

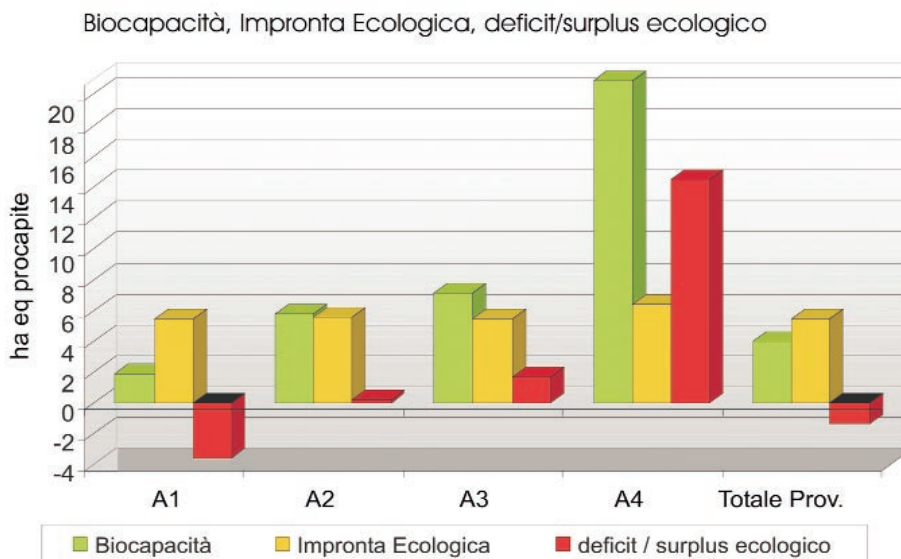
# CALCOLO DELL'IMPRONTA ECOLOGICA DELLA PROVINCIA DI CAGLIARI E DEI SUOI QUATTRO SUBAMBITI<sup>1</sup>

Enzo Tiezzi<sup>2</sup>, Nadia Marchettini<sup>2</sup>

## 1. I risultati generali

In questa sezione sono riassunti i risultati generali riguardanti la Provincia di Cagliari ed i quattro subambiti in cui è stata suddivisa (A1 Cagliari; A2 Sulcis Iglesiente; A3 Medio Campidano; A4 Sarrabus Gerrei).

Figura 1 – I valori della biocapacità, dell'Impronta Ecologica e del deficit/surplus ecologico per i quattro subambiti provinciali (A1 Cagliari; A2 Sulcis Iglesiente; A3 Medio Campidano; A4 Sarrabus Gerrei) e per l'intera Provincia di Cagliari riportati in ha eq. pro capite.



- 1) Il lavoro è stato commissionato dalla Provincia di Cagliari, Assessorato Tutela Ambientale Settore Ambiente Ecologia. Responsabili del progetto: Dr. Marco Bagliani, Dr. Simone Contu, Dr. Ilaria Coscia.
- 2) Direzione e coordinamento scientifico: Enzo Tiezzi, Prof. Ordinario di Chimica Fisica; Nadia Marchettini, Prof. Straordinario di Chimica Fisica. Università degli Studi di Siena - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche e dei Biosistemi.

Occorre anzitutto notare che l'approssimazione differente dei dati sfruttati per il calcolo dell'Impronta Ecologica della Provincia di Cagliari e dei quattro subambiti causa un'anomalia nei risultati che sono riportati in *tabella 1*: l'apparente contraddizione un valore medio provinciale uguale al valore più basso dei quattro subambiti considerati rientra ampiamente all'interno del margine di errore, stimabile al 2-4 %, imputabile alle approssimazioni suddette.

*Tabella 1 – I valori della biocapacità, dell'Impronta Ecologica e del deficit/surplus ecologico per i quattro subambiti provinciali e per l'intera Provincia di Cagliari riportati in valori assoluti e per capite.*

	Biocapacità ha eq	Biocapacità ha eq pro-capite	Impronta Ecologica ha eq	Impronta Ecologica ha eq. pro-capite	deficit/surplus ecologico ha eq	deficit/surplus ecologico ha eq pro-capite
<b>A1: Cagliari</b>	910691	1,93	2.602.797	5,50	-1692105	-3,58
<b>A2: Sulcis Iglesiente</b>	830925	5,82	793.024	5,55	37901	0,27
<b>A3: Medio Campidano</b>	908944	7,11	694.320	5,43	214624	1,68
<b>A4: Sarrabus Gerrei</b>	430452	20,82	131.603	6,37	298849	14,46
<b>Provincia Cagliari</b>	3081014	4,03	4.146.979	5,43	-1065965	-1,39

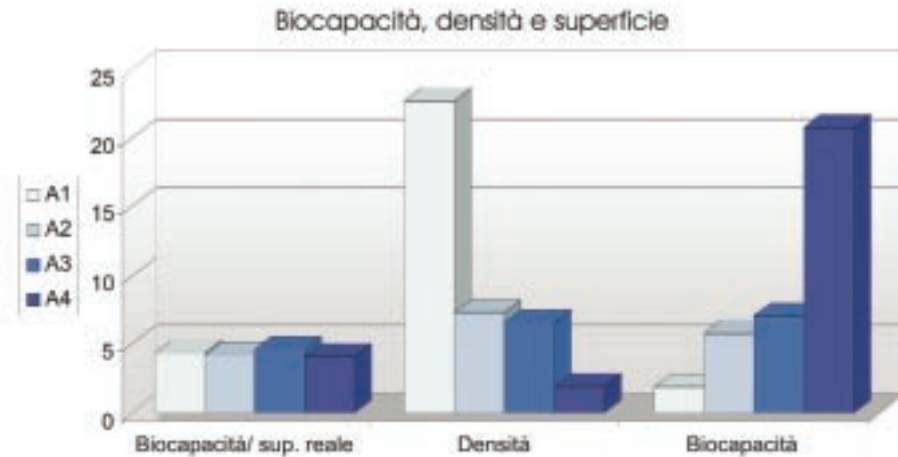
Esaminando questi dati emergono valori della biocapacità molto diversi per i quattro subambiti: si passa infatti dagli 1,93 ha eq pro capite del cagliaritano ai 5,82 ha eq. pro capite dell'Iglesiente fino ad arrivare ai 20,82 ha eq pro capite del subambito di Sarrabus Gerrei.

*Figura 2 – La biocapacità dei quattro subambiti della Provincia di Cagliari. I toni scuri indicano una dotazione di biocapacità maggiore.*



La figura 2 evidenzia la distribuzione territoriale della biocapacità. Una differenza così grande nella dotazione di biocapacità non deve stupire. Essa è dovuta solo in piccola parte alle diversità territoriali legate alla presenza e alla distribuzione dei diversi tipi di terreno ecologicamente produttivo; si tratta in realtà di un risultato fortemente legato alla densità abitativa. Il subambito A4, ad esempio, ha una biocapacità circa dieci volte superiore al cagliaritano ed una densità abitativa circa dieci volte inferiore; una simile proporzione inversa vale anche per gli altri subambiti. All'interno di questa analisi è quindi possibile affermare che la biocapacità è, almeno in prima approssimazione, inversamente proporzionale alla densità di abitanti, come viene mostrato nella figura 3.

Figura 3 – Mostra la relazione di proporzione inversa tra biocapacità e densità abitativa e la sostanziale costanza del rapporto tra biocapacità e superficie reale per i quattro subambiti provinciali (A1 Cagliari; A2 Sulcis Iglesiente; A3 Medio Campidano; A4 Sarrabus Gerrei). La scala sull'asse delle ordinate rappresenta tre unità di misura differenti: ha eq /ha per il rapporto tra biocapacità e superficie reale; persone /1000 mq per la densità abitativa e ha eq. pro capite per la biocapacità.



Se si desidera invece analizzare la dotazione di ecosistemi produttivi effettivamente presenti sul territorio bisogna considerare il rapporto tra la biocapacità e la superficie reale, che rappresenta l'estensione (in ha eq) di terreno produttivo per ettaro di superficie geografica (in ha).

Da questo calcolo risultano, per i quattro subambiti, valori di questo rapporto quasi identici tra loro (cfr. *figura 3*), a testimoniare una buona omogeneità territoriale ed una diffusione di terreni ecologicamente produttivi molto simile nei quattro subambiti.

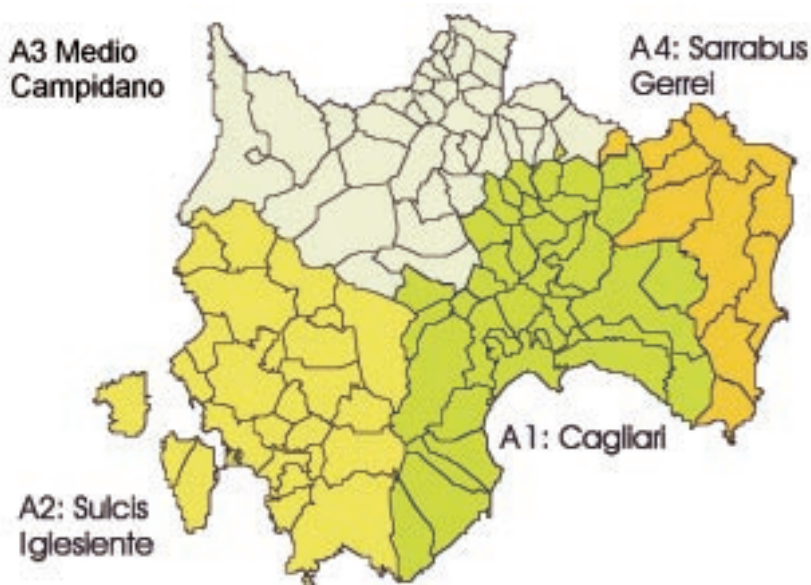
L'Impronta Ecologica dei quattro subambiti è più omogenea rispetto alla biocapacità.

Dalla *figura 1* e dalla *tabella 1* emergono valori che si attestano intorno ai 5,5 ha eq. pro capite, molto vicini alla media provinciale, ad eccezione del subambito A4 Sarrabus Gerrei, la cui Impronta Ecologica vale 6,37 ha eq. pro capite.

Quest'ultima differenza è imputabile principalmente a tre fattori caratteristici di questo subambito: una produzione di rifiuti solidi urbani di circa 700 kg pro capite all'anno, decisamente superiore alla media provinciale (468 kg pro capite all'anno), consumi di energia superiori anch'essi alla media provinciale e una maggiore occupazione di superficie degradata (per abitazioni, infrastrutture, ecc.).

La *figura 4* mostra la distribuzione territoriale dell'Impronta Ecologica nei subambiti provinciali.

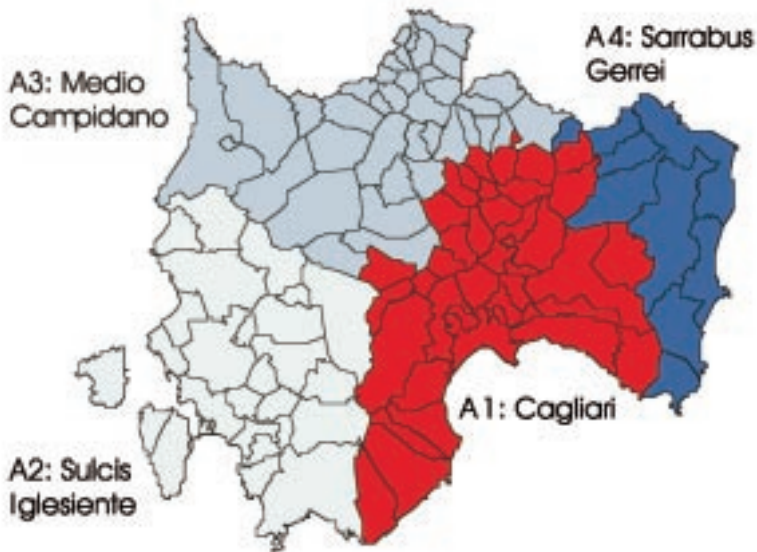
*Figura 4 – L'Impronta Ecologica dei quattro subambiti della Provincia di Cagliari. I toni chiari indicano una situazione di minore Impronta Ecologica e quindi di più basso utilizzo dei servizi naturali.*



A partire dai dati di biocapacità e di Impronta Ecologica è possibile calcolare i bilanci ecologici locali per ciascuno dei subambiti.

La *figura 5* mostra i risultati, da cui emerge che le zone con più alta dotazione di biocapacità (subambiti A2, A3 e A4) sono caratterizzate da una situazione di surplus ecologico che cresce progressivamente seguendo la biocapacità, mentre per il subambito A1 comprendente Cagliari emerge un deficit ecologico alquanto elevato (-3,58 ha eq. pro capite).

*Figura 5 – Il deficit o surplus ecologico dei quattro subambiti della Provincia di Cagliari. Il colore rosso indica una zona “calda” di deficit ecologico, mentre i toni che vanno dall’azzurro al blu segnalano la presenza di aree via via “fredde”, caratterizzate da un surplus ecologico progressivamente crescente.*

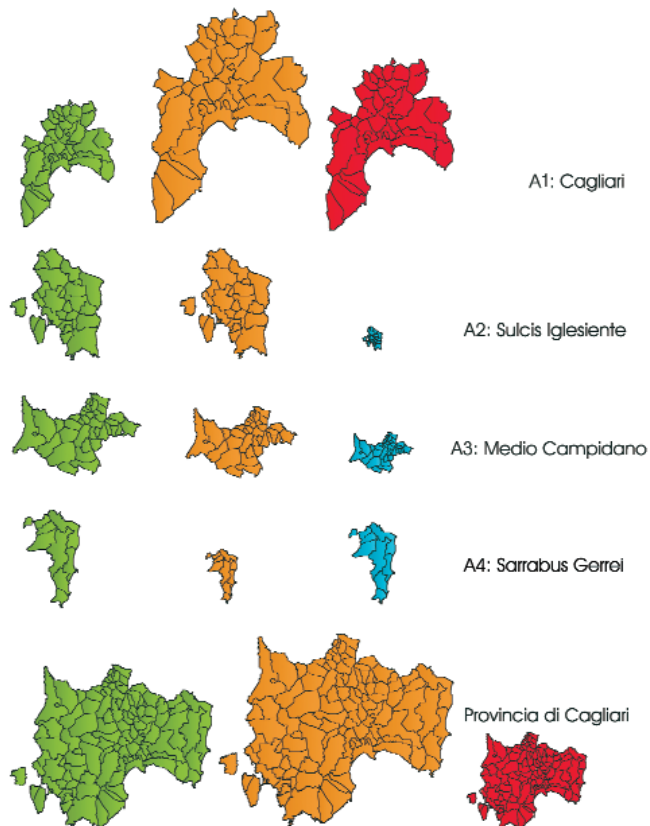


Quando si considera la situazione media dell’intera provincia di Cagliari i valori dei diversi subambiti si compensano parzialmente tra loro, portando ad una Impronta Ecologica di 5,43 ha eq pro capite, ad una biocapacità di 4,03 ha eq pro capite e ad una situazione di deficit ecologico di -1,39 ha eq pro capite. È interessante confrontare questi risultati con quelli medi per l’Italia, derivati dal calcolo del Living Planet Report<sup>3</sup>, che forniscono i seguenti valori: Impronta Ecologica 5,51 ha eq pro capite, biocapacità 1,92 ha eq pro capite, deficit ecolo-

3) UNEP-WCMC, WWF, Living Planet Report, 2000. World Wildlife Found Editor, 2001

gico -3,59 ha eq pro capite. La biocapacità media italiana è quindi in grado di coprire solo il 34,8 % dell'Impronta Ecologica lasciando un deficit ecologico pari al 65,2 %, mentre la media della Provincia di Cagliari presenta una situazione migliore, in cui la biocapacità compensa circa tre quarti (il 74,3 %) dell'Impronta Ecologica portando ad un deficit ecologico pari al 25,7 %. Se il bilancio ecologico provinciale si presenta migliore di quello medio italiano, il consumo totale di servizi naturali da parte della popolazione locale, misurato dall'Impronta Ecologica, risulta invece praticamente uguale a quello medio italiano (l'Impronta Ecologica provinciale è inferiore a quella nazionale solo per l'1,5 %). Per valutare correttamente questo risultato occorre inserirlo in un contesto più ampio, che consideri la scala dell'intero pianeta.

Figura 6 – Sono mostrate, da sinistra verso destra una serie di immagini proporzionali rispettivamente alla biocapacità (in verde), all'Impronta Ecologica (in arancione) e al deficit/surplus ecologico (in rosso/azzurro) per ciascuno dei quattro subambiti e per l'intera Provincia di Cagliari.



A questo livello emerge che l'Italia è caratterizzata da alti valori di consumi di servizi naturali, tanto da collocarsi al 26° posto su 152 nazioni (Living Planet Report 2000), ossia ad un livello di elevata Impronta Ecologica, di gran lunga superiore alla biocapacità media mondiale (che si situa intorno a 2,18 ha eq pro capite). Poiché i residenti all'interno del territorio provinciale consumano, in media, beni e servizi economici in misura uguale alla media nazionale (e quindi fruiscono in maniera diretta e/o indiretta di servizi naturali), oltrepassano di molto la soglia media di consumi ed emissioni sostenibili a livello mondiale. Purtroppo tutte le nazioni industrializzate, caratterizzate da stili di vita basati sui consumi e su alti utilizzi delle risorse naturali, sono accomunate da valori qualitativamente simili dell'Impronta Ecologica.

La figura 6 riassume graficamente le proporzioni tra le aree della biocapacità (in verde), dell'Impronta Ecologica (in arancione) e del deficit/surplus ecologico (in rosso/azzurro) per ciascuno dei quattro subambiti e per la Provincia di Cagliari.

*Tabella 2 – Quadro generale dei risultati dell'Impronta Ecologica per la Provincia di Cagliari riportati secondo le categorie di consumo e di territorio ecologicamente produttivo. Tutti i valori sono in ha eq pro capite. I risultati delle somme possono non coincidere perfettamente per gli arrotondamenti riportati in tabella.*

ha eq pro capite	Energia	Agricolo	Pascoli	Foreste	Sup.erficie degradata	Mare	TOTALE
Consumi alimentari	0,74	0,91	0,48	0,00	0,00	0,03	2,15
Abitazioni	0,44	0,00	0,01	0,01	0,13	0,00	0,59
Trasporti	1,31	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	1,36
Altri beni	0,26	0,02	0,02	0,11	0,01	0,00	0,42
Servizi	0,39	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,4
Rifiuti	0,23	0,00	0,00	0,22	0,04	0,00	0,49
TOTALE	3,36	0,93	0,5	0,36	0,25	0,03	5,43

In conclusione di questo paragrafo dedicato alla discussione dei risultati generali si riporta la tabella 2 che contiene i valori dell'Impronta Ecologica per la Provincia di Cagliari suddivisi nelle categorie di consumo e in quelle di territorio ecologicamente produttivo. I paragrafi successivi esamineranno più in dettaglio questi risultati.

## **2. L'Impronta Ecologica per categorie di terreno**

È importante esaminare più nel dettaglio la ripartizione dell'Impronta Ecologica nelle differenti categorie di terreno ecologicamente produttivo.

La figura 7 mostra questi risultati per il caso medio provinciale. Il grafico evidenzia come la percentuale più elevata sia dovuta al terreno utilizzato per usi energetici, che rappresenta l'estensione di foresta necessaria per riassorbire tutte le emissioni di CO<sub>2</sub> causate dall'utilizzo di energia da parte degli abitanti della Provincia di Cagliari.

Si noti che, all'interno di questa categoria, sono conteggiati sia gli usi diretti di energia, come i consumi di carburante per la mobilità, il riscaldamento o gli usi di combustibili fossili per la produzione di energia elettrica, sia quelli indiretti, ossia l'energia impiegata nella fabbricazione e nel trasporto dei beni consumati e quella utilizzata nell'esecuzione dei servizi fruiti.

Figura 7 – La ripartizione percentuale dell'Impronta Ecologica media della Provincia di Cagliari nelle differenti categorie di terreno.



Una ripartizione simile è presente anche per il caso medio italiano. Più in generale, è possibile affermare che la Provincia di Cagliari segue un trend tipico delle nazioni industrializzate, in cui una buona parte (tra uno e due terzi) dell'Impronta Ecologica è imputabile al consumo di energia.

La ripartizione dell'Impronta Ecologica per categorie di terreno ecologicamente produttivo non varia molto nei quattro subambiti, ciò a significare una sostanziale uniformità nell'utilizzo dei servizi naturali da parte degli abitanti delle sottoaree considerate.

La figura 8 permette di cogliere le somiglianze presenti tra i primi tre sottoambiti (A1, A2 e A3) e la media provinciale.

Solo la regione di Sarrabus Gerrei (subambito A4) si discosta da tale distribuzione media: la figura evidenzia come le maggiori differenze riguardino i maggiori consumi di energia, e, in misura minore, l'occupazione di superficie degradata.

Come già sottolineato, si tratta di due fattori che contribuiscono ad innalzare il livello di Impronta Ecologica di questo subambito.



Figura 8 – Ripartizione dell'Impronta Ecologica per categorie di terreno ecologicamente produttivo. Vengono mostrati i dati riguardanti i quattro subambiti provinciali (A1 Cagliari; A2 Sulcis Iglesiente; A3 Medio Campidano; A4 Sarrabus Gerrei) e la media per la Provincia di Cagliari.

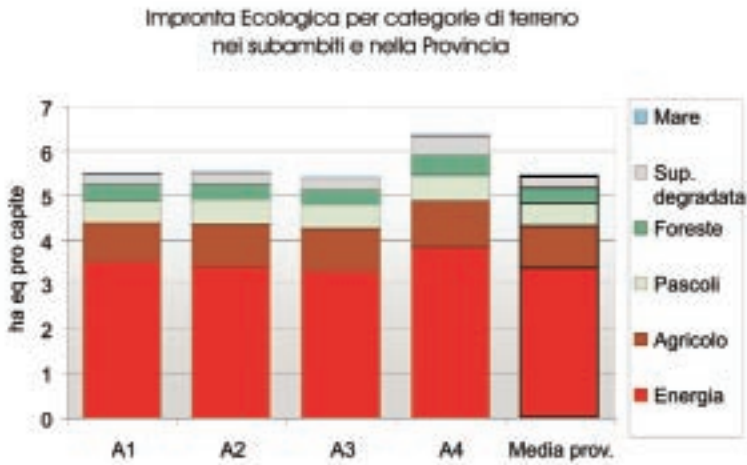
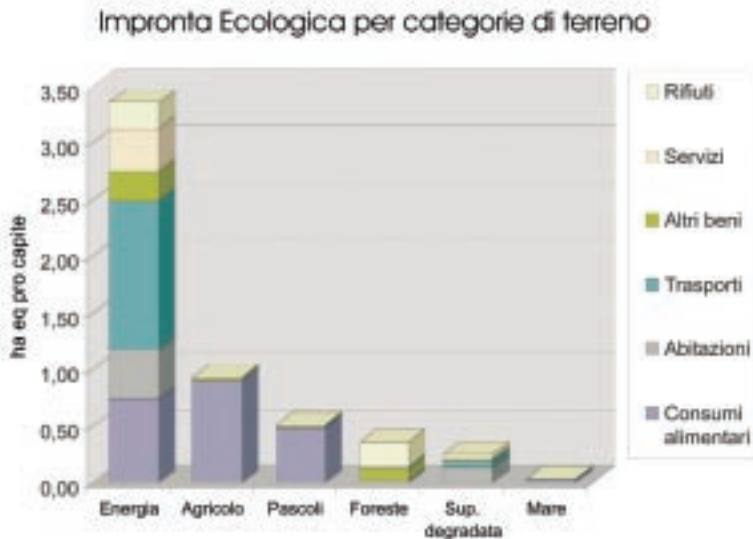


Figura 9 – La ripartizione dell'Impronta Ecologica nelle categorie di terreno ecologicamente produttivo e di consumo. Tutti i valori sono in ha eq pro capite.



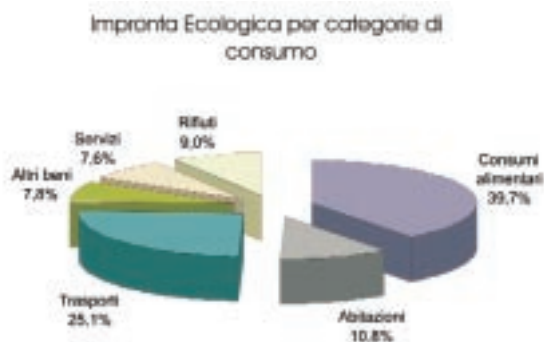
È interessante analizzare la composizione dell'Impronta Ecologica media della Provincia di Cagliari in termini di categorie di terreno ecologicamente produttivo, non solo per quanto riguarda il valore totale ma anche per le singole categorie di consumo. La figura 9 mostra quali sono le categorie di consumo che maggiormente concorrono alle diverse componenti dell'Impronta Ecologica: nel caso dell'energia i maggiori contributi sono dovuti ai trasporti, agli alimentari e alle abitazioni, tre settori ad alto utilizzo di energia (come verrà confermato anche dalla figura 11) mentre i terreni agricoli e i pascoli sono quasi interamente dedicati alla produzione di beni alimentari.

### 3. L'Impronta Ecologica per categorie di consumo

La ripartizione dell'Impronta Ecologica per tipologia di consumo permette di focalizzare meglio l'origine dei diversi contributi e quindi di indagare le cause degli elevati valori di Impronta Ecologica e, di conseguenza, dei forti impatti sull'ambiente che esercita la Provincia di Cagliari.

Figura 10 –

*La ripartizione percentuale dell'Impronta Ecologica media della Provincia di Cagliari nelle differenti categorie di consumo.*



La figura 10 riporta tale ripartizione, da cui emerge che il contributo maggiore (39,7 %) è causato dai consumi alimentari, seguito dai trasporti (25,1 %) e dalle abitazioni (10,8 %). Una situazione simile si ritrova nelle analisi condotte per i singoli subambiti.

La figura 11 mostra la distribuzione dell'Impronta Ecologica per categorie di terreno ecologicamente produttivo nei diversi subambiti.

Come già si era notato nell'illustrazione della figura 8, vi è una sostanziale omogeneità tra le prime tre sottoregioni (A1, A2 e A3) e la media provinciale, ad indicare una ripartizione molto simile dei consumi di beni e servizi economici da parte dei cittadini residenti in questi territori provinciali. Il subambito A4 (Sarrabus Gerrei) ha valori che si allontanano parzialmente da quelli medi, soprattutto rispetto alla produzione di rifiuti e ai consumi riguardanti le abitazioni (dovuti, a loro volta, a maggiori utilizzi di energia e a più elevati valori di occupazione di suolo).

Figura 11 –

Ripartizione dell'Impronta Ecologica per categorie di consumo. Vengono mostrati i dati riguardanti i quattro subambiti provinciali (A1 Cagliari; A2 Sulcis Iglesiente; A3 Medio Campidano; A4 Sarrabus Gerrei) e la media per la Provincia di Cagliari.

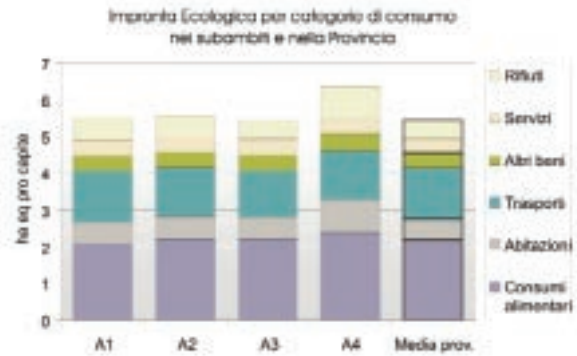
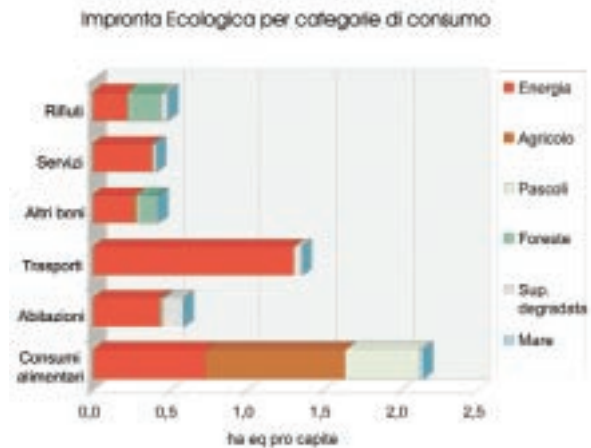


Figura 12 –

La ripartizione dell'Impronta Ecologica media della Provincia di Cagliari nelle categorie di consumo e di terreno ecologicamente produttivo. Tutti i valori sono in ha eq pro capite.



È interessante analizzare ulteriormente quali sono le categorie che maggiormente contribuiscono all'Impronta Ecologica media della Provincia di Cagliari perché questo può aiutare a individuare le reali cause dell'impatto ambientale e invogliare a intraprendere azioni correttive. La figura 12 conferma che la componente energia ha un discreto peso nella categoria dei consumi alimentari e arriva a sfiorare la quasi totalità per quanto concerne i trasporti e le abitazioni.

È interessante notare come l'Impronta Ecologica della categoria servizi, seppur globalmente minore rispetto alle tre categorie prima elencate, sia costituita pressoché interamente da terreno per energia. Ciò fa chiaramente capire la forte dipendenza dai consumi energetici di buona parte delle normali pratiche e attività (lavorative e non) quotidiane. Risulta palese il fatto che intervenendo su questi ambiti si può condizionare il nostro impatto energetico sull'ambiente circostante.

#### 4. L'Impronta Ecologica per aree d'influenza

Si è deciso di presentare i risultati dell'Impronta Ecologica suddivisi non solo per le categorie classiche, ossia secondo le tipologie dei consumi o dei tipi di terreno ecologicamente produttivo, ma anche seguendo una suddivisione che consideri le possibili aree di influenza. Questo è stato fatto per facilitare la lettura e l'interpretazione dei dati da parte delle Amministrazioni Locali e, soprattutto, per offrire uno strumento utile nel delineare le situazioni di sostenibilità della Provincia di Cagliari ed efficace nel progettare azioni di riduzione delle situazioni di insostenibilità ambientale ivi presente.

Attraverso questo tipo di ripartizione si possono distinguere i contributi di Impronta Ecologica dovuti ad abitudini, azioni e comportamenti del singolo cittadino da quelli che dipendono o possono essere almeno parzialmente influenzati, in maniera più o meno diretta, dalle politiche e dalle decisioni della Pubblica Amministrazione.

La figura 13 presenta questa suddivisione: le componenti d'influenza esclusiva del singolo cittadino sono rappresentate dai settori rigati in blu (consumi alimentari, altri beni e servizi, abitazioni), che comprendono il 58,8 %, mentre sotto l'area d'influenza della Pubblica Amministrazione sono stati conteggiati (settori gialli) lo smaltimento dei rifiuti, i trasporti, il riscaldamento e i servizi pubblici, che insieme coprono il 41,2 % dell'Impronta Ecologica della Provincia di Cagliari. Si ritrovano qui voci precedentemente già viste, poiché, è bene ricordarlo, la figura 13 non presenta i risultati di un calcolo differente bensì solo un modo diverso di suddividere e raggruppare i diversi contributi dell'Impronta Ecologica.

Figura 13 –

*La ripartizione dell'Impronta Ecologica media della Provincia di Cagliari per aree d'influenza.*



Dalla figura 13 emergono alcuni punti interessanti. Anzitutto si evidenzia come la maggior parte dell'Impronta Ecologica che ricade sotto l'influenza del cittadino è dovuta ai consumi personali di beni (alimentari e non) e di servizi. Per ridurre questa componente, che dipende esclusivamente dalle abitudini personali dei cittadini e che non è quindi direttamente influenzabile, la Pubblica

Amministrazione potrebbe puntare su azioni informative ed educative, mirate a ridurre i consumi medi della popolazione.

Tra le componenti d'influenza della Pubblica Amministrazione spicca quella del trasporto (comprendente sia quello pubblico che quello privato) che, da sola, contribuisce per il 25,1 % del totale. Questo sottolinea la presenza di un sistema locale di trasporto delle persone (il trasporto merci non viene conteggiato in questa categoria) chiaramente poco sostenibile e acuisce l'esigenza della ricerca di soluzioni più rispettose dell'ambiente che cerchino di abbassare l'Impronta Ecologica dovuta soprattutto all'utilizzo di auto private.

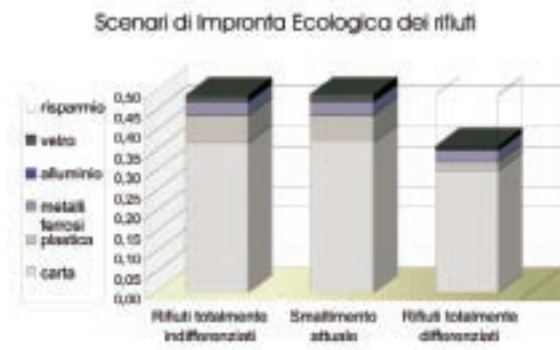
Menzioniamo ancora il problema dello smaltimento dei rifiuti, che causa, a livello provinciale, il 9 % dell'Impronta Ecologica totale. In questo caso l'Impronta Ecologica potrebbe essere diminuita se venissero intraprese, in primo luogo azioni di riduzione della produzione dei rifiuti, che agiscono sulle cause "a monte", e, in aggiunta, di mitigazione degli effetti "a valle", attraverso l'adozione del riuso (riutilizzo delle bottiglie del latte, degli imballaggi, dei contenitori, ecc.) e la massimizzazione della raccolta differenziata e del riciclo delle materie prime seconde.

La *figura 14* mostra la ripartizione dell'Impronta Ecologica dei rifiuti in funzione della loro composizione e compara la situazione di raccolta e smaltimento attuale con i due ipotetici scenari di rifiuti totalmente indifferenziati e interamente differenziati.

In questo modo è possibile evidenziare l'efficacia ed i limiti di una buona raccolta differenziata.

Figura 14 –

*La ripartizione dell'Impronta Ecologica dei rifiuti in funzione della loro composizione e di tre scenari di raccolta e smaltimento: la situazione attuale e i due ipotetici casi di rifiuti totalmente indifferenziati e totalmente differenziati.*



L'area in trasparenza rappresenta infatti il risparmio di Impronta Ecologica (e quindi di impatto ambientale) rispetto al caso totalmente indifferenziato: a partire dalla situazione attuale, caratterizzata da un risparmio molto basso di Impronta Ecologica (inferiore all'1 %) si potrebbe giungere, nel caso ipotetico di una totale differenziazione dei rifiuti, ad un risparmio ecologico massimo pari al 25,9 %.

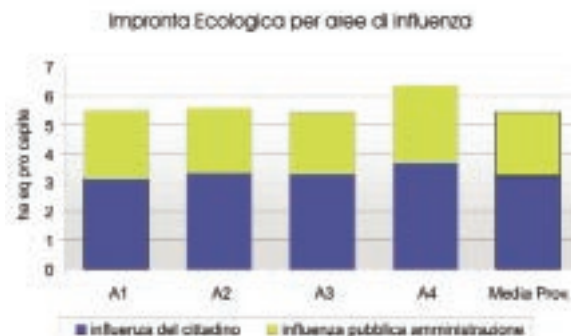
Si tratta di una diminuzione consistente dell'impatto ambientale, che potrebbe ulteriormente migliorare unendo i risultati delle politiche di riduzione della produzione dei rifiuti.

Analizzando la *figura 15* si nota come la suddivisione per aree di influenza riferita ai subambiti presi in considerazione sia del tutto simile alla medesima ripartizione riferita all'intera Provincia di Cagliari. Ciò conferma ulteriormente la sostanziale omogeneità nel comportamento dei singoli cittadini dell'intero ambito provinciale.

Anche in questo caso, come già per le *figure 8 e 11*, il *grafico 15* mette in evidenza il più alto valore di Impronta Ecologica che caratterizza il subambito A4 (Sarrabus Gerrei).

Figura 15 –

*Ripartizione dell'Impronta Ecologica per aree di influenza. Vengono mostrati i dati riguardanti i quattro subambiti provinciali (A1 Cagliari; A2 Sulcis Iglesiente; A3 Medio Campidano; A4 Sarrabus Gerrei) e la media per la Provincia di Cagliari.*



### Bibliografia

- REES W., WACKERNAGEL M. (1996), *Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable and why they are a key to sustainability*, in *Environmental Impact Assessment Review* 16 (4-6), 223-248.
- WACKERNAGEL M., REES W. (1996), (1999), *L'impronta ecologica*, Edizioni Ambiente.
- TIEZZI E., MARCHETTINI N., (2003), *Calcolo dell'Impronta Ecologica della Provincia di Cagliari*, atti del Seminario "Sostenibilità ambientale nella Provincia di Cagliari" Provincia di Cagliari, Assessorato Tutela Ambientale, Settore Ambiente Ecologia, Cagliari.