



# 18 ANALISI EMERGETICA DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

(A cura di Marco Bagliani, Fiorenzo Ferlino,  
Salvatore Procopio – IRES Piemonte)

A partire dalla stesura, da parte dell'UNEP, del Rapporto Brundtland nel 1987, e dal Summit di Rio del 1992, gli studi sulla sostenibilità ambientale hanno acquisito un rilievo sempre maggiore. Si tratta di ricerche che indagano l'impatto generato dalle attività umane sull'ambiente attraverso l'analisi degli aspetti ecologici, economici e sociali.

Diventa così possibile evidenziare quelle modalità di fruizione ed utilizzo delle risorse naturali che risultano maggiormente sostenibili in funzione del contesto considerato nonché valutare scenari economici, sociali e legislativi, al fine di proporre nuove strategie di sviluppo in grado di garantire un uso sostenibile delle risorse e, al contempo, standard di vita soddisfacenti.

In quest'ambito gli strumenti più noti e dibattuti sono: l'analisi emergetica (*emergy analysis*),

l'impronta ecologica (*ecological footprint*), il *green accounting*, il calcolo del capitale naturale, l'analisi exergetica, ecc..

L'insieme di queste metodiche misura, con modalità e accenti differenti, la 'carrying capacity' del sistema considerato.

## 18.1 L'ANALISI EMERGETICA

La metodologia termodinamica utilizzata nell'analisi emergetica si basa sul concetto di *solar emergy* (emergia solare), introdotto da Howard Odum sul finire degli anni Ottanta per analizzare il grado di organizzazione e la complessità dei sistemi aperti che si riscontano in natura.

Tale approccio consiste nel considerare i differenti inputs coinvolti in un dato processo, su di una base comune dell'energia: quella solare. La scelta di tale riferimento non è casuale, infatti l'energia solare è l'energia che muove tutti i processi che si verificano nella biosfera. L'emergia misura, quindi la convergenza globale di energia solare necessaria per ottenere un dato prodotto.

Per definizione l'*emergia solare*, o *emergia* semplicemente detta, è la quantità di energia solare diretta e indiretta necessaria per ottenere un prodotto o un flusso di energia in un dato processo. In un territorio determinato è la quantità di energia



solare atta a permettere la produzione delle attuali condizioni socio-economiche. La sua unità di misura è il solar *emergy joule* (sej).

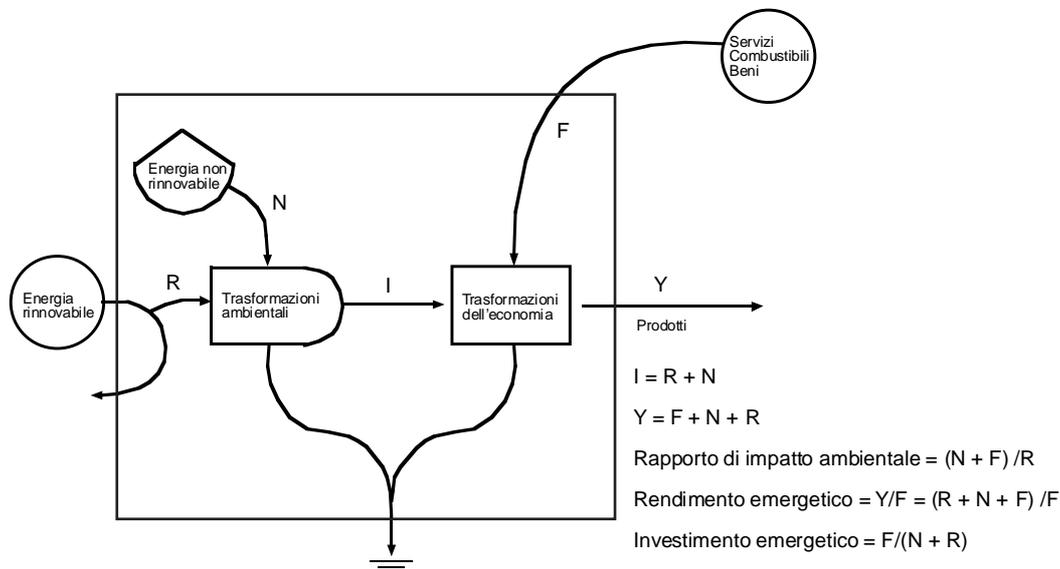
Come è stato sottolineato dalla letteratura, l'emergia può essere considerata come una *emergy memory*, in quanto è una misura che registra le energie a monte di un processo di trasformazione e considera tutte le fasi formative del processo stesso. Più grande quindi risulta essere il flusso emergetico complessivo necessario a supportare tale processo, maggiore è la quantità di energia solare che questo "consuma", ovvero maggiore è il costo ambientale presente e passato necessario a mantenerlo. Questo significa che un alto flusso di emergia può essere indizio di un alto livello organizzativo di un sistema e, a parità di processo o prodotto, sinonimo di una non efficiente utilizzazione delle risorse disponibili.

Una volta elaborato il diagramma energetico del sistema territoriale si può passare alla vera e propria analisi emergetica, costruendo una tabella in cui sono elencati nella prima colonna tutti gli inputs al sistema e di seguito la quantità usata nell'arco di tempo considerato (generalmente si sceglie un'annata per poter eliminare gli errori dovuti ad eventuali fluttuazioni stagionali), con specificata accanto l'unità di misura (Joule, grammi o denaro). Attraverso le cosiddette 'transformities' (ricavati da altre analisi o dalla letteratura scientifica), si perviene ad una misurazione delle risorse impiegate e della produzione svolta, si arriva cioè a calcolare (in sej) l'emergia totale necessaria per supportare un certo processo. Sommando tutti gli inputs emergetici indipendenti si giunge alla misura dell'emergia di un territorio.

Per avere una descrizione migliore del sistema e per confrontare i vari prodotti o le differenti aree territoriali analizzate, si ricorre al calcolo di alcuni indici emergetici. Per fare questo, ciascun input del sistema viene classificato in base al grado di rinnovabilità e alla provenienza. L'emergia totale viene pertanto scissa in tre differenti contributi che sono: l'emergia locale rinnovabile (R), quella locale non rinnovabile (N) e quella importata dal mercato esterno (F). In tal modo si possono calcolare facilmente i differenti indici emergetici, in quanto per definizione tali indici sono espressi in funzione dei valori di R, N e F. Essi sono: la *densità di emergia* (*empower density*), definita come flusso di emergia per unità di tempo e per unità di area, l'*emergia pro capite* che può essere considerata una misura dello standard di vita medio di una nazione, il *rendimento emergetico* (*emergy yield ratio*, EYR) dato dall'emergia del prodotto diviso l'emergia degli inputs che derivano dal settore economico (cioè che non sono forniti gratuitamente dall'ambiente), il *rapporto di impatto ambientale* (*environmental loading ratio*, ELR), che è espresso come il rapporto tra l'emergia derivante da inputs provenienti dal sistema economico e da risorse locali non rinnovabili e l'emergia derivante da risorse locali rinnovabili, il *rapporto di investimento emergetico* (*emergy investment ratio*, EIR), definito come il rapporto tra l'emergia fornita dal sistema economico e quella fornita direttamente dall'ambiente all'interno del sistema in esame.

Attraverso questi indicatori la valutazione della sostenibilità ambientale non appare un concetto alla 'mode' ma uno strumento scientifico di lettura della qualità di un territorio.

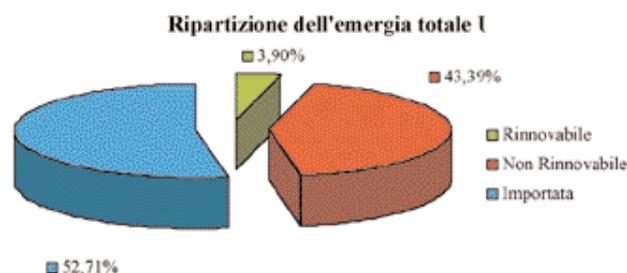
Figura 18.1 - Illustrazione degli indici emergetici



Nel caso della Regione Piemonte per avere più elementi di confronto spaziale si è diviso il territorio regionale in 13 sub-sistemi indicati come 'Bacini di Contabilità Emergica' (BCE). La definizione dei BCE è stata fatta tentando di mettere insieme tre differenti e necessari aspetti del territorio: l'aspetto istituzionale, quello morfologico e quello socio-economico. Si sono pertanto prese le Province (aspetto istituzionale) e l'insieme delle Comunità montane (aspetto istituzionale e morfologico) e si sono individuati i sub-sistemi attraverso considerazioni di carattere socio-economico. Di seguito viene proposta una sintesi di una ricerca finanziata da ARPA, Comune di Torino e IRES Piemonte, diretta e curata da Ferlaino e Tiezzi e condotta da Panzieri e Porcelli del gruppo di Siena, da Bagliani e Procopio, per il gruppo di Torino. Una completa esposizione della ricerca è in F. Ferlaino e E. Tiezzi (a cura), 2001, Analisi emergetica della sostenibilità ambientale della Regione Piemonte e del Comune di Torino, IRES, Torino.

La ripartizione del carico energetico evidenzia lo squilibrio tra rinnovabile e non rinnovabile con solo il 4% del primo contro l'oltre 43% del carico non rinnovabile mentre il resto dipende dall'emergia dovuta alle importazioni che si possono legittimamente ipotizzare a loro volta scarsamente rinnovabili e che evidenziano il ruolo predatore della regione caratterizzata da una forte importazione di sostenibilità dall'esterno.

Figura 18.3 - Ripartizione del carico ambientale

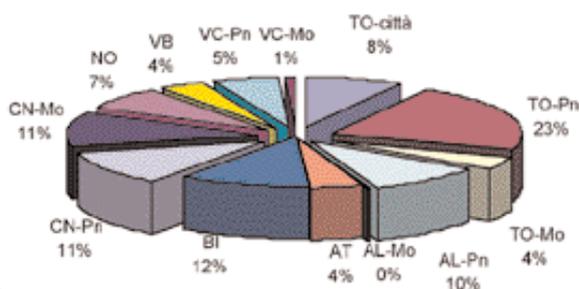


Fonte: IRES - Università di Siena

## 18.2 LA SITUAZIONE REGIONALE

Nel quadro complessivo emerge l'importanza dell'area metropolitana di Torino, e in particolare di Torino Pianura, nonché il peso emergetico della provincia di Cuneo sia per quanto concerne la parte più collinare e montana che per quella più precipuamente di pianura, segue Biella, con livelli emergetici tuttavia di gran lunga inferiori al totale provinciale di Torino e Cuneo, Alessandria, Novara e Vercelli, Asti e il Verbano-Cusio-Ossola.

Figura 18.2 - Ripartizione dell'emergia totale



Fonte: IRES - Università di Siena

Più in generale il Piemonte ha un comportamento da grande consumatore emergetico, ciò in coerenza con la sua struttura socioeconomica di regione ricca e produttiva, che contribuisce a formare il 12-13% del PIL nazionale.

L'analisi della densità emergetica e del Rapporto di impatto ambientale, cioè il rapporto tra l'emergia utilizzata non rinnovabile (F, importata + Non rinn.) e quella rinnovabile R, confermano quanto detto dando un'immagine coerente con la struttura socioeconomica del Piemonte. Si potrebbe dire che esse esprimono l'impatto seguito dalla PAT - Equation<sup>1</sup> secondo cui la dimensione della popolazione è uno dei fattori chiave di carico ambientale sul territorio insieme alle produzioni e ai consumi pro capite.

Il rapporto di impatto ambientale e la densità emergetica seguono quindi la distribuzione della popolazione e delle attività.

All'interno della regione, nell'area propriamente alpina, la distribuzione dei centri si modella sul rilievo: alla rarefazione delle zone più alte della catena fa riscontro un allineamento a ridosso dei rilievi che da luogo a un fronte di "porte alpine" costituenti l'asse di sviluppo pedemontano su cui si concentra

<sup>1</sup> . La 'PAT equation' definisce qualitativamente l'impatto ambientale I dato da: I=PAT

Dove P è la dimensione della popolazione, A è una misura che indica l'impatto pro capite prodotto mentre T è un "indice della pericolosità ambientale delle tecnologie necessarie a produrre i beni che vengono consumati. ... può anche essere visto come l'impatto ambientale per unità di consumo." Si veda Ehrlich P.R. e Ehrlich A.H., 1991, Un pianeta non basta, Muzzio, Padova.



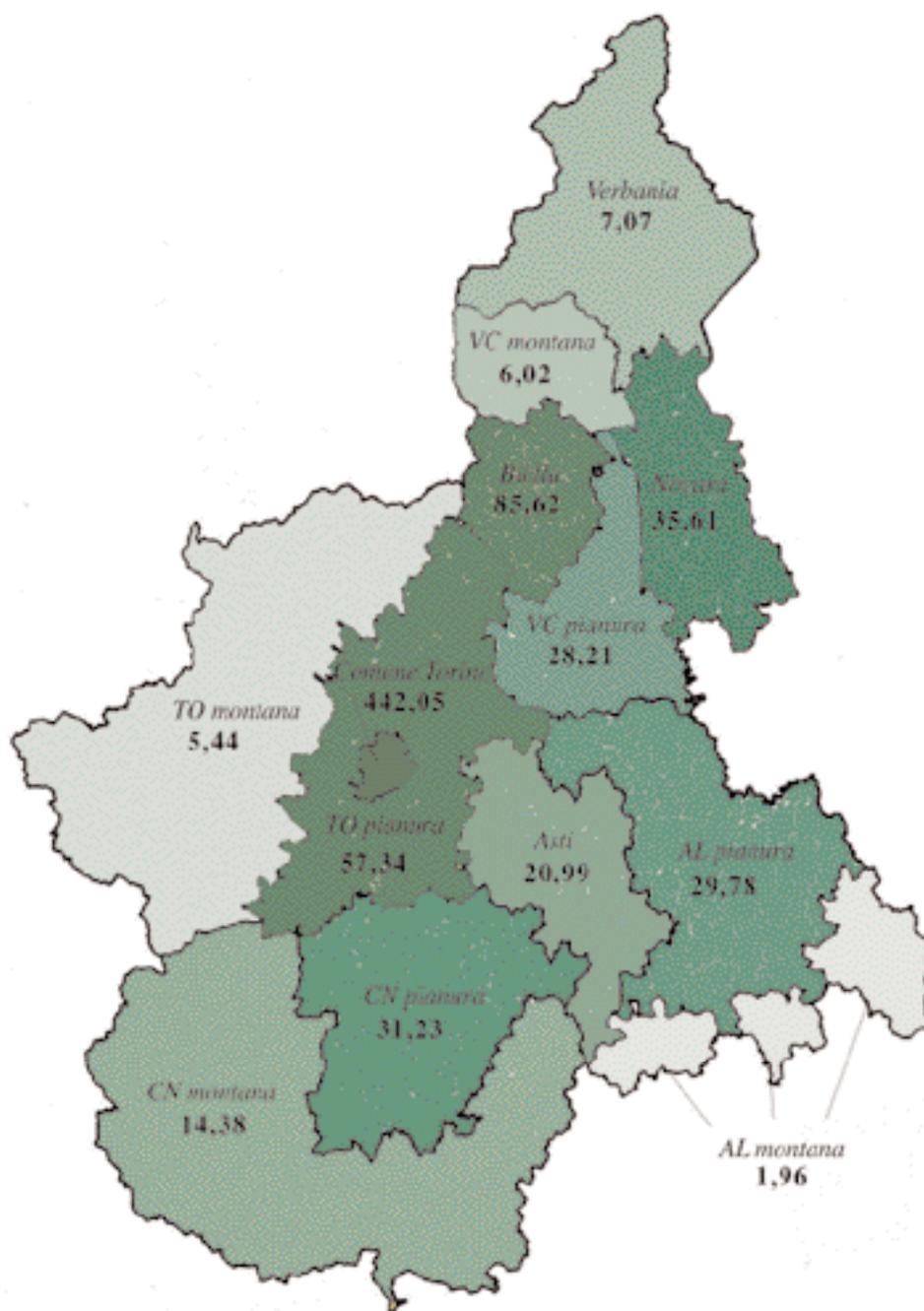
il carico emergetico.

Spicca la maggiore concentrazione urbana dell'alta pianura piemontese e il forte addensamento a ridosso del polo metropolitano torinese che emerge quale grande corona centrale, definente un nodo di livello interregionale, con processi di dispiegamento che avvengono per gemmazione interna e periferica

dei nodi secondari: l'intera area metropolitana allargata, con significativi flussi di gravitazione sul centro regionale.

Un terzo fronte, più esterno rispetto all'arco alpino, si estende a nord verso il confine con la Lombardia, limitrofo all'area metropolitana milanese, e, con intensità minore, al centro-sud.

Mappa 1 - Rapporto di impatto ambientale



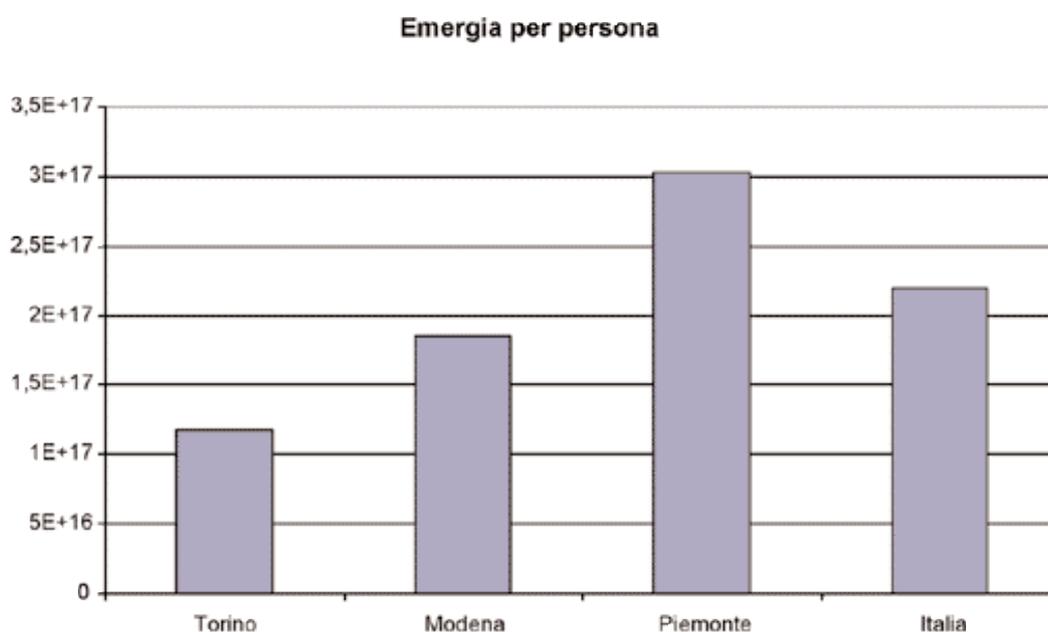


Uno schema del tutto simile emerge quando si pensa alle attività economiche, con i nodi urbani attrattivi in virtù di funzioni terziarie qualificate e le aree di corona più orientate alla produzione e alla grande distribuzione.

Questi profili definiscono, anche in termini dinamici, uno schema macro-areale delineato dall'estensione

delle corone di sviluppo delle "porte montane" tendenti a rinforzare la fascia pedemontana, di crescita produttiva e di tenuta demografica, che si connette, nel basso Cuneese, col fronte di sviluppo astigiano-albese, più rivolto verso il polo metropolitano.

Figura 18.4 - Comparazione emergetica della regione



Fonte: IRES - Università di Siena

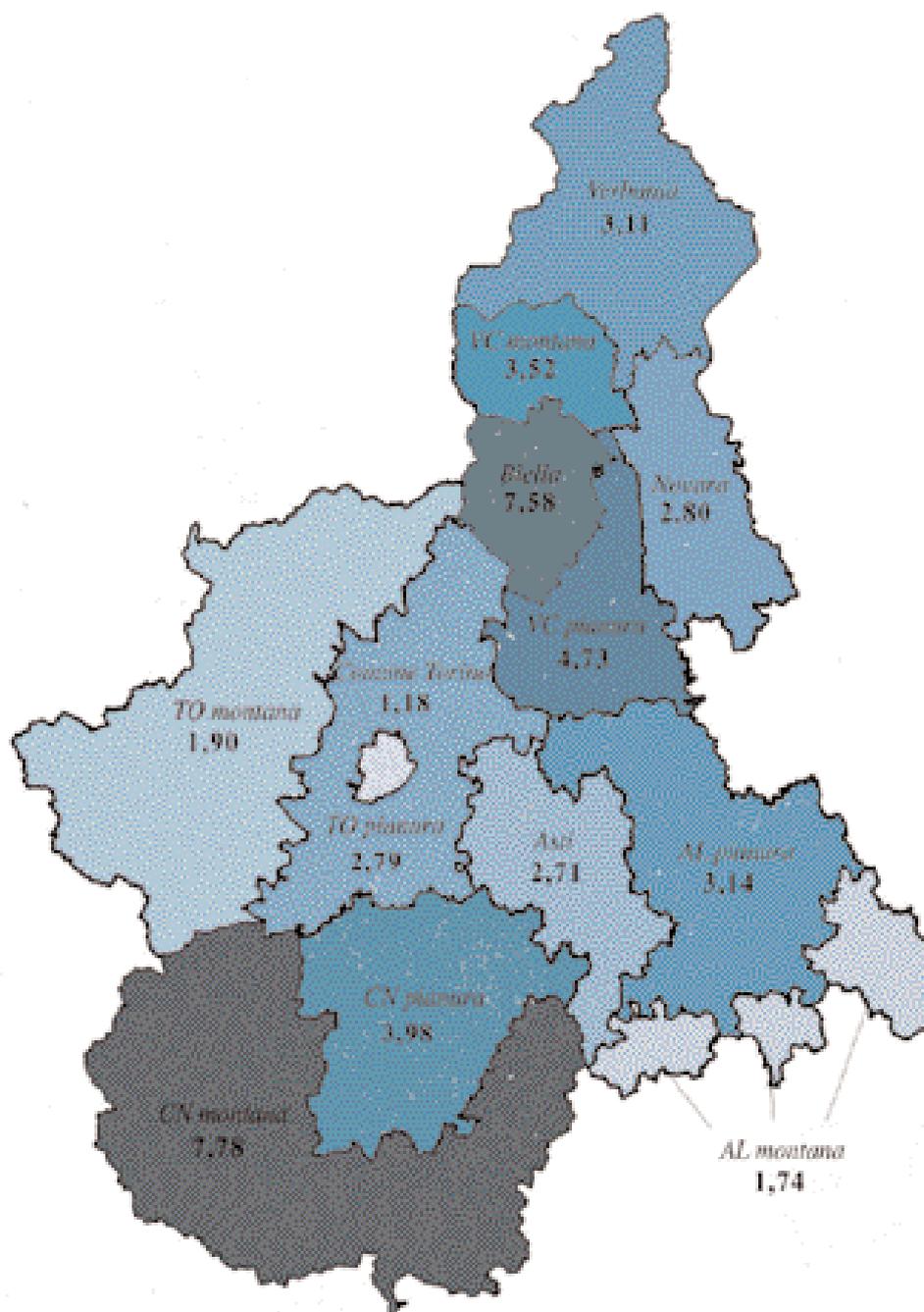
L'energia per persona è un indice fortemente dipendente dalla densità di popolazione e in genere esprime comportamenti complessi nell'uso delle risorse: una sua maggiore o minore disponibilità ma

anche comportamenti e culture ambientali locali. Esso va letto insieme al rendimento che rappresenta il ritorno per energia investita localmente.



Mappa 2 - Emergia per persona

(sej/persona/anno/E16)



Interessante a tale proposito appare il dato di Torino che, pur contribuendo, in termini assoluti a definire gran parte del carico emergitico regionale in coerenza con l'estrema polarizzazione produttiva e concentrazione abitativa, esprime un comportamento generale molto parsimonioso nell'utilizzo per persona delle risorse ambientali.

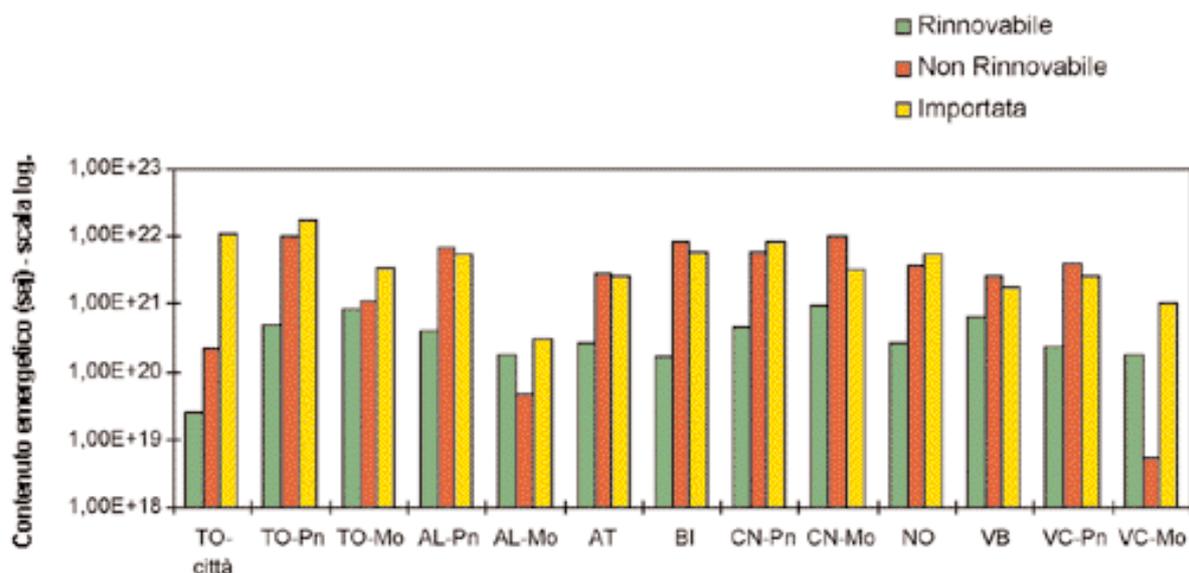
Uno sguardo in tale senso all'insieme dei 13 sottosistemi evidenzia l'ottimo comportamento di Torino città, dell'Astigiano, delle aree montane alessandri-

ne e di quelle torinesi in contrasto con i subsistemi di Cuneo Montana e del Biellese.

Un'analisi d'insieme dei pesi emergitici utilizzati dai 13 sottosistemi territoriali regionali individua due profili caratteristici. Il profilo proprio delle zone montane in cui l'emergia rinnovabile è alta rispetto a quella Non rinnovabile e il profilo caratteristico delle aree di pianura dove l'emergia Rinnovabile è bassa e alte risultano le componenti Non rinnovabile e importata.



Figura 18.5 - Composizione delle diverse componenti energetiche



Fonte: IRES - Università di Siena

È importante sottolineare come tali profili idealtipici non vengano seguiti né dall'area di Cuneo Montagna né dalla provincia di Biella che presentano una distribuzione più simile alle aree di pianura, ovvero alle zone maggiormente produttive e a più alto impatto residenziale.

L'emergia importata è sempre molto elevata, ma soprattutto nella città di Torino, nella pianura di Torino e di Cuneo e a Novara. C'è da sottolineare il profilo di Torino che presenta un carico emergitico dovuto soprattutto a tale componente espressione del carattere produttivo e di grande "macchina trasformativa" di tale sistema territoriale.

Per tutti i sistemi la frazione rinnovabile è in generale molto piccola e solo nelle zone montane il suo peso è maggiore, soprattutto per Torino, Alessandria e Vercelli, mentre nel caso di Cuneo l'emergia utilizzata è sbilanciata verso la componente non rinnovabile fornendo segnali chiari di un uso troppo estensivo del suo patrimonio naturale.

Relativamente all'utilizzo di input emergitici derivanti dai settori economici locali, il Vercellese e le zone montane in genere risultano quelle meno dipendenti dall'esterno.

La produzione del settore agricolo si concentra soprattutto nel Cuneese, nell'Alessandrino e anche nella zona pianeggiante di Torino. L'allevamento è per lo più presente nella pianura di Cuneo, 41% del carico energetico, mentre la produzione industriale è per il 69% del carico nella Provincia di Torino, il 40% nella sola zona di pianura.

Il rapporto emergia esportata/importata risulta infine massimo per Verbania (1,58), mentre per tutti gli altri sistemi, è prossimo al valore unitario o di poco inferiore. Questo indica come le varie zone abbiano in generale un rapporto bilanciato tra l'emergia in ingresso e quella in uscita, senza causare un impoverimento eccessivo del proprio territorio, che si verificherebbe allorché l'export eccedesse pesantemente l'import. Sfavorevole in tal senso appare quindi la situazione del VCO dove il rapporto positivo evidenzia una erosione locale di risorse a vantaggio di sistemi territoriali esterni.

Considerando infine indicatori di sintesi quali l'emergia per persona in relazione con il reddito pro capite, il rendimento emergitico, il rapporto di investimento emergitico e il rapporto di impatto ambientale, emerge un quadro sinottico dei 13 bacini di contabilità emergica che individua diversi comportamenti nell'uso delle risorse ambientali, sia locali che globali, in rapporto alla ricchezza creata. Si passa da profili a forte impatto globale, ricchi e con oculato utilizzo delle risorse locali – è il caso di Torino città - a profili d'equilibrio, sia nella creazione di ricchezza economica che nell'utilizzo delle risorse ambientali – è il caso soprattutto della provincia di Asti - fino ai profili di 'povertà a forte dissipazione interna delle risorse locali' – il caso di Cuneo Montana. Un quadro che suggerisce alcuni punti di forza e alcuni elementi di debolezza presenti.



## Quadro sinottico dei sub-sistemi territoriali

Sottoinsiemi territoriali	Rapporto di impatto ambientale	Rapporto di investimento energetico	Rendimento energetico	Reddito pro capite	Energia pro capite	
AL pianura	29,78	0,76	2,32	1,1	1	ricchezza medio-alta a basso rendimento delle risorse locali
AL montagna	1,96	1,37	1,73	0,7	0,6	povertà oculata a scarso impatto ambientale
AT	20,99	0,88	2,14	0,9	0,9	equilibrio
BI	85,62	0,72	2,40	1	2,5	ricchezza media ad alta dissipazione e impatto
CN pianura	31,23	1,29	1,77	0,9	1,3	ricchezza medio-bassa con tendenze alla dissipazione e all'impatto
CN montagna	14,38	0,28	4,51	0,7	2,6	povertà dissipatrice delle risorse locali
NO	35,61	1,4	1,71	1	0,9	media ricchezza a medio impatto ed elevato rendimento delle risorse locali
VCO	7,07	0,52	2,92	0,9	1	ricchezza medio-bassa a basso impatto e basso rendimento delle risorse locali
VC pianura	28,21	0,62	2,62	1,1	1,6	ricchezza medio-alta a media dissipazione e scarsa dipendenza esterna
VC montagna	6,02	5,81	1,17	1	1,2	ricchezza media a scarso impatto e forti potenzialità ambientali
TO pianura (escluso To)	57,34	1,6	1,62	0,9	0,9	ricchezza media ad alto impatto
TO montagna	5,44	1,77	1,57	0,8	0,6	povertà oculata a scarso impatto ambientale
Torino città	442,05	43,02	1,02	1,2	0,4	ricchezza alta a forte impatto globale e oculato utilizzo delle risorse locali
Totale	24,64	1,11	1,90	1	1	