

# Università degli studi di Padova



## Facoltà di Scienze Statistiche

*Corso di laurea triennale in Statistica e Tecnologie  
Informatiche*

*Tesi di laurea*

## **L'Impronta Ecologica: analisi della metodologia e applicazione alla regione Veneto**

Relatore: Ch.mo Prof. Guido Masarotto

Laureando: Montagna Francesco Giuseppe  
Matr. 539454 – STI

Anno Accademico: 2008/2009



# INDICE

<b>Introduzione</b>	1
<b>1 Dibattito sulla sostenibilità</b>	5
1.1 Sostenibilità debole, Sostenibilità forte	7
1.2 Indici ed indicatori di Sostenibilità ambientale	10
1.2.1 L'impronta ecologica	11
1.2.2 L'eMergia	12
1.2.3 L'analisi del ciclo di vita	13
1.2.4 L'analisi dei gas serra	14
<b>2 L'impronta ecologica</b>	<b>17</b>
2.1 Il concetto di impronta ecologica e di capacità di carico	18
2.2 Metodo composto e metodo per componenti	21
2.2.1 Vantaggi e svantaggi dei due metodi	22
2.3 Categorie di consumo e tipologie di territorio	23
2.4 Biocapacità	26
2.5 Il foglio di calcolo di Wackernagel	27
2.5.1 Fattori di conversione e di equivalenza	28
2.6 Vantaggi e svantaggi dell'impronta ecologica	32
2.7 Global Footprint Network	33
2.7.1 Casi di studio: Svizzera, Toscana e provincia di Venezia	35
<b>3 Analisi dei dati e dei metodi utilizzati</b>	<b>39</b>
3.1 Dati e fonti	40
3.1.1 Consumi delle famiglie	40
3.1.2 Prezzi al consumo	42
3.1.3 Consumo di energia elettrica, gas, gpl, carbone e acqua potabile per usi domestici e civili	42
3.1.4 Trasporto pubblico e privato	43

3.1.5	Composizione del territorio	44
3.1.6	Rifiuti	44
3.1.7	Dati demografici	44
3.2	Metodologia di calcolo	45
3.2.1	Alimenti	45
3.2.2	Abitazioni	48
3.2.3	Trasporti	49
3.2.4	Merci o beni di consumo	50
3.2.5	Servizi	52
3.2.6	Rifiuti	53
3.3	Biocapacità	54
3.4	Punti critici	57
3.4.1	Difficoltà nel reperimento dei dati	57
3.4.2	Aggiornamento dei dati	57
3.4.3	Diversità di raccolta ed elaborazione dei dati rispetto alla W3	58
3.4.4	Fattori di conversione	58
3.4.5	Aggiornamento della W3	58
<b>4</b>	<b>Risultati ottenuti</b>	<b>59</b>
4.1	Impronta ecologica e biocapacità del Veneto	59
4.2	Analisi del risultato aggregato per tipologie di territorio	61
4.3	Analisi del risultato aggregato per categorie di consumo	62
4.4	Analisi della sensibilità	64
4.5	Scenari simulati	65
4.5.1	Riduzione consumi alimentari	65
4.5.2	Incremento della raccolta differenziata	66
4.5.3	Efficienza energetica	67
	<b>Conclusioni</b>	<b>69</b>

## INTRODUZIONE

*“L’avvenire non è più ... quello che sarebbe potuto essere se gli uomini avessero saputo utilizzare meglio i loro cervelli e le loro opportunità. Ma può ancora essere quello che essi possono ragionevolmente e realisticamente volere.”*

(Aurelio Peccei, 1981)

Gli impatti sulla natura generati dalle nostre economie sono oggi di tale entità da rischiare di compromettere le capacità rigenerative e produttive degli ecosistemi.

Il monitoraggio ambientale delle risorse necessarie al sostentamento della popolazione è il primo passo per conoscere lo stato di salute dell’ambiente in cui viviamo. Per realizzare un controllo periodico e sistematico delle diverse componenti ambientali, al fine di stabilirne il loro stato qualitativo e la loro evoluzione nel tempo, è sempre più diffuso l’utilizzo di indici e indicatori ambientali.

In particolare, va evidenziata la presenza di una classe di indici, tra cui l’impronta ecologica, capaci di stimare quanta “natura” viene utilizzata dalle nostre economie per produrre i beni ed i servizi che i cittadini consumano, e quanta ne abbiamo ancora a disposizione.

Gli studi per sviluppare questo tipo di indici e di indicatori sono complessi poiché il modello ambientale non può essere facilmente semplificato, per giungere ad un risultato quantitativo, senza il rischio di effettuare eccessive approssimazioni.

L’obiettivo del progetto di stage svolto da aprile a settembre 2009 presso l’ufficio statistiche e rapporti ambientali dell’ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto) consiste nell’applicazione del metodo di calcolo dell’indice impronta ecologica applicato al territorio regionale del Veneto.

Lo scopo dello stage, pertanto, prevede non solo il calcolo numerico del valore finale dell’indice relativo al 2006, ma anche l’applicazione dell’intera procedura metodologica,

intendendo con ciò le seguenti attività: l'analisi iniziale per la scelta del metodo più opportuno, l'individuazione e raccolta dei dati grezzi dalle strutture competenti, l'elaborazione e l'analisi conclusiva dei dati.

Anticipando brevemente i contenuti della tesi è di seguito riportata una breve spiegazione del concetto di impronta ecologica a cui seguono in sintesi gli argomenti trattati nei singoli capitoli.

L'impronta ecologica è un indice aggregato elaborato da Wackernagel e Rees nel 1996, presso la British Columbia University (Canada). L'indice calcola, in termini di superficie, il nostro impatto sull'ecosistema terrestre, valutando se la nostra impronta eccede la capacità che ha la natura di supportarci. Tale indice si divide in categorie di consumo (Alimentari, Abitazioni, Trasporti, Mercati, Servizi e Rifiuti) e tipologie di territorio ecologicamente produttive (per energia, agricolo, pascolo, forestale, degradato e marino). Per ognuna delle voci riferite ai consumi, corrisponde un impatto sulle diverse tipologie di terreno. Dalla somma di tutte le richieste, nei differenti tipi di territorio, provocate dallo stile di vita della popolazione in esame, si ottiene il valore dell'impronta ecologica.

Il primo capitolo descrive la presa di coscienza dell'umanità sui limiti dello sviluppo, riportando il dibattito sulla sostenibilità ambientale. Viene presentata la discussione internazionale relativa alla sostenibilità debole e forte. Inoltre, si introducono in sintesi una serie di indici ed indicatori quali l'impronta ecologica, l'analisi del ciclo di vita di un prodotto, l'eMergia e l'analisi dei gas serra.

Il secondo capitolo è dedicato all'impronta ecologica. Vengono espressi i concetti di impronta ecologica, di capacità di carico e biocapacità. Successivamente sono presentate le diverse metodologie di calcolo presenti in letteratura e riportate le matrici di calcolo elaborate da Wackernagel nel corso degli anni. La versione utilizzata nello studio in questione è la più recente (v 3.2 del febbraio 2003). Vengono infine presentati degli esempi di calcolo dell'impronta ecologica condotti ai vari livelli, nazionale, regionale e provinciale.

Il terzo capitolo descrive le fonti dei dati ed i metodi utilizzati per l'analisi, l'elaborazione e il calcolo dell'impronta ecologica della regione Veneto. Poiché il calcolo dell'impronta

richiede una quantità di dati rilevante, ma spesso difficili da reperire a livello regionale, sono riportate le difficoltà incontrate nel percorso di stage. Il capitolo si conclude con i risultati del calcolo dell'impronta ecologica e della biocapacità del Veneto.

Nel quarto capitolo, infine, si presentano e analizzano i risultati ottenuti dalle elaborazioni effettuate nel capitolo precedente e si ipotizzano tre scenari futuri modificando i valori di alcune variabili. Il risultato ottenuto per l'impronta ecologica della popolazione veneta nel 2006 è di 37.060.325 ettari globali equivalenti (gha), pari a 7,76 gha pro capite. La biocapacità complessiva mostra un valore di 6.323.586 gha, pari a 1,32 gha pro capite. Dal confronto si evince che la regione Veneto presenta un alto livello di insostenibilità ambientale, purtroppo in linea con le altre regioni industrializzate.





# CAPITOLO 1

## 1 DIBATTITO SULLA SOSTENIBILITA'

Il concetto di sostenibilità ecologica, in termini globali, viene presentato per la prima volta da Aurelio Peccei, uno dei fondatori del Club di Roma, insieme ad Alexander King. L'idea alla base del pensiero di Peccei, indica "la necessità di una e vera e propria mutazione, un nuovo modo di vivere per l'uomo che vuole stare in armonia con la natura che lui stesso, continuamente, manipola e trasforma" (Masini, 2004). Fu pioniere nel dibattito sui limiti. Tant'è che nel 1972 il Club di Roma commissionò al MIT (Massachusetts Institute of Technology) un progetto ambizioso, intitolato "I limiti dello sviluppo". Venivano trattate le varie implicazioni delle problematiche ecologiche mondiali, espresse attraverso un modello matematico 'Word3' capace di simulare le azioni future. Il progetto fu affidato a Jorgen Randers, Donella e Dennis Meadows e divenne poi un chiaro obiettivo del Club. Il documento presentato a Washington, portò alla ribalta il Club in tutto il mondo e guidò alla firma, durante una conferenza ONU (Organizzazione delle Nazioni Unite) dello stesso anno, della Dichiarazione di Stoccolma sull'ambiente, da parte di 110 delegazioni di diversi Paesi. Nel 1992 fu redatta la seconda edizione del libro, intitolata "Oltre i limiti dello sviluppo" per ravvivare quanto affermato dal modello matematico Word3. Nel 2004 c'è stata una terza edizione 'I nuovi limiti dello sviluppo' dove veniva simulata 'La salute del Pianeta nel terzo millennio' (Meadows, 2004). Ciò che emerge da questa serie di pubblicazioni è che l'umanità ha **non intenzionalmente**, oltrepassato i limiti che il nostro pianeta pone per una crescita sostenibile. Il filo conduttore delle tre edizioni è, come diceva Peccei, "ribellarsi all'ignoranza suicida della condizione umana" (Meadows, Randers, 2004).

Dopo la Dichiarazione di Stoccolma, il Rapporto "Our Common Future" della Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo delle Nazioni Unite, più comunemente chiamata Commissione Brundtland, nel 1987, introdusse e si impegnò a diffondere il concetto di Sviluppo Sostenibile, cioè *lo sviluppo che soddisfa i bisogni di oggi senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i loro*

(Wackernagel, Rees, 2008). In altre parole, il rapporto riconosceva che gli imperativi dell'economia dominante tesi a massimizzare la crescita produttiva, dovevano essere limitati dall'imperativo ecologico di difendere la biosfera. L'improrogabile necessità di individuare un percorso universale per costruire uno sviluppo sostenibile, condusse la comunità mondiale a riunirsi nel 1992 a Rio de Janeiro, convocati da UNCED (United Conference Environment and Development). I Paesi aderenti "riconobbero" che le problematiche ambientali dovevano essere affrontate in maniera universale e che le soluzioni dovevano coinvolgere tutti gli Stati. In quell'occasione vennero sottoscritte 2 convenzioni: la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici e la Convenzione Quadro sulla Biodiversità; e 3 dichiarazioni di principi: l'Agenda 21, la Dichiarazione dei Principi per la Gestione Sostenibile delle Foreste e infine la Dichiarazione di Rio su Ambiente e Sviluppo.

L'aspetto innovativo introdotto dalla Commissione, fu il riconoscimento della presenza, nel sistema in cui viviamo, di vincoli che determinano una realtà fisica finita e quindi soggetta a limiti nei diversi livelli: uso del territorio, smaltimento di rifiuti, aumento indiscriminato della popolazione e limiti nella produzione. Lo stile di vita del mondo industrializzato, basato sul consumismo e sulla scarsa attenzione per le risorse naturali sembra negare l'esistenza di limiti biofisici, minacciando sempre più la qualità della vita futura. Nonostante ciò, è positivo rilevare che un numero sempre crescente di persone considera la sfida della sostenibilità il primo passo verso un futuro più sicuro.

In sostanza, i conflitti di interesse, le diverse visioni del mondo, le analisi opposte, le crescenti aspettative materiali e la paura del cambiamento hanno portato ad abusare ampiamente del termine sostenibilità, facendone perdere il significato nonostante sia un concetto semplice.

Con il tempo si è formata una nuova cultura ecologico-economica, dove sviluppo e crescita hanno significati diametralmente opposti. Si arriva così all'ineluttabilità dei limiti alla crescita, non come forzatura di una ideologia politica, ma come logica e necessaria conseguenza delle grandi leggi della fisica, in particolare della termodinamica, e della biologia. Il concetto, che è alla base della termodinamica, riguarda la legge dell'entropia, cioè il grado di disordine di un sistema, la quale definisce che il livello di entropia di un sistema isolato aumenta continuamente. Considerando l'economia come un sottosistema

aperto, posto all'interno dell'ecosfera, che è un sistema materialmente chiuso e impossibilitato a crescere, la crescita dell'economia dopo un certo livello può essere ottenuta solo a patto di accrescere il disordine dell'ecosfera (Tiezzi, 1999). A questo si aggiunge il fatto che viviamo in un mondo dove la produzione risulta essere una corsa contro il tempo, riassumibile nel concetto "il tempo è denaro", cioè tanto più velocemente si adoperano le risorse della natura, tanto più il progresso avanza. Non bisogna dimenticare, però, che il "tempo tecnologico" e il "tempo economico" si contrappongono al "tempo biologico" e che il nostro pianeta risponde a leggi diverse da quelle di mercato e riconosce il "tempo entropico" e non il "tempo economico". Quindi quanto più velocemente si consumano le risorse naturali e l'energia disponibile, tanto minore sarà il tempo che rimane a disposizione per la nostra sopravvivenza. Potremmo dire che "il tempo tecnologico è inversamente proporzionale al tempo biologico ed il tempo economico è inversamente proporzionale al tempo entropico". I limiti delle risorse e dell'atmosfera indicano chiaramente che quanto più acceleriamo la crescita e la produzione, tanto più accorciamo il tempo reale a disposizione della nostra specie. Per fare un esempio, un organismo che consuma risorse più rapidamente di quanto l'ambiente produca per la sua sussistenza non ha possibilità di sopravvivenza. L'associazione tempo-denaro non è adatta per instaurare un rapporto corretto con la natura, il consumismo e la crescita della produzione avvicina i tempi del disordine globale. L'uomo non può fermare il tempo, ma può rallentare il degrado naturale favorendo una crescita produttiva sostenibile e di conseguenza il futuro della nostra specie.

### **1.1 Sostenibilità debole, Sostenibilità forte**

Le nuove teorie dello sviluppo sostenibile e della "ecological economics" ci pongono davanti un nuovo paradigma: non più un'economia basata su due parametri, il lavoro e il capitale, ma un'economia ecologica che riconosce tre parametri: il lavoro, il capitale naturale e il capitale prodotto dall'uomo. Per capitale naturale si intende l'insieme dei sistemi naturali dai quali sia possibile ricavare un flusso di beni e servizi per il futuro come prodotti agricoli, della pesca, della caccia e il patrimonio artistico-culturale presente nel territorio, ma anche mari, fiumi, foreste, fauna, flora, etc (Marotta, 2008). Secondo Herman Daly (1991), per la gestione delle risorse ci sono due ovvi principi di sviluppo sostenibile:

- la velocità del prelievo dovrebbe essere pari alla velocità di rigenerazione, rendimento sostenibile
- la velocità di produzione dei rifiuti dovrebbe essere uguale alle capacità naturali di assorbimento da parte degli ecosistemi in cui i rifiuti vengono emessi.

Quindi la capacità di rigenerazione e di assorbimento debbono essere trattate come capitale naturale, e il fallimento nel mantenere queste capacità deve essere considerato come consumo del capitale e perciò insostenibile. Affermando ciò, Daly, abbandona le certezze dell'economia classica e il determinismo della "mano invisibile del mercato" per affrontare il tema della complessità ecologica in questi termini: "ci sono due modi di mantenere il capitale totale intatto. La somma del capitale naturale e di quello prodotto dall'uomo può essere tenuta ad un valore costante, oppure ciascuna componente può essere tenuta singolarmente costante". La prima strada è ragionevole qualora si pensi che i due tipi di capitale **siano sostituibili** l'uno all'altro. In quest'ottica è completamente accettabile il saccheggio del capitale naturale fintantoché viene prodotto dall'uomo un capitale di valore equivalente. Il secondo punto di vista è ragionevole qualora si pensi che il capitale naturale e quello prodotto dall'uomo **siano complementari**. Quindi ambedue le parti devono essere mantenute intatte, con proporzioni fissate, perché la produttività dell'una dipende dalla disponibilità dell'altra. La prima strada è detta *sostenibilità debole*, mentre la seconda *sostenibilità forte*.

Molti economisti come Solow e Stiglitz, ritengono che la *sostenibilità debole* sia sufficiente. Secondo questo punto di vista la società può essere sostenibile a condizione che gli stock aggregati di capitale naturale e manufatto non siano decrescenti. L'infondatezza della sostenibilità debole si riscontra nella tesi di David Pearce e Giles Atkinson (1995). Nei loro studi è stata classificata la sostenibilità di 18 Paesi, portando avanti il concetto che un'economia può definirsi sostenibile se risparmia in termini monetari più di quanto non si deprezzi il suo capitale naturale e artificiale. Dallo studio emerge che, Giappone, Olanda e Costa Rica risultano essere i Paesi ai primi posti in questa classifica della sostenibilità, mentre le nazioni più povere dell'Africa vengono indicate ad elevata insostenibilità. Questo confronto dimostra l'irrelevanza ecologica della sostenibilità debole, che non considera il fatto che i cosiddetti "risparmi" dei Paesi sviluppati, derivano dall'impoverimento del capitale naturale dei Paesi meno sviluppati.

Viceversa, la *sostenibilità forte* tiene conto dei servizi ecologici e delle funzioni di supporto alla vita solitamente non conteggiate, e del considerevole rischio connesso alla loro perdita. Ad esempio, le foreste oltre alla fibra di legno, garantiscono il controllo di alluvioni ed erosione, la distribuzione del calore, la regolazione climatica e altre funzioni non monetizzabili. Il concetto di *sostenibilità forte* richiede pertanto che gli stock di capitale naturale siano mantenuti costanti, indipendentemente dal capitale prodotto dall'uomo, inoltre, anche il capitale prodotto deve mantenersi costante affinché non vi sia un deprezzamento del capitale stesso. Se consideriamo che all'incremento della popolazione, come sta avvenendo oggi, corrisponde un aumento delle aspettative materiali, il capitale naturale dovrebbe aumentare anziché diminuire. Alcuni preconcetti ci trattengono dal vedere l'ovvio: in particolare che la pesca è limitata alla popolazione dei pesci non dal numero di pescherecci e che il legname è limitato da ciò che rimane delle foreste non dal numero di segherie. Per questo ci vogliono più foreste e un maggior numero di pesci in mare. Quindi il capitale naturale e quello prodotto dall'uomo sono complementari, anzi quasi sempre il capitale naturale è un prerequisito per il capitale prodotto, divenendo così a tutti gli effetti **il fattore limitante**.

Oggi si sta vivendo una transizione da un'economia da "mondo vuoto" ad una da "mondo pieno": in quest'ultima fase l'unica strada per la *sostenibilità* passa attraverso l'investimento nella risorsa più scarsa, cioè il *fattore limitante*. Sviluppo sostenibile significa quindi investire nel capitale naturale e nella ricerca scientifica sui cicli biogeochimici globali che sono alla base stessa della *sostenibilità* della biosfera (Tiezzi, 1999). In altre parole, il Mondo sta passando da un'era in cui il *fattore limitante* era il capitale prodotto dall'uomo ad un'era in cui il *fattore limitante* è quel che rimane del capitale naturale. Oggi la quantità di petrolio greggio estratta è limitata alla disponibilità del petrolio nei pozzi (o anche dalla capacità dell'atmosfera di assorbire anidride carbonica CO<sub>2</sub>), non dalla capacità di estrazione; la produzione agricola è spesso limitata dalla disponibilità d'acqua, non dai trattori o dalle mietitrici. Siamo passati quindi da un mondo relativamente ricco di capitale naturale e privo di capitale prodotto, ad un mondo che è, al contrario, povero di capitale naturale e ricco di capitale prodotto. Assodato che lo sviluppo sostenibile richiede che il capitale naturale sia mantenuto intatto, rimane da risolvere il problema della corretta gestione delle risorse non rinnovabili che per essere mantenute intatte non devono quindi essere utilizzate. Detto questo, sembrerebbe che non ci sia alcun

bisogno di conservarle per il futuro. Però è tuttavia possibile sfruttarle in maniera “quasi sostenibile”. Tale dinamica richiede che ogni investimento nello sfruttamento di una risorsa non rinnovabile sia bilanciato da un investimento compensativo in un sostituto rinnovabile.

## **1.2 *Indici e indicatori di sostenibilità ambientale***

Il fatto che ci sia stata una scissione nel termine sostenibilità, dimostra come l'uso del termine ‘sviluppo sostenibile’ venga oggi impiegato per mascherare le vecchie dottrine economiche che incitano al consumo illimitato, nella crociata per trasformare sempre più terra in campi da golf, sviluppo edilizio incontrollato e buchi pieni di rifiuti chiamati discariche. *“Nell’attuale situazione dominata dal materialismo e dalla corsa allo sviluppo, il politicamente accettabile è ecologicamente disastroso, mentre l’ecologicamente necessario è politicamente impossibile”* (Tiezzi, 2002). La definizione di strategie per la sostenibilità che vadano d'accordo con i requisiti ecologici fondamentali dipende dalla convergenza della praticità ecologica con quella politica. Ed è a questo punto che entrano in gioco gli indicatori di sostenibilità e soprattutto il modello dell'impronta ecologica: uno strumento che aiuta ad aumentare la coscienza del problema e che serve a capire le implicazioni delle diverse soluzioni. E' un modo per tradurre la sostenibilità forte in pianificazione di interventi reali.

Indici e indicatori sono strumenti di sintesi, volti a rendere confrontabili nel tempo e nello spazio i principali parametri che connotano le comunità prese in esame, mostrando quantitativamente le condizioni del sistema. Il loro obiettivo è monitorare e valutare il progresso sociale, ambientale ed economico perché risponda ai requisiti di sostenibilità. Sono necessari per unire conoscenza e scelta politica tramite le informazioni acquisite, senza le quali l'azione politica procederebbe alla cieca. Secondo l'Agenda 21, documento sottoscritto nel 1992 da 180 Paesi che definisce gli obiettivi, i criteri operativi e le strategie verso la sostenibilità per il XXI secolo, lo scopo degli indici è quello di fornire una solida base per i processi decisionali a tutti i livelli e di contribuire alla valutazione della sostenibilità dei sistemi di sviluppo. Il cuore di un processo di valutazione deve identificare, predire e valutare i potenziali impatti che un determinato piano o progetto generano sull'ambiente. Dalla definizione dell'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione

e lo Sviluppo Economico), gli indici e/o indicatori sono “un parametro o un valore derivato direttamente da un parametro, che fornisce informazioni su un fenomeno, descrivendone lo stato, con un significato che va oltre quello direttamente associato al valore del parametro stesso”. Gli indicatori derivano da una misura diretta, mentre gli indici sono aggregati e derivano da modelli, riportando lo stato o la variazione di stato di un fenomeno e possiedono una spiccata capacità di sintesi. Il metodo di analisi introdotto dall’OCSE, è il modello DPSIR (Determinanti – Pressioni – Stato – Impatti – Risposte). I *determinanti* riguardano i vari settori della società che generano attività con impatto ambientale, le *pressioni* sono i modi in cui le cause agiscono sull’ambiente, lo *stato* è lo stato in cui si trovano determinate parti dell’ambiente, gli *impatti* sono gli effetti negativi sull’uomo e sull’ambiente ed infine le *risposte* sono le azioni che indirizzano le attività umane su una nuova strada.

Indici e indicatori ambientali devono possedere i seguenti requisiti:

- Fornire un’immagine realistica e rappresentativa dello stato dell’ambiente.
- Essere semplici e di facile interpretazione.
- Delineare trend nel tempo.
- Permettere la comparazione tra gli indicatori prodotti a scala internazionale.
- Avere una credibilità teorica e scientifica.
- Essere basati su standard internazionali e riconosciuti universalmente.

Quindi per indirizzare il progresso in un’ottica di sviluppo sostenibile, è necessario definire e misurare i vari aspetti della sostenibilità: i limiti che ci impone la natura, il nostro impatto su di essa e la qualità della vita.

Di seguito sono riportati alcuni dei più importanti indici e indicatori attualmente in uso negli studi sulla sostenibilità.

### **1.2.1 L’impronta ecologica**

*L’impronta ecologica* è un indice aggregato e sintetico che misura la pressione umana sui sistemi naturali, ovvero misura l’impatto che le nostre attività e il nostro stile di vita esercitano sul Pianeta nel suo insieme. E’ un indice concettualmente semplice e ad

elevato contenuto comunicativo, in quanto rappresenta tale pressione con il consumo di terra misurato in ettari globali equivalenti (gha). Il presupposto che è alla base dell'impronta ecologica è il seguente: tutti i materiali e l'energia che ogni giorno produciamo, consumiamo e smaltiamo hanno bisogno di aree produttive che garantiscono l'apporto delle risorse e l'assorbimento dei rifiuti. La quantità di territorio disponibile sul nostro Pianeta - nazione, regione, provincia - rappresenta la biocapacità, mentre le aree utilizzate dall'uomo rappresentano l'impronta.

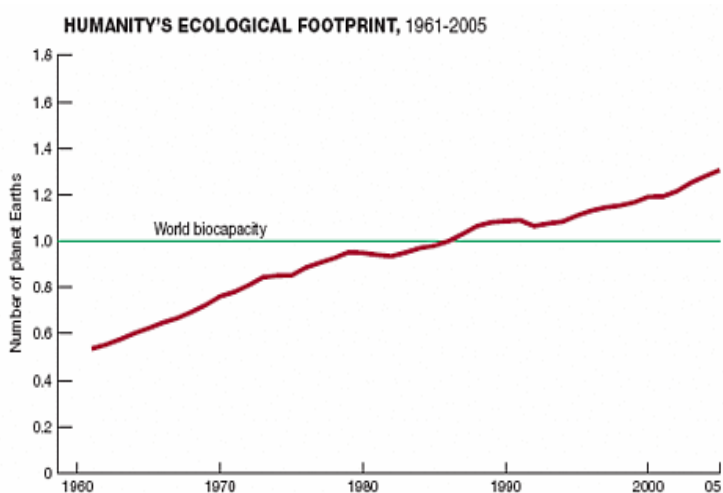


Figura 1.1: WWF - Living Planet Report 2008

Il confronto tra impronta e biocapacità fornisce lo stato della situazione di un Paese e della sua popolazione, la sua sostenibilità (o insostenibilità) ambientale: se l'impronta è maggiore della biocapacità c'è un deficit, ovvero le risorse per mantenere i consumi devono essere importate. Secondo il WWF (Figura 1.1), a metà degli anni ottanta la popolazione mondiale ha superato la capacità di carico della Terra. Avendo tuttavia solo una Terra a disposizione, sembra evidente che il nostro stile di vita è possibile solo grazie all'ingiustizia e allo sfruttamento delle risorse degli altri popoli, dei cosiddetti popoli sottosviluppati.

### 1.2.2 L'eMergia

L'eMergia solare, è la quantità di energia solare equivalente necessaria, direttamente o indirettamente, per ottenere un prodotto o un flusso di energia in un dato processo. La sua unità di misura è il solar energy joule (sej). Essa misura, la convergenza globale di energia solare necessaria per ottenere un dato prodotto, ovvero per rigenerare



tale prodotto una volta consumato. Più grande risulta essere il flusso energetico complessivo necessario per supportare un processo, maggiore sarà la quantità di energia solare che questo consuma, e quindi maggiore sarà il costo ambientale per mantenerlo. La *trasformity* è invece la quantità di energia richiesta per generare un'unità di energia di un altro tipo. E' calcolata dividendo l'eMergia totale utilizzata in un processo per l'eMergia prodotta dal processo. In tal modo l'eMergia diventa un metodo di misurazione della sostenibilità di cicli di produzione diversi e con un'elevata presenza di servizi. In un'economia molto dematerializzata l'eMergia diventa una possibilità concreta di calcolo degli input energetici. Una trasformazione tecnologica di un processo è utile e va verso una maggiore sostenibilità solo se richiede un minor input di energia, rispetto a processi alternativi.

### 1.2.3 Analisi dei cicli di vita



Figura 1.2: Analisi del ciclo di vita

La valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment) di un generico prodotto è una nuova metodologia che consente di valutare gli effetti sull'ambiente legati a qualsiasi tipo di attività. Quest'approccio costituisce un valido strumento per la scelta di tecnologie a minor impatto ambientale. Per 'ciclo di vita' si intende la sequenza di stadi interconnessi di un sistema che si estende dall'estrazione alla lavorazione delle materie prime necessarie, fino al punto in cui il prodotto esce dal proprio ciclo di vita per diventare un rifiuto, attraverso le varie fasi di trasformazione e utilizzo/riutilizzo.

La struttura tecnica dell'analisi dei cicli di vita si divide in quattro fasi:

1. *L'inizio*, dove si identificano i confini del sistema da analizzare.
2. *L'ecobilancio*, consiste nella compilazione e successiva quantificazione dei bilanci di massa e di energia relativi alle singole correnti entranti e uscenti dai confini, considerando anche gli eventuali sistemi al contorno (trasporti, smaltimento rifiuti).
3. *La valutazione degli impatti*, in cui si procede alla comprensione e alla valutazione della grandezza e delle conseguenze degli impatti ambientali utilizzando i dati dell'ecobilancio.
4. *I miglioramenti*, dove vengono valutati possibili miglioramenti in termini di costi ambientali.

#### **1.2.4 L'analisi dei gas serra**

Il *bilancio dei gas serra* è una valutazione della sostenibilità attuale. L'effetto serra è un fenomeno naturale dovuto alla proprietà di alcuni gas presenti nell'atmosfera che permettono il passaggio dell'energia solare, ma trattengono le radiazioni infrarosse emesse dalla superficie terrestre, provocando un aumento della temperatura dell'atmosfera. I principali gas che creano l'effetto serra sono in ordine d'importanza: il vapore acqueo (H<sub>2</sub>O), l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), l'ozono (O<sub>3</sub>), il metano (CH<sub>4</sub>) ed altri gas in misura minore. Pur trattandosi di un tema ancora molto dibattuto in ambito scientifico a livello mondiale, è evidente che le attività umane stanno aumentando **esponenzialmente** la quantità di gas serra presenti in atmosfera (Meadows, Randers, 2004). Si stima che rispetto al periodo pre-industriale la concentrazione globale di anidride carbonica in atmosfera sia aumentata circa del 27%, passando da un valore stimato pari a 280 ppm/v (parti per milione in volume) all'attuale valore di 360 ppm/v. Per tener conto dell'effetto serra creato complessivamente da diversi gas dobbiamo riportare le emissioni secondo una scala comune, e per questo motivo si è introdotto il potenziale serra Global Warming Potential (GWP). Questo parametro prende come riferimento l'effetto serra dell'anidride carbonica e calcola il valore considerando la quantità di anidride carbonica che sarebbe necessaria per creare gli stessi effetti. Nella Tabella 1.1 sono riportati i potenziali serra per i diversi gas, si noti come piccole quantità possono avere effetti consistenti.

GAS	COMPOSIZIONE CHIMICA	GWP
Anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	21
Protossido d'azoto	N <sub>2</sub> O	310
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	11700

**Tabella 1.1:** Conversione potenziali serra; l'HFC 23: trifluorometano, è una sostanza inodore, con odore leggero simile all'etere, utilizzata per l'estinzione delle fiamme e come fluido frigorifero.

Il bilancio dei gas serra dipende principalmente da due fattori: le attività umane per quanto riguarda l'incremento della concentrazione dei gas e la presenza di vegetazione per quanto riguarda la capacità di assorbimento. I parametri da valutare sono quindi l'anidride carbonica equivalente prodotta e la biomassa, cioè quanta componente vegetale è presente nell'ecosistema in considerazione.

Gli indicatori sopra elencati, sono solo alcuni di quelli proposti ed utilizzati negli ultimi decenni per misurare la sostenibilità ambientale. Tali indicatori tengono in considerazione i servizi offerti dalla natura e li confrontano con i tassi di utilizzo da parte dell'uomo.



## CAPITOLO 2

### 2 L'IMPRONTA ECOLOGICA

Nel momento in cui mangiamo, beviamo e respiriamo, scambiamo energia e materia con l'ambiente circostante, il quale ci garantisce energia per il calore e il movimento, legna per i prodotti cartacei, assorbe i nostri rifiuti e fornisce servizi essenziali di supporto alla vita come la stabilità climatica e la protezione dalle radiazioni ultraviolette. E' importante identificare degli indicatori capaci di valutare l'entità di risorse ambientali utilizzate rispetto al loro tasso di rigenerazione. E' altresì utile identificare un indice o un indicatore in grado di sintetizzare attraverso un solo valore la stima complessiva dei servizi naturali utilizzati. La maggior parte degli indicatori esistenti cerca di monitorare i livelli di estrazione delle risorse naturali (abbattimento alberi per legname, pescato raccolto, ecc) e il grado di inquinamento dovuto alle emissioni derivanti da quest'attività; gli indicatori che calcolano l'uso dei servizi ecologici (assorbimento CO<sub>2</sub>, depauperamento del suolo, ecc) e l'impatto antropico sono invece meno sviluppati anche se sono molto efficaci per valutare il costo ambientale delle attività umane.

Un primo lavoro sull'individuazione di una equazione che potesse esprimere l'impatto della specie umana sui sistemi naturali, venne proposto da Paul Ehrlich e John Holdren. Con alcune rivisitazioni l'equazione è la seguente:

$$I = P \times A \times T$$

*I (Impatto)* = impatto di qualsiasi gruppo umano sull'ambiente;

*P (Popolazione)* = numero di individui;

*A (Affluenza)* = misura del consumo medio di risorse per persona;

*T (Tecnologia)* = indice della dannosità ambientale delle tecnologie;

Così strutturata, l'equazione ci fornisce la chiave per comprendere il ruolo della crescita demografica, dell'affluenza dei consumi e del livello della tecnologia nella crisi ambientale (Marotta, 2008).

## **2.1 Il concetto di impronta ecologica e di capacità di carico**

L'equazione dell'impatto, è alla base dell'**impronta ecologica**, uno degli indici aggregati più utilizzati in letteratura. L'indice viene utilizzato per la sua rigidità nella formulazione scientifica, per la possibilità di applicazione a casi concreti e soprattutto per la grande potenza comunicativa. *L'impronta ecologica misura quanto la popolazione presa in esame richiede alla biosfera, in termini di terra e mare biologicamente produttivi necessari per produrre le risorse consumate e per assorbire i rifiuti prodotti.* L'impronta ecologica è stata introdotta da Mathis Wackernagel e William Rees a partire dagli anni '90. Nella formulazione teorica, l'impronta ecologica, considera tutti i servizi ecologici che concorrono al mantenimento di una determinata popolazione: sia quelli "a monte" che permettono l'estrazione di risorse dall'ambiente, sia quelli "a valle" che consentono la depurazione dalle emissioni.

La capacità di carico (*carrying capacity*) di un sistema è il concetto base per il calcolo dell'impronta. *La carrying capacity è la popolazione massima di una certa specie che un determinato habitat può sopportare senza che venga permanentemente incrinata la produttività dell'habitat stesso.* Questo concetto è stato introdotto grazie ad una domanda fatta durante la cosiddetta "Cassandra Conference" da Annie Ehrlich dove venne posto l'interrogativo "*Quanti esseri umani possono essere supportati dalla Terra?*" (Ehrlich, 1985). Determinare quanta popolazione umana una certa regione può sostenere è problematico per due motivi:

- il peso ecologico totale di una qualsiasi popolazione varia al variare di fattori quali il reddito medio, le aspettative di consumo ed il livello di tecnologia;
- l'economia globale fa sì che nessuna regione sia più isolabile: tutti hanno accesso alle risorse di tutto il mondo.

L'analisi dell'impronta ecologica supera alcune difficoltà del concetto di capacità di carico, invertendo semplicemente i termini del problema, cioè partendo dal presupposto che ogni categoria di consumo di energia, di materia e ogni emissione di scarti ha bisogno della capacità produttiva di una determinata superficie. Sommando i territori richiesti da ogni tipo di consumo e di scarto di una determinata popolazione, la superficie totale ottenuta

rappresenta l'impronta ecologica sulla Terra. Quindi il modello dell'impronta misura la superficie richiesta da ogni persona o popolazione, anziché la popolazione possibile per unità di terreno (Wackernagel, Rees, 1996).

Per spiegare l'idea alla base dell'analisi dell'impronta, immaginiamo cosa accadrebbe a una qualunque città o regione metropolitana moderna sia essa Vancouver, Londra o Padova, se fosse chiusa in una cupola emisferica che lasciasse entrare la luce, ma impedisse alle cose materiali di qualunque genere di entrare o uscire. La salute e l'integrità del sistema umano contenuto all'interno della cupola dipenderebbero interamente da ciò che è rimasto intrappolato all'inizio dell'esperimento. E' evidente che una città così configurata cesserebbe di funzionare e i suoi abitanti perirebbero entro pochi giorni. In altri termini, gli ecosistemi contenuti entro la superficie immaginaria non avrebbero sufficiente carrying capacity per sostenere il peso ecologico imposto dalla popolazione in essa contenuta.

Un secondo esperimento consiste, invece, nell'immaginare la nostra città sperimentale circondata da un paesaggio diversificato con terre coltivate, pascoli, foreste, bacini idrici e con a disposizione una quantità di energia da combustibili fossili adeguata a sostenere gli attuali livelli di consumo. Supponiamo, inoltre, che la cupola immaginaria sia espandibile. La domanda che sorge spontanea è: "Quanto deve diventare grande la cupola perché la città possa sostenersi indefinitamente soltanto grazie agli ecosistemi terrestri, acquatici e alle risorse energetiche contenute all'interno della cupola stessa?" (Wackernagel, Rees, 2008).

Il primo modello mentale evidenzia, in modo abbastanza brutale, la vulnerabilità ecologica del genere umano. Mentre il secondo fa comprendere a pieno e facilmente il pensiero alla base dell'impronta, cioè quanta superficie è necessaria per sostenere una data popolazione.

L'impronta ecologica è un indice concettualmente semplice che rappresenta l'impatto dell'uomo sulla natura attraverso il consumo di terra, misurato in *ettari globali equivalenti*. L'ettaro "globale" è in pratica un accorgimento di valutazione statistica con cui terreni diversi (agricoli, a pesca, a pascolo, foresta, degradati e marini), in differenti posizioni geografiche, vengono resi omogenei, attribuendo loro un peso in termini di produttività biologica.

Insita nell'impronta ecologica, c'è l'idea che, a ogni unità di materiale o di energia consumata corrisponde una certa estensione di territorio, il quale garantisce il relativo apporto di risorse e l'assorbimento dei rifiuti. Poiché non è possibile calcolare la superficie necessaria per la fornitura, la manutenzione e lo smaltimento di ciascuna delle decine di migliaia di beni, il conteggio deve per forza limitarsi alle categorie principali. La maggior parte dei dati per le valutazioni dell'impronta ecologica nazionale è reperibile nelle statistiche che forniscono dati sia sulla produzione che sul commercio, da cui è possibile ricavare il consumo netto, cioè:

$$\text{consumo netto} = \text{produzione} + \text{importazione} - \text{esportazione}$$

Il passo successivo consiste nel calcolare la superficie appropriata pro capite (**sa**) per la produzione di ciascun bene di consumo (**b**). Questo calcolo viene eseguito dividendo il consumo medio annuale del bene preso in esame (**c**, in kg/persona) per la produttività media annua del terreno necessario (**p**, in kg/ettaro):

$$\text{sa}(\mathbf{b}) = \mathbf{c}(\mathbf{b}) / \mathbf{p}(\mathbf{b})$$

Per calcolare l'impronta totale di un individuo (**ie**) si somma la superficie richiesta dagli "n" beni consumati annualmente:

$$\mathbf{ie} = \sum_{\mathbf{b}=1}^{\mathbf{n}} \text{sa}(\mathbf{b})$$

Infine, otteniamo l'impronta ecologica della popolazione in esame (**IE<sub>p</sub>**) moltiplicando la popolazione totale (**T**) per l'impronta pro capite calcolata al passo precedente:

$$\mathbf{IE}_p = \mathbf{T} * \mathbf{ie}$$

Si tratta di una procedura standardizzata, che facilita il confronto con le altre nazioni. Queste stime sono basate sul consumo medio nazionale e sulla produttività media mondiale del terreno. Tale procedura viene utilizzata per il calcolo dell'impronta a livello nazionale e non è stata applicata al caso in questione, riferito ad una realtà regionale, quale il Veneto.



## 2.2 Metodo composto e metodo per componenti

Esistono due approcci complementari per calcolare l'impronta ecologica. Gli autori del metodo li hanno definiti "metodo composto" e "metodo per componenti" (Wackernagel et al, 2002). In letteratura si trovano anche altri metodi ma non vengono qui considerati perché meno rilevanti e meno utilizzati.

Il *metodo composto* è il più ampio e il più solido se si considera come unità di analisi la nazione, dato che fa riferimento ai flussi commerciali e ai dati energetici. Il calcolo si suddivide in tre parti:

- La prima consiste nell'analisi dei consumi della popolazione, prendendo in considerazione più di 50 voci sia alimentari che non. Il consumo viene calcolato addizionando alla produzione interna le importazioni e sottraendo le esportazioni. Dove necessario, si effettuano ulteriori accorgimenti per evitare il doppio conteggio tra le categorie. Ad esempio, gli animali che si nutrono di cereali sono conteggiati in base ai consumi alimentari, quindi come terra coltivabile e non come terra al pascolo. Utilizzando le stime FAO (Food and Agriculture Organization) sui raccolti medi mondiali, il consumo viene tradotto nelle corrispondenti aree ecologicamente produttive, fornendo le aree coltivabili, a pascolo, forestale e di mare necessarie per sostenere i consumi.
- La seconda parte del calcolo determina il bilancio energetico, considerando sia l'energia generata localmente che quella inglobata nei prodotti commercializzati. Una volta definito il combustibile utilizzato, lo si converte in contenuto di carbonio. Questa parte serve a calcolare l'impronta energetica, cioè la quantità di area boschiva necessaria per assorbire le emissioni di CO<sub>2</sub>.
- La terza parte del calcolo riassume l'impronta ecologica in sei tipologie di terreno e fornisce il totale pro capite. Moltiplicando il valore pro capite per la popolazione in esame si ottiene l'impronta totale.

Nel *metodo per componenti*, vengono precalcolati i valori di impronte ecologiche di alcune attività, utilizzando dati caratteristici per la regione o Paese considerato. Per esempio, per calcolare l'impatto del trasporto automobilistico vengono estratti i dati sui

consumi di carburante, sugli usi energetici produttivi e di manutenzione, sull'utilizzo del territorio per le infrastrutture e le distanze percorse. Viene successivamente calcolata una stima dell'impronta nei diversi terreni, per singolo passeggero-km o altra unità. Questo dato viene utilizzato per calcolare l'impatto dell'auto al livello desiderato: individuale, di un'organizzazione o regionale. Il meccanismo usato per il trasporto deve essere applicato a tutte le altre categorie di consumo alimentari e non, allo smaltimento dei rifiuti e all'utilizzo di energia.

In sintesi, qualunque serie di dati basati sul ciclo di vita dei prodotti, può essere combinata e trasformata per determinare l'impronta dei prodotti consumati. Lo scopo è quello di computare la maggior parte dei consumi attraverso una serie di analisi delle componenti che formano i prodotti, per considerare il più possibile gli impatti delle attività umane. Inoltre, in funzione del livello di specificità richiesto, alcune componenti possono essere suddivise oppure omesse nel caso le informazioni siano inesistenti. Anche in questo metodo è importante evitare i doppi conteggi.

In entrambi i metodi, le fonti dei dati raramente sono congruenti, le stime si basano su ipotesi, metodi e campioni differenti. Le due metodologie, utilizzando fonti informative diverse, presentano differenti sensibilità di analisi nella determinazione dei valori quantitativi.

Attraverso l'utilizzo di "fattori di conversione o produttività" definiti da Wackernagel, è possibile esprimere il risultato in termini di medie mondiali di terra biologicamente produttiva. Ciò rende confrontabile il risultato con i valori ottenuti da diversi studi sull'impronta di altre popolazioni. Oltre ai fattori di conversione Wackernagel ha introdotto anche dei "fattori di equivalenza" che assegnano alle diverse categorie di territorio una percentuale proporzionale alla loro produttività. Il totale deve essere poi comparato con la biocapacità del Paese o della regione presa in esame. Al terreno biologicamente produttivo deve essere sottratto il 12% destinato al sostentamento della biodiversità, il rimanente 88% viene considerato come area disponibile.

### **2.2.1 Vantaggi e svantaggi dei due metodi**

I casi di comparazione tra il metodo composto e quello per componenti, dimostrano che il metodo per componenti è in grado di considerare gran parte degli impatti antropogenici, è facilmente comunicabile e più istruttivo. L'identificazione degli impatti delle singole attività, può essere utile per guidare le azioni dei policy-maker. Gli svantaggi del metodo per componenti si riferiscono ai problemi di variabilità e attendibilità dei dati, che rendono complicate le comparazioni tra i Paesi. La necessità di considerare attentamente tutti gli aspetti di ciascuna componente rappresenta l'ostacolo maggiore all'adozione di questo metodo.

Il metodo composto, invece, pur essendo più solido per quel che riguarda l'analisi dei dati, non fornisce informazioni dettagliate sul peso dei singoli processi: per esempio, analizzando i flussi commerciali ed energetici, esso non richiede un'approfondita analisi delle diverse categorie come nel metodo per componenti.

### **2.3 Categorie di consumo e tipologie di terreno**

In teoria l'impronta ecologica di una popolazione viene stimata calcolando l'estensione della superficie terrestre ed acquatica necessaria, in modo continuativo, per produrre *tutti* i beni consumati e per assimilare *tutti* i rifiuti generati dalla popolazione. Ma il tentativo di includere *tutti* i beni di consumo, i tipi di rifiuti e le funzioni dell'ecosistema, procurerebbe problemi insormontabili nel reperimento delle informazioni e nel trattamento dei dati. Perciò si utilizza un approccio semplificato, basando i calcoli sulle seguenti considerazioni:

- i metodi attuali di sfruttamento intensivo siano sostenibili (cosa spesso non vera);
- vengono inclusi solo i servizi base forniti dalla natura;
- si cerca di non includere due volte un'area che fornisce due o più servizi contemporaneamente;
- si utilizza una classificazione della produttività ecologica abbastanza semplice, che contempla sei categorie di terreno differenti (energia, agricoltura, pascolo, foresta, degradato e marino).

Nonostante l'analisi sia semplificata, tale limitazione non indebolisce il valore concettuale dell'impronta ecologica. Nessuna teoria o modello può includere tutti gli aspetti della realtà; infatti, un modello rappresenta necessariamente un'astrazione e un'interpretazione di una realtà più complessa, incorporando le variabili chiave e i fattori limitanti che determinano e spiegano il comportamento di una determinata entità. Quindi, un buon modello rappresenta il giusto equilibrio tra complessità e semplicità. Similmente, l'analisi dell'impronta ecologica non ha bisogno di contemplare tutti i generi di consumo, tutte le categorie di rifiuti e tutte le funzioni dell'ecosfera per avere valore diagnostico (Wackernagel, Rees, 2008).

Come già accennato, il calcolo dell'impronta si divide in categorie di consumo e categorie di territorio.

Le categorie di consumo sono:

- *Alimenti*: contiene quasi tutti gli alimenti, dalla pasta alla carne, dal pesce alle verdure, ma anche le bevande come vino, birra e acqua, incluse le cene fuori casa e il giardino.
- *Abitazioni*: riguarda l'estensione media delle abitazioni, i consumi elettrici, di gas, di olio combustibile e di acqua potabile. I consumi elettrici poi si differenziano per la tipologia di produzione utilizzata: termoelettrica, idroelettrica, fotovoltaica, eolica, geotermica, nucleare o da biomassa.
- *Trasporti*: comprende sia il trasporto pubblico che quello privato. Per il trasporto pubblico sono inclusi i treni, gli aerei, i taxi e gli autobus di linea urbani ed extra urbani, mentre per il trasporto privato sono incluse le categorie auto e moto. L'analisi prevede anche il calcolo dell'efficienza dei mezzi misurata in km/litro.
- *Merci o beni di consumo*: appartengono a questa categoria tutti i beni non alimentari: vestiti, mobili, elettrodomestici, pc ed elettronica, giornali, pelle, prodotti di plastica, porcellana, prodotti per l'igiene, medicinali e tabacchi.
- *Servizi*: sono incluse voci come lo spettacolo, l'istruzione, il telefono, gli alberghi e la posta.
- *Rifiuti*: la categoria si suddivide in carta, vetro, plastica, alluminio e altri materiali e considera nel calcolo anche le percentuali di raccolta differenziata di tali materiali.

Un'analisi minuziosa dovrebbe includere, per ogni categoria di consumo, tutte le risorse che vengono incorporate nella produzione, nell'uso e nello smaltimento del prodotto stesso. Queste considerazioni valgono sia per i beni che per i servizi, dato che quest'ultimi sono anch'essi sostenuti da flussi di energia e materia. Per esempio, nella categoria dei servizi, dove sono incluse le voci spettacolo, istruzione, ecc. deve essere conteggiato anche il consumo di elettricità, carta, cavi ed altro.

Per quanto riguarda le categorie di territorio, la formulazione classica dell'impronta suddivide il loro utilizzo in sei principali categorie ecologicamente produttive oppure impegnate per le attività antropiche.

Le categorie di territorio sono:

- *Terreno agricolo*: superficie arabile utilizzata per la produzione delle derrate alimentari e di altri prodotti non alimentari ma di origine agricola (cotone, tabacco, iuta, ecc.).
- *Terreno per pascoli*: superficie dedicata all'allevamento e, conseguentemente, alla produzione di carne, latticini, uova, lana e in generale, di tutti i prodotti derivati dall'allevamento. Tipicamente è meno produttiva rispetto al terreno agricolo.
- *Terreno forestale*: si riferisce alle foreste, coltivate o naturali, che possono generare prodotti in legno. Naturalmente esse garantiscono altre funzioni come la stabilità climatica, la protezione della biodiversità, ecc.
- *Terreno degradato*: superficie ecologicamente improduttiva, dedicata alla localizzazione delle infrastrutture quali abitazioni, attività manifatturiera, aree per servizi, vie di comunicazione, ecc.
- *Terreno marino*: superficie marina necessaria alla crescita delle risorse ittiche consumate.
- *Terreno per energia*: Wackernagel considera l'area necessaria per assorbire il biossido di carbonio emesso dalla produzione di energia a partire da carbone, petrolio e gas. Il suo metodo sottolinea il problema della concentrazione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) in atmosfera e la conseguente alterazione del clima. Un secondo metodo di calcolo valuta l'area necessaria per ricostruire, allo stesso tasso di consumo, il capitale naturale impiegato per la produzione dei combustibili fossili.

In altri termini, una società che consuma risorse non rinnovabili dovrebbe investire parte delle entrate nello sviluppo di un equivalente patrimonio di risorse rinnovabili. Un terzo modo per il calcolo del terreno per energia è considerare la superficie agricola necessaria per produrre, in modo sostenibile, un combustibile biologico in sostituzione ai combustibili fossili.

Il metodo di Wackernagel, basato sul territorio necessario all'assorbimento dell'anidride carbonica, traduce i consumi nel miglior modo. Il fattore di conversione utilizzato come rapporto terreno/energia per il combustibile fossile è un ettaro per ogni 1,8 tonnellate di emissioni di carbonio (Wackernagel, 2004). La terra destinata alla conservazione della biodiversità, definita come la terra necessaria ad assicurare la protezione delle circa 15 milioni di specie animali presenti sul Pianeta, non viene inclusa nelle categorie di territorio per il calcolo dell'impronta. La stima della terra richiesta dalla fauna è una questione controversa, nonostante l'alto ritmo di estinzioni di specie animali. Secondo la World Commission on Environment and Development, dovrebbe essere riservato almeno un 12% della capacità ecologica ripartita in tutte le tipologie di ecosistemi. Questo 12% può non essere comunque sufficiente a garantire la biodiversità.

## **2.4 Biocapacità**

Per biocapacità si intende qualsiasi stock di materiale di origine naturale, dal quale sia possibile ricavare un flusso di beni e servizi. La foresta o lo stock ittico rappresentano il "capitale naturale", mentre un raccolto prodotto, grazie a questo capitale, determina il "reddito da capitale naturale". Si sono individuate tre tipologie di capitale naturale:

- Il *capitale rinnovabile* è in grado di provvedere autonomamente alla produzione mediante energia solare e fotosintesi.
- Il *capitale ricostituibile* comprende le sorgenti idriche di superficie e sotterranee e la fascia di ozono. Questi non sono stock viventi, ma sono comunque soggetti ad un continuo rinnovamento, spesso grazie a qualche altro meccanismo innescato dall'energia solare.

- Il *capitale non rinnovabile*, come combustibili fossili e minerali, sono delle “riserve di magazzino”, cioè ogni volta che vengono utilizzati, parte dello stock viene liquidata.

Le prime due forme di capitale vengono ritenute più importanti ai fini della sostenibilità essendo fondamentali per il supporto alla vita. E' intuibile pertanto che la biocapacità della Terra consiste in qualcosa di più di un semplice magazzino di risorse per l'industria, ma comprende componenti e rapporti strutturali che intercorrono fra loro per la continua autoregolazione e autoproduzione del sistema stesso.

Nel calcolo dell'impronta ecologica la biocapacità viene riferita alla quantità di terreno nelle sue diverse forme presenti nella regione considerata. Rappresenta quindi la capacità del territorio di fornire prodotti utili all'uomo e di assorbire i suoi rifiuti. Anche la biocapacità viene misurata in ettari globali equivalenti, come l'impronta. Così facendo, il confronto tra impronta ecologica e biocapacità territoriale fornisce il livello di sostenibilità ambientale del Paese e della sua popolazione: se l'impronta è maggiore della biocapacità, significa che c'è un deficit, ovvero che le risorse naturali necessarie per sostenere i consumi e lo stile di vita devono essere prese altrove, sottraendole ad altri Paesi. Mentre se l'impronta è minore della biocapacità, siamo in presenza di un surplus ecologico e quindi la regione presa in esame è sostenibile.

## **2.5 Il foglio di calcolo di Wackernagel**

Wackernagel e i suoi collaboratori relazionano le categorie di consumo all'uso del territorio attraverso l'utilizzo di una matrice di calcolo. In tale matrice le categorie di consumo costituiscono le righe, mentre le differenti tipologie del territorio si dispongono per colonne. A ciascun bene di consumo, espresso in diverse unità di misura, è associato un coefficiente che trasforma tale valore in ettari di superficie, a seconda del suo impatto nelle diverse tipologie di terreno necessario (per energia, agricolo, pascolo, forestale, degradato e marino). Tali fattori di conversione sono la sintesi ultima degli studi svolti dagli autori del metodo dell'impronta ecologica. Suddetti fattori riportano l'occupazione del territorio

necessario per sostenere i consumi individuali, tenendo presente tutto il ciclo di vita del bene consumato (dalla produzione allo smaltimento).

In letteratura esistono tre versioni di matrici:

- la prima matrice (W1) fu elaborata da Mathis Wackernagel e Dick Richardson nel 1996;
- la seconda matrice (W2) fu elaborata Mathis Wackernagel, Ritik Dholakia, Diana Deumling e Dick Richardson nel 2000;
- la terza matrice (W3) fu elaborata nel 2003 dallo stesso gruppo di lavoro della precedente versione. Il foglio di calcolo è riportato in Figura 2.1.

I cambiamenti che caratterizzano le diverse versioni, riguardano l'analisi del ciclo di vita dei prodotti, il rendimento dei terreni, i diversi fattori di conversione e i differenti impatti delle varie categorie di consumi. Tali differenze sono dovute, sostanzialmente, all'aggiornamento del degrado ambientale, al depauperamento delle risorse presenti e all'avanzamento dell'efficienza tecnologica. Ci sono, inoltre, delle piccole variazioni di aggregazioni di prodotto e dei cambiamenti nelle unità di misura di alcune voci (pasti fuori casa, lavanderia, ecc).

Le sezioni Alimenti, Merci e Servizi non hanno subito delle modifiche nella struttura della matrice. Mentre nella sezione Abitazioni della terza versione è stata introdotta l'energia nucleare come fonte di produzione di elettricità. Per la sezione Rifiuti, riferita all'ultima versione, è stata introdotta la percentuale di materiale riciclato. Tale aggiornamento va ad incidere sull'effettivo impatto che i rifiuti generano, non considerando il materiale che verrà riutilizzato.

Nella matrice W3 sono stati aggiunti dei parametri generali:

- la quantità di beni prodotti in loco. Le diverse scelte che si possono effettuare sono: la maggior parte dei beni consumati è prodotta lontano, 3 / 4, la metà, 1 / 4 e infine la maggior parte dei beni è prodotta localmente;
- il sistema di misura, può essere US standard oppure metrico (variabile presente anche nelle versioni precedenti);



- la percentuale di risorse sprecate. Tale variabile è in fase di studio, ma non è stata ancora introdotta effettivamente nel calcolo dell'indice.

### **2.5.1 Fattori di conversione e di equivalenza**

Ogni tipologia di consumo viene convertita in ettari globali, utilizzando dei **fattori di equivalenza e di conversione**:

- I *fattori di equivalenza* servono a rendere paragonabili tra loro le diverse qualità delle aree terrestri e marine. Assegnando, ad esempio, un fattore 0,49 alla tipologia “pascolo”, si valuta che in un anno un ettaro di pascolo abbia una capacità di resa biologica, pari a circa la metà dell'ettaro medio universale.
- I *fattori di conversione o produttività* mirano invece a rendere omogeneo uno stesso tipo di terreno, nelle diverse realtà geografiche. Un ettaro di pascolo in Nuova Zelanda produce, ad esempio, più carne di un analogo ettaro in Somalia, dunque verrà pesato diversamente. Il set di fattori di produttività è aggiornato per ogni Paese dove viene calcolato l'indice.

L'unità di misura dei fattori di conversione varia a seconda del bene. Alcuni fattori sono definiti in ettari globali / dollaro (gha/dollaro), mentre altri fanno riferimento alle quantità e quindi sono espressi in ettari globali / chilogrammo (gha/kg) e ettari globali / litro (gha/l) (Wackernagel et al, 2002).

La scelta di quale fattore utilizzare è guidata dalla volontà di ridurre il più possibile le approssimazioni e di minimizzare gli errori che si introducono con operazioni di ridefinizione e di riaggregazione delle categorie di consumo.

Nella Tabella 2.1 viene riportato il foglio di calcolo W3 elaborato da Mathis Wackernagel e i suoi collaboratori nel febbraio del 2003.

# Household Ecological Footprint Calculator and Supporting data

I. Calculate how many minutes of life energy it takes to earn one dollar\* (optional).  
 Enter your income and hours worked:

0	dollars earned per month (after taxes)
0	work related dollars spent per month
0.0	hours of work per week
0.0	unpaid hours per week for work preparation (commuting, etc.)
<i>It takes</i>	<i>minutes of life energy to earn one dollar*</i>

II. Choose whether you want to work with U.S. or metric measurements:

m enter "m" for metric, "s" for US standard

III. Register your monthly consumption in column D (or your yearly consumption in column E). Optional: put the dollar amounts into column F. Goods may be entered as they are purchased to calculate a "one-time footprint", or may be divided by their lifetime (i.e. if you purchase 5 pounds of clothing, and expect the clothing to last 3 years, divide 5 lbs. by 36 months).

IV. Number of people in the household:

CATEGORIES	Units	AMOUNT per month	eqv. amount per year	Dollars spent (mth)	FOSSIL ENERGY	CROPLAND	PASTURE	FOREST	BUILT-UP LAND	FISHERIES
<b>1-FOOD</b>										
<i>(results in uncalibrated global m2)</i>										
<i>Enter percentage of food purchased that is wasted rather than eaten in your household.</i>					26%	<i>(26 percent is the national average)</i>				
<i>How much of the food that you eat is processed, packaged and not locally grown (from more than 200 miles away)?</i>					a	Most of the food I eat is processed, packaged, and from far away				
					b	Three quarters				
					c	Half				
					d	One quarter				
					e	Very little. Most of the food I eat is unprocessed, unpackaged and locally grown				
Veggies, potatoes & fruit	[kg]	157.6	1891	\$0.00	402	270				
Bread and bakery products	[kg]	65.0	780	\$0.00	419	595				
Flour, rice, noodles, cereal products (exc maize)	[kg]	45.0	540	\$0.00	237	421				
Maize	[kg]	0.0	0	\$0.00	0	0				
Beans and other dried pulses	[kg]	0.0	0	\$0.00	0	0				
Milk, cream, yogurt, sour cream	[l]	0.0	0	\$0.00	147	145	78			
Ice cream, other frozen dairy	[l]	0.0	0	\$0.00	62	83	82			
Cheese, butter	[kg]	0.0	0	\$0.00	89	195	73			
Eggs (assumed to be 50 g each)	[number]	0	0	\$0.00	28	89				
<b>Meat</b>										
Pork	[kg]	0.0	0	\$0.00	165	184				
Chicken, turkey	[kg]	0.0	0	\$0.00	392	397				
Beef	[kg]	0.0	0	\$0.00	402	722	428			
Fish	[kg]	0.0	0	\$0.00	565					1968
Sugar	[kg]	0.0	0	\$0.00	62	60				
Vegetable oil (seed or olive oil)	[l]	0.0	0	\$0.00	62	54.5				
Margarine	[kg]	0.0	0	\$0.00	31	276				
Coffee & tea	[kg]	0.0	0	\$0.00	101	265				
Juice & wine	[l]	0.0	0	\$0.00	258	166				
Beer	[l]	0.0	0	\$0.00	84	28				
Garden (area used for food)	[m2]	0.0	0	\$0.00	0	0	7.3			216
Eating out	[\$]	0	0	\$0.00	397	491				
<b>SUB-TOTAL-1</b>				<b>\$0.00</b>	<b>4.491</b>	<b>4.942</b>	<b>731</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2.172</b>
<b>2-HOUSING</b>										
<b>Residence</b>										
House or apartment	[m2]	0	0	\$0.00	0			0		
current age of residence	[years]	0	0							
Construction wood	[kg]	0.0	0	\$0.00	0			0		
Yard (or total lot size incl. building)	[m2]	0	0	\$0.00					0	
<b>Energy</b>										
Electricity (also check composition--see note)	[kWh]	0	6480	\$0.00						
<b>Enter as fraction (eg 25% = 0.25)</b>										
fossil fuels		83%			12.615					
nuclear energy		0%			0					
large hydroelectric		0%							0	
small or micro hydroelectric		17%					1			
PV solar (on newly built-up area)		0.00%							0	
PV solar (on existing roof area)		0%							0	
wind		0.0%							0	
geothermal		0.0%								
wood		0%								
waste		0.0%								
Natural gas, city	[m3]	0.0	2	\$0.00	9					
Liquid petroleum gas (propane)	[l]	0.0	0	\$0.00	0					
Firewood	[kg]	0.0	0	\$0.00				0		
Fuel oil, kerosene	[l]	0.0	465	\$0.00	3.181					
Coal	[kg]	0.0	0	\$0.00	0					
Water (not included since it depends on local circumstances)	[m3]	0	533	\$0.00				4.933		
<b>SUB-TOTAL-2</b>				<b>\$0.00</b>	<b>15.806</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

# Impronta ecologica

Footprint Calculator for Households												
CATEGORIES	Units	AMOUNT per month	eqv. amount per year	Dollars spent (mth)	FOSSIL ENERGY	CROPLAND	PASTURE	FOREST	BUILT-UP LAND	FISHERIES		
<b>3.- TRANSPORTATION</b>												
(results in uncalibrated global m2)												
Bus, transit (around town)	[pers.*km]	0		192	\$0.00	176				0.1		
Bus, intercity (Greyhound)	[pers.*km]	0			\$0.00	0				0.0		
Train, transit (commuter, light rail)	[pers.*km]	0		0	\$0.00	0				0		
Train, intercity (Amtrak)	[pers.*km]	0		0	\$0.00	0				0		
Car (your own)	[km]	0		14,800	\$0.00	11,526				1,597		
Taxi / rental other's car	average fuel efficiency [liters/km]	0		0	\$0.00	0				0		
Motorcycle	average fuel efficiency [liters/km]	0		0	\$0.00	0				0		
Airplane	average fuel efficiency [liters/km]	0		0	\$0.00	0				0		
	(e) economy, (b) business or (f) first class?	e		0.0	\$0.00	0				0		
<b>SUB-TOTAL-3</b>					<b>\$0.00</b>	<b>11,701</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,597</b>	<b>0</b>	
<b>4.- GOODS</b>												
Clothes and textiles												
cotton	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
wool	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
synthetic	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
Furniture (wooden)	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
Furniture (plastic/metal)	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
Major appliances	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
Computers and electronic equipment	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
Small appliances	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
Durable paper products (books) and hygienic paper products (toilet/tissue paper)	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
Car parts for repair	[kg]	0.006		0	\$0.00	0				0		
Metal items, tools	[kg]	0		0	\$0.00	0				0		
Leather	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
Plastic products and photos	[kg]	0		0	\$0.00	0				0		
Porcelain, glass	[kg]	0		0	\$0.00	0				0		
Medicine	[kg]	0		0	\$0.00	0				0		
Hygiene products, cleaning stuff	[kg]	0		0	\$0.00	0				0		
Cigarettes, other tobacco products	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
<b>SUB-TOTAL-4</b>					<b>\$0.00</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>5.- SERVICES</b>												
Postal services												
international	[kg]	0.0		0	\$0.00	0				0		
domestic	[kg]	0		0	\$0.00	0				0		
Hotels, Motels	[\$]	0		498	\$0.00	678			423	307		
Water, sewer, garbage service	[\$]	0		0	\$0.00	0				0		
Dry cleaning or external laundry service	[\$]	0		47	\$0.00	59				25		
Telephone	[\$]	0		87	\$0.00	37				17		
Medical insurance and services	[\$]	0		148	\$0.00	166				52		
Household insurance	[\$]	0		0	\$0.00	0				0		
Entertainment	[\$]	0		854	\$0.00	767				247		
Education	[\$]	0		87	\$0.00	119				50		
<b>SUB-TOTAL-5</b>					<b>\$0.00</b>	<b>1762</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>423</b>	<b>798</b>	<b>0</b>	
<b>6.- WASTE</b>												
Household waste:												
paper and paperboard	[kg]	0		51	\$0.00	224			80%	53		
aluminum	[kg]	0		32	\$0.00	149			28%	270		
other metal	[kg]	0		21	\$0.00	24			15%	57		
glass	[kg]	0		17	\$0.00	48			11%	11		
plastic	[kg]	0		9	\$0.00	88			5%	20		
<b>SUB-TOTAL-6</b>					<b>0.0</b>	<b>130</b>	<b>\$0.00</b>	<b>1748</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>328</b>	<b>411</b>

Footprint Intensity	Cropland [global m2/kg]	Pasture [global m2/kg]	notes
Veggies, potatoes & fruit	1.6		weighted avg. starchy roots, vegetable
Bread and bakery products	8.3		same as "flour, rice, noodles..."
Flour, rice, noodles, cereal products (exc maize)	8.3		weighted avg. cereals (exc maize)
Maize	5.0		
Beans and other dried pulses	24.0		weighted avg. pulses
Milk, cream, yogurt, sour cream	2.3	12	milk
Ice cream, other frozen dairy	11.6	6.2	milk*5
Cheese, butter	23.2	12.4	milk*10
Eggs	20.8		eggs
Meat			
Pork	27.9		pigmeat
Chicken, turkey	19.0		poultry meat
Beef	54.7	32.3	beef
Mutton, goat	46.9	31.1	mutton & goat
Fish	12.9		weighted avg. fish, seafood
Sugar	3.4		
Vegetable oil	61.8		weighted avg. vegetable oils
Margarine	81.5		based on vegetable oil
Coffee & tea	40.1		weighted avg. coffee and tea
Juice & wine	3.8		wine
Beer	2.0		beer
Cotton	35.3		cotton lint
Wool			
Cigarettes, other tobacco products		13.6	tobacco
Timber			Forest [global m2/m3 roundwood] 6,469

Constants and Conversion Factors	
absorption rate [t CH4/y/r]	0.95
% absorbed by oceans:	31%
Carbon intensity [t CH4/g]:	
coal	0.026
oil (avg. fossil fuel)	0.020
natural gas	0.016
Carbon absorption factor [m2/MAJ]:	
coal	0.19
oil (avg. fossil fuel)	0.15
natural gas	0.11
Pre-purchase food loss:	11
Structural consumption	11
Total built area of goods and waste (m2/cap)	244
Total built area of services (m2/cap)	244
Weight conversion (kg/lb)	0.454
Area conversion (acres/ha)	2.47
Area conversion (m2/Rt2)	0.093
Volume conversion (l/g)	0.946

Equivalence and Yield Factors & Footprint [m2]	Equivalence Factors [gm2/m2]	Yield Factors [-]	Unadjusted Footprint [m2]
FOSSILENERGY	1.3		35,624
CROPLAND	2.2		3,078
PASTURE	0.5	1.3	2,708
FOREST	1.3		1,818
BUILT-UP LAND	2.2	1.4	1,057
FISHERIES	0.4		17,744
<b>TOTAL</b>			<b>62,030</b>

Correction Factors for the US	FOSSILENERGY	CROPLAND	PASTURE	BUILT-UP LAND	FISHERIES
FOOD	1.03	1.35	1.75		2.88
HOUSING	0.88			1.60	0.78
TRANSPORTATION	0.73				1.19
GOODS	4.73	4.30		2.18	0.33
SERVICES	4.21			3.52	0.33
WASTE	4.73			2.31	0.31
U.S. average fossil fuel area of goods:	190			1662	1283
				waste:	

Tabella 2.1: Foglio di calcolo W3 (versione v3.2 del febbraio 2003)

## **2.6 Vantaggi e svantaggi dell'impronta ecologica**

Attorno al concetto di impronta ecologica si è acceso un dibattito tecnico, con diverse pubblicazioni anche su riviste come l'*Ecological Economics*. Uno dei punti più controversi dell'impronta riguarda il suo utilizzo come segnale del raggiungimento o meno di un livello di sostenibilità. Un altro punto controverso riguarda il fatto di indicare, con un solo valore, una realtà complessa come il nostro impatto sulla natura. Coloro che sostengono l'utilizzo dell'impronta ecologica pensano che l'impronta crei una miglior comprensione dei limiti di un Paese e della sua dipendenza dalle risorse esterne, riconoscendo le potenzialità delle risorse presenti. L'impronta stimola le opportunità di scambio per creare una solida base commerciale e minimizzare i fabbisogni di importazioni, crea un punto di riferimento per stabilire obiettivi e monitorare i progressi verso uno sviluppo economico duraturo e sostenibile e viene considerata un indice complementare al PIL che può favorire un nuovo modo di valutare il progresso e lo sviluppo umano. Altri invece gli attribuiscono un valore esclusivamente pedagogico, ma nessuna capacità di indirizzare decisioni politiche.

Secondo Ayres (2000), studioso di ecologia, il metodo sviluppa uno scenario irrealistico, che non riflette le numerose possibilità tecnologiche esistenti. Ritiene, inoltre, che il metodo dell'impronta implica l'indesiderabilità del commercio e soprattutto non dice niente che già non si conosce, e cioè che il nostro impatto sugli ecosistemi è insostenibile.

Ian Moffat (2000) ricorda che l'impronta potrebbe essere ridotta grazie all'impiego di nuove tecnologie ecocompatibili e che il metodo utilizzato rappresenta una misura statica che non coglie la dinamicità degli ecosistemi. Egli sostiene che è molto più importante l'analisi dei flussi ricordando che l'ambiente è un sistema complesso, non lineare, discontinuo e con limiti.

Anche, Rapport (2000), ritiene debole il concetto di impronta ecologica perché non considera che le attività umane hanno condotto alla degradazione molti ecosistemi, trasformando stati di salute in situazioni patologiche, con il risultato di compromettere la salute umana e il benessere delle comunità.

Wackernagel e Silverstein (2000) ricordano che, al momento, nessun Paese e nessuna Agenzia ONU attuano un sistema di contabilità sistematico, per valutare quale sia l'estensione dell'utilizzo umano della natura rispetto alle capacità degli ecosistemi esistenti.

## **2.7 Global Footprint Network**

Mathis Wackernagel è ormai diventato il personaggio più rappresentativo dell'impronta ecologica, essendo anche il fondatore e il direttore del Global Footprint Network, la struttura internazionale che riunisce tutti gli studiosi e le organizzazioni che si interessano dello sviluppo dell'indice. Il gruppo svolge attività per il miglioramento scientifico delle basi del metodo del calcolo, per avere una standardizzazione e una diffusione a livello mondiale del metodo stesso. Il lavoro di questa organizzazione è iniziato nel 1996 quando venne pubblicato il rapporto "How Big is Our Ecological Footprint". Da lì a breve, l'impronta e la sua applicazione, hanno avuto un successo e una diffusione in tutto il mondo. Il metodo fu oggetto di numerosi lavori, dal Dipartimento dell'Ambiente del Regno Unito all'Agenzia Federale per l'Ambiente tedesca. Il maggior contributo tecnico del Global Footprint Network viene dato al WWF che, a partire dal 2000, ha ufficialmente adottato il metodo dell'impronta nel suo report biennale "Living Planet Report", dove viene riportato il calcolo delle impronte di 52 Paesi differenti, aventi ciascuno almeno un milione di abitanti. L'ultimo aggiornamento pubblicato risale a ottobre 2008 con riferimento a dati del 2005. Il risultato di tale analisi è un'impronta ecologica globale pari a 17,5 miliardi di ettari globali, corrispondente a 2,7 ettari globali pro capite. La biocapacità invece è di 13,6 miliardi di ettari globali, pari a 2,1 ettari globali pro capite. Quindi la domanda di risorse naturali risulta essere del 30% in più rispetto all'offerta (WWF, 2008). Oltre al superamento della biocapacità, dal report del WWF emerge che la domanda principale dell'umanità nei confronti della biosfera è quella del carbonio, che dal 1961 è aumentata di 10 volte (Figura 2.1). La domanda di carbonio si riferisce alla biocapacità necessaria per assorbire le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dall'impiego di combustibili fossili.

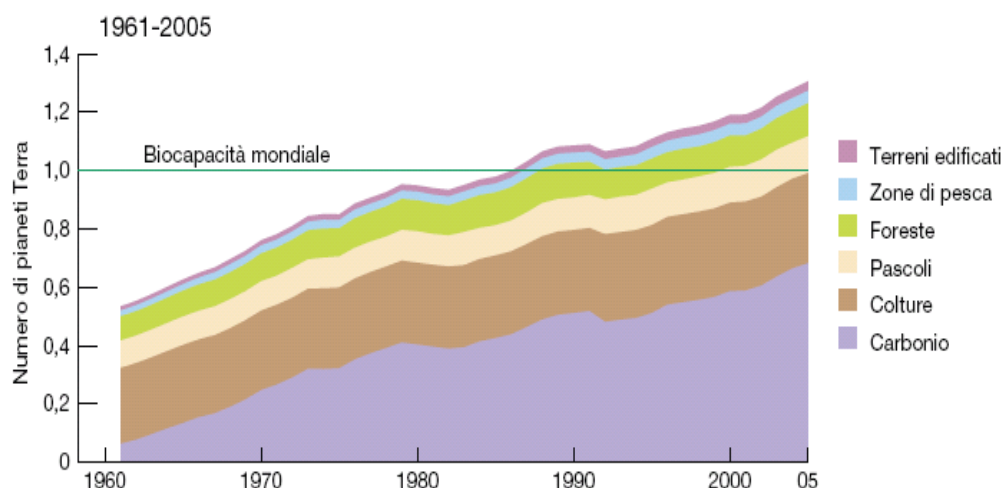


Figura 2.1: Impronta ecologica suddivisa nei vari componenti, Living Planet Report 2008

Le maggiori impronte ecologiche riferite al 2005 appartengono agli Stati Uniti e alla Cina, che utilizzano ciascuno il 21% della biocapacità del Pianeta. Mentre il terzo posto va all'India che sfrutta, da sola, il 7% della biocapacità (WWF, 2008).

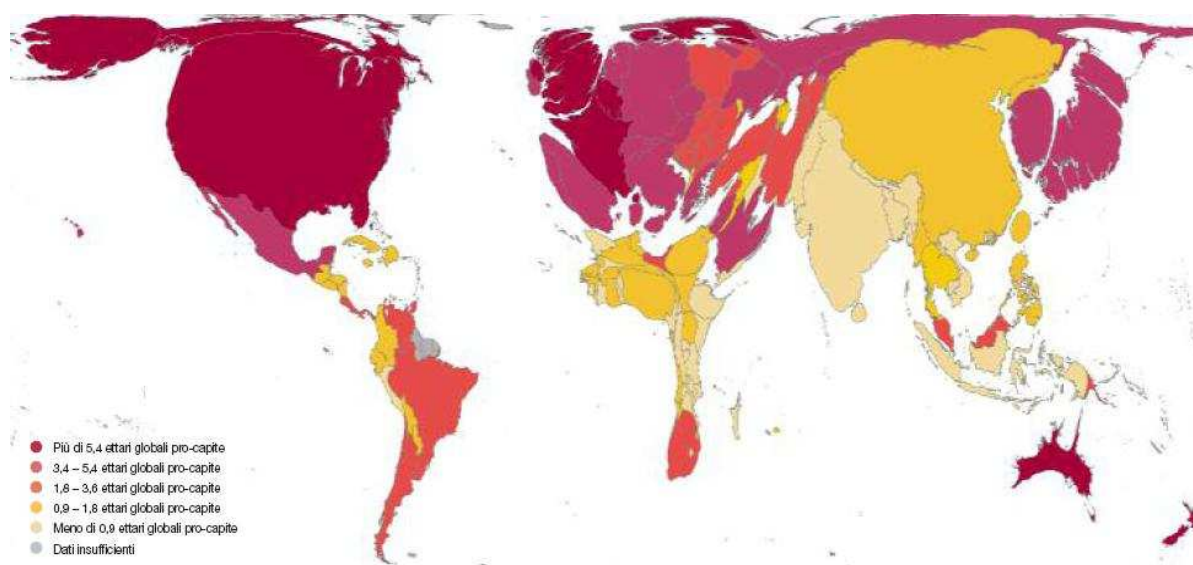


Figura 2.2: Impronta ecologiche nazionali in proporzione

Negli ultimi anni sono stati fatti degli aggiornamenti nel calcolo dell'impronta, cioè è stata introdotta la componente che misura l'elettricità generata dalle centrali nucleari. Questa componente viene inclusa, per migliorare la coerenza metodologica. Un nuovo calcolo riguarda l'impronta idrica, cioè il consumo totale di risorse idriche utilizzate per produrre beni e servizi. L'impronta idrica è un'estensione dell'impronta ecologica che calcola il volume totale di risorse idriche e capitale naturale marino necessari. Si è voluto

inserirne la componente idrica perché il sovra sfruttamento delle risorse marine sembra oggi più pressante e soprattutto perché gli oceani sono sempre più a rischio.

### 2.7.1 Casi di studio: Svizzera, Toscana e provincia di Venezia

Sull'onda dell'esperienza del WWF, in ogni parte del mondo si è incominciato a calcolare l'impronta ecologica a tutti i livelli, nazionale, regionale, provinciale, comunale, ma anche familiare e personale. Di seguito vengono riportati alcuni esempi di studi effettuati ai vari livelli.

Il primo esempio di calcolo riguarda la richiesta di territorio bioprodotivo da parte della Svizzera. Il lavoro è tratto da "L'impronta ecologica della Svizzera. Contributo al dibattito sulla sostenibilità". E' stato effettuato nel 2006 con dati del 2002 in collaborazione tra gli uffici federali statistico, per l'ambiente e dello sviluppo territoriale. L'obiettivo era scoprire se il metodo dell'impronta ecologica è adatto per completare il quadro degli indicatori di sostenibilità. La banca dati utilizzata è quella del Global Footprint Network, integrata in una seconda fase, con dati svizzeri. L'impronta ecologica svizzera risultava di 4,7 ettari globali equivalenti (gha) pro capite, la biocapacità pari a 1,6 gha pro capite, ciò significa che l'impronta svizzera era quasi tre volte superiore alla sua biocapacità (Figura 2.3).

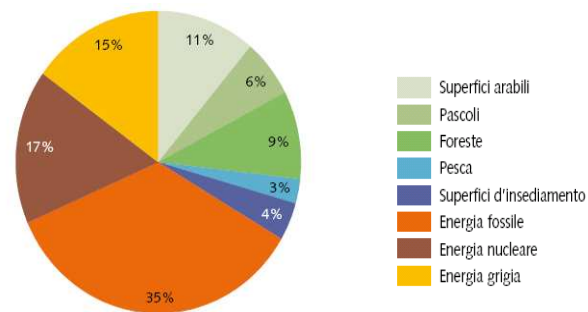
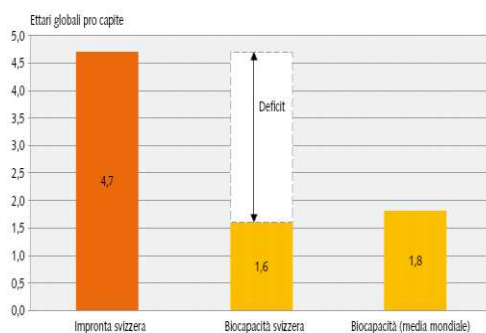


Figura 2.3: Confronto tra impronta e biocapacità

Figura 2.4: Composizione dell'impronta ecologica

Gran parte dell'impronta è imputabile al consumo energetico, suddiviso in energia fossile, nucleare e grigia (ammontare totale dell'energia utilizzata nel corso dell'intera vita del prodotto), il quale contribuisce per due terzi all'impronta ecologica (Figura 2.4). Un altro elemento importante è il fabbisogno di terreno agricolo, forestale e di superfici verdi, che insieme ricoprono il 26% dell'impronta ecologica totale. Il deficit ecologico si riscontra in

quasi tutti i settori, mentre solo l'economia forestale ha una capacità superiore al fabbisogno di legno (Stokar et al, 2006).

Il secondo esempio è il calcolo dell'impronta della regione Toscana effettuato nel 2004 e riferito a dati del 1999. Il risultato è tratto da "Calcolo dell'impronta ecologica della regione Toscana", a cura del WWF Italia con il supporto tecnico del CRAS (Centro Ricerche Applicate per lo Sviluppo Sostenibile). Il calcolo dell'impronta ecologica della Toscana è risultato essere pari a 4,011 gha pro capite, di poco superiore alla media nazionale, che in quell'anno è pari a 3,84 gha pro capite. Si mette in evidenza che per quanto riguarda l'impronta ecologica di una regione sub nazionale (esempio la Toscana), il calcolo viene effettuato diversamente rispetto a quello nazionale. Il principale problema è che i dati statistici sulle importazioni e sulle esportazioni sono presenti solo a livello nazionale, mentre a livello regionale tali informazioni non sono reperibili.

	Superficie [gha/ab]						
	Per energia	Agricola	Per pascoli	Forestale	Degradata	Marina	Totale
Consumi alimentari	0,191	0,721	0,157	0,000	0,000	0,261	1,329
Abit., energia e cons. di suolo	0,551	0,000	0,000	0,098	0,004	0,000	0,653
Trasporti	0,519	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,522
Altri beni	0,593	0,135	0,026	0,158	0,003	0,000	0,914
Servizi e rifiuti	0,452	0,000	0,000	0,077	0,064	0,000	0,593
<b>Totale</b>	<b>2,305</b>	<b>0,855</b>	<b>0,182</b>	<b>0,333</b>	<b>0,074</b>	<b>0,261</b>	<b>4,011</b>

**Tabella 2.2:** Impronta ecologica della regione Toscana

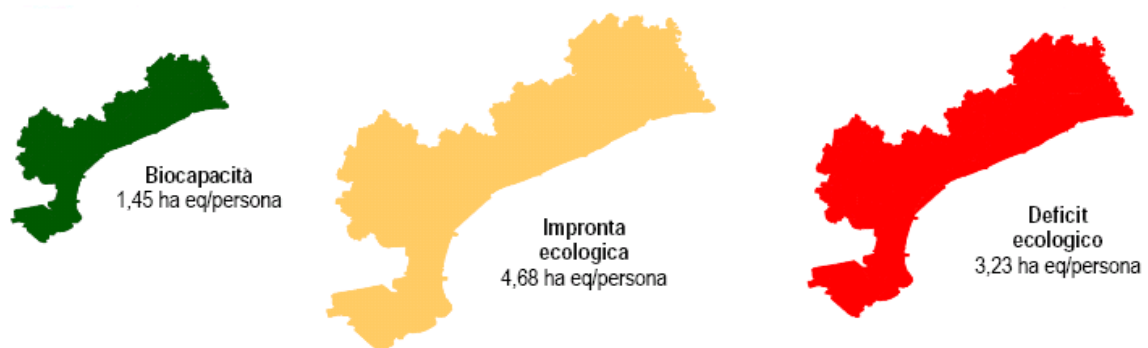
Come nel caso della Svizzera, anche per la Toscana, il terreno per energia richiesto è pari al 60% del totale dell'impronta, l'altra quota rilevante è legata al terreno per agricoltura che ricopre il 21% del totale. Invertendo la lettura della tabella 2.2, si può osservare che la responsabilità dell'impronta è dovuta per un terzo ai 'consumi alimentari', mentre i trasporti, i servizi e le abitazioni si ripartiscono una quota dell'impronta intorno al 15% ciascuno. Per quanto riguarda il confronto dell'impronta con la biocapacità, la regione Toscana non risulta "autosufficiente". Infatti, con il capitale naturale a sua disposizione e con lo stile di vita adottato, riuscirebbe a sostenere solo il 50% della popolazione (WWF, 2002).



Un altro studio, interessante per la sua rigorosità scientifica e per la particolarità del territorio, è il calcolo dell'impronta ecologica della provincia di Venezia condotto in collaborazione tra ARCA (Associazione per la Ricerca e la Consulenza Ambientale), Provincia di Venezia e l'Università di Siena. L'analisi dell'impronta ecologica è contenuta nello "Studio di sostenibilità della provincia di Venezia. Analisi dell'impronta ecologica", pubblicata nel 2003 con dati risalenti al 2000. Man mano che si scende a livelli sotto nazionali, come in questo caso, risulta sempre più difficile trovare informazioni riferite all'area presa in esame, sia essa una provincia oppure un comune. Per ovviare alla difficoltà del reperimento dati, si sono utilizzati dati regionali o dati nazionali ponderati per la popolazione residente nella provincia nel 2000. Lo studio in questione ha introdotto delle innovazioni legate alla tipicità del territorio veneziano:

- il calcolo della biocapacità della laguna;
- il calcolo dell'impatto derivante dal turismo.

Per il calcolo della biocapacità è stato fatto un approfondimento introducendo la laguna come nuova categoria di territorio ecologicamente produttivo. Per il turismo sono stati considerati tutti quei vacanzieri che hanno pernottato almeno una notte a Venezia e dintorni, desumibili dalle statistiche ufficiali. Dallo studio emerge che la biocapacità a disposizione dei veneziani è pari a 1,45 gha pro capite, mentre la terra ecologicamente produttiva richiesta per supportare lo stile di vita è pari a 4,68 gha pro capite. La differenza tra le due superfici evidenzia la presenza di un deficit ecologico di 3,23 gha pro capite. La rappresentazione a mappe (Figura 2.5) ci dà una percezione più immediata dei risultati sopra riportati.



**Figura 2.5:** Proporzione tra biocapacità, impronta ecologica e deficit ecologico

L'impronta ecologica del turismo costituisce un'indicazione della pressione esercitata da un fenomeno così rilevante per la provincia di Venezia. Non è stata considerata la parte del viaggio del turista, dato che le ripercussioni sono più globali e non locali. Il risultato ottenuto è un aumento della popolazione del 9,7% (1 abitante equivalente corrisponde a 365 giorni di presenza). Quest'aumento della popolazione, ovviamente, si ripercuote con un aumento dell'impronta ecologica del 8,5% (Tiezzi, 2003).

Per quanto riguarda l'ambito comunale, un progetto, condotto dal CRAS e dal WWF nel 1999 su dati del 1996, si è posto come obiettivo il calcolo dell'impronta ecologica di tre realtà urbane, una del nord, una del centro e una del sud, aventi similitudini nelle dimensioni e nella struttura socio-economica. Le tre città sono: Legnago, Orvieto e Isernia. La metodologia di calcolo utilizzata, vista la scarsità delle informazioni a livello comunale, consiste nella stima di ogni componente dell'impronta delle tre città, pesando l'impronta italiana con un fattore di proporzione, ottenuto dal rapporto tra i consumi delle città e i consumi italiani. La fonte dei dati è l'ISTAT, sia per i dati demografici che per i consumi e il territorio. Lo studio, pur essendo superato come metodologia, ha il pregio di essere uno dei primi ad aver applicato il calcolo dell'impronta a realtà comunali. Un approfondimento particolare interessa la categoria trasporti, dove sono stati considerati i dati sugli spostamenti delle persone per motivi di lavoro e studio. Da questi dati si è potuto ricavare la lunghezza media degli spostamenti (in km) con i diversi mezzi e il diverso tipo di carburante.

Il calcolo della biocapacità non è stato effettuato, ma si sono messi a confronto i risultati ottenuti per le tre città:

- Legnago: 3,09 gha pro capite
- Orvieto: 2,94 gha pro capite
- Isernia: 3,01 gha pro capite.

Tali risultati evidenziano come l'impronta ecologica di città aventi caratteristiche socio-economiche conformi hanno un'impronta simile (Wackernagel et al, 2002).

## CAPITOLO 3

### 3 ANALISI DEI DATI E METODI UTILIZZATI

L'obiettivo dello studio è il calcolo dell'impronta ecologica del Veneto. Il capitolo illustra la procedura adottata per il reperimento delle informazioni e per la successiva analisi ed elaborazione dei dati.

Il primo passo è stato quello di scegliere la metodologia più idonea da adottare. Sono stati presi in considerazione i due metodi disponibili in letteratura ed effettuata la scelta, soprattutto in relazione alla qualità e alla quantità di dati disponibili. L'analisi preliminare ha portato all'adozione dell'approccio *per componenti*, in quanto il metodo composto è più utilizzato in ambito nazionale, mentre a livello regionale sono disponibili maggiori informazioni sui consumi.

Il secondo è stato quello di valutare quale matrice di Wackernagel utilizzare per l'elaborazione. La versione 3.2 del 2003 (W3) è stata valutata la più appropriata in quanto è l'ultima pubblicata da Wackernagel e contiene una serie di aggiornamenti sui coefficienti di produttività dei differenti territori e sui fattori di equivalenza. Dalla W3 originale si sono fatte le seguenti scelte:

- il sistema metrico europeo,
- per fare il calcolo delle spese è stata mantenuta la valuta in dollari facendo la conversione euro/dollaro ([www.cambioeurodollaro.it](http://www.cambioeurodollaro.it), 1 € = 1.25 \$ risalente al 2006),
- per la provenienza delle risorse si è scelto di considerare che la maggior parte dei prodotti consumati vengono importati da lontano.

L'anno di riferimento per il calcolo dell'indice è il 2006. Poiché dall'analisi delle fonti, questo è l'anno con il maggior numero di informazioni disponibili nelle statistiche regionali e nazionali.

### **3.1 Dati e fonti**

Il reperimento dei dati a livello regionale sui consumi delle risorse e dei beni, sull'efficienza tecnologica ed energetica dei processi industriali e sulla produttività agricola non è stato facile in quanto queste informazioni pur essendo presenti a livello nazionale non sono semplici da raccogliere per i livelli territoriali inferiori.

Di seguito vengono descritti i dati e le fonti utilizzati per l'analisi dell'impronta ecologica del Veneto riferiti al 2006.

#### **3.1.1 Consumi delle famiglie**

I dati sui consumi delle famiglie sono forniti dall'ISTAT nel report "I consumi delle famiglie" (2008) che presenta diversi livelli di dettaglio in base alla ripartizione geografica (regionale, macroregionale e nazionale). Nel report sono riportate le spese medie mensili e il numero medio di componenti per famiglia. Ulteriori suddivisioni vengono fatte in base alla professione del capo famiglia. Da sottolineare che ad un maggiore dettaglio territoriale corrisponde un più alto livello di aggregazione delle categorie di consumo.

Nell'indagine sui consumi delle famiglie condotta dall'ISTAT:

- l'unità di rilevazione è costituita dalla famiglia di fatto, intesa come un insieme di persone coabitanti e legate da vincoli affettivi, di matrimonio, parentela, affinità, adozione e tutela; sono considerate appartenenti alla famiglia, come membri aggregati, tutte le persone che, a qualsiasi titolo, convivono abitualmente con essa; sono escluse dalla rilevazione le spese per consumi dei membri di comunità (caserme, ospedali, istituti religiosi, convitti ecc.) e delle famiglie presenti ma non residenti sul territorio nazionale;
- vengono rilevati i beni e servizi acquistati o autoconsumati dalle famiglie per il soddisfacimento dei propri bisogni, compresi i beni che provengono da un orto o da un'azienda agricola, i beni e i servizi forniti dal datore di lavoro ai dipendenti a titolo di salario ed i fitti figurativi.

La spesa viene articolata secondo la classificazione COICOP (Classification of Individual Consumption by Purpose) uno standard internazionale messo a punto dalla Divisione Statistica delle Nazioni Unite. Il COICOP viene usato anche per l'elaborazione dei prezzi al consumo.

Si individuano in 14 capitoli di spesa, i primi 12 relativi ai consumi delle famiglie, uno relativo ai consumi individuali delle istituzioni private al servizio della famiglia e l'ultimo riferito ai consumi delle amministrazioni pubbliche. Ciascun capitolo è articolato in categorie, ciascuna delle quali è a sua volta articolata in gruppi.

I primi 12 capitoli e le relative categorie, come denominati dall'ISTAT, sono:

1. prodotti alimentari e bevande analcoliche (generi alimentari, bevande analcoliche)
2. bevande alcoliche e tabacchi (bevande alcoliche, tabacchi)
3. abbigliamento e calzature (abbigliamento, calzature)
4. abitazione, acqua, elettricità e combustibili (affitti reali, riparazione e manutenzione dell'abitazione, altri servizi per l'abitazione, elettricità e combustibili)
5. mobili, articoli e servizi per la casa (mobili tappeti e articoli di arredamento, prodotti tessili per la casa, elettrodomestici ed altri apparecchi per la casa, cristalleria vasellame e utensili, strumenti e attrezzi per la casa ed il giardino, beni e servizi per manutenzione ordinaria casa)
6. servizi sanitari e spese per la salute (medicinali e prodotti farmaceutici, servizi medici non ospedalieri, servizi ospedalieri)
7. trasporti (acquisto mezzi di trasporto, spese di esercizio dei mezzi di trasporto, servizi di trasporto)
8. comunicazioni (servizi postali, apparecchiature e materiale telefonico, servizi telefonici)
9. ricreazione, spettacoli e cultura (apparecchi audio-visivi e fotografici, altri beni durevoli per ricreazione e cultura, altri articoli per ricreazione, servizi ricreativi, libri giornali e cancelleria, pacchetti vacanza tutto compreso);
10. istruzione (istruzione pubblica e privata);
11. servizi ricettivi e di ristorazione (pubblici esercizi e mense, alberghi e altri servizi di alloggio);

12. altri beni e servizi (beni e servizi per l'igiene, servizi personali, spese di assistenza, servizi assicurativi, servizi finanziari, altri servizi).

I dati presi in esame riguardano la spesa media secondo la macroarea nord-est e il Veneto.

### **3.1.2 Prezzi al consumo**

L'Indice dei prezzi al consumo è una misura statistica formata dalla media dei prezzi pesata per mezzo di uno specifico paniere di beni e servizi. Tale paniere ha come riferimento le abitudini di acquisto di un consumatore medio. La fonte ufficiale dei prezzi al consumo è l'ISTAT che annualmente fornisce i report con gli indici dei prezzi, da tali report è possibile valutare l'andamento dell'inflazione. Le tipologie di indici dei prezzi al consumo si differenziano per: popolazione dei consumatori alla quale si riferiscono, territorio preso in esame, composizione del paniere dei consumi, il tipo di prezzi considerati e la metodologia di ponderazione.

Per il calcolo dell'impronta ecologica, e in particolare per il calcolo delle quantità dei prodotti consumati, sono necessari i dati dei prezzi al consumo. L'ISTAT, invece, pubblica esclusivamente gli indici dei prezzi al consumo, non utilizzabili ai fini del calcolo.

Per superare questo problema sono stati contattati direttamente gli uffici di statistica dei Comuni capoluogo per ottenere i dati dei prezzi al consumo del 2006. I comuni che hanno risposto a tale richiesta sono stati: Padova, Verona (dati presenti nel sito della Camera di Commercio di Verona), Venezia, Belluno e Rovigo (disponibili solo gli ultimi sei mesi). Sulla base di queste serie di dati e in relazione con le serie dei consumi delle famiglie sono state fatte le elaborazioni per i calcoli delle quantità consumate. Poiché i prezzi al consumo hanno una certa rilevanza nel calcolo dell'indice, se disponibili, sono stati tenuti in considerazione anche i prezzi minimi e massimi.

### **3.1.3 Consumo di energia elettrica, gas, gpl, carbone e acqua potabile per usi domestici e civili**

I dati riferiti al consumo di energia elettrica per uso sia domestico che commerciale della regione Veneto, sono forniti da Terna S.p.a, società che si occupa della rete infrastrutturale dell'energia elettrica in Italia. I dati sono contenuti nel report "L'elettricità

nelle regioni” del 2006 ed espressi in GWh. Per essere compatibili con la matrice W3, sono stati convertiti in KWh pro capite. I dati sono rilevati a livello provinciale e disaggregati per categoria di utilizzatori (industria, agricoltura, ecc.). Inoltre dalla stessa tabella dei dati si sono ricavate le percentuali delle differenti produzioni di energia. Tali percentuali sono necessarie in quanto, nella matrice di Wackernagel, l'impronta dell'energia si differenzia in base alla diversa tipologia di fonte utilizzata (termoelettrica, idroelettrica, fotovoltaica, geotermica, eolica e nucleare). Per quanto riguarda i consumi di gpl, gas e carbone per usi domestici la fonte è l'Osservatorio Statistico Energetico del Ministero dello Sviluppo Economico su dati SNAM Rete Gas S.p.a., società che si occupa del trasporto, dello stoccaggio e della distribuzione del gas in Italia.

La fonte dei dati per il consumo di acqua potabile è Legambiente nel rapporto annuale Ecosistema Urbano. I dati si riferiscono al 2007 e sono espressi in metri cubi pro capite annui. Non è stato possibile recuperare dati relativi al 2006 per la sezione Abitazioni – consumi di acqua potabile.

#### **3.1.4 Trasporto pubblico e privato**

Per il trasporto pubblico nella matrice W3 sono compresi i seguenti mezzi: autobus urbani e interurbani, treni regionali e interregionali, taxi e aerei. L'analisi preliminare ha evidenziato che per i taxi non c'erano dati a disposizione e che per gli aerei era impossibile fare delle considerazioni appropriate. Pertanto questi due mezzi di trasporto sono stati esclusi dall'analisi. Per le rimanenti due categorie di trasporto pubblico i dati disponibili si riferiscono al 2003 e la fonte è il V Rapporto “I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia” (2005) a cura degli Amici della Terra in collaborazione con le Ferrovie dello Stato. Un'altra fonte che riporta sostanzialmente le stesse informazioni, è l'Annuario dell'Ispra (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), contenute nel sito internet dell'ente ([www.apat.gov.it/site/file/Annuario08/03Trasporti.pdf](http://www.apat.gov.it/site/file/Annuario08/03Trasporti.pdf)). I dati sono aggregati a livello nazionale, per questo la mobilità nelle sue diverse forme (autobus urbani e interurbani, treni regionali e interregionali) di un cittadino veneto risulta essere uguale, in media, alla mobilità di un cittadino italiano.

Per il trasporto privato la matrice W3 prevede il calcolo dei km percorsi in media annualmente da ciascun automobilista e motociclista. I dati utilizzati sono stati forniti dal SISTAR (Sistema Statistico Regionale), nel rapporto il “Veneto si racconta” (2008). I dati

relativi ai km percorsi dalle auto e moto sono stati integrati con le informazioni relative all'efficienza (km/l) dei mezzi, come prevede la matrice W3. L'informazione sulla efficienza è stata reperita dai listini delle auto e delle moto commercializzate nel 2006.

### **3.1.5 Composizione del territorio**

I dati sulla composizione del suolo servono per stimare i differenti utilizzi del terreno della Regione. Quest'informazione è inoltre utilizzata per calcolare la biocapacità. La totalità dei dati è ricavata dal 1° e 2° livello della nomenclatura Corine Land Cover per il Veneto, su elaborazioni dell'Unità di Progetto Sistema Informativo Territoriale e Cartografia della Regione. Come per i dati sul trasporto pubblico anche per la composizione del territorio non è stato possibile avere il dato aggiornato al 2006. Gli unici dati disponibili al momento si riferiscono all'anno 2000, anche se la Regione Veneto sta lavorando per un necessario aggiornamento dei dati. Per stimare la superficie media dedicata alle abitazioni, è stato utilizzato il valore medio per il Veneto elaborato dall'ISTAT in occasione del censimento della popolazione del 2001.

### **3.1.6 Rifiuti**

Nel Veneto i dati disponibili sui rifiuti sono raccolti ed elaborati dall'Osservatorio Regionale sui Rifiuti e consultabili nel sito di Arpa Veneto. Tali dati si riferiscono alle quantità annuali raccolte in modo differenziato e indifferenziato per ogni singolo comune della Regione. I dati poi vengono aggregati a livello provinciale e per bacino di utenza. Per le frazioni della raccolta differenziata (FORSU, vetro, carta, plastica, alluminio, verde, multimateriale, beni durevoli ed altro recuperato) è possibile avere le quantità raccolte e le relative percentuali.

Un'ulteriore fonte impiegata per il calcolo dei rifiuti è stata la tavola "Composizione Merceologica media dei Rifiuti Urbani prodotti in Veneto", elaborata nel Piano Regionale per la Gestione dei Rifiuti Urbani riferita all'anno 2006. Tali informazioni ci hanno permesso di calcolare la quantità totale prodotta di ogni singola frazione di rifiuto.

### **3.1.7 Dati demografici**

I dati riguardanti la popolazione totale veneta sono ricavati da elaborazioni del SISTRAR (Sistema Statistico Regionale) su dati ISTAT, riferiti al 2006. La stessa fonte è stata utilizzata per ricavare il numero medio di componenti per famiglia in Veneto.



La scelta dei dati utilizzati è guidata dalla volontà di ridurre il più possibile le approssimazioni e di minimizzare gli errori che si introducono con operazioni di ridefinizione e di riaggregazione delle categorie di consumo.

### **3.2 Metodologia di calcolo**

Sul piano metodologico il calcolo dell'impronta subisce continui aggiornamenti a cui occorre riferirsi per ottenere indicazioni sempre più accurate. Nel calcolo dell'impronta ecologica del Veneto, aggiornato al 2006, si sono utilizzati i fattori di conversione proposti da Wackernagel nella matrice W3, non essendo disponibili fattori di produttività italiani. La matrice, come descritto nel capitolo precedente, si suddivide nelle seguenti categorie: Alimenti, Abitazioni, Trasporti, Beni di consumo, Servizi e Rifiuti. Quindi, una volta individuate le fonti e recuperati tutti i dati disponibili si è proceduto con la compilazione delle singole sezioni della matrice.

#### **3.2.1 Alimenti**

La fonte dei dati utilizzata è ISTAT - I consumi delle famiglie (vedi paragrafo 3.1.1) riferita al Veneto. Nella tabella della spesa media mensile familiare i dati vengono raggruppati nelle macroaree nord-est, nord-ovest, centro, sud e isole; mentre in un'altra tabella del medesimo report vengono riportati i dati, aggregati in macrocategorie, a livello regionale. Per esempio, la categoria "carne" presente a livello del Veneto sintetizza le voci carne suina, carne bovina, pollame e salumi, presente al livello del nord-est. Per quelle sottocategorie mancanti a livello regionale si è calcolato il coefficiente di proporzionalità 'C' ottenuto dividendo, le voci dei consumi presenti in entrambe le serie di dati, cioè la spesa media del Veneto sulla spesa media del Nord-Est. Successivamente, si moltiplica la spesa i-esima del Nord-Est per il coefficiente 'C' i-esimo per trovare la spesa i-esima per la Regione Veneto di un determinato bene di consumo.

$$C(carne) = \frac{SpesaVeneto(carne)}{SpesaNordEst(carne)}$$

$$SpesaVeneto(carne suina) = C(carne) * SpesaNordEst(carne suina)$$

Applicando questa formula per le macrocategorie del Veneto, è possibile ricavare tutte le voci mancanti della spesa media della famiglia veneta, rispetto al Nord Est.

GRUPPI E CATEGORIE DI CONSUMO	Nord-Est	C	Veneto
<b>Pane e cereali</b>	<b>79,10</b>	<b>1,013401</b>	<b>80,16</b>
Pane, grissini e crackers	32,38		32,81
Pasta e riso	14,21		14,40
<b>Carne</b>	<b>94,08</b>	<b>0,992028</b>	<b>93,33</b>
Carne bovina	35,46		35,18
Carne suina	10,94		10,85
<b>Pesce</b>	<b>34,07</b>	<b>1,012621</b>	<b>34,50</b>
<b>Latte, formaggi e uova</b>	<b>59,94</b>	<b>1,00634</b>	<b>60,32</b>
Latte	16,20		16,30
Formaggi	27,93		28,11
<b>Patate, frutta e ortaggi</b>	<b>81,79</b>	<b>1,006235</b>	<b>82,30</b>
Frutta	39,63		39,88
<b>Zucchero, caffè e drogheria</b>	<b>30,61</b>	<b>1,039203</b>	<b>31,81</b>
Caffè, tè e cacao	11,17		11,61
Acqua minerale	12,67		13,11
<b>Alimentari e bevande</b>	<b>439,81</b>	<b>1,010004</b>	<b>444,21</b>
<b>Tabacchi</b>	<b>18,24</b>	<b>0,919408</b>	<b>16,77</b>
<b>Abbigliamento e calzature</b>	<b>158,22</b>	<b>1,047845</b>	<b>165,79</b>
Abbigliamento	115,09		120,60
Calzature	33,96		35,58
<b>Abitazione (principale e secondaria)</b>	<b>778,71</b>	<b>1,043855</b>	<b>812,86</b>
Affitto	66,13		69,03
Acqua e condominio	33,32		34,78
<b>Combustibili ed energia</b>	<b>150,52</b>	<b>0,967313</b>	<b>145,60</b>
Energia elettrica	42,34		40,96
Gas	77,29		74,76
<b>Mobili, elettrod. e servizi per la casa</b>	<b>178,69</b>	<b>1,06973</b>	<b>191,15</b>
Elettrodomestici	14,27		15,27
Mobili	57,40		61,40
<b>Sanità</b>	<b>103,98</b>	<b>1,007598</b>	<b>104,77</b>
Medicinali	41,68		42,00
Visite mediche	38,10		38,39
<b>Trasporti</b>	<b>445,48</b>	<b>1,136415</b>	<b>506,25</b>
Acquisto di moto e scooter	4,72		5,36
<b>Comunicazioni</b>	<b>54,69</b>	<b>0,908941</b>	<b>49,71</b>
Telefono	42,97		39,06
<b>Istruzione</b>	<b>32,83</b>	<b>1,192507</b>	<b>39,15</b>
Libri scolastici	4,78		5,70
<b>Altri beni e servizi</b>	<b>361,89</b>	<b>1,039073</b>	<b>376,03</b>
Prodotti per la cura personale	39,17		40,70
Barbiere, parrucchiere, ect.	36,65		38,08
<b>Non alimentari</b>	<b>2.419,80</b>	<b>1,051521</b>	<b>2.544,47</b>

**Tabella 3.1:** Sintesi spesa media mensile familiare per numero di componenti e categorie di consumo

Ai fini del calcolo dell'impronta ecologica le spese famigliari sono importanti per determinare i consumi pro capite. Dai dati regionali del Veneto, riferiti al 2006, il numero medio di componenti per famiglia è di 2,5 unità. Tale informazione ha permesso il calcolo dei valori pro capite di tutti i beni del paniere. Calcolate le spese pro capite, si sono determinati i quantitativi pro capite, espressi in kg, utilizzando i prezzi al consumo (quantità annua consumata = spesa annua totale/prezzo unitario). I prezzi medi sono stati

ottenuti dai prezzi al consumo dei singoli beni del paniere sulla base dei dati disponibili (5 capoluoghi di provincia su 7). Inoltre, per arrivare ad un prezzo omogeneo per singola categoria del paniere, sono state eseguite delle aggregazioni. Dividendo la spesa per il prezzo al kg vengono determinate le quantità delle risorse alimentari consumate.

Non essendo possibile, per le uova, calcolare le quantità in base al peso, Wackernagel nella matrice W3 riporta la stima del peso di un singolo uovo pari a 50 g. Nella sezione Alimenti sono compresi anche gli orti e giardini e i pasti fuori casa. L'area occupata da 'giardini - orti' è ottenuta dal suolo degradato per usi civili, riferita ai giardini privati. Per la voce 'pasti fuori casa', ottenuta dalla spesa mensile per le cene fuori ('I consumi delle famiglie', ISTAT 2008) si è dovuto convertire la spesa da euro in dollari, assumendo che con 6 \$ si ottiene un pasto.

Una volta determinate le quantità di ogni singolo bene, si passa a convertirle in ettari globali equivalenti necessari, grazie ai fattori di produttività e di equivalenza presenti nella matrice W3.

CATEGORIE ALIMENTI	UNITA'	CONSUMI ANNUI	TERRENO ENERGIA	TERRENO AGRICOLO	TERRENO PASCOLO	TERRENO MARINO
Pane, biscotti, grissini e crackers	kg	66,21	426	606		
Pasta, riso e cereali	kg	46,16	238	422		
Patate frutta e ortaggi	kg	157,65	406	273		
Latte, panna e yogurt	l	57,33	148	145	78	
Gelati e prodotti lattiero-caseari	l	12	62	153	82	
Formaggio e burro	kg	5	84	127	68	
Granturco	kg	0				
Fagioli e altri legumi secchi	kg	0				
Uova	n	78	25	89		
Maiale	kg	6	154	184		
Pollo e tacchino	kg	19	391	397		
Altra carne	kg	15,24	510	917	541	
Pesce	kg	11,54	446			1547
Oli vegetali	kg	10	62	543		
Altro(Margarina)	kg	4	31	272		
Zucchero	kg	16,28	63	61		
Caffè e The	kg	6,55	44	289		
Succo di frutta e Vino	l	36,29	234	151		
Birra	l	12,97	83	28		
Giardino - orto	m2	7		15		
Pasti fuori casa	\$	603,87	1243	642	106	213
<b>TOTALE ALIMENTI</b>	<b>gm2</b>		<b>4649</b>	<b>5318</b>	<b>876</b>	<b>1761</b>

**Tabella 3.2:** Sezione Alimenti - matrice W3. In giallo sono evidenziate le voci non considerate. Non riportate le colonne per terreni forestale e degradato.

Le superfici richieste dagli alimenti sono relative all'uso di terreno per energia, per agricoltura, per pascolo e marino, cioè quasi tutti i terreni esclusi la superficie forestale e quella degradata, i quali non vengono richiesti per produrre i beni alimentari consumati.

### **3.2.2 Abitazioni**

Nella matrice W3 alla voce Abitazioni sono incluse le abitazioni in legno e le abitazioni in mattone, questo perché in Canada le case in legno sono molto diffuse. Poiché nella realtà veneta la maggior parte delle case sono costruite in mattone, le case in legno sono state escluse dal calcolo.

Per valutare la superficie delle abitazioni l'unità di misura richiesta è il metro quadro.

La superficie abitativa media del Veneto è pari a 105,77 m<sup>2</sup> con un valore pro capite di 42,31 m<sup>2</sup>; il dato è ricavato dal Censimento della popolazione del 2001 effettuato dall'ISTAT.

Per quanto riguarda i consumi energetici delle abitazioni, il consumo è suddiviso in consumi di elettricità (Kwh), di gasolio (l), di gas (m<sup>3</sup>) e di carbone (kg) per usi civili, commerciali e della pubblica amministrazione. Nel modello di Wackernagel vengono considerati in modo diverso gli impatti dovuti ai diversi processi per la produzione dell'energia (termoelettrica, fotovoltaica, geotermica, nucleare, idroelettrica, ecc.). Nella realtà veneta la maggior parte dell'energia utilizzata deriva dalle centrali termoelettriche (83,1%) e idroelettriche (16,9%). L'unità di misura utilizzata per l'elettricità è il Kwh (1 Kwh = 3,6 MJ, Joule = unità di misura del lavoro).

Ulteriori voci, presenti nella sezione Abitazioni, sono i consumi per il riscaldamento e l'acqua potabile (incluse le dispersioni degli acquedotti). Il consumo di acqua potabile viene misurato in m<sup>3</sup>, così come il consumo di gas (1 m<sup>3</sup> = 4,184 MJ) mentre quello di olio combustibile in litri. Nella sezione Abitazioni i fattori di conversione sono stati calcolati da Wackernagel analizzando i cicli di vita di un edificio canadese di 350 mq abitabili, considerandone una durata media di 70 anni e un consumo energetico di 1.310 GJ. Nell'analisi della realtà veneta sono stati considerati gli stessi fattori di conversione proposti dall'autore. Per esempio, un litro di olio combustibile consumato richiede 6,825 m<sup>2</sup> di terreno per energia.

CATEGORIE ABITAZIONI	UNITA'	CONSUMI ANNUI	TERRENO ENERGIA	TERRENO PASCOLO	TERRENO FORESTALE	TERRENO DEGRADATO
Appartamento anno	m2	42,31				111
<b>Costruzioni in legno</b>						
Elettricità	Kwh	6480	12585			
Frazione corrente erogata termoelettrica	%	83				
nucleare	%					
idroelettrica	%	17		1		
fotovoltaica	%					
eolica	%					
geotermica	%					
da biomasse	%					
<b>Carbonio</b>						
<b>Propano</b>						
Gas	m3	1,52	23			
Olio combustibile	l	465	3174			
Acqua	m3	61,54			552	
<b>TOTALE ABITAZIONI</b>	gm2		15782	1	552	111

**Tabella 3.3:** Sezione Abitazioni - matrice W3. In giallo sono evidenziate le voci non considerate. Non riportate le colonne per terreni agricolo e marino.

Questo tipo di consumi incrementa l'impronta delle seguenti tipologie di territorio: per energia, degradato, pascolo (dovuta all'impronta delle centrali idroelettriche) e forestale.

### 3.2.3 Trasporti

La matrice W3, nella sezione Trasporti, include il trasporto pubblico e il trasporto privato. Per il trasporto urbano (vedi paragrafo 3.1.4) i dati si riferiscono al 2003 e sono espressi in km\*pers. Vengono distinti i servizi pubblici degli autobus urbani ed extra urbani e dei treni regionali ed interregionali. Avendo a disposizione solo i dati a livello nazionale è stata fatta una stima per determinare i km\*pers percorsi dai cittadini veneti sui mezzi pubblici. Il trasporto privato viene distinto in Auto e Moto, i dati si riferiscono al 2006 e sono espressi in Km.

Per la componente energetica (terreno per energia) dei trasporti urbani si è considerato un consumo di 4,7 MJ/km, mentre per gli autobus interurbani il consumo è di 1,1 MJ/km. Il consumo energetico per il trasporto privato (auto) è di 35 MJ/l. Questo dato incorpora, oltre al consumo di benzina/gasolio anche una percentuale di energia per costruire l'automobile. Le stesse considerazioni valgono per la categoria 'moto'.

Sebbene nella matrice W3 vengano inclusi anche il trasporto aereo e il trasporto in taxi, entrambi sono stati omessi nella presente analisi. La mancanza di fonti ufficiali attendibili non ha permesso di fare alcuna considerazione in merito. L'impronta di un viaggio aereo è difficile da valutare in quanto il viaggio non è riconducibile ad una singola regione ed andrebbe comunque pesato in base ai Paesi coperti dalla tratta.

CATEGORIE TRASPORTI	UNITA'	CONSUMI ANNUI	TERRENO ENERGIA	TERRENO DEGRADATO
Bus urbani	km*pers	207,71	190	0
Bus extra-urbani	km*pers	1682,95	361	1
Treni regionali	km*pers	426	249	6
Treni interurbani	km*pers	347	203	77
Auto	km	14600	11498	1597
litri per carburante		13		
Moto	km	723	411	79
litri per carburante		18		
Taxi	km		0	
litri per carburante				
Aereo	km		0	
litri per carburante				
<b>TOTALE TRASPORTI</b>	gm2		12912	1760

**Tabella 3.4:** Sezione Trasporti - matrice W3. In giallo sono evidenziate le voci non considerate Non riportate le colonne per terreni agricolo, marino, foresta e pascolo.

I trasporti incidono esclusivamente sul terreno per energia e sul terreno degradato.

### 3.2.4 Mercati o beni di consumo

La sezione Mercati, presenta una molteplicità di voci relative a capitoli di spesa molto differenti tra loro. Il reperimento delle informazioni è stato abbastanza complesso proprio perché le fonti erano diverse e non sempre corrispondenti esattamente alle voci della matrice W3.

Per il calcolo del peso dei mobili in legno si è fatta la media tra le seguenti tipologie di mobili: armadio, letto, tavolo, sedia e comodino. Sono state considerate le diverse tipologie di legno: ebano, rovere, faggio, abete e pino. Inoltre, si è stimata una vita media del bene di 10 anni. Il peso medio stimato dei mobili è di 35 kg. Per i consumi di legno, il modello di Wackernagel definisce la densità media dei mobili in legno pari a 600 kg/m<sup>3</sup>.

La procedura di calcolo dei mobili in legno, viene applicata anche per la categoria degli elettrodomestici. Il peso medio di un elettrodomestico è stimato partendo dal peso dei seguenti oggetti: forno a microonde, climatizzatore, frigo, aspirapolvere, lavatrice, ferro da

stiro, lavastoviglie, robot da cucina ed apparecchio domestico per la cottura dei cibi. La vita media di un elettrodomestico è stimata in 5 anni. Quindi, dividendo la spesa totale per il prezzo medio unitario (fonti ISTAT) e moltiplicando il risultato per il peso medio unitario stimato (30 kg), si trova la quantità annua (in kg) di elettrodomestici acquistata dalla popolazione del Veneto. Poiché ogni apparecchio ha una vita media di 5 anni, il risultato viene ammortizzato in tale arco temporale. Tale categoria aggrega le voci “piccoli e grandi elettrodomestici” contenute nella matrice di Wackernagel (W3).

Il peso del tabacco, si è determinato pesando una sigaretta e sottraendo il peso del filtro. Il risultato è che il tabacco contenuto in una sigaretta è circa 0,9 g. Nel report dei consumi delle famiglie viene riportata la spesa riferita alle sigarette. Da questi dati e con il riferimento al peso di una sigaretta si è potuto calcolare la quantità di tabacco consumato annualmente.

Anche per la voce libri, riviste e giornali, come per il tabacco, si è dovuto stimare il peso medio, pesando direttamente diversi giornali e libri. Per i quotidiani non si rilevano evidenti differenze, mentre per libri e riviste, dove la variabilità di peso è maggiore, sono stati pesati diversi oggetti campione. Si è ottenuto un peso medio di 0,25 kg al pezzo.

Le quantità consumate di prodotti per l'igiene della casa sono state ottenute assumendo che il prezzo dei detersivi è riferito al kg.

Il vestiario non viene incluso nel calcolo perché le voci presenti nella matrice W3 si riferiscono alle quantità di cotone, di lana e di nailon consumati. Dai dati in nostro possesso relativi agli indumenti (Prezzi al consumo e Spese) si può dedurre solo il numero di indumenti pro capite acquistati. Risulta pertanto piuttosto approssimativo ottenere dal numero di capi le quantità delle rispettive materie prime consumate.

Le voci computer ed elettronica, medicinali, pelle, prodotti di plastica o porcellana e foto non sono state valutate nel calcolo dell'impronta ecologica del Veneto per mancanza di fonti informative.

CATEGORIE	UNITA'	CONSUMI ANNUI	TERRENO PER ENERGIA	TERRENO AGRICOLO	TERRENO FORESTALE	TERRENO DEGRADATO
Mobili in legno	kg	3,85	4		91	1
in plastica	kg					
Elettrodomestici	kg	1,70	41			10
Computer ed elettronica	kg					
Libri, riviste e giornali	kg	5,75	39		102	9
Medicine	kg					
Prodotti per la casa	kg	42,33	330			78
Sigarette	kg	7,55	184	113		43
<b>TOTALE MERCI</b>	gm2		599	113	194	141

**Tabella 3.5:** Sezione Merci – matrice W3. In giallo sono evidenziate le voci non considerate. Non riportate le colonne per terreni i terreni a pascolo e marittimo.

I terreni corrispondenti al consumo delle merci nella maggior parte delle voci sono: il terreno per energia e il terreno degradato. Per quanto riguarda i mobili è necessario il terreno forestale per ricavare il legno. Il terreno agricolo contenuto in questa sezione è quello impiegato per la produzione del tabacco.

### 3.2.5 Servizi

Nella sezione Servizi i consumi si riferisco a voci come la posta, gli alberghi, l'istruzione, lo spettacolo ed altri. L'impronta dei servizi è calcolata in base alle spese espresse in dollari (\$). Dalla matrice W3 si ricava che:

- il costo energetico di un albergo viene stimato in base all'uso medio di risorse di una famiglia;
- l'intensità energetica di un lavaggio in lavanderia è di 6 MJ/\$;
- l'intensità energetica per lo spettacolo è di 6 MJ/\$;
- l'intensità energetica per l'istruzione è di 3 MJ/\$;
- l'intensità energetica del telefono è solo 1 MJ/\$.

L'impronta dei servizi per la casa viene stimata, come per gli alberghi, sul consumo medio familiare. Moltiplicando i fattori di conversione per le spese, si sono ottenute le rispettive quantità di territorio necessarie per fornire i servizi richiesti dalla comunità veneta.



CATEGORIE SERVIZI	UNITA'	CONSUMI ANNUI	TERRENO ENERGIA	TERRENO FORESTALE	TERRENO DEGRADATO
Posta domestica	\$		0		0
Posta internazionale	\$		0		0
Alberghi	\$	610,60	825	529	374
Fognatura	\$		0		0
Lavanderia	\$	60,59	71		32
Telefono	\$	234,34	46		21
Assicurazione medica	\$	185,91	145		66
Servizi domestici	\$	158,08	52	274	23
Spettacolo	\$	818,28	957		434
Istruzione	\$	234,90	137		62
<b>TOTALE SERVIZI</b>	gm2		2233	803	1011

**Tabella 3.6:** Sezione Servizi – matrice W3. In giallo sono evidenziate le voci non considerate Non riportate le colonne per terreno agricolo, pascolo e marittimo.

La superficie richiesta dai servizi è il terreno per energia e il terreno degradato. Per le categorie alberghi e servizi per la casa è necessario anche il terreno forestale.

### 3.2.6 Rifiuti

La matrice W3 per quanto riguarda la sezione Rifiuti considera le quantità totali, per ogni singolo materiale, e le relative percentuali, cioè valuta la percentuale di rifiuti effettivamente recuperata. I primi modelli della matrice di Wackernagel non comprendevano questa parte, ma l'interesse crescente verso la valutazione dell'impatto reale dei rifiuti ha portato Wackernagel e i suoi collaboratori a rivedere la matrice e ad inserire tale perfezionamento.

La parte di rifiuto che viene effettivamente riciclata deve essere sottratta al calcolo dell'impronta in quanto essa viene riutilizzata e pertanto non pesa sui consumi delle risorse del territorio. La matrice W3 prevede per le voci carta, plastica, vetro, alluminio e altri metalli le quantità totali (differenziato e indifferenziato) consumate pro capite. I dati del Veneto relativi ai rifiuti riportano solo le quantità di rifiuti, distinti per tipologia di materiale e raccolti in modo differenziato. I dati a disposizione sono raccolti a livello comunale e comprendono la produzione totale di rifiuto urbano e le percentuali di raccolta differenziata. Per quanto riguarda la voce 'altri metalli', si sono aggregati i beni durevoli e altri materiali recuperati. Il risultato della somma delle due voci è di 22,4 kg pro capite annui differenziati.

Per ottenere il dato corretto da inserire nella matrice W3 non sono stati sufficienti i dati relativi alla raccolta differenziata, ma è stato necessario ricorrere alla composizione

merceologica del rifiuto indifferenziato e calcolare il dato effettivo di consumo dei singoli materiali. Nella composizione merceologica dei rifiuti non compare la voce ‘altri metalli’, pertanto il dato relativo a tale voce viene sovrastimato perché considera solo la quantità riciclata.

Dalla matrice W3 si evince che la richiesta di energia per i diversi materiali è:

- carta: 35 MJ/Kg,
- alluminio: 250 MJ/Kg,
- altri metalli: 60 MJ/Kg,
- plastica: 50 MJ/Kg,
- vetro: 15 MJ/Kg.

CATEGORIE RIFIUTI	UNITA'	CONSUMI ANNUI	TERRENO ENERGIA	TERRENO FORESTALE	TERRENO DEGRADATO	PERC. RICICLATA
Carta	kg	101,7	537	1079	126	50%
Plastica	kg	38,6	314		74	24%
Alluminio	kg	38,3	362		85	85%
Vetro	kg	34,5	86		20	49%
Altri metalli	kg	22,4	223		52	100%
<b>TOTALE RIFIUTI</b>	<b>gm2</b>		<b>1522</b>	<b>1079</b>	<b>357</b>	

**Tabella 3.7:** Sezione Rifiuti – matrice W3. Non riportate le colonne per terreno agricolo, pascolo e marittimo. Viene riportata, sulla destra, la colonna relativa alle percentuali di materiale effettivamente riciclato.

Le tipologie di terreno necessarie per l’assorbimento dei rifiuti sono il terreno per energia, il terreno degradato e il terreno forestale per quanto riguarda la carta.

### 3.3 Biocapacità

La biocapacità è un elemento chiave per valutare il deficit o il surplus ecologico (sostenibilità o insostenibilità) della popolazione presa in esame. In genere, il calcolo dell’impronta ecologica viene affiancato e confrontato con la biocapacità che è la capacità di erogazione dei servizi naturali a partire dagli ecosistemi locali. Questo concetto potrebbe essere ricondotto, in termini economici, nell’offerta di territorio della regione, mentre l’impronta coincide con la *domanda*.

La fonte dei dati utilizzata per ricavare la suddivisione del territorio veneto è il 1° e 2° livello della nomenclatura Corin Land Cover.

Livello	Superficie (ha)
<b>Territori modellati artificialmente</b>	<b>141.123,3</b>
Zone urbanizzate	108.832,0
Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione	27.084,8
Zone estrattive, discariche e cantieri	2.121,9
Zone verdi artificiali non agricole	3.084,5
<b>Territori agricoli</b>	<b>1.062.164,3</b>
Seminativi	739.234,3
Colture permanenti	43.097,6
Prati stabili	35.554,4
Zone agricole eterogenee	244.278,0
<b>Territori boscati e ambienti semi naturali</b>	<b>534.784,3</b>
Zone boscate	397.099,6
Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	80.295,2
Zone aperte con vegetazione rada o assente	57.389,6
<b>Zone umide</b>	<b>27.973,0</b>
Zone umide interne	1.692,9
Zone umide marittime	26.280,1
<b>Corpi idrici</b>	<b>74.035,2</b>
Acque continentali	31.662,9
Acque marittime	42.372,3

**Tabella 3.8:** 1° e 2° livello della nomenclatura Corin Land Cover. I dati sono riferiti all'anno 2000.

Per il calcolo della biocapacità è stato necessario fare delle aggregazioni di alcune tipologie di territorio: la principale è relativa al territorio a pascolo che è dato dalla somma di prati stabili, zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea e zone aperte con vegetazione rada o assente. Per le altre tipologie di territorio agricolo, degradato, boschivo e marino vengono considerate le macrocategorie contenute nella Tabella 3.8.

La biocapacità non dipende dalle sole condizioni naturali, ma anche dalle pratiche agricole e forestali. Per rendere confrontabile la biocapacità con l'impronta ecologica, a livello locale o globale, è necessario convertire gli ettari (ha), con i quali è stato misurato il territorio, in ettari globali equivalenti (gha). I passi necessari per la definizione della biocapacità sono:

- considerare la superficie effettiva per le diverse tipologie di territorio (suddivisione del territorio veneto 1° e 2° livello della nomenclatura Corine);

- pesare con i fattori di equivalenza ciascuna delle superfici dei diversi tipi di terreno, similmente al calcolo dell'impronta ecologica;
- moltiplicare la misura ottenuta al punto precedente per un fattore di rendimento (yield factor) che tiene conto delle variazioni della produttività locale rispetto alla media mondiale.

Si riassumono i passi precedenti nella seguente formula:

$$\sum_{i=1}^6 a(i) * h(i) * y(i)$$

Dove a(i) rappresenta la superficie di territorio i-esimo, h(i) è il fattore di equivalenza i-esimo ed infine y(i) si riferisce al fattore di rendimento i-esimo. La sommatoria varia da uno a sei dato che i terreni biologicamente produttivi, contenuti nella W3, sono divisi in sei categorie (per energia, agricolo, pascolo, foresta, degradato e marino).

Dalla biocapacità complessiva si sottrae il 12% del territorio, considerato l'area minima indispensabile per la conservazione della biodiversità.

Terreno	Superficie (ha)	Fattori equivalenza	Fattori di rendimento	Biocapacità	Biodiversità	Biocapacità effettiva	pro capite
Energia	1.840.080	1,3		2.465.707			
Agricolo	1.032.827	2,2		2.245.251			
Pascolo	174.435	0,5	1,3	104.834			
Forestale	395.873	1,3		532.676			
Degradato	134.956	2,2	1,4	413.856			
Marino	101.989	1,0	14,0	1.423.569			
	gha			gha		gha	gha
Totale	1.840.080			7.185.893	12%	6.323.586	1,32
Totale	1.840.080			7.185.893	0%	7.185.893	1,51

**Tabella 3.9:** Biocapacità suddivisa per tipologia di territorio contenuto nella W3.

I fattori riportati in Tabella 3.9 sono contenuti nella matrice W3, escluso il fattore di equivalenza per il territorio marino. Per tale fattore è stato utilizzato lo studio sulla sostenibilità della Provincia di Venezia menzionato in precedenza (Tiezzi, 2003). Per comprendere il terreno per energia bisogna considerare il rendimento delle pratiche agricole sulla produttività del territorio. Viene considerata tutto la superficie veneta e moltiplicata per un valore pari a 1,3.

In termini numerici, questo procedimento comporta un aumento degli ettari globali equivalenti, nel Veneto si passa da 1.840.080 (ha) a 7.185.893 (gha) totali, con un valore pro capite di 1,51 (gha) nel caso non si consideri la biodiversità. Mentre sottraendo un 12% al terreno biologicamente produttivo si ottiene una biocapacità effettiva di 6.323.586 (gha), con un valore pro capite di 1,33 (gha).

### **3.4 Punti critici**

#### **3.4.1 Difficoltà nel reperimento dei dati**

Il calcolo dell'impronta ecologica implica l'accesso a svariate fonti per reperire i dati che vanno inclusi nelle elaborazioni. Non sempre il reperimento di questi dati è possibile, soprattutto se si scende dal livello nazionale e si valutano realtà sub nazionali (regione, provincia, comune).

Per i dati sui prezzi al consumo, per esempio, l'ISTAT ha fornito solo le tabelle con gli Indici, non utilizzabili per il calcolo dell'impronta e il tentativo di recuperarli direttamente dai Comuni capoluoghi di provincia ha dato un risultato solo parzialmente soddisfacente (4 su 7). Questo ha compromesso l'analisi perché si è dovuto procedere solo con i dati inviati da quattro province.

Un altro problema legato al reperimento dei dati è il livello territoriale di riferimento: a volte il dato è disponibile solo a livello nazionale (vedi trasporti pubblici) e pertanto si è dovuto approssimare il dato veneto sulla base di quello nazionale.

#### **3.4.2 Aggiornamento dei dati**

Partendo con l'obiettivo di valutare l'impronta del Veneto al 2006, procedendo con il lavoro si è verificato che non tutte le informazioni erano disponibili per quell'anno. Pertanto a volte si sono inclusi dati relativi ad anni diversi. Per esempio, per il trasporto pubblico sono stati utilizzati dati del 2003, per la biocapacità dati del 2000 e per l'estensione media delle abitazioni i dati sono riferiti all'anno 2001. Il consumo idrico per usi civili di acqua potabile è invece riferito al 2007.

### **3.4.3 Diversità di raccolta ed elaborazione dei dati rispetto alla W3**

Un ulteriore punto critico da rilevare consiste nella diversa metodologia di raccolta dati tra il Canada (dove è stato sviluppato il modello) e l'Italia sui rifiuti urbani differenziati. In Italia, e quindi anche nel Veneto, vengono raccolti ed elaborati soprattutto i dati relativi alle quantità di rifiuti raccolti in modo differenziato. La matrice W3 invece considera i quantitativi effettivi di materiale riciclato (dati che escono dagli impianti di recupero dei rifiuti).

### **3.4.4 Fattori di conversione**

Non essendoci una versione italiana della matrice W3 sono stati utilizzati i fattori di conversione proposti da Wackernagel. Pertanto tutta la valutazione dell'indice risulta meno rappresentativa della realtà veneta anche se il risultato ottenuto è in linea con quanto calcolato in studi simili.

### **3.4.5 Aggiornamento della W3**

La matrice utilizzata nell'elaborazione risale al 2003, sarebbe auspicabile un aggiornamento della matrice per fare delle valutazioni ancora più accurate sui fattori di rendimento del suolo, sull'efficienza tecnologica e sulla considerazione di ulteriori tecnologie sviluppate di recente.

## **CAPITOLO 4**

### **4 Risultati ottenuti**

Il risultato dell'impronta ecologica per la regione Veneto viene espresso in tre diverse modalità di lettura a seconda della tipologia di aggregazione dei dati ottenuti che mettono in rilievo informazioni diverse, ma sempre utili a spiegare il complesso rapporto tra uomo e ambiente. Le tre modalità di rappresentazione sono le seguenti:

- analisi del risultato aggregato dell'impronta ecologica e confronto con la biocapacità territoriale;
- analisi del risultato ottenuto, disaggregato sia per le categorie di consumo che per le tipologie di territorio richiesto;
- analisi della sensibilità, ottenuta variando del 5%, 10%, 20% i valori di consumo inseriti nelle righe della matrice W3.

L'impronta ecologica, inoltre, si presta a simulazioni di scenari futuri o alternativi, ipotizzando, per esempio, di variare alcuni valori sui consumi o sull'efficienza energetica.

#### **4.1 Impronta ecologica e biocapacità del Veneto**

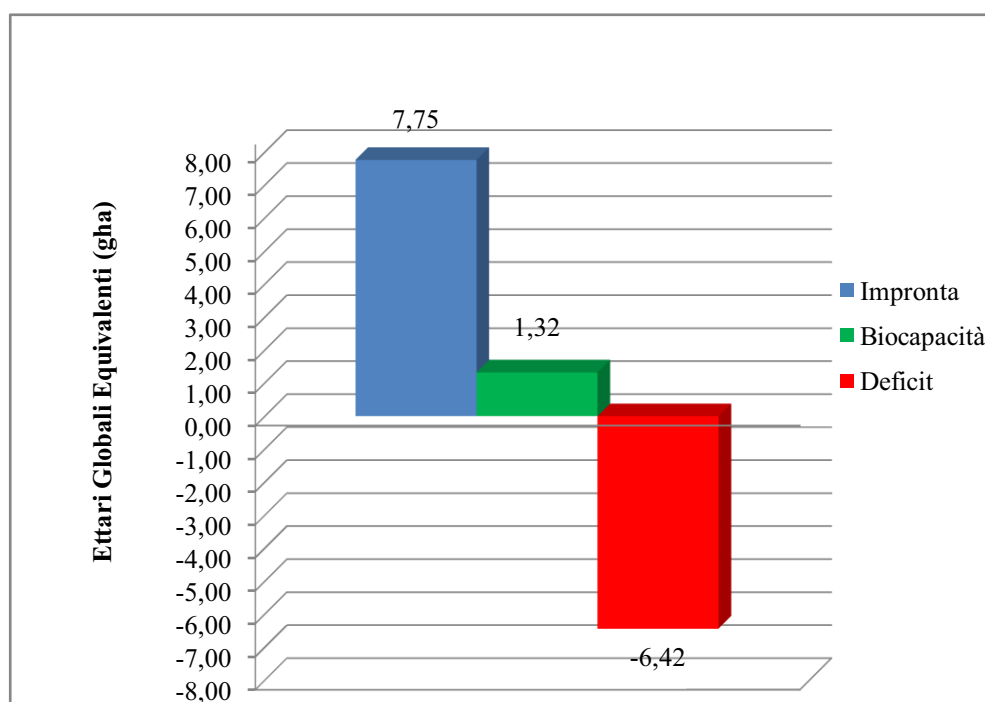
Il risultato finale dell'impronta si ottiene sommando tutte le impronte delle categorie di consumo, nelle differenti tipologie di territorio biologicamente produttivo. Il valore dell'impronta per la regione Veneto nel 2006 risulta essere di 36.988.256 ettari globali equivalenti (gha), pari a 7,75 gha pro capite. Essendo la biocapacità del territorio veneto pari a 6.323.586 gha, cioè 1,32 gha pro capite, dal confronto tra impronta e biocapacità emerge una situazione di deficit ecologico, cioè d'insostenibilità della popolazione veneta. Un abitante del Veneto, con il suo stile di vita, necessita in termini di biocapacità, di un territorio pari a circa 6 volte la sua estensione, essendo il deficit infatti pari a 6,42 gha pro capite. Si ottiene un risultato molto simile (6,2 gha) non considerando il territorio necessario per la difesa della biodiversità.

CATEGORIE	Unità	ENERGIA	AGRICOLO	PASCOLO	FORESTALE	DEGRADATO	MARINO	TOTALE
ALIMENTI	gha	0,52	0,72	0,15	0,00	0,00	0,51	1,90
ABITAZIONI	gha	1,67	0,00	0,00	0,09	0,01	0,00	1,76
TRASPORTI	gha	1,02	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	1,23
MERCI	gha	0,31	0,05	0,00	0,06	0,00	0,00	0,42
SERVIZI	gha	1,02	0,00	0,00	0,28	0,03	0,00	1,33
RIFIUTI	gha	0,78	0,00	0,00	0,31	0,01	0,00	1,11
TOTALE	gha	5,31	0,77	0,15	0,74	0,27	0,51	7,75

**Tabella 4.1:** Impronta ecologica per categoria di consumo e tipologia di territorio

Il territorio veneto è in grado di supportare solo il 17% del fabbisogno della popolazione. Tale dato è abbastanza basso in termini di sostenibilità ambientale, ma *purtroppo* in linea con le altre impronte dei Paesi o regioni industrializzati. L'Olanda, per esempio, consuma un territorio pari a 22 volte la sua estensione, l'impronta del Giappone sarebbe di 8 volte più grande della sua biocapacità (WWF, 2008).

Confrontando il valore ottenuto per il Veneto (7,75 gha) con il valore dell'impronta ecologica nazionale (4,8 gha), riportato nel Living Planet Report del 2008 su dati del 2005, si osserva che l'impronta del Veneto è più alta di circa 3 ettari globali equivalenti (gha) rispetto a quella italiana. Si tratta tuttavia di studi condotti su scale differenti che utilizzano metodologie e approssimazioni diverse tra loro, pertanto il confronto dei risultati deve tenere in considerazione tali aspetti.



**Figura 4.1:** Confronto tra impronta ecologica e biocapacità con relativo deficit ecologico.



Il deficit rappresentato in Figura 4.1 evidenzia lo stato di insostenibilità della regione Veneto.

#### 4.2 Analisi del risultato disaggregato per tipologie di territorio

L'impronta ecologica disaggregata per categorie di territorio ecologicamente produttivo permette di evidenziare quali tipologie di terreno vengono maggiormente utilizzate. La Tabella 4.2 riporta le superfici totali, a seconda del territorio, richieste per sostenere i consumi della popolazione veneta.

TERRITORIO	ENERGIA	AGRICOLO	PASCOLO	FORESTALE	DEGRADATO	MARINO	Unità
TOTALI	5,31	0,77	0,15	0,74	0,27	0,51	gha
TOTALE	7,75						gha

Tabella 4.2: Impronta ecologica, ripartita per tipologia di territorio, espressa in gha

Appare evidente la richiesta di territorio per energia (5,31 gha), ossia l'estensione di territorio forestale necessario per assorbire tutte le emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) causate dall'utilizzo di energia da parte degli abitanti e dall'energia grigia. Il territorio richiesto per assorbire le emissioni di CO<sub>2</sub> è il più consistente in termini numerici. La Figura 4.2 riporta le percentuali delle diverse tipologie di territorio.

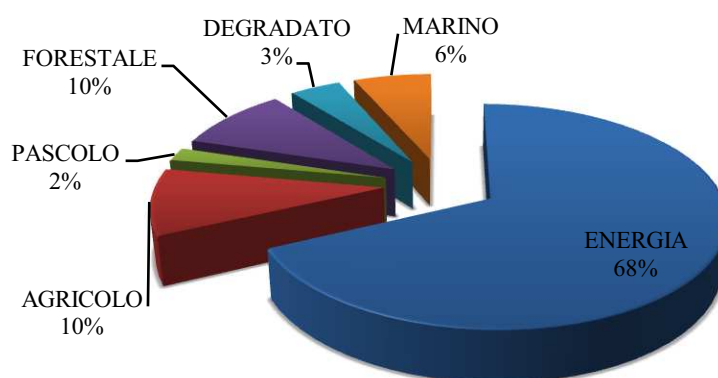


Figura 4.2: Impronta ecologica, in percentuale, per tipologia di territorio

In Figura 4.2 appare chiaramente che nella regione Veneto, come in altre realtà industrializzate, la percentuale di terreno per energia si attesta intorno ai due terzi dell'intero valore.

Nella categoria di terreno per energia sono inclusi i consumi diretti e indiretti. Gli usi diretti di energia riguardano la mobilità, il riscaldamento e gli usi di combustibili fossili per la produzione di energia elettrica. Gli usi indiretti di energia riguardano la fabbricazione e il trasporto di qualunque bene di consumo e di servizi erogati. Infatti, come mostrato in Figura 4.3, il terreno per energia è composto da tutte le categorie di consumo.

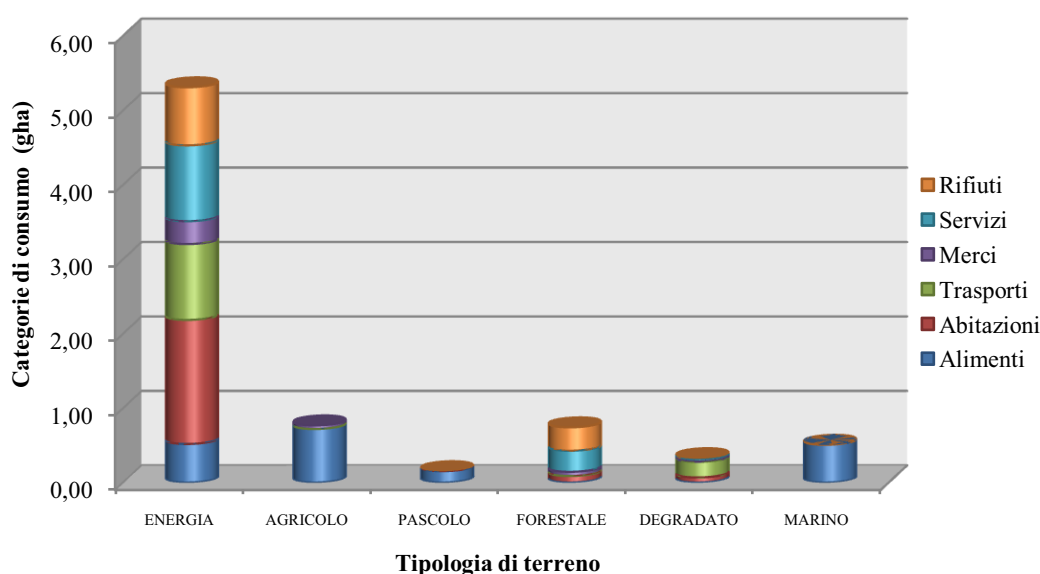


Figura 4.3: Impronta ecologica suddivisa per tipologia di terreno

Il grafico mostra che la componente per energia è indispensabile per qualunque categoria di consumo e la sua impronta è ampiamente maggiore rispetto alle altre tipologie di territorio. Le altre tipologie di territorio, infatti, non superano l'ettaro globale equivalente.

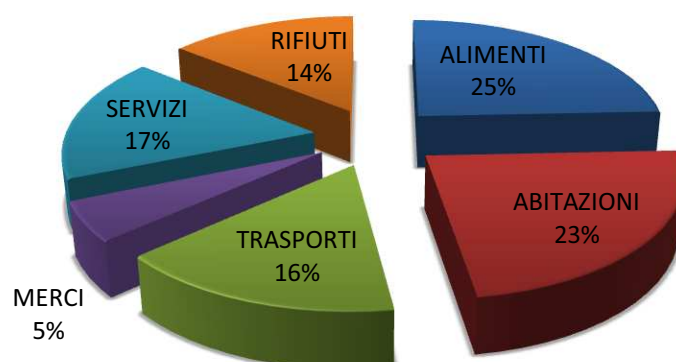
### 4.3 Analisi del risultato disaggregato per categorie di consumo

L'analisi dei risultati disaggregati per categorie di consumo fornisce informazioni sugli elementi che generano particolari pressioni sull'ambiente, secondo lo schema del modello DPSIR. Nella tabella sottostante sono riportati i valori degli impatti per le diverse categorie di consumo.

CATEGORIA	ALIMENTI	ABITAZIONI	TRASPORTI	MERCI	SERVIZI	RIFIUTI	Unità
TOTALI	1,90	1,76	1,23	0,42	1,33	1,11	gha
TOTALE	7,75						gha

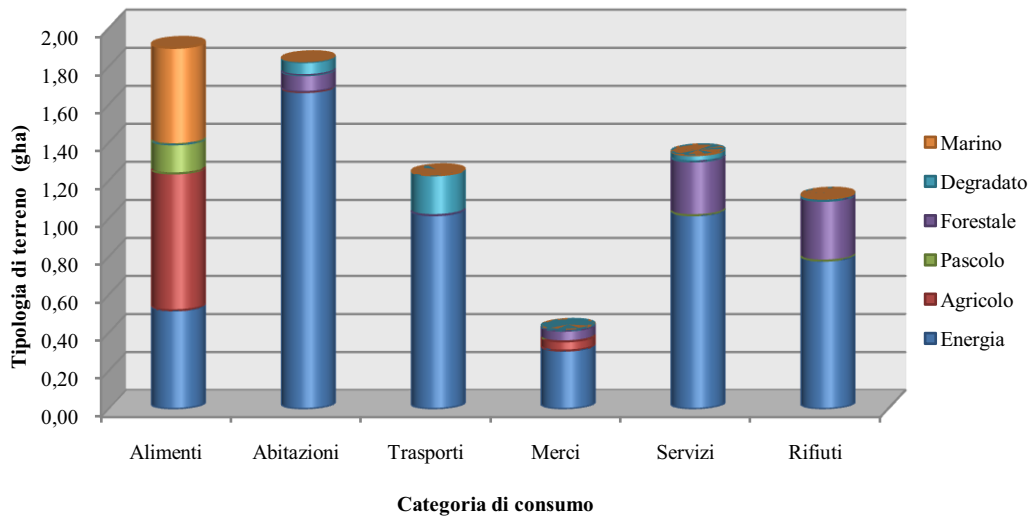
**Tabella 4.3:** Impronta ecologica, ripartita per categoria di consumo, espressa in gha

Dalla Tabella 4.3 si evince che la richiesta di terreno biologicamente produttivo, per le derrate alimentari (1,90) e le abitazioni (1,76) è circa di due ettari globali equivalenti ciascuna. La sezione Merci risulta essere la categoria che richiede meno terreno produttivo; ciò è dovuto principalmente al fatto che non sono state considerate tutte le voci contenute nella matrice W3 riferite a tale sezione per mancanza di fonti attendibili.



**Figura 4.4:** Impronta ecologica, in percentuale, per categoria di consumo

Approfondendo ulteriormente l'analisi dei risultati, la Figura 4.4 riporta le quote percentuali delle diverse categorie di consumo. Dal grafico emerge che le categorie Alimenti e Abitazioni costituiscono circa la metà dell'impronta, mentre i Rifiuti, i Trasporti e i Servizi mostrano valori simili intorno al 15% ciascuno.



**Figura 4.5:** Impronta ecologica suddivisa per tipologia di territorio

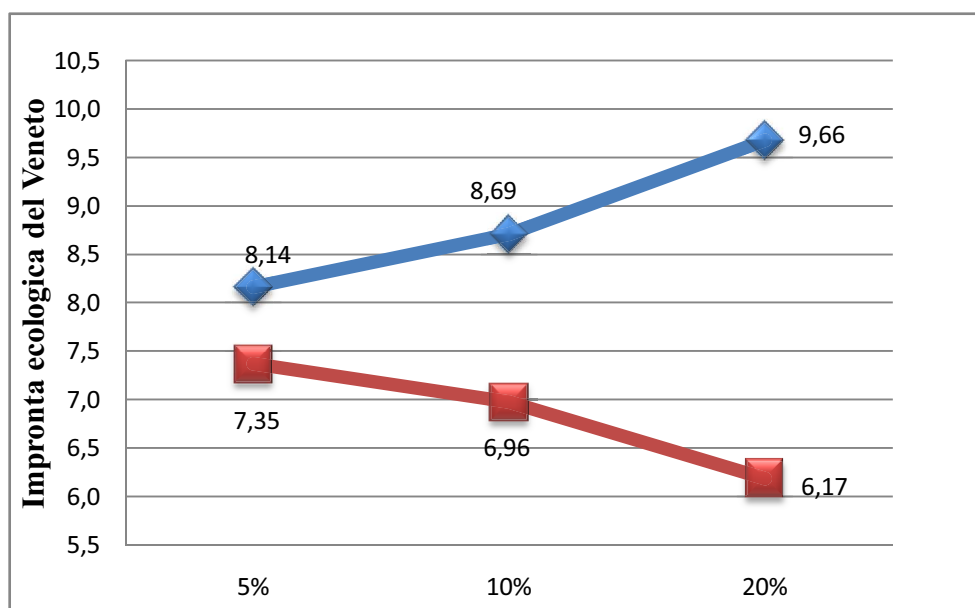
Particolare attenzione merita la Figura 4.5 che oltre a raffigurare le impronte delle varie categorie, evidenzia anche la quantità di terreno per energia necessaria in ciascuna delle tipologie di consumo. Essa rappresenta la quasi totalità dell’impatto per le sezioni Abitazioni, Trasporti e Servizi.

#### 4.4 Analisi della sensibilità

L’impronta ecologica è un indice aggregato che si basa su una mole notevole di dati e data la natura approssimativa di tali dati, si è pensato di affiancare al calcolo dell’impronta l’analisi della sensibilità. L’analisi è ottenuta variando del 5%, 10% e 20%, sia in positivo che in negativo, i quantitativi immessi nella matrice W3 per ogni capitolo di consumo. Così facendo si è ottenuto un intervallo, con una variazione massima del 20%, all’interno del quale è contenuto il valore dell’impronta ecologica del Veneto.

I valori dell’impronta ecologica ottenuti sono:

- intervallo 5%: 7,35 - 8,14 (gha)
- intervallo 10%: 6,96 - 8,69 (gha)
- intervallo 20%: 6,17 - 9,66 (gha)



**Figura 4.6:** Variazioni percentuali (positive e negative) dell'impronta ecologica

L'analisi della sensibilità porta ad affermare che, con una variazione del 20%, il valore dell'impronta ecologica è compreso tra 6,17 gha e 9,66 gha.

## 4.5 Scenari simulati

L'impronta ecologica è un indice che ben si presta all'elaborazione di scenari futuri mediante simulazione. Variando alcuni comportamenti quotidiani, disponendo di nuove tecnologie o semplicemente adottando misure a sostegno della sostenibilità nelle opportune sedi istituzionali è possibile ridurre l'impatto antropico sul territorio.

### 4.5.1 Riduzione consumi alimentari

Una pubblicazione dell'organizzazione "Last Minute Market" (2008) riporta che in Italia va sprecato complessivamente il 25% degli alimenti acquistati e degli alimenti che scadono sui ripiani dei centri commerciali. Prendendo spunto da tale studio è stato ipotizzato uno scenario in cui si arrivi ad annullare gli sprechi alimentari, ossia vengono ridotti del 25% i consumi per gli alimenti. Quindi nella simulazione sono state modificate la sezione Alimenti (-25% in tutte le categorie di consumo) e Rifiuti (-5% per le categorie carta, plastica e vetro). I risultati ottenuti sono presentati nella tabella sottostante.

Scenario	Unità	ENERGIA	AGRICOLO	PASCOLO	FORESTALE	DEGRADATO	MARINO	TOTALE
REALE	gha	5,31	0,77	0,15	0,74	0,27	0,51	7,75
Perc.		68,4%	9,9%	2,0%	9,6%	3,5%	6,5%	100%
ALIMENTARE	gha	5,16	0,57	0,11	0,73	0,27	0,37	7,21
Perc.		71,6%	7,9%	1,5%	10,1%	3,7%	5,1%	100%

**Tabella 4.4:** Impronta ecologica reale e ipotetica (Scenario alimentare) per tipologia di territorio

Lo scenario alimentare porta ad una diminuzione dell'impronta ecologica totale di 0,54 gha pro capite. Analizzando i singoli terreni si nota una diminuzione pari a:

- 0,15 gha di terreno per energia,
- 0,20 gha di terreno agricolo,
- 0,04 gha di terreno al pascolo,
- 0,01 gha di terreno forestale,
- 0,14 gha di terreno marino.

Uno scenario di questo tipo è ipotizzabile solo apportando consistenti modifiche ai processi di organizzazione degli acquisti, di produzione degli alimenti e della gestione di quelli scaduti. Tali interventi migliorativi apporterebbero sia benefici in termini economici che ambientali.

#### 4.5.2 Incremento della raccolta differenziata

Il secondo scenario proposto riguarda la categoria Rifiuti, in particolare la quantità di rifiuti che viene riciclata. Il Veneto è tra le regioni italiane che presenta valori percentuali più elevati di raccolta differenzia, infatti già nel 2006 veniva differenziata il 50% di carta, il 24% di plastica, l'85% di alluminio e il 49% di vetro. La simulazione prevede uno scenario dove la percentuale di riciclaggio dei vari materiali presenti nella matrice W3 sia pari al 95%.

Scenario	Unità	ENERGIA	AGRICOLO	PASCOLO	FORESTALE	DEGRADATO	MARINO	TOTALE
REALE	gha	5,31	0,77	0,15	0,74	0,27	0,51	7,75
Perc.		68,4%	9,9%	2,0%	9,6%	3,5%	6,5%	100%
RICICLAGGIO	gha	5,04	0,77	0,15	0,55	0,26	0,51	7,28
Perc.		69,2%	10,5%	2,1%	7,6%	3,6%	7,0%	100%

**Tabella 4.5:** Impronta ecologica reale e ipotetica (Scenario riciclaggio di rifiuti) per tipologia di territorio

La Tabella 4.5 riporta l'effetto provocato da tale simulazione: l'impronta ecologica diventa pari a 7,28 gha pro capite, con una diminuzione di 0,47 gha pro capite rispetto all'impronta trovata nel calcolo iniziale. La diminuzione è avvenuta:

- 0,27 gha pro capite in terreno per energia,
- 0,01 gha pro capite in terreno degradato,
- 0,19 gha pro capite in terreno forestale.

Un'altra simulazione associata alla sezione rifiuti consiste nel valutare quanto dovrebbe diminuire la quantità di rifiuto prodotto per avere una riduzione di 0,40 gha pro capite dell'impronta. I risultati mostrano che bisognerebbe diminuire le quantità di carta, plastica, vetro, alluminio ed altri metalli di circa il 30% ciascuna.

#### 4.5.2 Efficienza energetica

L'ultima simulazione riguarda il terreno per energia. L'energia è la categoria con maggior peso nell'impronta ecologica, si riferisce al terreno necessario per la produzione, il trasporto e lo smaltimento di qualsiasi prodotto commercializzato ed è necessaria per la quasi totalità delle nostre azioni. E' inevitabile pensare all'energia quando si parla di impronta ecologica e per questo motivo si è simulato uno scenario in cui l'efficienza energetica viene migliorata di un fattore 3 a seguito di investimenti nello sviluppo del settore energetico. In pratica, tale simulazione diminuisce di 1/3 l'impronta del terreno per energia di ogni singolo prodotto contenuto nella W3.

CATEGORIE	Unità	ENERGIA	AGRICOLO	PASCOLO	FORESTALE	DEGRADATO	MARINO	TOTALE
REALE	gha	5,31	0,77	0,15	0,74	0,27	0,51	7,75
Perc.		68,4%	9,9%	2,0%	9,6%	3,5%	6,5%	100%
ENERGETICO	gha	3,54	0,77	0,15	0,71	0,25	0,51	5,93
Perc.		59,7%	13,0%	2,6%	12,0%	4,2%	8,6%	100%

**Tabella 4.6:** Impronta ecologica reale e ipotetica (Scenario energetico) per tipologia di territorio

Dalla Tabella 4.6 si nota come il terreno per energia scende drasticamente da 5,31 gha a 3,54 gha pro capite, diminuendo di 1,77 gha pro capite. Anche il terreno forestale diminuisce di 0,03 gha ed il terreno degradato cala di 0,02 gha. In totale l'impronta ecologica diminuisce di 8.676.938 ettari globali equivalenti, pari a 1,82 gha pro capite.

CATEGORIE	REALE	ENERGETICO
ALIMENTI	1,90	1,73
ABITAZIONI	1,76	1,18
TRASPORTI	1,23	0,89
MERCI	0,42	0,31
SERVIZI	1,33	0,98
RIFIUTI	1,11	0,84
TOTALE	7,75	5,93

**Tabella 4.7:** Impronta reale ed energetica per tipologia di consumo

Nello scenario energetico è interessante analizzare anche come varia l'impronta per categoria di consumo, dato che il terreno per energia (l'area necessaria per assorbire il biossido di carbonio emesso dalla produzione di energia) è contenuto in tutte le voci del calcolo dell'impronta. La Tabella 4.7 indica una riduzione della superficie richiesta pari a:

- 0,17 gha pro capite per gli Alimenti
- 0,58 gha pro capite per le Abitazioni
- 0,34 gha pro capite per i Trasporti
- 0,11 gha pro capite per le Merci
- 0,35 gha pro capite per gli Servizi
- 0,27 gha pro capite per i Rifiuti

Il decremento maggiore si riscontra nella categoria delle Abitazioni, questo è dovuto al fatto che la componente energetica rappresentava quasi per intero l'impatto della sezione nel calcolo effettivo dell'impronta (Figura 4.5).



## CONCLUSIONI

Questo lavoro di tesi ha portato al calcolo del valore dell'impronta ecologica per la regione Veneto, definendo il livello di sostenibilità della regione in termini semplici e concreti.

Il risultato del lavoro mette in evidenza che la popolazione in esame utilizza per il proprio sostentamento molte più risorse di quelle messe a disposizione dai terreni ecologicamente produttivi presenti nel territorio.

Il risultato finale dell'indice è pari a 7,75 ettari globali equivalenti pro capite (gha) e confrontando questo valore con la biocapacità del territorio, si evidenzia una situazione ben lontana dalla sostenibilità; di conseguenza emerge che il sostentamento della popolazione dipende dalla sottrazione di territori e di risorse appartenenti ad altre regioni e Paesi.

Tale risultato non deve solamente farci riflettere ribadendo la crescente insostenibilità delle società industrializzate, ma evidenziare la necessità di un urgente e radicale cambiamento socio-economico per garantire alle generazioni future il diritto di godere delle risorse naturali del nostro Pianeta. Pertanto è necessario incentivare lo sviluppo di politiche per l'uso razionale e il monitoraggio delle risorse ambientali e perseguire programmi di sviluppo sostenibile. L'analisi dei risultati emersi dal calcolo dell'impronta ecologica possono costituire un supporto decisionale per l'utilizzo del patrimonio collettivo e per lo sfruttamento della capacità produttiva del territorio, facendo attenzione a non oltrepassare i limiti naturali di rigenerazione delle risorse.

A mio parere il percorso verso la sostenibilità ambientale non deve necessariamente passare attraverso grandi sconvolgimenti politici. Lo sviluppo sostenibile può attuarsi attraverso un nuovo sistema sociale basato su valori che rifiutino l'individualismo e il consumismo e promuovano la solidarietà e il rispetto per gli equilibri naturali.

I comportamenti virtuosi come quelli simulati negli scenari precedenti (aumento del riciclaggio dei rifiuti, diminuzione degli sprechi alimentari, aumento dell'efficienza

energetica), l'adozione di tecnologie ad alta efficienza e la presenza di sistemi produttivi orientati al riutilizzo dei materiali costituiscono importanti punti di partenza per diminuire il nostro impatto sulla natura e favorire il recupero dei livelli di qualità delle componenti ambientali (atmosfera, foreste, terreni, mari, ecc.).

Concludendo risulta chiaro come ciascuno di noi abbia la possibilità di contribuire attraverso i semplici comportamenti quotidiani alla tutela dell'ambiente, diminuendo così la nostra impronta sulla Terra.

## BIBLIOGRAFIA

Mathis Wackernagel e William E. Rees, 1996, “*How big is our Ecological Footprint*”, The new catalyst

Enzo Tiezzi, 1999, “*Cambiamenti globali e le basi scientifiche dello sviluppo sostenibile*”, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche e dei Biosistemi, Università di Siena.

WWF Italia, 2002, “*Calcolo dell'impronta ecologica della regione Toscana*”, url: [http://www.rete.toscana.it/sett/pta/impronta\\_ecologica/home.html](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/impronta_ecologica/home.html).

Gianfranco Bologna, 2002, “*L'impronta ecologica: il nostro 'peso' sulla Terra*”, url: <http://www.eticamente.altervista.org/Documenti/failasceltagiusta/ImprontaecologicadiWWF.pdf>.

Mathis Wackernagel et al, 2002, “*Manuale delle Impronte Ecologiche: principi, applicazioni, esempi*”, Edizioni Ambiente.

Enzo Tiezzi, 2002, “*Una prospettiva di sostenibilità per la provincia di Siena*”, url: [http://www.provincia.siena.it/upload/tbl\\_centrale/amb\\_spineco\\_sostenibilita.pdf](http://www.provincia.siena.it/upload/tbl_centrale/amb_spineco_sostenibilita.pdf).

Enzo Tiezzi, 2003, “*Studio di sostenibilità della provincia di Venezia*”, url: [http://www.provincia.venezias.it/ecm/faces/public/guest//home/prima-pagina/pubblicazioni/dettaglio?portal:componentId=dettaglio&portal:type=action&portal:isSecure=false&uicomponent=RemoteDetail&op=viewDocument&objectId=production:/cms/dinamico/provincia/uffici/politiche-ambientali/pubblicazioni/impronta\\_ecologicaPUB](http://www.provincia.venezias.it/ecm/faces/public/guest//home/prima-pagina/pubblicazioni/dettaglio?portal:componentId=dettaglio&portal:type=action&portal:isSecure=false&uicomponent=RemoteDetail&op=viewDocument&objectId=production:/cms/dinamico/provincia/uffici/politiche-ambientali/pubblicazioni/impronta_ecologicaPUB)

Eleonora Barbieri Masini, 2004, “*L'eredità di Aurelio Peccei*”, The club of Rome.

Dennis Meadows, Jorgen Randers, 2004, “*I nuovi limiti dello sviluppo*”, Saggistica e manuali

Stokar, Steinemann, Ruegge e Schmill, 2006, “*L'impronta ecologica della Svizzera. Contributo al dibattito sulla sostenibilità*”, url: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/it/index/themen/21/03/blank/blank/01.html>

Mathis Wackernagel, William E. Rees, 2008, “*L'impronta ecologica*”, Edizioni Ambiente.

Leonardo Marotta, 2008, “*Relazione metodologica per il calcolo degli indici e degli indicatori di sostenibilità*”, Entropia S.n.c.

Leonardo Marotta, 2008, “*Indici ed indicatori di sostenibilità ambientale*”, Entropia S.n.c.

WWF, 2008, “*Living Planet Report 2008*”, url:  
[http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/national\\_assessments/](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/national_assessments/)

<http://www.footprintnetwork.org>

<http://www.istat.it/>

<http://www.regione.veneto.it/channels>

<http://www.arpa.veneto.it/home2/htm/home.asp>

[http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA\\_ELETTRICO/statistiche.aspx](http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA_ELETTRICO/statistiche.aspx)

<http://www.apat.gov.it/site/file/Annuario08/03Trasporti.pdf>

<http://www.amidellaterra.it/adt/>

<http://www.osservaprezzi.it/livelli/istat/livelli.asp>

<http://www.cambioeurodollaro.it/>

<http://www.ecoblog.it/post/5022/lefficienza-delle-auto-kmlitro-o-litri100km>

<http://www.domusmobili.it>

<http://www.mediaworld.it/>

<http://www.unieuro.it/>