

FLUSSI DI MATERIA SU SCALA REGIONALE: IL CASO DELLA REGIONE  
PIEMONTE

Simone CONTU<sup>1</sup>, Marco BAGLIANI<sup>2</sup>

**SOMMARIO**

L'analisi dei flussi di materia (Material Flow Analysis) è una metodologia in grado di fornire un quadro sintetico della quantità di materia che attraversa un determinato sistema socio-economico, permettendo una valutazione del suo livello di sostenibilità. Il presente studio, relativo alla Regione Piemonte, rappresenta uno dei primi casi di applicazione di tale metodologia su scala regionale. I risultati hanno permesso di descrivere le problematiche inerenti la sostenibilità ambientale del caso piemontese, anche confrontando l'andamento dell'economia regionale in rapporto all'economia nazionale, evidenziandone difformità, punti di forza e di debolezza rispetto all'Italia. Il quadro derivante dal confronto fra gli indicatori previsti dalla metodologia è risultato estremamente significativo e ha permesso di apprezzare come anche su scala sub-nazionale l'analisi dei flussi di materia e la costruzione di un bilancio ambientale fisico siano un efficace strumento di analisi e interpretazione della sostenibilità di un sistema territoriale locale.

Lavoro svolto nell'ambito del progetto *Sostenibilità del sistema socio-economico Piemontese: flussi di materia-energia, impatto delle infrastrutture e dell'approvvigionamento energetico* nell'ambito del Bando regionale sulla ricerca scientifica applicata per l'anno 2004

---

<sup>1</sup> IRES Piemonte, via Nizza 18, 10125, Torino, e-mail: [contu@ires.piemonte.it](mailto:contu@ires.piemonte.it)

<sup>2</sup> IRES Piemonte, via Nizza 18, 10125, Torino, e-mail: [bagliani@ires.piemonte.it](mailto:bagliani@ires.piemonte.it)

## 1 Introduzione

Una delle metodologie sviluppate nel corso di questi anni per quantificare gli impatti dell'uomo sull'ambiente circostante e rendere paragonabili conteggi normalmente realizzati dal punto di vista economico con analisi di tipo ambientale è la quantificazione del bilancio di massa di un sistema economico, ottenuta mediante l'approfondimento dei flussi di materia relativi all'economia stessa. La Material Flow Analysis si basa sul principio fisico della Legge di conservazione della massa che si può sintetizzare in questa maniera: *Nulla si crea e nulla si distrugge*, vale a dire che la massa entrante in un sistema si bilancia in maniera esatta con la materia uscente, fatta eccezione per le trasformazioni in energia che in questa trasformazione quantitativa non rappresentano, però, un termine significativo.

Sfruttando tale principio si comprende come, considerando un sistema economico nel suo complesso, le risorse entranti nel sistema devono bilanciarsi in maniera esatta con i prodotti ottenuti e con gli scarti delle produzioni. La Material Flow Analysis quantifica proprio questo tipo di bilancio e ne permette un'attenta analisi attraverso la definizione di opportuni indicatori. Dal punto di vista economico l'analisi che viene effettuata sul sistema è la medesima, e ciò permette, come detto, di affiancare considerazioni di tipo economico a bilanci di carattere ambientale.

Nel presente lavoro se ne descrive l'applicazione alla Regione Piemonte e saranno di seguito mostrati la metodologia seguita ed i risultati ottenuti.

## 2 La Material Flow Analysis: metodologia

La Material Flow Analysis (di seguito: MFA) permette, affiancata ad indicatori di carattere economico come per esempio il calcolo del Prodotto Interno Lordo, di descrivere la struttura di un'economia dal punto di vista prettamente economico e dal punto di vista della sua efficienza ambientale. E' possibile sviluppare tale analisi sia in maniera integrata, cioè quantificando il bilancio nella sua interezza, sia disaggregata, cioè valutando gli input e gli output in maniera separata. Tale differenziazione permette, infatti, di ottenere fotografie diversificate del sistema economico esaminato, concentrandosi maggiormente sulla necessità di materiali per il soddisfacimento della produzione e del consumo interni, oppure sulla produzione di scarti e perdite dal sistema economico, in grado di dare una visione maggiormente precisa dell'impatto sull'ambiente circostante.

La formula che esprime in maniera adeguata il bilancio di massa del sistema si può sintetizzare in:

$$\text{TOT inputs} = \text{TOT outputs} + \text{accumulazione netta}$$

che rappresenta la legge di conservazione della materia prima citata: tutto ciò che entra nel sistema deve essere uguale a tutto quello che esce più l'accumulo di beni durevoli all'interno del sistema stesso.

Possiamo sinteticamente dire che l'analisi del bilancio di massa rappresenta lo studio del metabolismo di un sistema economico, trattato come un organismo necessitante di materia in ingresso per il proprio mantenimento e portato a restituire parte di questa materia all'ambiente stesso, dopo averla sottoposta a modifiche e trasformazioni.

L'analisi dei flussi di materia è divenuta uno strumento particolarmente utile ai fini delle politiche economico/ambientali di un sistema, utilizzabile a differenti gradi di dettaglio e su scale differenti; indicazioni e spinte all'utilizzo di tale metodologia sono arrivate da qualche anno dall'Unione Europea che attraverso una Commissione apposita ed un gruppo di lavoro internazionale ha messo a punto un Manuale di applicazione e alcune sue successive revisioni ed approfondimenti (Eurostat, 2001); scopo di questo manuale è la standardizzazione nell'applicazione della metodologia, in maniera da renderla uno strumento di facile utilizzo ma soprattutto in grado di fornire risultati confrontabili fra loro.

L'applicazione della MFA consente l'analisi della sostenibilità su un medio-lungo periodo, in quanto permette di confrontare la necessità e la richiesta di risorse naturali con quanto l'ambiente naturale è in grado di fornire, e di quantificare gli impatti derivanti dal sistema economico sulla base di quanto l'ambiente naturale è in grado di riassorbire. La stessa quantificazione degli stock accumulati nel sistema economico permette di valutare il potenziale impatto antropico sull'ambiente, in quanto qualsiasi forma di stock si consideri, essa sarà destinata a diventare, prima o dopo, un rifiuto restituito al sistema naturale.

I vantaggi di una quantificazione in massa degli impatti sull'ambiente sono i seguenti:

1. la metodologia, condivisa a livello europeo, consente una definizione molto precisa di tutti i flussi di materia, misurati peraltro avvalendosi di grandezze fisiche molto precisi ed uniformi. In linea di principio, infatti, nell'applicazione del calcolo sono da evitarsi trasformazioni che possano generare dubbi interpretativi o di significato incerto (ISTAT, 2010);
2. vengono descritti esclusivamente fenomeni effettivi, evitando ipotesi e supposizioni soggettive;
3. si ha buona confrontabilità degli indicatori calcolati con concetti e definizioni propri della contabilità economica nazionale.

In definitiva, la contabilità dei flussi di materia applicati ad un sistema economico nel suo complesso permette di ottenere delle informazioni sulle variazioni temporali delle complesse interazioni fisiche fra economia e ambiente, nonché esprimere l'eventuale grado, più o meno elevato, di de-materializzazione del sistema studiato.

## 2.1 Direct Material Flow Balance – Bilancio dei Flussi Materiali Diretti

Lo studio del bilancio di massa complessiva rappresenta lo strumento aggregato per una visualizzazione nel suo complesso dell'intero sistema economico dal punto di vista delle grandezze fisiche. La ricostruzione del bilancio, infatti, permette di quantificare con esattezza le singole voci che lo compongono, permettendo raffronti su ordini di grandezza e proporzioni fra le voci in ingresso, le voci in uscita e gli stock accumulati.

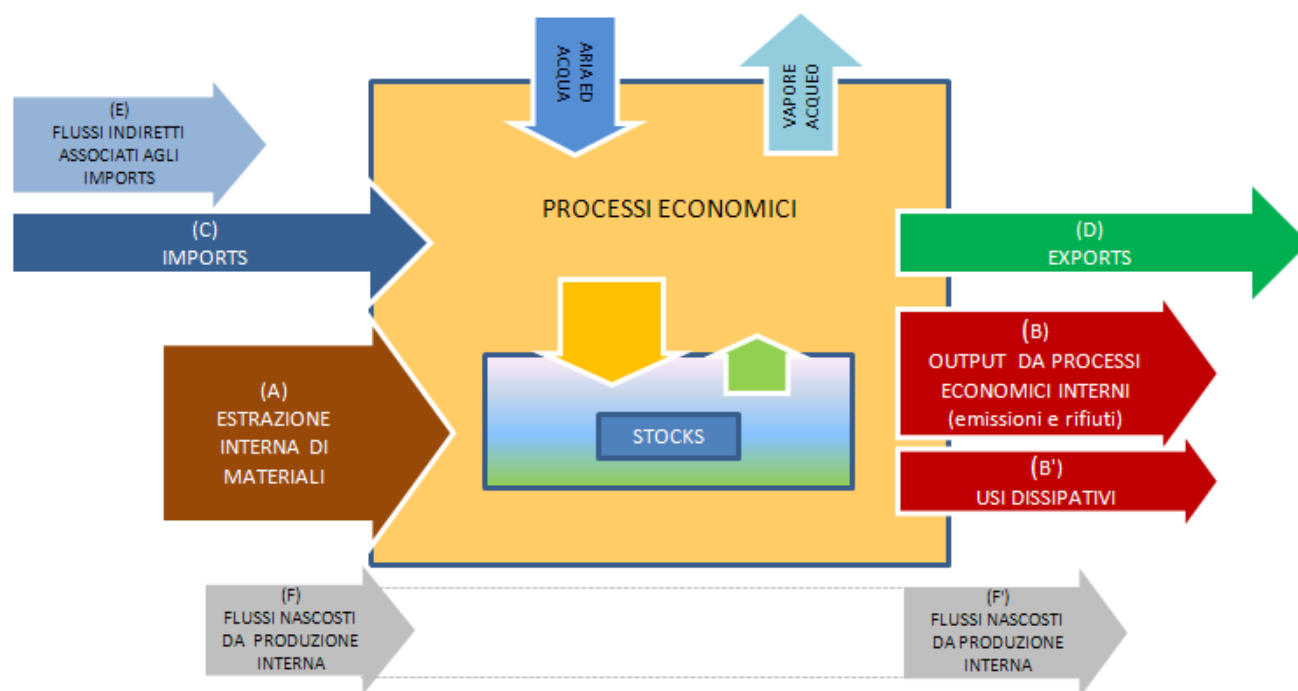


Figura 1 - Schema semplificato del bilancio di massa di un sistema economico (elaborazione IRES Piemonte)

In Figura 1 è riportato lo schema di sintesi di un bilancio di massa complessivo di un sistema economico; come possiamo notare esso si basa sulla quantificazione di alcune voci in ingresso, in uscita e da alcune voci di bilanciamento. Il bilancio di massa permette di ottenere “in cascata” i singoli indicatori, attraverso differenti aggregazioni fra le voci presenti nel completamento del bilancio. La definizione del bilancio di massa globale avviene quantificando i singoli contributi, e rappresenta un insieme di grandezze in equilibrio fra loro in termini di ingressi e uscite che rappresentano la maniera in cui il sistema economico distribuisce al proprio interno o restituisce all'ambiente naturale i materiali in ingresso.

Nella tabella 1 sono riportate le sottocategorie che compongono le macro-voci presentate in Figura 1.

Come si può capire analizzando le voci presenti in tabella, da una prima stima delle risorse direttamente utilizzate si discende per gradi di dettaglio successivi al bilancio di massa definendo i cosiddetti flussi nascosti o inutilizzati e le perdite del sistema: solo in questa

maniera è possibile valutare con precisione il reale impatto ambientale del sistema economico studiato, incorporando le voci non imputabili al sistema stesso (come gli export e i flussi nascosti ad essi relativi).

*Tabella 1 - Bilancio di materiale globale per l'intera economia (escluse acqua e aria di bilanciamento)*

<b>INPUTS</b>		<b>OUTPUTS</b>	
<b>ESTRAZIONE INTERNA</b>		<b>EMISSIONI E RIFIUTI</b>	
Combustibili fossili		Emissioni in aria	
Minerali		Rifiuti in discarica	
Biomassa (agricola e non)		Scarichi idrici	
<b>IMPORT</b>		<b>USI DISSIPATIVI di prodotti e perdite</b>	
		(fertilizzanti, corrosione,...)	
<b>INPUT DI MATERIALE DIRETTO</b>		<b>OUTPUT in natura da PROCESSI INTERNI</b>	
<b>FLUSSI NASCOSTI DA PRODUZIONE INTERNA</b>		<b>SMALTIMENTO FLUSSI NASCOSTI DA PRODUZIONE INTERNA</b>	
Dalle miniere e dalle cave		Dalle miniere e dalle cave	
Dai raccolti di biomassa		Dai raccolti di biomassa	
Dagli scavi sul suolo		Dagli scavi sul suolo	
<b>INPUT DI MATERIALE TOTALE</b>		<b>OUTPUT DOMESTICO TOTALE in natura</b>	
Flussi indiretti associati agli import		<b>EXPORT</b>	
<b>RICHIESTA TOTALE DI MATERIALE</b>		<b>OUTPUT TOTALE DI MATERIALE</b>	
		<b>ACCRESIMENTO DEGLI STOCK</b>	
		Infrastrutture e edifici	
		Altro (macchine, beni durevoli,...)	
		<b>Flussi indiretti associati agli export</b>	

Il bilancio viene effettuato quantificando in grandezze fisiche i materiali considerati; a parte sono anche considerate le voci di bilanciamento, ossia acqua, aria e gas necessari al bilanciamento delle reazioni che avvengono all'interno del sistema stesso (come la respirazione, la fotosintesi o la produzione di vapore residuo).

## 2.2 Gli indicatori di input

Gli indicatori di input esprimono i materiali entranti nel sistema considerato: l'estrazione interna e gli import, a cui vanno aggiunti i flussi nascosti derivanti da produzione interna (materiale movimentato per accedere alle risorse interne ma non entrante nel sistema economico) ed i flussi indiretti collegati agli import (oltre a quanto detto per i flussi nascosti, anche il materiale di scarto derivante dalle lavorazioni necessarie a fornire i materiali in import).

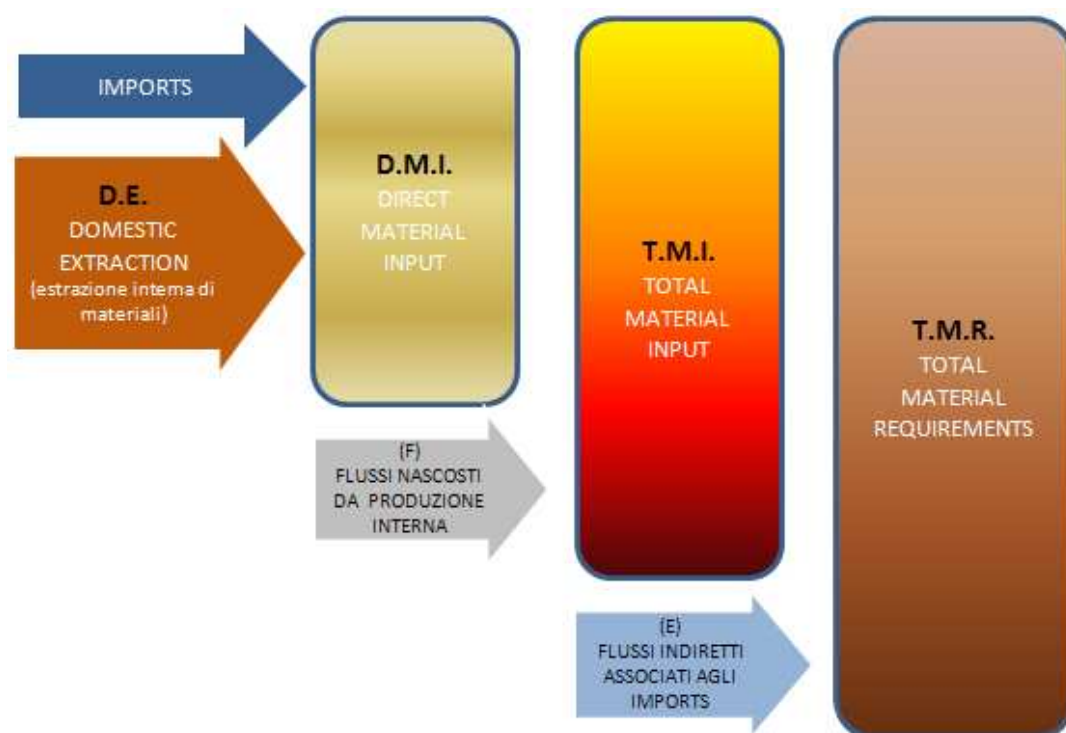


Figura 2 - Schema sintetico degli indicatori di INPUT

### 2.3 Indicatori di OUTPUT

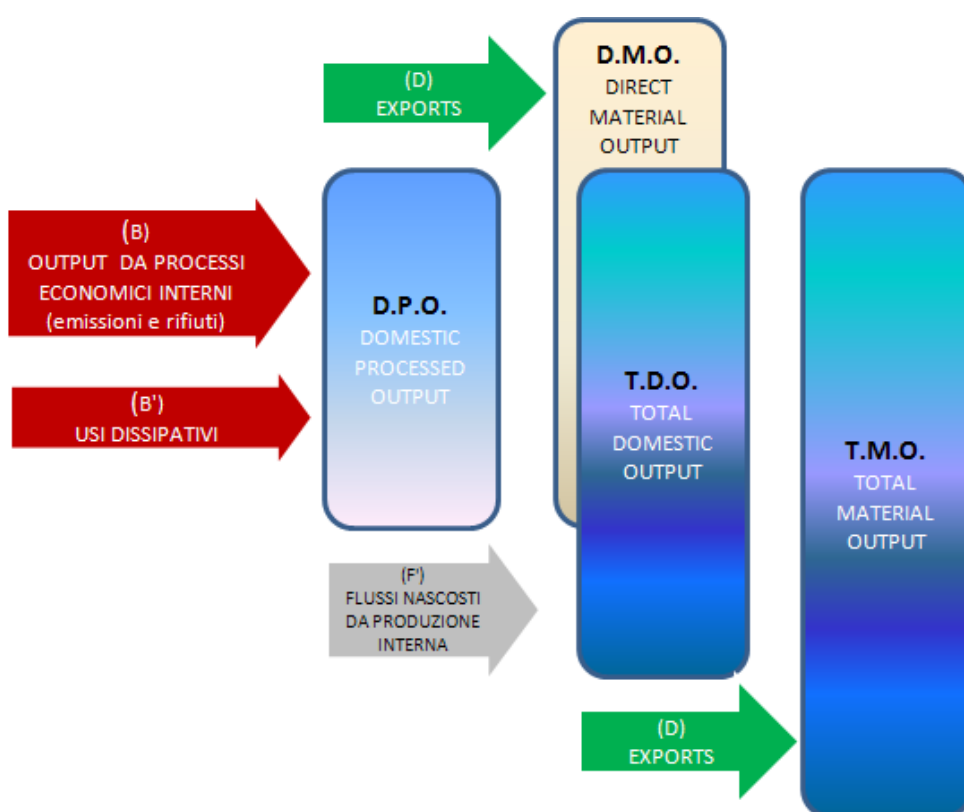


Figura 3 - Schema sintetico degli indicatori di OUTPUT

Lo schema riportato in Figura 3 permette di comprendere come conteggiare gli indicatori relativi agli output del sistema economico. Tali indicatori quantificano le uscite dal sistema produttivo, siano esse merci scambiate con l'esterno in termini di esportazioni o scarti dei processi produttivi, quali emissioni in atmosfera, scarichi idrici e rifiuti (fra i rifiuti si considerano solo i conferimenti in discarica, in quanto ritenuti gli unici che ritornino veramente all'ambiente naturale).

## 2.4 Indicatori di consumo

Gli indicatori di consumo esprimono quanto il sistema riesca a sfruttare le risorse entranti per il soddisfacimento dei propri bisogni. Molto significativo, fra questi, è l'accrescimento degli stock, in grado di dirci l'accrescimento in termini di beni durevoli e infrastrutture realizzate sfruttando le risorse entranti.

- *Domestic Material Consumption (DMC) = DMI - Export*

Esprime il reale consumo interno di materia del sistema studiato, cioè il totale di stock accumulati o la trasformazione in rifiuti degli stessi. Il DMC gode della proprietà additiva ed economicamente è paragonabile al PIL più il valore delle importazioni meno quello delle esportazioni, cioè il totale delle risorse per usi interni.

- *Total Material Consumption (TMC) = TMR - (Export + flussi nascosti collegati all'export)*

Il consumo di materiale totale esprime la quantità di risorse movimentate (internamente ed esternamente al sistema) per il soddisfacimento della domanda interna finale di beni e servizi del sistema. In termini economici rappresenta le risorse disponibili per uso interno e con questo dovrebbe essere comparato.

- *Net Addition Stock (NAS) = (DE + Import + Memorandum items IN) - (DPO + Export + Memorandum items OUT)*

L'accrescimento degli stock è l'insieme di beni di produzione immobilizzati all'interno del sistema economico. E' rappresentato, infatti, dai beni durevoli e dalle infrastrutture accumulate all'interno del sistema economico, ovvero dalla trasformazione delle risorse entranti in beni produttivi, prima del loro smaltimento o trasformazione in rifiuti. La stima del NAS, sia diretta che indiretta, permette di valutare il grado di antropizzazione di un sistema, in quanto risulta evidente come la produzione di beni durevoli modifica sostanzialmente ed in maniera permanente l'ambiente circostante il sistema stesso (es. impermeabilizzazione territorio conseguente all'aumento delle superfici degradate) e condiziona fortemente la conservazione della biodiversità. Economicamente il NAS corrisponde agli investimenti netti.

- *Il Physical Trade Balance (PTB) = Import - Export*

La bilancia commerciale fisica si ottiene per differenza fra i quantitativi di materiale importati e i quantitativi di materiale esportati. Tale conteggio permette di comprendere come si colloca il sistema economico studiato in relazione agli altri sistemi che con esso interagiscono. Un PTB di segno positivo indica un surplus di materia all'interno del sistema, cioè un'economia "accaparratrice"; viceversa un PTB di segno negativo. Su scala nazionale e mondiale permette di misurare lo squilibrio fra l'utilizzo di risorse naturali e la possibilità di estrarre queste ultime dal proprio territorio. Formalmente, dal punto di vista economico, il PTB corrisponde alla Bilancia Commerciale dei conti monetari.

- *Physical Trade Balance including Indirect Flows (PTBIF) = (Import + flussi indiretti collegati) – (Export + flussi indiretti collegati)*

Il PTBIF aggiunge al conteggio realizzato per ottenere il PTB i flussi indiretti legati agli import e agli export, fornendo le medesime informazioni dell'indicatore precedente, ma completate con il reale quantitativo di materiali nascosto dietro le merci scambiate fra i differenti sistemi economici. Tale indicatore permette quindi di tenere in considerazione il ciclo di vita completo dei prodotti commercializzati, comprensivo di tutti i rifiuti e le emissioni derivanti da essi e di evidenziare situazioni di deficit o di surplus ecologico.

### **3 I dati utilizzati**

La ricerca dei dati è stata organizzata per macro famiglie. Le macrofamiglie individuate sono, per quanto riguarda i dati di input:

- biomassa agricola (comprendente anche la biomassa utilizzata come foraggio e la produzione non raccolta);
- biomassa non agricola (comprendente la componente forestale, la caccia, la pesca, il miele, i funghi e tutti i raccolti di frutti di bosco);
- minerali;
- combustibili fossili e altre fonti energetiche;
- import

Per quanto riguarda i dati di output, invece:

- emissioni in atmosfera;
- rifiuti smaltiti in discarica (sia Rifiuti Solidi Urbani che Rifiuti Speciali);
- scarichi idrici (in termini di materiali scaricati in acqua);
- export;
- utilizzi e perdite dissipative.

Parallelamente, sono stati raccolti anche dati di carattere più generale, quali dati demografici, capi da allevamento suddivisi per tipologia e altri dati che permettono il calcolo dei flussi



nascosti e/o indiretti. Alcuni dei dati elencati non erano disponibili direttamente e si è quindi reso necessario realizzare delle trasformazioni intermedie.

E' opportuno precisare, inoltre, che la raccolta dati, e di conseguenza il calcolo degli indicatori suggeriti dalla metodologia, è stata riferita all'anno 2001 in quanto era il solo anno per il quale si avesse una sufficiente completezza dei dati necessari.

### *3.1 I dati di input*

*Biomassa:* si compone di differenti voci, a seconda che si tratti di prodotti esclusivamente agricoli, prodotti dei boschi e delle foreste, derivati della pesca o della caccia ed altre attività di completamento. La biomassa prettamente agricola è stata ricavata dalle statistiche ISTAT relative alle produzioni agricole, dati che presentano un elevato grado di dettaglio.

L'altra componente significativa per la quantificazione della biomassa complessivamente entrante nel sistema economico piemontese è quella relativa alle foreste e, più in generale, al materiale legnoso. I dati sulle produzioni dei boschi piemontesi sono stati ricavati dalle base dati ISTAT (ISTAT, 2002) e da studi effettuati dall'Università di Torino (Brun, 2007). Da tali dati, espressi in metri cubi, è stato possibile risalire ai valori quantitativi tramite valori di densità media per le differenti tipologie arboree.

I valori del materiale ittico d'acqua dolce proveniente dai corsi d'acqua regionali deriva da statistiche ISTAT relative all'anno 2002; il valore per l'anno di riferimento è stato ottenuto tramite una proporzione basata sulla variazione dei prezzi al consumo

Altre voci relative alla biomassa (cacciagione, funghi, frutti di bosco,...) non è stato possibile quantificarle, ma si ritiene che il peso totale percentuale sia scarsamente significativo sul totale della biomassa considerata.

*Minerali e combustibili fossili:* il dato dell'estrazione dei minerali dal territorio piemontese deriva dalla Banca Dati Attività Estrattive della Regione Piemonte, suddivisi per litotipo.

Un percorso differente è stato invece quello intrapreso per l'ottenimento dei dati relativi all'estrazione di combustibili fossili. In questo caso ci si è basati sul Bilancio Energetico Regionale per l'anno in questione (ENEA, 2002), dal quale i valori in tep della produzione primaria di combustibili fossili sono stati convertiti in dati quantitativi.

*Import:* i dati di import sono stati ricavati dalle tabelle ISTAT, organizzate per settore economico secondo la classificazione ATECO e relativi agli import di carattere extra-nazionale. I dati relativi agli import interregionali, invece, sono stati stimati sulla base di una proporzione (su base monetaria) realizzabile fra import interregionali ed esteri e derivabile dalle matrici di input-output (trasponendo la proporzione economica al valore quantitativo).

### *3.2 I dati di output*

*Emissioni in atmosfera:* i dati delle emissioni in atmosfera sono stati ricavati dall’Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera, base dati che raccoglie le emissioni in aria dei gas-serra, delle sostanze acidificanti ed eutrofizzanti, dei precursori dell’ozono troposferico, del benzene, del particolato, dei metalli pesanti, degli idrocarburi policiclici aromatici, delle diossine e dei furani.

*Rifiuti:* per questa categoria di output i dati hanno avuto doppia provenienza, ossia l’osservatorio regionale sulla produzione di rifiuti solidi urbani per quanto riguarda proprio i R.S.U. e il rapporto Rifiuti Speciali, elaborazione dati MUD (Anni 2000-2004), redatto a cura di ARPA Piemonte sulla base dei dati relativi ai Modelli Unici di Dichiarazione dei rifiuti prodotti e smaltiti (MUD) per l’anno in questione (ARPA Piemonte, 2006). Gli unici rifiuti considerati sono quelli smaltiti in discarica, ossia quelli per i quali fosse evidente una “restituzione” all’ambiente piemontese.

*Scarichi di materia in acqua:* la fonte dei dati degli scarichi in acqua deriva dal registro INES, redatto a cura dell’APAT (attualmente ISPRA). Il Registro INES contiene informazioni su emissioni in aria e in acqua di specifici inquinanti provenienti dai principali settori produttivi e da stabilimenti generalmente di grossa capacità presenti sul territorio nazionale e soggetti alla specifica normativa IPPC (*Integrated Pollution Prevention Control*).

*Export:* si faccia riferimento a quanto spiegato per gli import.

*Usi dissipativi:* la quantificazione degli usi dissipativi è una delle maggiori difficoltà nella definizione di un bilancio di massa regionale. Con questo termine si stanno ad indicare gli utilizzi di materiale “*a perdere*”, ossia utili per l’ottenimento di altri materiali ed utilizzati in maniera tale da tornare in breve tempo ed in maniera quasi completa all’ambiente naturale (es. solventi, fertilizzanti,...). Le voci considerate, ottenute sulla base di dati sull’agricoltura e la zootecnia di ISTAT, sono state i fertilizzanti e concimi, le sementi ed i prodotti fitosanitari. Di altra provenienza il valore relativo alle abrasioni da pneumatici, freni e frizioni, incluse fra il particolato (PM<sub>10</sub>) conteggiato nelle emissioni in atmosfera. Da ultimo il letame, conteggiato sulla base di valori di produzione media di letame per tipologia di capo di bestiame da allevamento (Eisenmenger, 2007). Il valore totale è stato ricavato come prodotto fra tali valori tabellari e il numero complessivo di capi da allevamento reperito da base dati ISTAT.

### 3.3 *Flussi nascosti ed indiretti*

Il calcolo dei flussi nascosti e indiretti è stato possibile effettuarlo basandosi su alcuni coefficienti specifici suggeriti in precedenti studi sui flussi di materia (Bringezu et al. (2001), Gazley et al. (2005) e Adriansee et al. (1997)).

All’interno di tali lavori si sono reperiti coefficienti in grado di esprimere la quantità di flusso nascosto relativo all’estrazione domestica (ossia quanto materiale è stato volontariamente movimentato, sia esso terra da scavi o residui di produzioni agricole non raccolti) non inserito

nel circuito economico del sistema regionale, e di flusso indiretto relativo agli import ed export, ossia quanto materiale è stato necessario complessivamente movimentare (nascosto o indiretto, ossia costituente gli scarti di produzione) per realizzare le materie prime, i semilavorati ed i prodotti finiti importati ed esportati dalla Regione Piemonte.

### 3.4 *Memorandum items*

Le voci di bilanciamento sono state ottenute basandosi su valori tabellari reperiti in bibliografia, all'interno della Compilation Guide redatta da Eurostat (Eisenmenger, 2007). Tali voci, pur non entrando nella quantificazione degli indicatori suggeriti dalla metodologia, è indispensabile per realizzare il bilancio di massa complessivo del sistema socio-economico esaminato. Sono stati così quantificati i gas *per* e *dalla* respirazione di uomini e animali da allevamento, i gas *per* e *dai* processi di combustione, l'azoto per i processi di nitrificazione.

## 4 Risultati

L'analisi dei risultati deve necessariamente partire da alcune considerazioni preliminari:

- i dati si basavano esclusivamente sull'anno 2001. Tale scelta è stata determinata, come detto, dal fatto che esclusivamente per tale annata si aveva una discreta completezza di dati a livello regionale. Ciò ha quindi permesso di basare lo studio su dati più completi ed accurati ma di non poter costruire una serie storica in grado di disegnare i trend di aumento o riduzione nell'uso di materia;
- i dati relativi ai flussi nascosti ed indiretti partono da coefficienti di trasformazione reperiti in letteratura. Tali coefficienti relativamente agli import e agli export sono disponibili per metalli, combustibili o minerali importati come materie prime o semilavorati; non sono presenti, invece, coefficienti di tale tipo per prodotti finiti o pluri-componenti o assemblati. Poiché la Regione Piemonte è caratterizzata da una forte componente industriale di trasformazione delle materie prime, si capisce facilmente come la maggior parte dei prodotti piemontesi non sia stata associata ai corrispondenti flussi nascosti, per i quali sarebbe stato necessario effettuare analisi del ciclo di vita molto dettagliate che esulavano dall'obiettivo prefissato. Ciò ha comportato uno scompenso, a livello di bilancio complessivo, fra materia diretta ed indiretta in ingresso ed in uscita al sistema socio-economico piemontese.

In figura 4 è stata riportata l'immagine del bilancio di sintesi già presentata al paragrafo 2, completata dei valori ottenuti per ciascuna delle voci considerate.

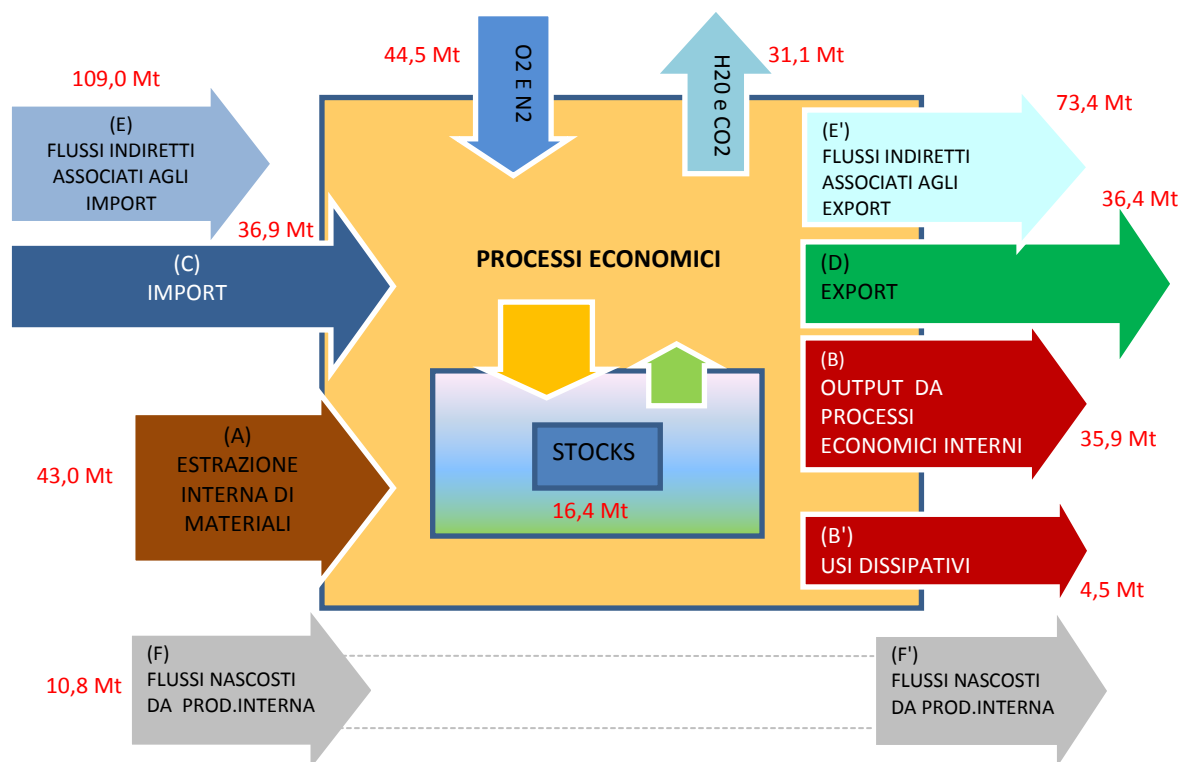


Figura 4 – Schema del bilancio di massa regionale con i risultati ottenuti

Tale sintesi consente di mettere in relazione in maniera semplificata i quantitativi in ingresso con quelli in uscita e con l'aumento degli stock. E' immediatamente percepibile come un contributo significativo alla quantità totale di materia movimentata sia dato dai flussi nascosti ed indiretti collegati agli import e agli export; altresì è possibile percepire l'importanza delle voci di bilanciamento (gas in ingresso ed in uscita dal sistema) che, se non quantificati, rischierebbero di far incorrere in grossolani errori di quantificazione globale del bilancio.

Nei grafici successivi proveremo a descrivere con maggiori dettagli le differenti voci considerate, aiutandoci con i differenti indicatori suggeriti dalla metodologia della MFA.

In figura 5 sono stati riportati i differenti contributi al Direct Material Input dati dalle voci che lo compongono. I valori piemontesi sono stati posti in relazione con il caso italiano calcolato dall'ISTAT, in maniera da poter fare un raffronto fra la situazione regionale e nazionale. Si può notare come le proporzioni fra le differenti voci si mantengano fra i due differenti casi, ma identificano il territorio piemontese come un'area con minore vocazione alla produzione diretta di biomassa e di minerali non energetici pro capite, altresì caratterizzato da una forte componente di importazioni. Si può supporre che ciò sia determinato in buona parte dai significativi ingressi di materie prime e semilavorati al sistema industriale regionale.

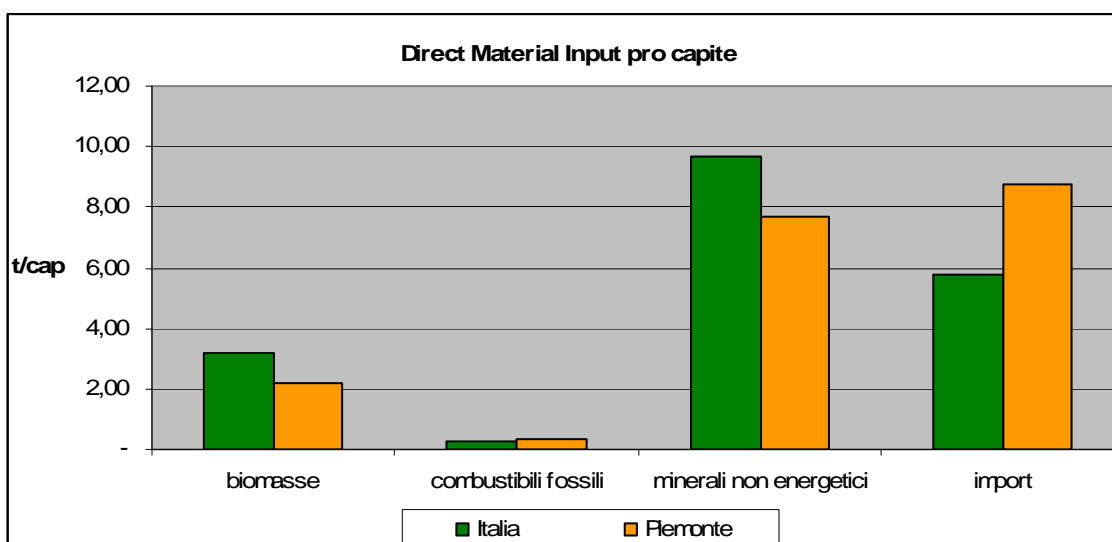


Figura 5 – Confronto fra le differenti voci che compongono il Direct Material Input per Italia e Piemonte

Per quanto riguarda i valori relativi ai minerali estratti la componente principale è senza dubbio quella relativa al materiale alluvionale, in conseguenza della conformazione idrogeologica e morfologica piemontese e della presenza di corsi d'acqua di dimensioni significative; tale litotipo rappresenta oltre il 60% del totale estratto sul territorio regionale.

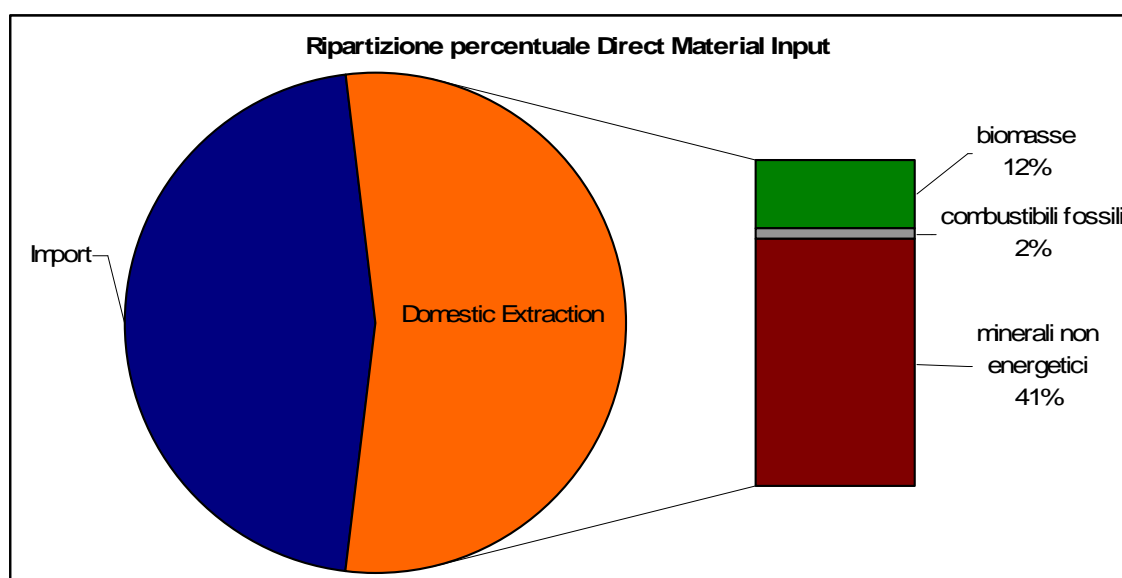
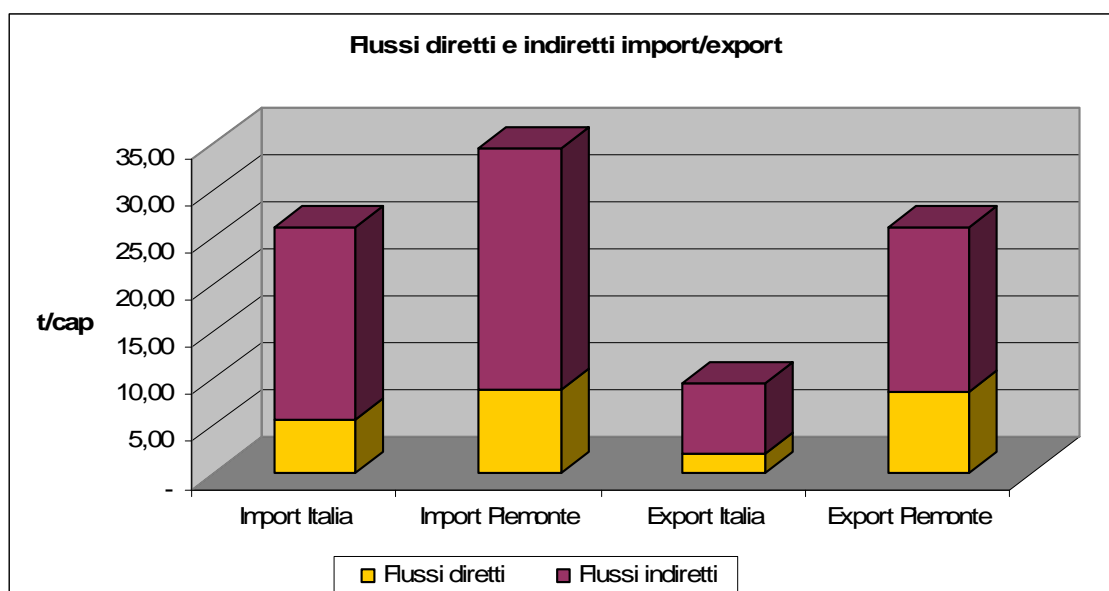


Figura 6 – Ripartizione percentuale del Domestic Extraction

Nella figura 6 è stata riportata la ripartizione percentuale del Direct Material Input, ripartita fra materiale biotico e abiotico estratto in territorio piemontese e import provenienti dalle altre regioni o dall'estero. E' possibile rendersi conto della ripartizione percentuale dell'estrazione domestica costituita per il 74% da minerali non energetici e per il 22% da biomassa. La restante parte è costituita da combustibili, per la maggior parte rappresentati da petrolio (circa il 90% sul totale dei combustibili estratti dal suolo piemontese) ed in percentuale minore da

gas naturale e carbone da legna. Si può ancora vedere come l'estrazione domestica di materiali sia pressoché in equilibrio con quanto la Regione Piemonte importa dall'esterno.

In figura 7 si tornano a confrontare i valori italiani e piemontesi per quanto riguarda la composizione degli import ed export relativamente ai flussi diretti ed indiretti. Dal grafico appare come, relativamente ai flussi diretti, nel caso italiano si abbia una maggiore quantità di materiali in import rispetto a quelli esportati; il caso piemontese si discosta invece da questa affermazione in quanto si evidenzia un sostanziale equilibrio fra le voci in ingresso ed in uscita. Differente è il discorso relativo ai flussi indiretti in cui, seppur si mantengano le proporzioni fra il caso nazionale e regionale, si suppone che le variazioni nel quantitativo pro capite dipendano dall'assegnazione dei fattori di stima dei flussi indiretti scelti ed associati alle differenti voci considerate (sembrano quindi variazioni maggiormente attribuibili alle ipotesi di calcolo fatte)



*Figura 7 – Ripartizione fra flussi diretti ed indiretti per gli import e gli export. Confronto fra l'Italia e il Piemonte*

Prima di passare all'analisi delle voci in uscita merita ancora attenzione il confronto fra gli indicatori in input considerati, il Direct Material Input, Il Total Material Input e il Total Material Requirement. Anche in questo caso il confronto con il caso nazionale ci permette di verificare come gli ordini di grandezza siano pressoché rispettati; è interessante notare anche come rispetto all'input di materiale diretto i flussi nascosti e indiretti pesino per oltre il 50% sulla totale richiesta di materiale dei due sistemi socio economici presi a riferimento dell'analisi e ciò dipenda principalmente dai materiali importati. Ciò ci permette una riflessione più ampia sull'importanza di realizzare interventi sinergici fra paesi e nazioni differenti, che puntino tutti comunemente verso una progressiva de-materializzazione dei

propri sistemi economici, caratterizzata dall'ottimizzazione dell'uso delle risorse e dalla riduzione degli sprechi.

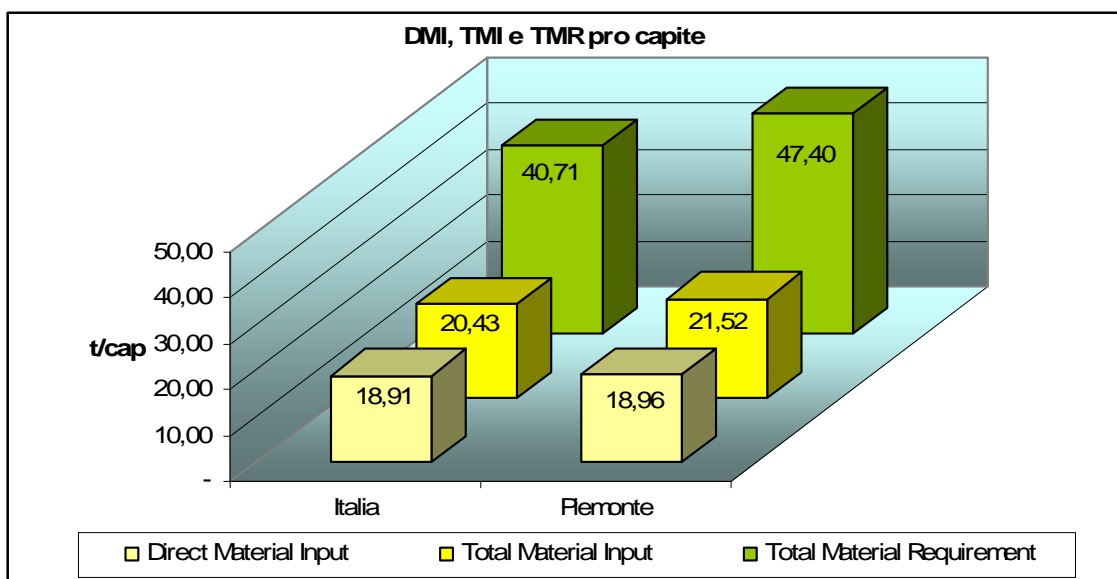


Figura 8 – DMI, TMI e TMR: confronto fra Italia e Piemonte

In figura 9 analizziamo la ripartizione percentuale del Domestic Processed Output.

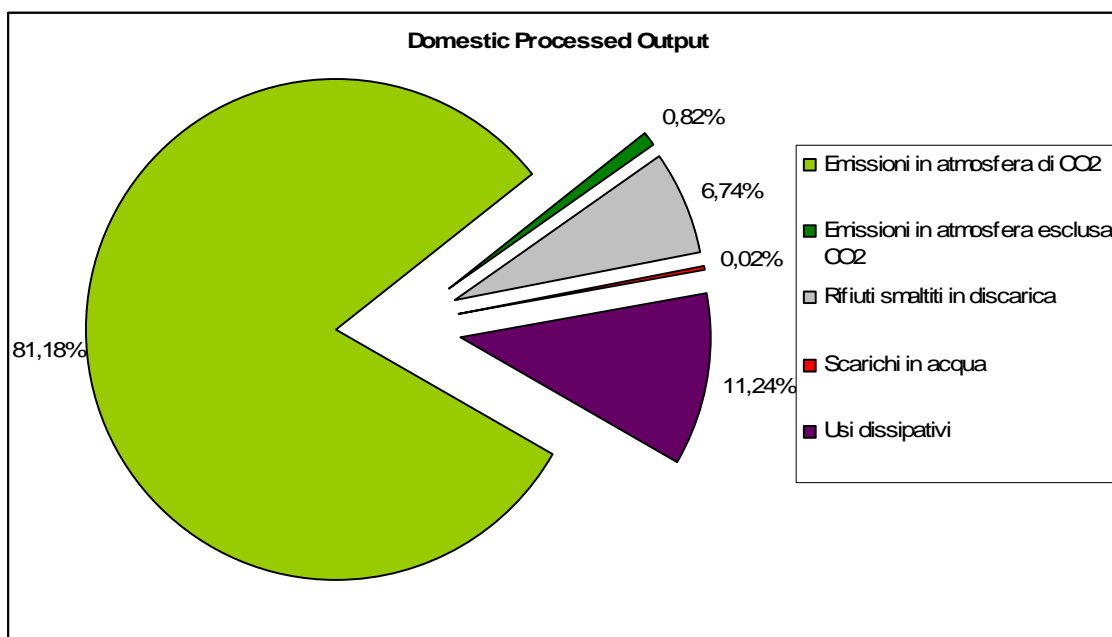
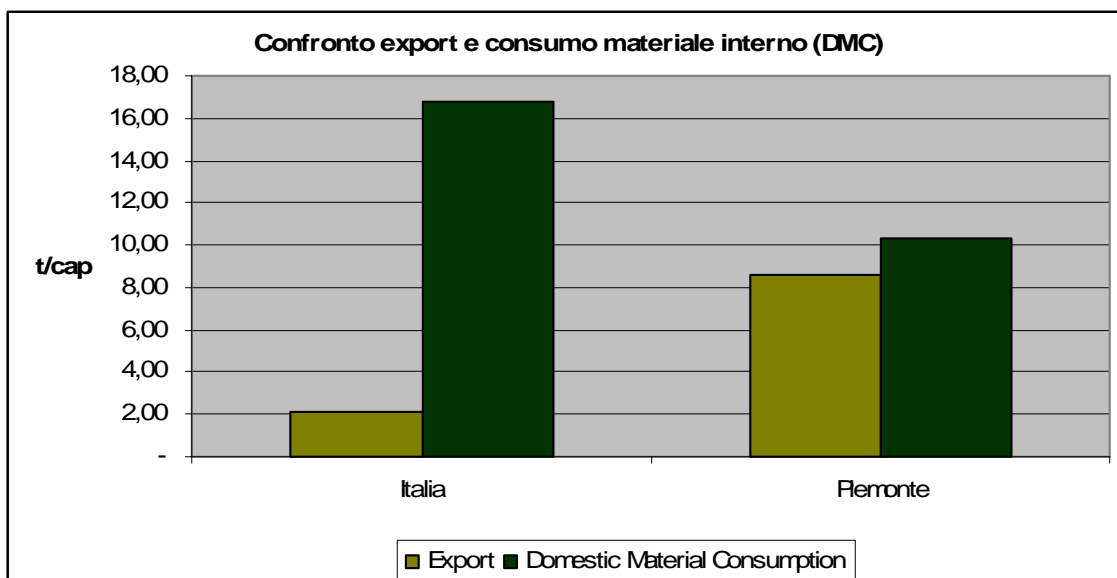


Figura 9 – Ripartizione percentuale degli output dal sistema socio-economico piemontese

Si è scelto di rappresentare tale ripartizione percentuale ripartendo le emissioni in atmosfera fra CO<sub>2</sub> e altre sostanze emesse. Si nota come il contributo fondamentale a tale voce sia dato dalla CO<sub>2</sub> liberata in atmosfera (oltre l'80% complessivo); a sua volta tale emissione è generata principalmente dai processi di combustione nell'industria per quasi il 60% del totale,

seguiti da quasi il 25% rappresentato dai trasporti e altre percentuali minori per la lavorazione di prodotti petroliferi e per la produzione di cemento che si aggirano intorno al 5% del totale. Un'altra voce significativa è rappresentata dagli usi dissipativi che pesano per circa l'11% del totale output regionali.



*Figura 10 – Confronto fra export e consumo interno per l'Italia ed il Piemonte*

In figura 10 è possibile notare come rispetto all'Italia, per la quale esiste una forte sproporzione fra la quantità di materia in export e il consumo interno, con una netta prevalenza del consumo interno rispetto all'export verso paesi esteri, il caso piemontese si mostri differente. A livello regionale, infatti, i due valori sono decisamente più simili, con solo una leggera predominanza del valore di consumo interno. Occorre ricordare che nei due casi portati ad esempio, la voce export non è totalmente coincidente: nel caso nazionale gli export esprimono le quantità di materiali in uscita dal sistema economico italiano verso paesi esteri; a livello regionale invece la voce export comprende sia le uscite verso paesi esteri, sia tutti gli scambi interregionali a livello sub-nazionale. Il Piemonte si presenta, quindi, come una delle regioni che “lavorano” il materiale in ingresso per restituirlo sotto forma di materia trasformata (semilavorati o prodotti finiti) alle altre regioni d'Italia e all'estero.

Sommando nei due casi l'export con il Domestic Material Consumption, si nota come il valore totale sia allineato intorno ad un valore di poco superiore alle 18 t/cap annue.

Di sicuro interesse anche i risultati mostrati in figura 11, all'interno della quale si possono confrontare i valori della bilancia commerciale fisica (che esprime la differenza fra gli import e gli export, ad evidenziare un tipo di economia accaparratrice o distributrice di materia) e del medesimo indicatore comprensivo dei flussi indiretti.

Si può notare come nel caso del Physical Trade Balance il bilancio è deficitario negli scambi interregionali, a conferma di quanto detto precedentemente (il Piemonte esporta



maggiormente verso le altre regioni rispetto a quanto non importi) la situazione si capovolge nei rapporti con l'estero, a dare un valore globale comprensivo delle due realtà di tipo positivo. Ciò sta ad indicare, come era facilmente immaginabile, che il Piemonte ha un sistema socio economico “accaparratore” che assorbe molta più materia rispetto a quanta ne destini all'esterno, così come capita in tutte le economie mondiali “ricche”. Tale considerazione si avvalora andando a considerare il valore complessivo dei flussi indiretti, che mostra come in questo caso anche il bilancio degli scambi interregionali sia positivo, delineando, quindi, una situazione di maggiore accaparramento globale.

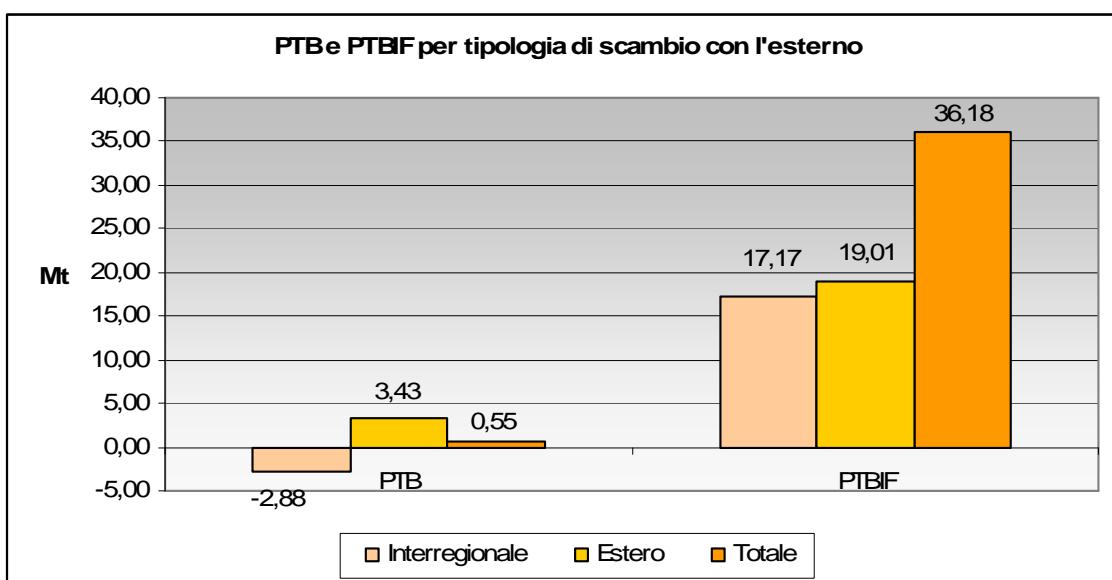


Figura 11 – Confronto fra bilancia commerciale fisica diretta e comprensiva dei flussi indiretti, suddivisa per destinazione e provenienza

In figura 12 si è scelto di evidenziare con un istogramma le voci che sommate generano gli input e gli output del sistema, per evidenziare come si componga il bilancio complessivo. Vediamo evidenziata fra gli output la voce relativa all'accrescimento netto degli stock, che rappresenta l'accumulo di beni e infrastrutture avvenuto all'interno del sistema socio economico regionale nell'anno in questione. Tale voce pesa per il 13% sul totale di materia entrante nel sistema, valore che sale se si escludono le voci di bilanciamento, a raggiungere il 20% del totale di materia in ingresso (Direct Material Input). Anche questo valore rappresenta un indicatore di quanto commentato prima a proposito del tipo di sistema economico studiato.

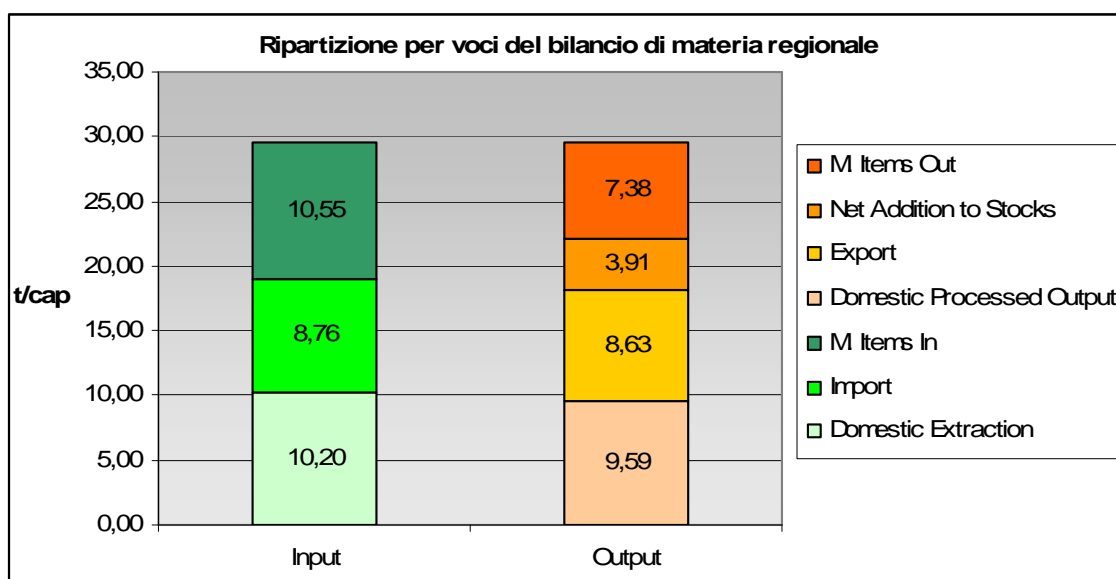


Figura 12 – Ripartizione degli input e output del sistema socio economico piemontese per voci considerate

Da ultimo si è scelto di provare a fare un paragone con un analogo studio effettuato da Marina Fischer Kowalski (Fischer-Kowalski, 2001) e relativo all'anno 1995. A prescindere dai valori ottenuti che, in quanto riferiti ad anni differenti non sono adeguatamente comparabili, è interessante notare come analizzando le ripartizioni degli input e degli output regionali si possa collocare il sistema socio-economico piemontese a livello mondiale. Vediamo come a livello regionale si abbia un forte equilibrio fra i valori di produzione e consumo interno ed i valori di import ed export, così come si nota per quanto riguarda il caso olandese (anche se quest'ultimo è contraddistinto da valori pro capite di input e output decisamente più elevati).

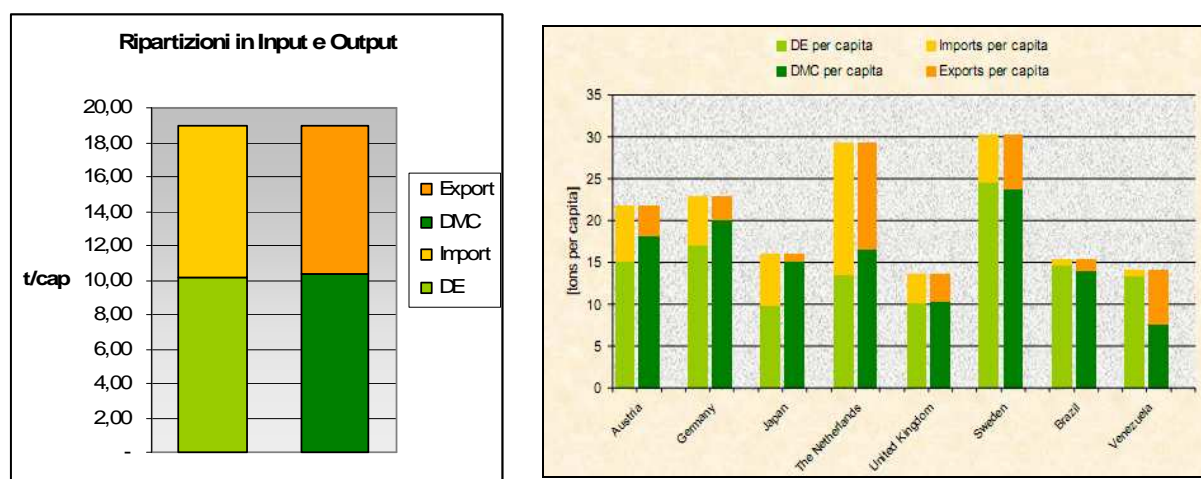


Figura 13 – Confronto fra le ripartizioni di input e output piemontesi con quelle di alcune economie di stati rappresentativi (fonte del grafico a destra: Fischer-Kowalski, "Open Meeting of the Global Environmental Change Research Community", Rio de Janeiro, Oct. 6-8, 2001. Dati riferiti al 1996)

Di sicuro interesse sarebbe anche riuscire ad effettuare un'analisi separata degli input e degli output (da un primo confronto il Piemonte sembra confrontabile con il Giappone per quanto riguarda i dati in input e con il Venezuela per i dati in output) che richiederebbe però un attento approfondimento dei sistemi socio-economici da utilizzare nella comparazione al caso regionale. In ogni caso, pur se nel presente studio tale analisi è stata fatta in maniera puramente qualitativa, ci è permesso capire come anche questa lettura si dimostra interessante nell'applicazione a casi di estensione sub-nazionale.

## **5 Conclusioni**

Da quanto emerge dal presente lavoro si possono derivare le seguenti conclusioni finali:

- l'applicazione a livello regionale della metodologia della Material Flow Analysis si mostra di notevole interesse in quanto permette, anche riferita a sistemi socio-economici minori, letture diversificate e approfondite dell'andamento economico e della sostenibilità del sistema studiato;
- è necessario migliorare la metodologia per quanto riguarda la parte relativa ai flussi nascosti ed indiretti, in grado di far variare notevolmente il bilancio complessivo. Le modalità potranno eventualmente essere quelle di basarsi su analisi del ciclo di vita dei principali prodotti realizzati a livello di sistema economico regionale, in maniera da comprendere meglio gli utilizzi indiretti di materia;
- la problematica principale rimane legata alla disponibilità di dati completi, accurati e relativi ai singoli anni, cosa attualmente non disponibile e che non permette una lettura completa annuale del bilancio di materia regionale;
- il prossimo passo sarà cercare di riferire il calcolo, ormai sperimentato, ad un intervallo di tempo maggiore, nei limiti della disponibilità di dati. Sarà così possibile creare serie storiche esprimenti l'andamento e le variazioni nell'utilizzo di materia del sistema socio-economico regionale. Ciò permetterà di comprendere se la regione Piemonte abbia intrapreso il cammino verso la de-materializzazione del proprio sistema economico, indirizzandolo verso la sostenibilità dei propri processi di produzione e consumo.

## **6 Bibliografia**

- Adriaanse A., Bringezu S., Hammond A., Moriguchi Y., Rodenburg E., Rogich D. and Schütz H. (1997) *Resource Flows – The Material Basis of Industrial Economies*, *World Resources Institute*. Washington DC
- Arpa Piemonte (2006) *Rifiuti Speciali: elaborazioni MUD anni 2000-2004* Arpa Piemonte Torino

- Barbiero G., Camponeschi S., Femia A., Greca G., Macrì A., Tudini A., Vannozzi M. (2003) 1980-1998 Material-Input-Based Indicators Time Series and 1997 Material Balance of the Italian Economy, *ISTAT*, Roma
- Bringezu S. and H. Schuetz (2001) Total Material Requirement of the European Union, Technical, Report n. 55 and 56, *European Environment Agency*, Copenhagen
- Brun F., Mosso A., Stola F. (2007) Il sistema foresta-legno piemontese: analisi delle fonti al fine di impostare un osservatorio economico del comparto *Università degli Studi di Torino, Quaderni del Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale*, Torino
- Eisenmenger N. (2007) Compilation Guide *Doc. ENV/MFA/06 (2007) Eurostat* Bruxelles
- ENEA (2002) BER – Bilancio Energetico Regionale 2001, *ENEA*, Roma
- Eurostat (2001) Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide *Statistical Office of the European Union*, Luxembourg
- Fischer-Kowalski (2001) Open Meeting of the Global Environmental Change Research Community, Rio de Janeiro
- Gazley I., Francis P. (2005) UK Material Flow Review *Office for National Statistics*, London
- ISTAT (2002) Statistiche ufficiali anno 2001 *ISTAT*, Roma
- ISTAT (2010) Conti dei flussi di materia ed indicatori da essi derivati, tabella 1, *ISTAT*, Roma
- IRPET (2009) La contabilità dei flussi di materia per la Toscana. Un primo tentativo di costruzione *IRPET* Firenze