a guide to approaches, experiences and information sources*
Allan Astrup Jensen, Kim Christiansen, John Elkington
Agenzia europea dell'ambiente

- *Product Environmental Footprint (PEF) Guide*
European Commission (EC)
Joint Research Centre (JRC)
Institute for Environment and Sustainability (IES)
Authors: Simone Manfredi, Karen Allacker, Kirana Chomkham Sri, Nathan Pelletier, Danielle Maia de Souza
Project Leader and main reviewer: Rana Pant

NORME UNI ISO 14040 : 2006

NORME UNI ISO 14044 : 2006

<http://www.ui.prato.it> (unione industriale pratese)

<http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/mercato-verde/life-cycle-assessment-lca>

<http://www.btc-europe.com>

<http://www.detercolor.com/prodotti.asp>

<http://www.lenntech.it/disinfezione-acqua/disinfettanti-sodio-ipoclorito.htm>

www.wikipedia.it

<http://www.treccani.it/enciclopedia/>

Enciclopedia il milione DeAgostini

http://www.dichep.unige.it/old_site/consulenza_ambientale/lca-fasi.htm

<http://www.comune.prato.it/>

<http://www.regione.toscana.it/statistiche/dati-statistici>

www.provincia.prato.it

Ringraziamenti

Desidero innanzitutto ringraziare l'Ing. Massimiliano Bruschi il quale mi ha accolto nel suo mondo lavorativo facendomi vivere esperienze molto importanti e lo ringrazio anche per l'aiuto e il contributo dato nella stesura di questo elaborato. Ringrazio anche il mio relatore prof.ssa Bonoli Alessandra e le correlatrici Silvia Bamonti e Rosangela Spinelli per le preziose indicazioni e il continuo supporto apportato durante tutto lo svolgimento del lavoro.

Un ringraziamento particolare va a i miei i compagni di studio che hanno condiviso e aiutato questa esperienza universitaria. Un ringraziamento va anche a Beatrice la quale ha avuto un importante ruolo di sostegno durante tutto il periodo di studi e anche nella stesura del progetto. Un ringraziamento va anche a tutti gli amici di una vita che hanno condiviso con me con tutti questi anni.

Per ultimi, ma non per importanza, desidero ringraziare i miei genitori i quali mi sono stati vicini non facendomi mai mancare il sostegno in tutti i miei percorsi di studi; vorrei che questo mio traguardo raggiunto fosse un premio per loro per tutti i sacrifici fatti. Un ringraziamento sentito va anche alla mia sorella Sara che è sempre stata vicina non facendomi mai mancare il sostegno nella vita e nel mio percorso di studi.